



Proponiendo alternativas para la conservación y
sustentabilidad de humedales en la planicie
costera de Veracruz, México

TESIS QUE PRESENTA

M. en C. Rosa María González Marín

PARA OBTENER EL GRADO DE

Doctor en Ciencias

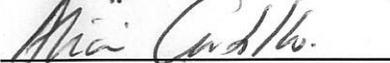
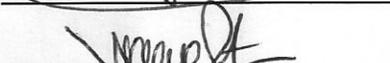
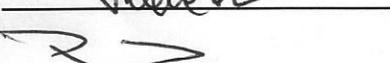
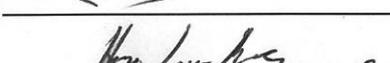
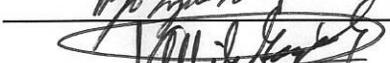
Xalapa, Veracruz, México, 2013



Aprobación final del documento de tesis de grado:

Título de la tesis en comillas:

“Proponiendo alternativas para la conservación y sustentabilidad de humedales en la planicie costera de Veracruz, México”.

	Nombre	Firma
Director	Dra. Patricia Moreno-Casasola	
Comité Tutorial	Dr. Alberto González Romero	
	Dra. Alicia Castillo Alvarez	
	Dr. Roger Orellana Lanza	
Jurado	Dra. Luciana Porter	
	Dra. Patricia Moreno-Casasola	
	Dr. Hugo López Rosas	
	Dr. Alberto González Romero	
	Dra. Alicia Castillo Alvarez	
	Dr. Roger Orellana Lanza	

Querido lector:

Esta Tesis no es solamente un proyecto de investigación para obtener un grado. Significa un proyecto de vida que escogi, en la cual estan involucradas muchas personas. Es el trabajo de mis maestros, mi esposo, mis padres, mi hermana, mis amigos, mi hija, ya que todos de alguna manera estuvimos involucrados y tuvo un efecto en nuestras vidas. Por lo tanto, querido lector, cuando realices una Tesis, un proyecto de investigación o un trabajo determinado, haz lo posible que sea algo que valga la pena, que te guste y que disfrutes, porque significa tiempo de tu vida y el de otras personas, un tiempo que jamás regresará, así que gózalo y ámalo.

Puedo decir que estoy feliz con lo que realizamos.

Rosy

Dedicatoria

Dedicada a:

Al motor de mi vida, quien me mantiene lúcida y quien me motiva a ser mejor:
mi “colibrí”, hijita hermosa, te adoro.

A mi esposo Alejandro por tu amor, paciencia, compañerismo, por tus palabras de aliento, por
nunca dejarme sola en los momentos más difíciles, te amo.

A mi próximo bebe que aun no existe, aunque yo ya pienso en él o ella y le quiero, para ti
angelito.

A mis padres Eduardo y Rosa María porque lo que soy en gran medida es gracias a ellos, con
todas mis virtudes y todos mis defectos, los quiero.

A mi hermana Isela por ser una gran hermana y amiga, por quererme tanto, te quiero.

Con todo mi amor, dedico este trabajo y gran parte de mi vida, a ustedes.

Agradecimientos

- Mis estudios de doctorado han sido posibles gracias al programa de becas para estudios de doctorado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), producto del esfuerzo de muchos mexicanos y del cual fui beneficiaria (No. registro 46372), durante mi estancia como estudiante de posgrado del Instituto de Ecología, A. C.
- Agradezco a mis maestros de la universidad, maestría y doctorado, porque ellos me han compartido sus enseñanzas, tanto académicas como de la vida. En especial, agradezco a mi directora de Tesis la Dra. Patricia Moreno, por ser una mujer que impulsa a hacer las cosas bien, incansable luchadora ambiental y social, una excelente maestra de la cual he aprendido mucho.
- Al los proyectos ITTO PD 349/05 Rev.2 (F), PD RED-PD 045/11 Rev.2 (M), y el Instituto de Ecología, A. C. por el soporte económico y logístico brindado para realizar el trabajo de campo.
- A mi comité tutorial compuesto por los Dres. Alcia Castillo, Roger Orellana y Alberto González, por su gran participación y sus enseñanzas en la elaboración de esta Tesis, así como a los miembros de mi jurado de Tesis, Dra. Luciana Porter, Patricia Moreno-Casasola y Hugo López, por sus valiosos comentarios y sugerencias.
- A las personas de las comunidades rurales donde realicé el trabajo de campo, ya que gracias a ellas fue posible esta Tesis. A Bartolo y al lanchero de Ciénaga por su apoyo en el trabajo de campo. Un principal agradecimiento a Doña Felicitas, que nos dio asilo y comida por varios años y que se nos fue de este mundo.
- A Erasmo y Belmont por su amistad, sus enseñanzas y momentos divertidos en la captura de tortugas, cocodrilos y sirenas. Al Mtro. Gustavo Aguirre, por su participación en el trabajo de tortugas. Al Dr. Adolfo Campos por su asesoría en la colecta de muestras de suelo. A Bianca Delfosse por la corrección de estilo en los manuscritos publicados y enviado. A Sergio Madrid por su amistad y gran ayuda en el conteo y marcaje de cientos de palmeritas cuando estuve embarazada. A Lupita por su

gran apoyo en el laboratorio. A Alex Sandría por su apoyo en los invernaderos de la Mancha.

- A mi esposo Alejandro por su gran participación, enseñanzas y acompañamiento en este trabajo, le agradezco como mi esposo, amigo y académico.
- A mis padres Eduardo y Rosa María por siempre estar pendientes de nosotros. Gracias papá, porque a pesar del dolor que sufres, sigues con nosotros; por enseñarme a escoger lo mejor, aunque sea el camino más difícil, más tardado o más caro; por esa dosis de anarquía que me ha permitido no bajar la cabeza en algunas situaciones. Gracias mami por ser una mamá amorosa y también por enseñarme tus recetas yucatecas, pues todo este tiempo nos hemos bien alimentado gracias a ellas. Si hubiera un doctorado en alta cocina, ese tú te lo ganarías. Agradezco también a mi hermana Isela, quien ha sido un gran apoyo en los momentos difíciles, y quien también se abre camino por la vida por sí misma. Tú eres y siempre serás mi mejor amiga.
- A mis suegros Gilberto y Clara por su gran apoyo en el saber de las palmeras, los coyoles (cocoyoles) y recolección de frutos, porque siempre me han tratado como a una hija, por todo su cariño. A mi cuñada Martha por ser como otra hermana para mí y también enseñarme a hacer manualidades hermosas. A la familia Castro-Otero por sus siempre buenos deseos en mi trabajo.
- Agradezco a todos mis amigos y amigas que se encuentran conmigo, aunque nos separen grandes distancias. A Magali y a Gil, con los que he compartido bonitos y duros momentos. A Deisy por su linda amistad y gran apoyo cuidando un tiempo a Rosa Isela mientras elaboraba este manuscrito. A Elvia por su apoyo en el cuidado de mi hija. Agradezco también a los amigos que perdí y a los que se fueron de este mundo, por los hermosos momentos que pasamos, me quedo con ellos en mi corazón y mi mente, para siempre.
- A todos mis amigos de Mérida, a la Rondalla Yucatán que tuve que dejar, a los coros de la iglesia y los clandestinos de protesta, a mis maestros de música que aun siguen y los que se fueron en el tiempo que estuve haciendo esta Tesis, los extraño y siempre estarán en mi corazón.

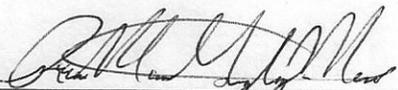
- A los compañeros de toda la Red de Ecología Funcional por su amistad, cariño y consejos, principalmente a Robert, Kere, Gina, Abraham, Victor, Graciela, Tolomé, Ari y muchos más. A las chicas de la baticueva: Nadia, Judith, Adi, Lorena, las Blancas, las Karlas, Mayi, Mati, los novios de Zacapoaxtla y los chicos colados. Gracias a todos.
- Al personal de la biblioteca y de la secretaría de posgrado del Inecol por todo su apoyo. A Lupita López por su cariño y amistad. A Blanquita del Jardín Botánico, por su amistad y tener siempre una sonrisa para mi. A las señoras de la cafetería por su amistad y alegría.
- A los compañeros de mi clase de frances, por su amistad y enseñanzas. Merci pour votre amitié. A mi casera Doña Vale por su cariño todo este tiempo.
- A mi gatita Sissi la emperatriz, pues ha sido mi compañera fiel en todo momento, calentandome en las noches frias, mientras hacía la Tesis, con su peludo cuerpo.
- A mi Dios y a mi Virgen del Perpetuo Socorro, que han cuidado de mi familia y de mi, en tantos viajes, salidas de campo y de factores que se desarrollan en un mundo demasiado rápido, estresado y confuso, porque como dijo un buen amigo, aunque sea bióloga, tambien creo.

DECLARACIÓN

Excepto cuando es explícitamente indicado en el texto, el trabajo de investigación contenido en esta tesis fue efectuado por la M. en C. Rosa María González Marín, como estudiante de la carrera de Doctor en Ciencias entre agosto de 2008 y agosto de 2012, bajo la supervisión de la Dra Patricia Moreno-Casasola.

Las investigaciones reportadas en esta tesis no han sido utilizadas anteriormente para obtener otros grados académicos, ni serán utilizadas para tales fines en el futuro.

Candidato: M. en C. Rosa María González
Marín
Director de tesis: Dra. Patricia Moreno-Casasola





INDICE

LISTA DE TABLAS.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE APENDICES.....	9
Resumen.....	11
I. Introducción general.....	3
Referencias.....	10
II. Percepciones ambientales de familias que interactúan con los humedales de la planicie costera de Veracruz, México.....	3
Resumen.....	3
Introducción.....	4
Sustento teórico.....	6
Área de estudio.....	7
Metodología y técnicas de investigación.....	7
Introducción a las comunidades.....	8
Resultados.....	9
Percepciones ambientales de familias asociadas a humedales.....	9
Alvarado.....	9
Jamapa.....	11
Tecolutla.....	13
Tuxpan.....	16
Discusión.....	17
Conclusiones.....	22
Agradecimientos.....	22
Referencias.....	22
III. Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico.....	541
Abstract.....	541
Introduction.....	542
Methodology.....	543
Study area.....	543
Introduction to communities and sample selection.....	543
Research methodology and techniques.....	543
Results.....	545
Palm species used in the wetlands of Veracruz.....	545
Traditional uses of palms.....	545
The importance of palms in the coastal wetlands of Veracruz.....	545
Factors currently affecting the use of palms.....	545
Discussion.....	547
Palm species used in wetlands of Veracruz.....	547
Factors currently affecting the use of palms.....	549
The importance of native palms in the coastal wetlands of Veracruz.....	549
Some conservation and management recommendations.....	550
Acknowledgments.....	550

INDICE

References.....	553
IV. Traditional wetland palm uses in construction and cooking in Veracruz, Gulf of Mexico.....	408
Abstract.....	408
Introduction.....	408
Methodology.....	408
Study area.....	408
Introduction to communities and sample selection.....	409
Research methodology and techniques.....	409
Results.....	409
Palms species, the number of palms or fronds used and durability.....	409
House construction with palm materials vs. blocks or bricks.....	410
Rescuing the traditional palm fruits recipes of Mrs. Charo and Mrs. Felicitas.....	411
Royal coyol palm tortillas.....	411
Royal coyol palm atole.....	411
Cocadas.....	411
Discussion.....	412
Conclusion.....	412
Acknowledgements.....	412
References.....	412
V. Recovering the use of wildlife in wetlands: food security in the face of global climate change.....	3
Abstract.....	3
Introduction.....	4
Study Area.....	5
Research methodology and techniques.....	5
Introduction to communities and sample selection.....	6
Interviews.....	6
Results.....	7
Wildlife species used in the wetlands	7
Traditional use by internal and external users of wetlands.....	7
Alvarado.....	8
Jamapa.....	8
Tecolutla.....	8
Tuxpan.....	8
Socioeconomic factors influencing the use of wildlife in municipalities.....	9
Problems currently affecting the abundance of wildlife populations	9
Discussion	10
Wildlife species used in the wetlands.....	10
Traditional use by internal and external users of wetlands	10
Socioeconomic factors influencing the use of wildlife.....	11
Problems currently affecting the abundance of wildlife populations	12

INDICE

Management implications	13
Conclusion.....	14
Acknowledgements.....	14
References.....	14
VI. Distribución de reptiles y anfibios de agua dulce en microhábitats de humedales en Veracruz, Golfo de México..	3
Resumen.....	3
Introducción.....	4
Área de estudio.....	6
Metodología.....	7
Captura de tortugas.....	7
Morfometría.....	7
Análisis de datos.....	8
Resultados.....	8
Riqueza y abundancia de especies	8
Estructura poblacional de las especies más abundantes.....	8
Asociación de tortugas respecto a las características del los sitios.....	8
Abundancia de tortugas por clase de edad, temporalidad y microhabitat.	9
Discusión.....	10
Riqueza de especies y abundancia	10
Estructura poblacional de las especies más abundantes.....	11
Abundancia de especies de tortugas según las características del microhábitat.....	12
Clase de edades de las tortugas, asociación al microhábitat y abundancia durante la temporada de lluvias.....	13
Estrategias de manejo para la conservación de tortugas y humedales en la planicie costera del Golfo de México.....	14
Conclusiones.....	16
Agradecimientos.....	16
Referencias.....	17
VII. Establecimiento de plántulas de palmeras en pastizales inundables de la planicie costera de Veracruz, Golfo de México.....	3
Resumen.....	3
Introducción.....	4
Área de estudio.....	5
Metodología.....	6
Abundancia de plántulas de palmera.....	6
Medición de variables fisicoquímicas.....	6
Análisis de datos.....	8
Resultados.....	8
Abundancia de plántulas de palmera.....	8
Variables que explican la abundancia de las plántulas.....	9
Discusión.....	9

INDICE

Abundancia de plántulas de palmera.....	9
Variables que explican la abundancia de plántulas.....	10
Conclusión.....	11
Agradecimientos.....	11
Referencias.....	12
VIII. Educación ambiental para el manejo y la conservación de los humedales de la planicie costera veracruzana.....	3
Introducción.....	3
Objetivo.....	4
Actividades realizadas.....	5
Pláticas.....	5
Demostraciones en vivo.....	8
Taller con juego.....	10
Capacitación comunitaria.....	11
Carteles de difusión.....	14
Discusión.....	17
Conclusión.....	19
Reflexionando un encuentro con un niño de La Matamba.....	19
Agradecimientos.....	19
Referencias.....	20
IX. Discusión y Conclusiones generales.....	3
Corolario.....	13
Referencias.....	14

LISTA DE TABLAS

II.	Percepciones ambientales de familias que interactúan con los humedales de la planicie costera de Veracruz, México.....	3
	Tabla 1. Síntesis comparativa entre los sitios estudiados, importancia y problemática que tienen los recursos de humedales en la costa veracruzana, según la percepción de las familias entrevistadas.....	27
III.	Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico.....	541
	Tabla 1. Palm species, parts used and products obtained from palms in four municipalities in coastal Veracruz, Mexico.....	546
V.	Recovering the use of wildlife in wetlands: food security in the face of global climate change.....	3
	Tabla 1. Main characteristics of the study sites.....	19
	Tabla 2. List of wildlife species most frequently used by the households surveyed in the villages of four municipalities in the state of Veracruz. The number of times it was named, frequency of use and abundance as perceived by the inhabitants.....	20
	Tabla 3. How wildlife and animal parts that are exploited in the wetlands of the Gulf of Mexico are used.....	21
VI.	Distribución de reptiles y anfibios de agua dulce en microhábitats de humedales en Veracruz, Golfo de México.....	3
	Tabla 1. Características de los distintos microhábitats.....	23
	Tabla 2. Número de especies, sexo y clase de edades de tortugas dulceacuícolas y otras especies encontradas en dos humedales del Golfo de México.....	24
	Tabla 3. Peso y longitud corporal promedio por clase de edad en especies de tortugas dulceacuícolas en los dos humedales muestreados.....	25
	Tabla 4. Asociación a distintos microhábitats durante la temporada de lluvias.....	26
VII.	Establecimiento de plántulas de palmeras en pastizales inundables de la planicie costera de Veracruz, Golfo de México.....	3
	Tabla 1. Manejo realizado en los cuatro predios según lo mencionado por los dueños.....	16
	Tabla 2. Número de plántulas en cada predio bajo y al exterior de la copa de la palmera, y altura media de las plántulas.....	17
	Tabla 3. Promedio de las variables ambientales en cada predio, bajo y al exterior de la copa de la palmera.....	18
	Tabla 4. Variables ambientales que explican la abundancia de plántulas de tres especies de palmeras en pastizales inundables, de la planicie costera veracruzana.....	19

LISTA DE FIGURAS

I.	Introducción general	
	Figura 1. Organización de la Tesis.....	13
II.	Percepciones ambientales de familias que interactúan con los humedales de la planicie costera de Veracruz, México.....	3
	Figura 1. Ubicación de los municipios (gris) y las comunidades estudiadas (puntos) en la planicie costera de Veracruz, Golfo de México.....	29
	Figura 2. Diagrama elaborado para interpretar las respuestas sobre la importancia que las comunidades rurales le otorgan a los humedales.....	31
	Figura 3. Diagrama elaborado para interpretar las respuestas sobre los problemas que las comunidades rurales mencionaron que afectan a los humedales.....	33
	Figura 4. Diagrama elaborado para interpretar los niveles de percepción que los entrevistados tienen respecto los recursos del humedal.....	35
III.	Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico.....	541
	Figure 1. Location of the municipalities (gray) and communities interviewed (dots) on the coastal plain of Veracruz, Gulf of Mexico.....	544
	Figure 2. Frequency with which the five different palm species were mentioned in four municipalities on the coast of Veracruz, Mexico. In Tuxpan only three species were mentioned.....	547
	Figure 3. Number of times each type of use is mentioned per palm species in four municipalities on the coast of Veracruz, Mexico.....	547
IV.	Traditional wetland palm uses in construction and cooking in Veracruz, Gulf of Mexico.....	408
	Figure 1. Location (in gray) of the municipality of Jamapa (19°02'29" N-96°14'29" W) and the communities studied (dots) in the state of Veracruz, Gulf of Mexico.....	409
	Figure 2. A) A house built of palms: a) roof made from the fronds of <i>A. liebmannii</i> , b) walls made with the stems of <i>R. dunlapiana</i> and covered with adobe. B) Inside the house: a) woven <i>A. liebmannii</i> fronds, b) the bamboo frame used to support the roof, c) beams made from the stem of <i>S. mexicana</i> . C) Kitchen with a ceiling of <i>S. mexicana</i> fronds and <i>R. dunlapiana</i> walls. D) Kitchen ceiling made of: a) <i>S. mexicana</i> fronds, b) a bamboo frame, c) <i>S. mexicana</i> beams. E) Endosperms from coyol fruits. F) Royal coyol palm tortillas.....	411
V.	Recovering the use of wildlife in wetlands: food security in the face of global climate change.....	3
	Figure 1. Location of the municipalities (gray) and the communities studied (dots) on the coastal plain of the state of Veracruz, Gulf of Mexico.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figure 2. Some common uses given to wildlife in the communities studied. A) Pet (<i>Amazona autumnalis</i>), B) Food (<i>Staurotypus triporcatus</i>) C) Food (<i>Trachemys venusta</i>), D) Food and ornaments (<i>Dasyopus novemcinctus</i>).....	29
VI. Distribución de reptiles y anfibios de agua dulce en microhábitats de humedales en Veracruz, Golfo de México.....	3
Figura 1. Localización de los municipios y humedales en la planicie costera de Veracruz, Golfo de México.....	27
Figura 2. Especies de reptiles y anfibios capturados en los dos humedales estudiados.....	29
Figura 3. Asociación de especies con respecto al microhábitat del humedal. Las siglas indican las especies de tortuga: <i>T. venusta</i> (Tv), <i>K. herrerae</i> (Kh), <i>K. leucostomum</i> (Kl), <i>K. acutum</i> (Ka), <i>K. scorpioides</i> (Ks), <i>C. angustatus</i> (Ca), <i>S. triporcatus</i> (St).....	31
Figura 4. Clases de edades de especies más abundantes.....	33
VII. Establecimiento de plántulas de palmeras en pastizales inundables de la planicie costera de Veracruz, Golfo de México.....	3
Figura 1. Ubicación geográfica del municipio (gris) y las comunidades estudiadas (puntos) en la planicie costera de Veracruz, Golfo de México. Donde: 1) La Matamba y 2) El Piñonal.....	21
Figura 2. Esquema del diseño realizado en campo. Se trabajó con cuatro predios, con seis palmeras por predio, dos de cada especie. Para cada palmera se hicieron cuatro cuadrantes de uno por uno bajo la copa y fuera de ella, como se muestra en el esquema y se tomaron las mediciones y parámetros mencionados en la metodología.....	23
Figura 3. Fotografías de las tres especies de palmera estudiadas: A) <i>Attalea liebmannii</i> , B) <i>Roystonea dunlapiana</i> y C) <i>Sabal mexicana</i>	25
VIII. Educación ambiental para el manejo y la conservación de los humedales de la planicie costera veracruzana.....	3
Figura 1. Impartición de pláticas en primarias del Municipio de Jamapa.....	6
Figura 2. Presentación con dibujos sobre la vida de las tortugas.....	8
Figura 3. Captura de tortugas en el ejido el Piñonal, Jamapa.....	9
Figura 4. Juego elaborado para niños sobre los humedales.....	11
Figura 5. Capacitación de mujeres para elaboración de artesanías con semillas.....	13
IX. Discusión y conclusiones generales.....	3
Figura 1. Propuesta para instrumentar acciones que permiten conservar los humedales, sus recursos y los servicios ambientales que proporcionan a la población local y a habitantes de municipios cercanos.....	19

LISTA DE APENDICES

II.	Percepciones ambientales de familias que interactúan con los humedales de la planicie costera de Veracruz, México.....	3
	Apendice 1. Cuestionario para conocer la percepción de la gente sobre el humedal (Se hace con grabadora).....	37
III.	Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico.....	551
	Appendix 1. Comparative synthesis and main characteristics of the study sites.....	551
	Appendix 2. Some examples of use of the palms in others parts of Mexico and America.....	553

Resumen

Los humedales están entre los ecosistemas de mayor importancia para las sociedades y entre los más productivos. Proporcionan muchos recursos y beneficios al ser humano como: animales para alimento, materiales de construcción, ayudan a controlar las inundaciones y la erosión, reteniendo sedimentos, nutrimentos y tóxicos, almacenan carbono y sobre todo proveen de agua dulce. Muchas de las grandes ciudades del mundo (Londres, París, Nueva York y México) crecieron alrededor de cuerpos de agua. Los olmecas surgieron en tierras de humedales, los mayas cultivaron sobre humedales y los mexicas lograron cultivos muy productivos llamados chinampas. Los humedales abarcan una gran variedad de tipos de comunidades con distintas formas de vida: los hay dominados por herbáceas como los popales y tulares y dominados por especies arbóreas como los manglares y las selvas inundables. Hoy en día muchos de estos ecosistemas están muy deteriorados y algunos a punto de desaparecer, debido a la acelerada explotación de sus recursos, la contaminación, el azolve, la tala inmoderada, la transformación del paisaje para actividades agropecuarias y el desarrollo de industrias asociadas al petróleo. En México, los más afectados por la pérdida de estos servicios son las comunidades rurales que habitan en este contexto y cuyas vidas dependen de forma directa de estos ecosistemas. Los humedales en México en su gran mayoría se ubican en tierras ejidales y de propiedad privada. Muchas veces se busca drenarlos y convertirlos en potreros y en el peor de los casos drenarlos y transformarlos en desarrollos urbanos. Con la finalidad de asegurar su conservación, se han buscado estrategias que permitan a las comunidades tener opciones variadas y diferentes para realizar en el futuro proyectos productivos y poder vincular el conocimiento y manejo de los recursos con el funcionamiento del ecosistema. Para ello, en el presente trabajo se efectuaron estudios etnobiológicos y ecológicos de distintos recursos naturales (fauna y flora) en humedales de la planicie costera de Veracruz, en cuatro municipios con abundantes humedales (Tuxpan, Tecolutla, Jamapa, Alvarado). Se abordaron temas de investigación sobre percepciones ambientales de los humedales y los recursos naturales que componen este ecosistema, el uso de las especies de fauna silvestre y de flora, específicamente palmeras, por comunidades rurales y se dio inicio el análisis del comportamiento de especies clave del humedal: las tortugas de agua dulce y tres especies nativas de palmeras. Estas especies son de importancia económica e interés de los pobladores locales. Por tanto, esta investigación tiene un componente social y uno biológico-ecológico. Esta tesis tiene los siguiente supuestos: a) una comunidad humana que conoce sus recursos y el funcionamiento del ecosistema en relación con estos recursos, se involucrará activamente y de manera responsable en la conservación de dicho ecosistema y b)

el manejo sustentable de las especies del humedal constituye la base para desarrollar una estrategia de conservación del ecosistema de humedales. Concluimos que para poder realizar conservación de los procesos ecosistémicos y de la biodiversidad, así como el manejo de los recursos, solamente puede darse a través de: 1) el conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas y de las especies que los componen, 2) mediante la instrumentación y evaluación de estrategias enfocadas al uso y manejo sustentable de los ecosistemas y sus especies, base de una conservación en el largo plazo y 3) la conservación solamente puede darse conjuntamente con los usuarios, dueños de los recursos.

Los resultados obtenidos servirán como base de proyectos productivos y planes de manejo participativos que ayuden a conservar los servicios ecosistémicos y los recursos que los pobladores locales utilizan.

CAPÍTULO I

Introducción general

1. Introducción general

El desarrollo centrado en los paradigmas del crecimiento como el capitalismo extremo, que está enfocado en la explotación de los recursos naturales para obtener el máximo beneficio económico, ha demostrado no ser ambientalmente sustentable (Giddens 2000, Fromm 2005). Este tipo de desarrollo ha generado crisis financieras que impactan negativamente a las comunidades humanas, generando pobreza y desigualdad cada vez más profundas y más frecuentes (Fromm 2006); por lo tanto, es necesario tomar en consideración la relación del crecimiento con la equidad y la sustentabilidad, de tal forma que se preserven los recursos naturales para las futuras generaciones, mediante la generación de alternativas de aprovechamiento sustentable que beneficien a todos los sectores de la sociedad (Leff y Carabias 1993).

México es uno de los países de Latinoamérica que debido a su alto crecimiento demográfico y a las marcadas diferencias económicas de su población, ha ejercido una fuerte presión sobre los ecosistemas y sus recursos naturales, al grado que algunos de ellos se encuentran severamente amenazados (Leff y Carabias 1993, Moreno-Casasola 2006).

Uno de los ecosistemas de mayor importancia en el país y que se han visto más afectados, son los humedales, definidos como “ecosistemas sujetos a inundación somera, constante o recurrente, o a saturación en el suelo o cercana a la superficie del suelo. Las características mínimas para determinar a un humedal son la saturación o inundación sostenida y recurrente en o cerca de la superficie del suelo, así como la presencia de características físicas, químicas y biológicas que reflejen una saturación recurrente o una inundación sostenida y recurrente. Entre las características diagnósticas comunes en los humedales están los suelos hídricos y la vegetación hidrófila. Estas características están presentes excepto cuando factores específicos físico-químicos, biológicos o antropogénicos las hayan eliminado o hayan evitado su desarrollo” (NRC 1995).

En otros países hay estimaciones de la pérdida de humedales (Europa 90%, Estados Unidos 53%, Canadá 65% -datos de Mitsch y Gosselink 2000), y en México se considera una pérdida por arriba del 50% para manglares y del 62% para los humedales en general (Landgrave y Moreno-Casasola 2012).

Los humedales de México son principalmente costeros (Olmsted 1983), lo cual coloca al país en una situación sumamente vulnerable al cambio climático. Landgrave y Moreno-Casasola (2012) encontraron pérdidas fuertes en los humedales costeros a lo largo del territorio nacional, más de la mitad de los estados costeros que actualmente tienen humedales, han perdido cuando menos el 50% de éstos. Las mayores pérdidas han sido en la zona norte,

más árida, tanto en el Pacífico, como en el Golfo, en Tamaulipas. Las otras dos zonas que resaltan son el sur de Veracruz, Tabasco y Campeche, en el Golfo de México, así como las costas de Chiapas.

Los humedales proporcionan muchos beneficios al ser humano y al planeta suministrando agua, regulando el flujo de las corrientes de agua y las inundaciones, protegiendo contra la erosión provocada por el mar, reteniendo sedimentos, nutrientes y tóxicos, proveyendo productos animales y vegetales, produciendo energía como carbón y leña, además de que tienen importancia paisajística y estética (Tabilo-Valdivieso 1999). Es importante mencionar que los humedales no sólo brindan beneficios a la humanidad, estos también son hábitat para los vectores de diferentes enfermedades de personas o ganado, como la malaria, dengue, filariasis, encefalitis, entre otras (Corvalán *et al.* 2005). Además, los humedales también son hábitat para cocodrilos y algunas serpientes venenosas, lo que hace poco atractiva su conservación para pescadores y otros usuarios.

Hoy en día muchos humedales están deteriorados y muchos de ellos a punto de desaparecer, debido a la acelerada explotación de sus recursos, invasiones biológicas, tanto de plantas como animales, así como por drenado y desecación, contaminación, azolve, tala, transformación para actividades agropecuarias y el desarrollo de industrias asociadas al petróleo (Moreno-Casasola 2006; López-Rosas *et al.* 2010).

Es importante mencionar que muchos de los problemas arriba mencionados, se deben al bajo impacto de los resultados científicos en los usuarios, por la poca difusión, así como a la escasez de estudios de viabilidad biológica para el desarrollo de alternativas de aprovechamiento sustentable (Yañez-Arancibia y Lara-Domínguez 1999), que involucren a todos los actores (comunidades rurales, gobierno, científicos) y se traduzcan en un manejo adecuado y en la conservación de los recursos y de los procesos ecosistémicos

El manejo y la conservación de los ecosistemas

Todos los asuntos ambientales tratan esencialmente sobre el uso y la distribución de los recursos (Owens y Owens 1991). El hombre -su economía y su sociedad- y los ecosistemas están en el fondo de todos ellos. Los problemas ambientales se caracterizan por contener gran cantidad de incertidumbres y de conflictos. La simple complejidad de la biosfera hace que nuestra comprensión de los impactos del hombre sobre ella sean parciales y por tanto sea muy difícil hacer predicciones acertadas. Ello hace que los planteamientos sobre el manejo de los

recursos y su impacto en el sistema no siempre tengan el resultado planeado. Los sistemas económicos y sociales son igualmente complejos. Esto añade nuevas dimensiones a la problemática del manejo de nuestro entorno. El problema de la relación hombre-naturaleza es el gran reto para el hombre del siglo XXI: ¿cómo queremos vivir?, ¿con qué o quién queremos compartir nuestro mundo?, ¿bajo qué condiciones?

Un ecosistema está integrado por sus componentes y por las interacciones entre ellos, lo cual implica la estructura y el funcionamiento (Owens y Owens 1991). Hoy en día el hombre es uno de los componentes de gran parte de los ecosistemas del mundo. Es la especie sobre la Tierra con mayor capacidad de modificar la estructura y el funcionamiento de los mismos, de ahí que Crutzen (2010) haya propuesto recientemente llamar a esta época Antropoceno. Frecuentemente se oye hablar de la contaminación que se produce en las zonas industriales y en las grandes urbes, zonas ambas altamente modificadas por el hombre. Durante el presente siglo la tecnología ha llevado a incrementar la transformación del ambiente no solamente por la velocidad que le ha dado, sino también por la magnitud de esta modificación (construcción, desecación de cuerpos de agua, liberación de contaminantes). Sin embargo hay otras actividades como la actividad primaria que el hombre ha desarrollado desde que se volvió sedentario y que también han alterado el ambiente. La producción rural que incluye la agricultura, la ganadería, la pesca y la explotación forestal, constituye la principal actividad del hombre y la mayor influencia sobre la ecología del planeta (Toledo 1997). En este contexto, los asentamientos rurales emergen como uno de los tópicos fundamentales de trabajo para el uso de los recursos naturales. Datos dados por el mismo autor indican que el 45% de la población humana trabaja en labores agrícolas, y de ellos, el 95% habita el Tercer Mundo. Entre el 60 y 80% de los productores rurales son campesinos caracterizados por formas de producción tradicional o pre-moderno, siendo una de las principales características el trabajo en unidades agrícolas de pequeña escala.

Las relaciones hombre-ambiente deben tener como normativa relevante la búsqueda y mantenimiento de la integridad de un ecosistema en que se combine la naturaleza y la cultura. Este binomio debe ser producto de la expresión tanto de una comprensión ecológica como de los lineamientos éticos que buscan las relaciones más adecuadas entre el ser humano y la naturaleza (Regier 1993). Como este mismo autor lo expresa, la idea de integridad del ecosistema está basada en ciertos conceptos ecológicos combinados con un conjunto de valores humanos. Cada ecosistema tiene su propia dinámica expresada en una estructura y funcionamiento que le son característicos; está sujeto a perturbaciones recurrentes y a otras

ocasionales y tiene capacidad de reconstituirse. Cuando el hombre interviene en los ecosistemas altera esta dinámica imprimiéndole presiones diferentes, en tipo y grado, de las ejercidas por la dinámica del propio sistema. Cuando estas presiones producen alteraciones profundas, el sistema se desintegra. Hoy en día nos enfrentamos a la necesidad de recuperar la estructura y función de muchos ecosistemas que se han desintegrado por la explotación que el hombre ha hecho de ellos.

Bajo esta perspectiva, un gran número de usuarios de los humedales y de dueños de los recursos (stakeholders), basados en sus experiencias de campo reclaman una mayor participación de los directamente involucrados en la solución de sus problemas. Son aquellos que viven la problemática diaria de producir para comer, para vivir y para mejorar su calidad de vida, los que deben discutir y ser parte activa de las decisiones y soluciones. Elinor Ostrom, Premio Nobel de Economía en 2009, compartido con Oliver E. Williamson, por "su análisis de la gobernanza económica, especialmente de los recursos compartidos", manejan muy bien esta idea.

Una mayor participación lleva a una toma de conciencia y conlleva a un incremento en el poder local (empowerment) entendido como la capacidad de control de decisiones y acciones por parte de la comunidad. Cuando cada uno de nosotros discute nuestros problemas y obstáculos, tomamos medidas para resolverlos, ejecutamos acciones, y nos responsabilizamos de sus consecuencias, es cuando tenemos el poder y el control que nos permite definir el camino a seguir para hacernos cargo de nuestro futuro (Pesci 1995).

El manejo adecuado del capital natural implica procurar una sustentabilidad ambiental, social y económica. Esto necesariamente se refiere a un modelo flexible que permita adaptarse a los cambios globales y locales, que deje espacio para soluciones creativas y para el desarrollo endógeno. Dicho modelo responde a un paradigma que cree en la idea de usar los recursos para conservarlos y de potenciar positivamente el capital social para llevarlo a cabo.

El enfoque del presente trabajo, sustentado fuertemente en la proyección ambiental, se basa fundamentalmente en una idea expuesta por Pesci (1995) ante un mundo de cambios, en crisis. La pregunta no es por qué, sino por qué no otra cosa, porqué no lo distinto, lo nuevo, porqué no la posibilidad, la creación. Agrega, no hay problemas ecológicos, los ecosistemas funcionan. Lo que hay son problemas de inserción incorrecta del hombre y sus actividades en los sistemas ecológicos. Por tanto, el camino para salvar al hombre es una nueva cultura del hombre, a la que denomina un nuevo humanismo, capaz de interactuar adecuadamente con los sistemas naturales.

Una forma para lograr la conservación y manejo sustentable de los humedales, es desarrollando proyectos productivos sustentables con los recursos disponibles en los ecosistemas, lo cual en conjunción con la educación ambiental, permitiría cambiar la visión ambiental del ser humano y aumentar su participación y compromiso en la conservación de los ecosistemas (en este caso de los humedales) y en buenas prácticas de manejo.

Un paso fundamental en el desarrollo de proyectos productivos sustentables es el conocimiento de las necesidades de las personas y de la viabilidad biológica de los recursos naturales involucrados. Por ello, esta tesis desarrollará una visión integral que estudie las percepciones, usos y costumbres y la situación ambiental de los recursos de los pobladores de una región de humedales en Veracruz. Para ello se conjuntarán un grupo de investigaciones ecológicas y socioambientales, que permitan proponer a mediano plazo, un esquema de conservación y manejo de los humedales ligado a una alternativa económica, que despierte el interés de la población por usar y manejar los recursos del humedal de forma sustentable y así lograr un cambio de visión y un compromiso de las comunidades y sentar las bases para una recuperación de los recursos y funciones del humedal. Así mismo, se busca crear conciencia mediante educación ambiental respecto a la importancia intrínseca de los humedales, para fomentar su conservación.

Tesis

Actualmente, en nuestro país, a) la conservación de los procesos ecosistémicos y de la biodiversidad, así como el manejo de los recursos solamente puede darse a través del conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas y de las especies que los componen, b) la conservación debe darse mediante la instrumentación y evaluación de estrategias enfocadas al uso y manejo sustentable de los ecosistemas y sus especies, base de una conservación en el largo plazo, y c) la conservación solamente puede darse conjuntamente con los usuarios, dueños de los recursos.

Los humedales costeros de agua dulce de Veracruz se han venido estudiando desde 1998, como parte de la línea de trabajo del grupo de Patricia Moreno-Casasola en el proyecto Costa Sustentable. En los sitios donde llevé a cabo mi trabajo se han hecho levantamientos florísticos y faunísticos, cuadros de estructura de vegetación, productividad, mediciones bimestrales de la hidrología de los humedales (movimiento del manto freático y características del agua intersticial) y análisis de suelos. Estos estudios se han realizado como parte del proyecto de Ordenamiento de humedales en la costa de Veracruz (Proyecto OIMT) y CONAGUA. Se ha repetido este esquema en varios sitios de Veracruz, con lo que se tiene una

buena idea de diversos aspectos ecológicos de los humedales de selvas inundables, popales y tulares. Con mi trabajo se abordan temas de investigación sobre percepciones ambientales, el uso de las especies por las comunidades rurales y se inició el análisis del comportamiento de especies clave del humedal: las tortugas de agua dulce y tres especies nativas de palmeras. Por tanto la investigación tiene un componente social y uno biológico-ecológico. Las especies a trabajar también están vinculadas con el interés de los pobladores locales (Figura 1). Todo ello nos permitirá entender y llegar a:

- a) las percepciones y actitudes ambientales que las personas tienen sobre los humedales y los recursos naturales,
- b) el uso que los pobladores locales hacen de las especies del humedal y el conocimiento que tienen de los mismos
- c) el comportamiento de estas especies en relación con el funcionamiento hidrológico del sistema de humedales,
- d) la participación directa de las comunidades rurales en la toma de decisiones a partir del conocimiento del funcionamiento del ecosistema y del involucramiento de proyectos productivos sustentables, logrando cambios en la percepción de la importancia del ecosistema y en la responsabilidad de su mantenimiento por parte de los pobladores y de los sectores involucrados.

Los supuestos en esta tesis, inmersa en la línea de fortaleza de manejo de recursos, son:

a) una comunidad que conoce sus recursos y el funcionamiento del ecosistema en relación con estos recursos, se involucrará activamente y de manera responsable en la conservación de dicho ecosistema y b) el manejo sustentable de las especies del humedal constituye la base para desarrollar una estrategia de conservación del ecosistema de humedales.

Para llevar a cabo lo anterior, me enfocaré en el estudio de algunos recursos representativos de la flora y fauna del humedal que para la propia comunidad además son de importancia económica. Ello tiene como finalidad secundaria el tener varias y diferentes opciones para realizar en el futuro proyectos productivos y poder vincular el conocimiento y manejo de los recursos con el funcionamiento del ecosistema.

El objetivo general de la tesis fue desarrollar un enfoque integral de trabajo bajo el cual realice estudios de percepción ambiental, etnobiológicos y ecológicos de distintos recursos naturales (fauna silvestre y palmeras), con la finalidad de obtener criterios para proponer alternativas productivas sustentables y de conservación, en los humedales de la planicie costera de Veracruz.

Contenido de la tesis

En la figura 1, se presenta un diagrama del contenido de la tesis, comenzando por el capítulo introductorio. El segundo capítulo, trata sobre la percepción ambiental que actualmente tienen las personas sobre los recursos naturales de los humedales. El objetivo fue conocer las percepciones y actitudes respecto a los humedales y los recursos naturales del ecosistema, en familias de cuatro municipios de la planicie costera de Veracruz, México. Con parte de estos recursos voy a trabajar en los siguientes capítulos, por lo tanto en el tercer y cuarto capítulo, se abordan temas sobre las tradiciones y el uso que las comunidades rurales le otorgan a las palmeras de humedales, tanto nativas como introducidas. Los objetivos fueron conocer y rescatar las tradiciones y usos de las palmeras en humedales de Veracruz; documentar la construcción de casas y la preparación de alimentos tradicionales en comunidades rurales asociadas a los humedales en Veracruz. Ambos capítulos ya fueron publicados (González-Marín *et al.* 2012 a, b).

El quinto capítulo trata sobre el uso tradicional de la fauna silvestre de humedales (reptiles, aves y mamíferos) y cómo este recurso puede ser de gran importancia en la seguridad alimentaria en comunidades rurales de Veracruz. El objetivo fue documentar los usos tradicionales de la vida silvestre por las personas que viven en los humedales y las personas que viven cerca, pero fuera de los humedales, para saber si es diferente la forma en que utilizan y perciben estos recursos. Este último ya ha sido sometido a una revista internacional indizada.

En los capítulos seis y siete presento resultados de estudios ecológicos de dos grupos frecuentes en los humedales, tortugas de agua dulce y palmeras, en regiones donde estas especies no habían sido estudiadas. Respecto a las tortugas, los objetivos fueron conocer la riqueza y distribución de las especies de tortugas dulceacuícolas en dos humedales de Veracruz, así como evaluar la asociación de las tortugas a microhábitats presentes en humedales.

Respecto a las palmeras, se realizó un estudio de establecimiento *in situ*, donde el objetivo fue determinar diferencias en la abundancia de plántulas de palmeras bajo la copa de la palmera y en el exterior de esta para tres especies: *Roystonea dunlapiana*, *Attalea liebmannii* y *Sabal mexicana*, así como las variables que podrían estar determinando estas diferencias. Estas palmeras son nativas de la región, una de ellas exclusiva de humedales y son de gran importancia económica en el Golfo de México.

En el capítulo ocho se presentan actividades de educación ambiental realizadas en las comunidades rurales. El objetivo fue promover los talleres, cursos y actividades de educación

ambiental en estas comunidades y crear un efecto de apropiación y participación en las personas con el fin de manejar de forma sustentable las especies y humedales.

Finalizo con la discusión y conclusiones generales, donde realizo un análisis y reflexiones sobre la conservación de humedales y los recursos estudiados.

Referencias

- Corvalán, C., S. Hales y A. McMichael. 2005. Ecosistemas y bienestar humano: Síntesis sobre salud. Organización Mundial de la Salud. 53 pp.
- Crutzen, P. 2010. Anthropocene man. *Nature* 467 (7317). doi:10.1038/467S10a
- Fromm, E. 2005. El miedo a la libertad. Editorial Paidós Mexicana, S. A. México, D. F. 287 pp.
- Fromm, E. 2006. ¿Tener o ser?. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 199 pp.
- González-Marín, R.M., P. Moreno-Casasola, R. Orellana, y A. Castillo. 2012a. Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico. *Environment, Development and Sustainability*, 14: 541–555.
- González-Marín, R.M., P. Moreno-Casasola, R. Orellana, y A. Castillo. 2012b. Traditional wetland palm uses in construction and cooking in Veracruz, Gulf of Mexico. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 11 (3): 408–413.
- Giddens, A. 2000. Un mundo desbocado. Los efectos de la globalización en nuestras vidas. Editorial Taurus. Madrid, España. 117 pp.
- Landgrave, R. y P. Moreno-Casasola. 2012. Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación ambiental*, 4 (1):19-35.
- Leff, E. y J. Carabias. 1993. Cultura y Manejo Sustentable de los Recursos Naturales. Editorial Porrúa. México, D. F. 278 pp.
- López-Rosas, H., F. López-Barrera, P. Moreno-Casasola, G. Aguirre-León, E. Cázares-Hernández y L. Sánchez-Higuero. 2010. Indicators of Recovery in a Tropical Freshwater Marsh Invaded by an African Grass. *Ecological Restoration*, 28: 324-332.
- Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink. 2000. Wetlands. 3rd edition, John Wiley and Sons, NY. 461 pp.
- Moreno-Casasola, P. 2006. Humedales Costeros. En: Moreno-Casasola, P., Peresbarbosa, R.E. y Travieso-Bello, A.C. (Eds). Estrategias para el manejo costero integral: el enfoque municipal (151-181). Instituto de Ecología A. C., 00 CONANP y Gobierno de Estado de Veracruz-Llave, Xalapa, Ver, México.

- NRC (National Research Council). 1995. Wetlands: Characteristics and Boundaries. National Academic Press, Washington, DC.
- Olmsted, I. 1993. Wetlands of Mexico. En: Whigham, D.F. Dykyjová, D. y Hejný, S. (Eds.) Wetlands of the world I: inventory, ecology and management. Handbook of Vegetation Science. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 637-678.
- Owens, S. y P.L. Owens. 1991. Environment, Resources and Conservation. Cambridge University Press, Londres. 112 pp.
- Pesci, R. 1995. Un nuevo humanismo y la proyectación ambiental. Documentos Ambiente. Serie Desarrollo Sustentable No. 2, Año 1. Fundación CEPA, La Plata, Argentina: 8-21.
- Regier, H.A. 1993. The notion of natural and cultural integrity, p. 3-18. En: Woodley, S. J. Kay y G. Francis. (Eds.). Ecological integrity and the management of ecosystems. St. Lucie Press. Delray Beach, Florida.
- Tabilo-Valdivieso, E. 1999. El beneficio de los humedales en America Central: el potencial de los humedales para el desarrollo. 2ª. Ed. Turrialba, C.R.: WWF; Heredia, C.R.: Universidad Nacional, Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre. 58 pp.
- Toledo, V. 1997. Sustainable development at the village community level: a third world perspective, p. 233-250 En: F. Smith (Ed.). Environmental sustainability. Practical global implications. St. Lucie Press, Boca Raton, Fla.
- Yañez-Arancibia, A. y A.L. Lara-Dominguez. 1999. Los Manglares de America Latina en la encrucijada, p. 9-16. En: Yañez-Arancibia, A. y Lara-Dominguez, A.L. (Eds). Ecosistemas de Manglar en America Tropical. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD US.
- Zona, S. 2001. Name changes in *Attalea*. Palms, Vol. 46 (3) pp. 132 -133.

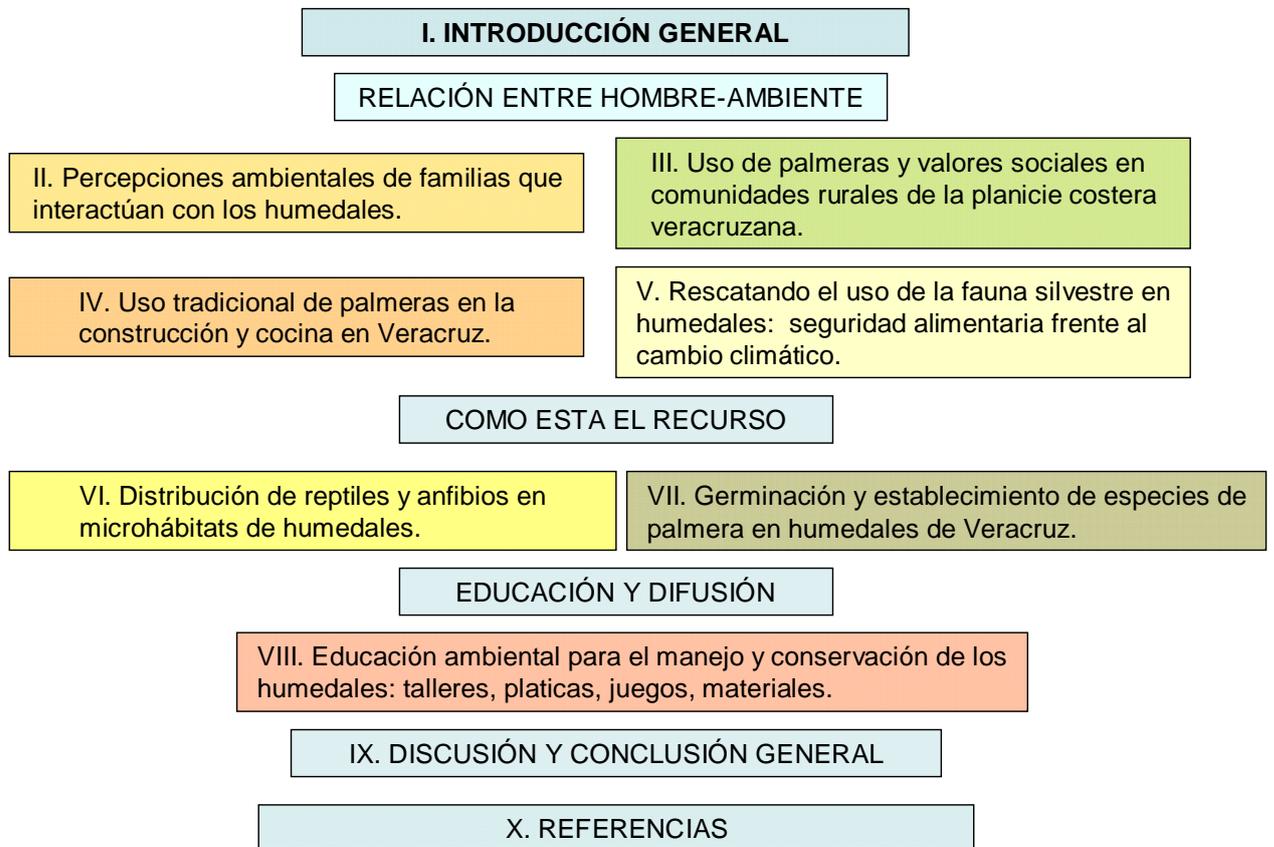


Fig. 1. Organización de la Tesis.

CAPÍTULO II

Percepciones ambientales de las familias que interactúan con los humedales de la planicie costera de Veracruz, México.

2. Percepciones ambientales de familias que interactúan con los humedales de la planicie costera de Veracruz, México.

Rosa María González-Marín¹, Alicia Castillo², Isela González-Marín³ y Patricia Moreno-Casasola.^{1,*}

¹ Red de Ecología Funcional. Instituto de Ecología, A. C. Carretera Antigua a Coatepec No. 351, Congregación El Haya, C.P. 91070, Xalapa, Veracruz, México.

² Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM. Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701 Col. Ex-Hacienda de San José de La Huerta, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México.

³ Centro de Estudios Superiores de México y Centroamérica. Calzada Tlaxcala No. 76, C.P. 29210, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

* Autor para correspondencia: patricia.moreno@inecol.edu.mx

Resumen

El estudio de las percepciones y valoraciones sobre el medio ambiente constituye un instrumento importante para entender la dimensión social en los temas ambientales. De esta manera, se puede tener una idea de cómo las problemáticas ambientales influyen en la vida cotidiana de las personas y se contribuye a la búsqueda conjunta de alternativas que permitan mantener y recuperar los servicios ambientales brindados por los ecosistemas, a la vez que las familias de las comunidades rurales logren mejorar su calidad de vida. Con la finalidad de documentar y conocer las percepciones ambientales respecto a los humedales y los recursos naturales en cuatro municipios de la planicie costera veracruzana, realizamos entrevistas y observación participante en comunidades rurales asociadas a humedales. Los principales resultados fueron los siguientes: las personas le otorgan importancia a los humedales por los productos que obtienen de ellos y los recursos naturales que pueden aprovechar. También mencionaron que la flora y fauna han disminuido, atribuyéndolo a causas que tienen su origen en el exterior del humedal, siendo la más mencionada, la contaminación del agua. Las causas de origen interior mencionadas fueron la sobreexplotación de fauna y pescado y la tala de árboles. Existe interés de las personas por desarrollar actividades de conservación y restauración del humedal. Sin embargo, para que estas actividades sean posibles, urge una mayor vinculación entre las comunidades rurales, los sectores académico, gubernamental y privado, y se generen alternativas productivas que repercutan en un manejo sustentable de los humedales, que garantice la provisión de servicios ambientales en las zonas rurales, base de una mejor calidad de vida.

Palabras clave: Humedales, entrevistas, valoraciones ambientales, uso de recursos naturales, comunidades rurales.

Introducción

Los humedales son uno de los ecosistemas de mayor importancia y entre los más productivos del planeta. Se definen como ecosistemas sujetos a inundación somera, constante o recurrente, o a saturación en el suelo o cercana a la superficie del suelo. Las características mínimas para determinar a un humedal son la saturación o inundación sostenida y recurrente en o cerca de la superficie del suelo, así como la presencia de características físicas, químicas y biológicas que reflejen una saturación recurrente o una inundación sostenida y recurrente. Entre las características diagnósticas comunes en los humedales están los suelos hídricos y la vegetación hidrófila. Estas características están presentes excepto cuando factores específicos físico-químicos, biológicos o antropogénicos las hayan eliminado o hayan evitado su desarrollo” (NRC 1995).

Debido a que la mayor parte del agua dulce no congelada se encuentra en los humedales, desde hace miles de años los humanos han establecido comunidades alrededor de estos ecosistemas. La mayoría de las civilizaciones probablemente comenzaron su desarrollo alrededor de los ríos, humedales y otros cuerpos de agua, lo que está ligado también al nacimiento de la agricultura (Marjanizadeh *et al.* 2009). Estos ambientes les proporcionaban no solamente agua sino gran cantidad de recursos, pues frecuentemente forman complejos de sistemas acuáticos y humedales ricos en flora y fauna. Muchas de las grandes ciudades del mundo (Londres, París, Nueva York, Mumbai y la ciudad de México) crecieron alrededor de cuerpos de agua. En México, los olmecas surgieron en tierras de humedales, los mayas cultivaron sobre humedales y los aztecas lograron cultivos muy productivos llamados chinampas construidos también en sistemas acuáticos (Siemens 1998; Mascarelli 2010).

Los humedales proporcionan muchos beneficios a las sociedades como son: suministrando oxígeno, pescado, materiales de construcción, controlando las inundaciones, reteniendo sedimentos, nutrientes y tóxicos, protegiendo contra la erosión provocada por el mar y sobre todo proveyendo de agua dulce (Millenium Ecosystems Assessments, 2005). También proveen beneficios tales como áreas para recreación y turismo (Tabilo-Valdivieso, 1999). Quienes resultan más afectados por la pérdida de estos servicios son las comunidades rurales que habitan en este ambiente y cuyas vidas dependen de forma directa de este ecosistema (Stein *et al.* 1999).

Los humedales costeros del estado de Veracruz son de los más importantes del país (Moreno-Casasola *et al.* 2009), extendiéndose a lo largo de sus cerca de 700 km del litoral. Actualmente los humedales están deteriorados y muchos de ellos a punto de desaparecer, debido a la acelerada explotación de sus recursos, así como por contaminación, azolve, tala inmoderada, transformación para actividades agropecuarias, y el desarrollo de industrias asociadas al petróleo (Moreno-Casasola 2008).

Para atender la problemática de los humedales es indispensable entender los factores sociales involucrados en ésta. Un aspecto al que se le da cada vez más relevancia, es el entender las percepciones o visiones que tienen los actores involucrados sobre los problemas, sus causas, efectos, soluciones y sobre quiénes tienen responsabilidades en la toma de decisiones.

El estudio de las percepciones, así como de los conocimientos y valoraciones sobre el medio ambiente constituye un instrumento importante para entender la dimensión social en los temas ambientales (Sureda y Gili 2009; Fernández *et al.* 2010). De esta forma es posible tener una idea de cómo las problemáticas ambientales influyen en la vida cotidiana de las personas y se contribuye a la búsqueda conjunta de alternativas que permitan mantener y recuperar los servicios brindados por los ecosistemas, a la vez que las familias de las comunidades rurales logran mejorar su calidad de vida. Además, es importante otorgar una revalorización al conocimiento sobre el medio ambiente que es producto de prácticas tradicionales de uso y manejo del medio natural, incorporando el conocimiento local en las políticas públicas y en la investigación (Whyte 1982).

La presente investigación forma parte de un proyecto de investigación-acción realizado desde 1998 (Moreno-Casasola 2006; Moreno-Casasola *et al.* 2006). Estamos trabajando con familias de comunidades rurales asociadas a los humedales, y una parte esencial del proyecto es documentar y conocer la percepción ambiental que las personas de estas familias y comunidades han construido sobre los humedales y los recursos naturales que les proporcionan. Interesa particularmente entender sus visiones, conocimientos y valores hacia los ecosistemas, las cuales han sido construidas durante sus vidas y en la relación diaria con estos ambientes.

El objetivo de esta investigación, consecuentemente, fue conocer las percepciones de los habitantes de cuatro municipios de la planicie costera de Veracruz, México.

Sustento teórico

Los procesos mediante los cuales el ser humano aprende, interioriza y reinterpreta su cultura y ambiente, y con ello construye una identidad individual y colectiva, así como una cosmovisión específica, han sido el objeto de estudio principalmente de la antropología, la psicología y la sociología. Dentro de la antropología se ha profundizado sobre estos temas y las investigaciones realizadas en torno a los procesos de enculturación¹ han aportado conocimiento social y cultural que identifican la forma de pensamiento de los grupos humanos en todo el mundo. Los procesos que tienen su origen en la infancia y que han de durar toda la vida, son de gran relevancia para esta investigación pues nos permitirán entender cómo es que las personas interpretan el mundo en el que viven y cómo llegan a expresar determinadas experiencias de vida (Herskovits 1952; Porter 1994).

En México, se pueden identificar dos estudios pioneros en relación con entender las percepciones sobre el ambiente de pobladores rurales. El trabajo de Arizpe y colaboradoras (1993) documentó cómo los habitantes de la región Lacandona perciben los problemas ambientales. Entre los resultados de este estudio destaca que la deforestación no se identificó como un asunto prioritario para los habitantes locales a pesar de que desde el punto de vista científico se ha reportado la importancia de la deforestación en la pérdida de servicios ambientales.

Otro trabajo relevante es el realizado por Lazos y Paré (2000), en el que abordan las visiones que tienen indígenas Nahuas acerca de la transformación de su entorno natural en el sur de Veracruz. Ambos estudios enfatizan que la manera de percibir la realidad determina las formas de cómo interactuamos con el ambiente, tanto los individuos como los grupos sociales. Estos y otros trabajos similares (Durand 2008), se refieren a ambientes selváticos. En cuanto a ecosistemas de humedales, existe el trabajo realizado por López-Medellín y colaboradores (2011) en el que entrevistando a distintos actores sociales relacionados con el manejo de manglares en el Golfo de Baja California, registran una amplia diversidad de visiones: algunas coincidentes, otras discrepantes pero todas relevantes cuando se busca no sólo entender las visiones de las personas sino identificar puntos de tensión o

¹ Melville Herskovits (1952) define la enculturación como aquellos aspectos de la experiencia de aprendizaje a través de los cuales, inicialmente y durante su vida, un individuo alcanza competencia en su cultura. Los seres humanos logran la adaptación a su sociedad gracias a haber pasado por un proceso de enculturación. La enculturación es entonces el proceso mediante el cual se aprende una cultura, es decir, un modo de vida, determinadas creencias, costumbres, valores. Por su parte, Porter (1994) define enculturación como la serie de procesos mediante los cuales el individuo adquiere entendimiento, orientación y competencia en el ámbito de la cultura. Es decir que concierne a la adquisición de aquellas reglas, entendimientos y orientaciones que proveen, entre otras cosas, de la vida comunal y guías para la participación efectiva dentro de ella.

conflictos debido a distintas formas de entender y vivir un problema. Documentar y explicar la diversidad de visiones puede ser de gran utilidad para la formulación de políticas públicas o el diseño de programas de manejo de ecosistemas o de educación ambiental.

En esta investigación utilizamos el concepto de percepciones ambientales como las creencias, opiniones, conocimientos y basada en la experiencia cotidiana que tienen los individuos y grupos sociales sobre determinados aspectos de su realidad inmediata (Lazos y Paré 2000). Para su diagnóstico, es importante tener en cuenta que dentro de un mismo grupo sociocultural pueden existir una variedad de percepciones acerca de un determinado entorno natural o problema en particular. Esto puede deberse, en parte, a las vivencias individuales conformadas por las experiencias personales, las historias familiares, los recuerdos, las amistades y la información que se recibe a través de distintos medios (Durand 2008). También influyen factores como la edad, el género, el nivel socioeconómico, las relaciones sociales, el acervo cultural, y el grupo étnico al que se pertenece (Moscovici 1961; Lazos y Paré 2000).

Área de estudio

Se seleccionaron comunidades alrededor de humedales en cuatro municipios de Veracruz: Alvarado (Costa de San Juan, Nacaste y Pajaritos), Jamapa (El Piñonal y La Matamba), Tecolutla (Casitas, Ricardo Flores Magón, Tecolutla y Cruz de los Esteros) y Tuxpan (El Golfo de Barra de Galindo y La Mata de Tampamachoco; Fig. 1).

Es pertinente enfatizar que en algunos estudios de antropólogos y geógrafos (Skerrit 1993; Hoffmann 1994; Blázquez 2000) se ha demostrado que el proceso de desaparición del elemento indígena en la región dejó un vacío cultural en los siglos posteriores a la Conquista. De esta manera en los siglos XVIII y XIX, la región estaba siendo poblada lentamente y de forma dispersa con nuevos grupos de colonos, que llegaron a zonas con ecosistemas totalmente diferentes, tales como los pantanos y los humedales. Es así que la mayoría de la población que habita en torno a estos humedales son personas étnicamente compuesta por mestizos de origen africano y personas de otros estados de México (González Jácome 1999).

Metodología y técnicas de investigación

Por la naturaleza de las preguntas y objetivos de estudio, se utilizó una metodología de investigación social de corte cualitativo debido a que este enfoque permite comprender cómo las personas dan sentido a los fenómenos sociales y naturales (Denzin y Lincoln 2000). Los métodos de investigación fueron la observación participante y la conducción de entrevistas

individuales y grupos de discusión (Taylor y Bogdan 1984; Tarrés 2004). Observando las actividades y prácticas cotidianas, así como escuchando a las personas a través de formular preguntas abiertas, se documentaron las percepciones y visiones de grupos de pobladores sobre su relación con los humedales.

Introducción a las comunidades

Obtener el acceso a las personas y lograr su confianza para que compartan sus visiones y experiencias no es tarea fácil (Tarrés 2004). Para iniciar un diálogo y comenzar a obtener una idea general de lo que las personas conocían sobre los humedales, se realizó un taller en cada uno de los cuatro municipios. En estos eventos participaron hombres y mujeres adultos. Entre los asistentes se pudo identificar a personas clave reconocidas como aquellas que por su situación o estatus en la comunidad poseen información relevante para el estudio. Después del taller, se seleccionaron algunas familias para trabajar directamente con ellas en sus hogares. La selección de una familia dependió de su participación en los talleres y el interés mostrado en el tema. Para identificar más informantes clave se utilizó el método "bola de nieve", que consiste en que una persona o grupo de personas entrevistadas recomienden a otras personas que poseen información sobre el tema y así sucesivamente (Taylor y Bogdan 1984).

Se utilizó como principal método la entrevista semi-estructurada (Robson 1994; Anexo 1). En éstas se utilizó un cuestionario guía y después de solicitar autorización a las personas, las entrevistas se grabaron en audio para su posterior transcripción y análisis en detalle. Cada entrevista duró aproximadamente una hora, dependiendo del flujo de la conversación y el interés de los entrevistados. Las entrevistas se detuvieron cuando la información obtenida fue repetitiva entre las familias entrevistadas; es decir, se llegó a la saturación de los datos (Taylor y Bogdan 1984). En total se realizaron 60 entrevistas. Aunque en los cuatro municipios se logró la saturación de datos, para estandarizar la muestra se hicieron un total de 15 entrevistas por municipio.

La entrevista se dividió en dos bloques temáticos: En el primer bloque se recogieron los datos personales de los informantes y la segunda parte consistió en preguntas abiertas acerca de los humedales, las plantas, los animales, su importancia, problemáticas, así como las actividades que les gustaría hacer a las personas para mejorar el ambiente. La observación participante se llevó a cabo en cada comunidad y la información fue registrada como notas de campo (Taylor y Bogdan, 1984).

Todas las entrevistas fueron transcritas y analizadas siguiendo los procedimientos de Taylor y Bogdan (1984) de la siguiente manera: 1) Las entrevistas y notas de campo fueron

examinados línea por línea; 2) los textos de las entrevistas y notas de campo fueron codificados, creando categorías de datos o respuesta que se utilizaron para elaborar diagramas (Ver figura 1 y 2) y textos de interpretación; 3) las citas directas de las entrevistas se utilizaron para apoyar e ilustrar las categorías y para la construcción de los textos interpretativos.

Resultados

Percepciones ambientales de familias asociadas a humedales

Ocho de las familias (de 15 entrevistadas) del Municipio de Alvarado conocieron el término “humedal” o “humedales”, y fueron las familias que habían tenido contacto con los proyectos de la Universidad Veracruzana e Instituto de Ecología, A. C. las siete restantes no conocían el término; las 45 familias entrevistadas de los otros tres municipios no conocían el término. En las comunidades rurales del Golfo de México, este ecosistema se conoce generalmente como laguna, río, arroyo, manglar y pantano.

Las personas le dan un significado a los humedales según su importancia como aprovisionamiento, es decir, para ellos los humedales significan los productos que obtienen de ellos y los recursos naturales que pueden ser aprovechados. También le dan un significado a los humedales por los problemas que en ellos se generan.

En la Figura 2 y 3 se presentan resultados generales de lo que mencionaron las personas entrevistadas en todo el estudio. También en la tabla 1 se presenta una síntesis comparativa entre los sitios estudiados, importancia y problemática que tienen los recursos de humedales para cada municipio y en la siguiente sección, se muestra de forma resumida, las principales percepciones documentadas con citas textuales sobre distintos aspectos de los humedales.

Alvarado.-

Todas las familias mencionaron que el manglar² es importante para ellos, ya que de ahí obtienen productos para satisfacer sus necesidades de vida. Del manglar obtienen madera para la construcción de casas, cercas y lanchas ya que es una madera dura y resistente, por eso es muy apreciada.

² En la región existen varias especies de mangle: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*. Se usan las cuatro especies, pero en este caso, se refieren a la especie *Rhizophora mangle*, mangle rojo

...Es importante el manglar porque nos da madera para cercas, para casas. Antes se usaba mucha madera para las vías del tren, pero ahora sólo podemos sacar para las cercas y para casas, para las lanchas....Pescador de la localidad Pajaritos, 62 años.

Los pobladores también hablaron sobre la importancia de los humedales como sitios de refugio y reproducción de la fauna que ellos utilizan para comer. Mencionan que en estos sitios viven y se reproducen las tortugas de agua dulce y mamíferos medianos.

...el manglar nos da muchísimo, ahí se reproducen las especies que capturamos para sobrevivir, como el camarón, la mojarra, la tortuga, el galápago, el serevengue, la chachagua, el mapache, y pues todo eso porque se da en el manglar, ahí vive y ahí se reproduce³Mujer ama de casa y productora de almeja de la localidad Costa de San Juan, 37 años.

Con respecto a la fauna silvestre, se mencionó que el tamaño de las poblaciones de aves migratorias, así como de reptiles y mamíferos, han disminuido considerablemente. Varias de las familias atribuyeron esta disminución a causas que tienen su origen en el exterior del humedal, siendo la más mencionada la contaminación del agua (Tabla 1 y figura 3).

... El agua está contaminada. Los pájaros ya casi no llegan, los canates⁴, ya no llegan como antes, a mi me tocó ver como llegaban bastantes.... Hombre pescador de la localidad Pajaritos, 62 años.

Una de las familias entrevistadas dijo que la contaminación no se debe a las personas de la comunidad, ya que ahora están preocupados por no tirar basura. Mencionó que antes tiraban basura y no tenían “conciencia ambiental”, ahora dicen tenerla gracias a las pláticas que les han impartido personas de la universidad. Atribuyen la contaminación del agua a los ingenios que se encuentran en los alrededores. Asimismo, mencionan que todos los drenajes de Alvarado desembocan en la laguna con todos los contaminantes y que el gobierno no hace mucho al respecto.

³ Los nombres locales de los animales que se mencionan varían en cada zona de Veracruz. En este caso cuando hablan de “camarón” se refieren a las especies: *Farfantepenaeus aztecus*, *F. duorarum*, *Litopenaeus setiferus* y *Xiphopenaeus kroyeri* (dependiendo la temporada de pesca); la “mojarra” se refieren a varias especies de la familia Cichlidae; “tortuga”: *Trachemys venusta*; “galápago”: *Kinosternon acutum* y/o *K. flavescens*; “serevengue”: *Chelydra rosignoni*; “chachagua”: *K. leucostomum*; “mapache”: *Porcyon lotor*.

⁴ Cuando se habla de canates se refiere a los patos: familia Anatidae, principalmente: *Anas discors*, *Dendrocygma bicolor* y *Anas acuta*.

...La universidad está haciendo programas, ha venido, se han puesto botes de basura, nos están educando, aunque no toda la tiramos pues tenemos la mala costumbre y no se puede cambiar en un día, pero ahora vamos aprendiendo... Comisariado ejidal de la localidad Costa de San Juan, 47 años.

Sin embargo, seis familias mencionaron que la causa principal de la disminución de las poblaciones silvestres ha sido la sobreexplotación, principalmente para alimento, como es el caso de las aves y las tortugas.

... En esta zona el agua está limpia, pero en los montes está apestosa, pues las hojas que caen hace que huelan mal, pero es algo natural... De los animales de la zona los que más se aprovechan es el pato real⁵ y cuando hay las tortugas... Hay muchos pájaros y hay gente que se los come, ya casi no hay tortugas, ahora es más raro que agarren una tortuga o una chachagua, las han combatido mucho... Mujer ama de casa de la localidad Costa de San Juan, 63 años.

Es importante mencionar que en algunas de las comunidades de Alvarado varias de las personas han asistido a talleres de educación ambiental, tanto de la Universidad Veracruzana, del Instituto de Ecología, A.C. como de PRONATURA, por lo que mencionan que han aprendido sobre el significado de los humedales en su vida, así como los factores que pueden estar influyendo en su deterioro. Podemos observar esto último, en las palabras que utilizan algunas de las personas al expresarse sobre la importancia de los manglares:

...El manglar es importante, porque es vida, ahí viven y se reproducen todos los animalitos. También sirve para que no sea tan drástico el calentamiento global. El humedal nos proporciona alimento, medicinas, oxígeno. En el manglar viven muchos animales que usamos para comer... Mujer ama de casa y productora de almeja de la localidad Nacaste, 53 años.

Jamapa.-

Las familias entrevistadas mencionaron que el humedal tiene un significado muy importante por diversas razones: obtienen agua para el ganado, para regar los pastizales y en algunos casos, agua para consumo humano; el humedal provee oxígeno, un clima agradable, así como plantas, animales y belleza escénica para su región (Tabla 1 y Figura 2).

⁵ También pato real: *Anas acuta*

...Es importante la Laguna⁶ porque nos da oxígeno, las plantas, las palmeras y los animales. El agua es importante pues nosotros la usamos para riego del zacate del ganado, para que beba el ganado y nosotros también. Usamos agua de un pozo profundo pero yo creo que el agua de ese pozo viene de la Laguna... Mujer ama de casa de la localidad El Piñonal, 57 años.

También mencionaron que han visto deterioro del humedal, principalmente asociado a la tala de árboles, disminución de las lluvias y la consecuente reducción en la extensión de la laguna. Algunas familias muestran interés por reforestar los sitios más afectados; sin embargo, también existen personas que no tienen interés en mejorar su lugar.

...Yo creo que la laguna se seca porque como no hay árboles, si hubiera árboles no se secara pues habría sombra. Los árboles los cortan para limpiar las parcelas⁷, pero no supieron ni lo que hicieron, pues le quitaron humedad. A mi me gustaría volver a sembrar árboles para que haya mucho fresco y mucha sombra...Mujer ama de casa de la localidad La Matamba, 59 años.

La contaminación del agua es otra causa que las familias mencionaron como parte del deterioro de la laguna, ya que hay personas que lavan su ropa en los arroyos tributarios a ésta y dejan el detergente, bolsas y envases de plástico. También comentan que durante la temporada de lluvias, la corriente arrastra basura desde otros sitios a la laguna, lo que aumenta la contaminación. Cabe mencionar que no se mencionó la contaminación por herbicidas, fertilizantes o medicamentos que aplican al ganado. El desvío del agua de los arroyos para regar pastizales forrajeros ha contribuido a secar el humedal.

...Cuando hay mucha creciente, el agua viene trayendo basura desde muy arriba...y la va dejando por aquí, pero la trae de otros lados, no es que sea de aquí... Mujer ama de casa de la localidad El Piñonal, 58 años.

...Aparte de la laguna, hay un arroyo⁸ que le mete agua, íbamos antes a bañarnos, ese arroyo igual ahora lo están secando, se está perdiendo, se está desviando el agua para alimentar el ganado... Mujer ama de casa de la localidad El Piñonal, 80 años.

⁶ En Jamapa, cuando las personas hablan de la Laguna se refiere a una laguna de agua dulce llamada El Apompal.

⁷ Las personas cortan diversas especies de árboles y palmeras de humedales y usan los terrenos para actividades ganaderas, entre estos están: diversas especies del género *Ficus*, *Pachira aquatica*, palmeras como *Roystonea dunlapiana*, *Attalea liebmanni*, entre otros.

⁸ Se refieren al arroyo Naranjos

Respecto a la fauna silvestre, algunas familias dijeron hacer uso de animales silvestres como alimento. En la mayoría de los casos, los entrevistados mencionaron que la fauna silvestre es cada vez más escasa y que la principal causa es la cacería furtiva que existe en la región. La cacería es realizada por personas de la comunidad que utiliza las especies para comerciar, así como por personas que llegan de fuera de la localidad, conducidas por guías locales.

...En la laguna hay muchos animales, tortugas, chopontil, chachaguas, pero nosotros no los comemos, pero otras gentes del rancho sí se lo comen. Hay gente del rancho que los caza para vendérselos a la gente de fuera, la gente de fuera viene de Veracruz y de aquí del municipio. Venden las tortugas por docenas, el pichichi, patos reales, canates, los patitos viuda, hasta a las pobres garzas y grullas se las están comiendo⁹...Hombre ganadero, de la localidad El Piñonal. 56 años.

Cuando se les preguntó ¿qué podían hacer para mejorar las condiciones del humedal?, las personas mencionaron no poder hacer nada para detener a los cazadores, ya que estos argumentan tener permisos de caza. Dijeron que las personas de la localidad que sirven de guía, o capturan animales para los cazadores, aún no “toman conciencia”. Asimismo mencionan que la mayoría de la comunidad ya casi no practica la cacería, aunque sí comentaron que cuando van a hacer sus labores cotidianas y encuentran a un animal silvestre lo capturan para autoconsumo. Sin embargo, aseguran que ésta no es una práctica común.

...no soy muy aficionado a la cacería, pero hay gente que sí se dedica a eso y uno les dice, estamos en el tiempo de que va a poner la tortuga y pescados, ¡déjenlos!, pero si uno les dice, les molesta. A la iguana la buscan por esas fechas (abril) porque tiene huevos, le comen todo. Aquí en mi caso, si yo me encuentro a algún animal porque la laguna esta seca sí me traigo una tortuga, pero que yo vaya a la laguna específicamente a buscarla, eso no...Hombre ganadero de la localidad El Piñonal, 39 años.

Tecolutla

Tecolutla cuenta con humedales de agua dulce (ciénegas) y salobre (esteros y manglares), con los que las familias entrevistadas interactúan de manera diferente, dependiendo de la cercanía. Sin embargo, la percepción que tienen del humedal es similar en todos los casos. Para las personas de estas comunidades el humedal es importante, pues les

⁹ “Tortugas”: *Trachemys venusta*; “chopontil”: *Claudius angustatus*; “chachaguas”: *K. leucostomum*; “pichichi”: *Dendrocygma autumnalis*; “patos reales y canates”: *A. acuta*, *A. discors* y *D. bicolor*; “garzas”: *Ardea alba*; “grullas”: *Mycteria americana*.

proporciona alimento, madera para la construcción de viviendas y cercas, oxígeno y aire fresco. También significa fuente de trabajo, pues en estos ambientes capturan crustáceos (principalmente cangrejo azul y camarón) y peces, cuya venta es la base de su economía.

...La ciénega es importante para mí porque es la fuente de oxígeno que tenemos. Nos provee de muchos árboles y arbustos, y eso trae el oxígeno limpio que necesitamos... .Mujer ama de casa y criadora de mojarras de la Localidad Ricardo Flores Magón, 52 años.

...el manglar es importante porque hay peces, el cangrejo morado, cangrejo azul, animales así, como mapaches. Nosotros nos beneficiamos del cangrejo, es la principal fuente de trabajo. De las plantas solo el mangle, pero solo para hacer unas casas, pero ya no se puede cortar, porque está prohibido¹⁰ ... Hombre pescador de la Localidad de Cruz de los Esteros, 50 años.

En general, los entrevistados consideran que los humedales se han ido degradando, afectando a la flora, la fauna y a ellos mismos. Las principales causas mencionadas fueron la sobreexplotación de los recursos naturales y la contaminación del agua. También mencionaron que el paso del huracán *Dean* en el año 2007, provocó severos daños a la vegetación, ya que el fuerte viento derribó muchos árboles. La sustitución de los manglares por pastizales para ganadería es una práctica común, provocando la disminución de árboles y sitios para que vivan y se reproduzcan los animales.

...En la Ciénaga iba con mi esposo para levantar la trampa cuando pescaba y veíamos el camarón, el pescado, tortuga, lagarto, las codornices, habían muchos animales, el tejón, el mapache, la ardilla. Yo he comido el lagarto, la tortuga pinta, el pescado, el camarón; el tejón nunca; las codornices son muy sabrosas, pero eso era antes, ahora ya no encuentra usted nada. La misma población de aquí caza. Si le dice a un niño quiero una ardilla se la consigue¹¹ ... Mujer ama de casa de la Localidad Ricardo Flores Magón, 29 años.

...Siempre ha habido tortuga pinta, mapache y tejón eso si había bastante, iguana, pero ya se está extinguiendo. Pero le digo, no es por la comercialización que se están acabando, sino por que han

¹⁰ “Cangrejo morado”: *Ucides cordatus*; el “cangrejo azul”: *Cardisoma guanhumi*. En Tecolutla existen varias especies de mangle: *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y la más utilizada es *Rhizophora mangle*.

¹¹ “Tortuga pinta”: *Trachemys venusta*; “lagarto”: *Crocodylus moreletti*; “codornices”: *Colinus virginianus*; “tejon”: *Nassau narica*; “iguana”: *Iguana iguana*.

derribado sus viveros, sus comederos. Ya no tienen donde vivir ni que comer... Hombre pescador de la localidad Tecolutla, 70 años.

...Aquí el manglar anteriormente estaba bien, pero cuando pegó el huracán hubo una arrancadera de árboles. Pero ahora hay gente que tala el manglar para potreros, no lo conserva.... Hombre pescador de la localidad Cruz de los Esteros, 52 años.

En la comunidad de Casitas, varios pobladores comentaron sobre el intercambio que realizan las personas (antes con más frecuencia) de tortugas de diferentes especies por camarón, calamar y pescado que traían los barcos de pesca. Esto, al parecer, simboliza a las tortugas como un valor intercambiable por otros productos de interés y necesidad para los pobladores.

*...Antes hacían intercambio de camarón por tortugas, los barqueros venían por tortugas, se las llevaban y las cambiaban por calamar, camarón, cambiaban como 4 ó 5 tortugas de varias, de la pinta, hasta tres lomos llevaban. Claro que se llevaban más la tres lomos que es la más corrientita que hay, la carne de ésta es muy insípida, en cambio de la pinta está más sabrosa. Del garlapago casi no se come por aquí porque apesta, en otros lados sí la comen. Su piel bota un olor a fango¹²...
Hombre pescador de la localidad de Casitas, 52 años.*

Cuatro de las familias entrevistadas (de 15 entrevistas) mostraron inquietud e interés por hacer algo para mejorar su ambiente. Una de ellas ya participa en programas de conservación de los recursos naturales en la comunidad.

...A mi me gustaría ocuparnos en la reforestación del mismo manglar, encargarse de la vigilancia y hacer conciencia con la gente, así como se ha venido haciendo hasta estos momentos, de que el manglar es un ecosistema muy diverso, encierra una gran cantidad de animales, aves, mamíferos, reptiles, peces, en fin, sirve como lugar de cacería a todos esos animales, como guarida, como descanso de las aves migratorias, como guardería de los peces, moluscos, crustáceos, creando este tipo de conciencia comienza a erradicarse un poco... Hombre pescador de la localidad de Casitas, 46 años.

¹² Se refieren a tortugas de agua dulce: “Tres lomos”: *Staurotypus triporcatus*; “garlapago”: *K. herrerae*.

Tuxpan

En las comunidades de El Golfo de Barra de Galindo y La Mata de Tampamachoco de este municipio, los pobladores perciben los humedales, principalmente como fuente de alimento y como fuente de agua y recursos para la construcción de sus viviendas y herramientas de trabajo. Ellos conocen los humedales como manglar o Laguna.

...Son importantes porque nos beneficia en reproducir camarón, jaiba, ostión, pescado y viven muchos animales en el manglar también, como el mapache y aves que ahí se reproducen¹³... Hombre pescador de la localidad El Golfo de Barra de Galindo, 39 años.

En general los entrevistados mencionan que el estado del humedal no es nada bueno, atribuyendo ese deterioro tanto a factores externos como a ellos mismos (Tabla 1 y Figura 3). De los factores externos, el que fue mencionado por todos los entrevistados fue la contaminación. Dijeron que debido al humo de la Termoeléctrica, y las descargas de residuos provenientes de PEMEX, hospitales y viviendas, la laguna se está secando y ha matado plantas y animales.

...Ya está muy deteriorada la laguna y el manglar, la contaminación ha hecho que se esté deteriorando. La laguna esta “enzolvada”, hay partes muy bajas, esto hace que el agua se caliente y el pescado tenga que salir porque no soporta la temperatura¹⁴. Hay varias fuentes de contaminación de agua, la Termoeléctrica, el Seguro, PEMEX, a veces se les escapa diesel y se ve el agua negra y apestosa... Hombre pescador de la localidad La Mata de Tampamachoco, 55 años.

...A mi me gustaría que abrieran la barra para que entre agua limpia, pues se está “enzolvando” y se muere el camarón, el ostión. Al abrir la barra entraría agua limpia, el agua de aquí esta sucia y caliente... Mujer ama de casa de la localidad El Golfo de Barra de Galindo, 61 años.

También se mencionó que el humedal es importante como refugio de la fauna silvestre. Sin embargo, la abundancia de las especies ha disminuido considerablemente. Ellos atribuyen esta reducción principalmente a la contaminación y el azolve de la laguna, que hace que las especies hayan migrado o muerto. Los entrevistados reconocieron también ser ellos

¹³ La jaiba: *Callinectes sapidus* y *C. rathbuna*; el ostión: *Crassostrea virginica*; una gran variedad de peces como *Dicentrarchus labrax*, *Lutjanus campechanus*, *L. griseus*, *Mugil cephalus*, *Dasyatis* spp., entre otros; especies de tiburones, principalmente de la familia Carcharhinidae y Sphyrnidae son las de mayor relevancia.

¹⁴ La Laguna de Tampamachoco y con el término “enzolvada” se refieren a que la laguna esta azolvada, es decir, existe un incremento de sedimentos y hay una disminución de profundidad del agua.

mismos quienes han ocasionado la disminución de algunas especies, debido a que no respetan las vedas. En otros casos, han sobreexplotado algunas especies, como es el caso de los loros, cuyos polluelos son extraídos de los nidos y vendidos como mascotas.

...Hay menos animales porque habemos personas que matamos animales no tanto por la carne pero si por la piel¹⁵. La tala también afecta a esos animalitos, y también porque hay contaminación de la Termoeléctrica, ese humo que está saliendo, cae a los árboles y hay partes que se van secando y entonces ya no tienen donde vivir... Hombre pescador de la localidad El Golfo de Barra de Galindo, 61 años.

...Yo tengo aquí como 30 años y la verdad que hay pocos animales en el manglar a como antes, por ejemplo los pericos, los loros, todos están en extinción, nosotros mismos los vamos a sacar para hacer negocio con ellos¹⁶...a veces lo hace uno para sobrevivir... Hombre pescador de la localidad La Mata de Tampamachoco, 46 años.

Los resultados muestran diversos tipos de niveles de percepciones que los entrevistados de todas las comunidades tienen con los recursos del humedal. No se trata de percepciones excluyentes sino distintos tipos de formas de ver las cosas respecto al ecosistema. Estas percepciones oscilan desde el nivel más profundo relativo a la identidad, hasta el nivel menos profundo como es el de los discursos política y académicamente correctos que las personas escuchan y/o aprenden (Figura 4).

Discusión

Aunque la mayoría de las personas entrevistadas no conocían el término “humedal”, en este estudio expusieron su conocimiento, visión y significado de este ecosistema para ellos. El término “humedal” viene de la palabra inglesa “wetlands” que significa “zona o tierra húmeda” (Ramsar Convention Secretariat 2007). Este es un término utilizado generalmente en el lenguaje de las ciencias biológicas y dentro de las legislaciones ambientales para definir este tipo de ecosistema, sin embargo no es usado en las comunidades rurales. Los términos “manglar”, “laguna”, “río”, “arroyo”, son muy claros, sin embargo, selva inundable, popales, tulares, no lo son. Para los popales y tulares generalmente utilizan el término “pantano”.

¹⁵ Se refieren a la piel de la nutria *Lontra longicaudis*

¹⁶ Con pericos y loros se refieren a: *Amazona autumnalis* y del genero *Aratinga*, mayormente *A. nana* que son los que comúnmente venden.

Para las personas entrevistadas, los humedales significan principalmente los productos que obtienen de ellos y los recursos naturales que pueden ser aprovechados como la madera, los peces, camarones y la fauna silvestre. Aunque valoran los servicios ambientales (e. g. agua, oxígeno, aire fresco) que los humedales les otorgan, la importancia por aprovisionamiento es la que destaca. Con respecto a este resultado, López-Medellín y colaboradores (2011), encontraron algo similar, ya que pescadores del Océano Pacífico le otorgan importancia y valor al manglar en gran parte por los recursos pesqueros que obtienen de éste, así como la madera para construcción, y otros servicios fueron mencionados en menor escala. Asimismo, en un estudio con niños y jóvenes sobre percepciones ambientales de una reserva en Veracruz, Fernández-Tarrío y colaboradores (2010), encontraron que su percepción sobre la importancia de conservar la reserva, radicaba por el uso y productos que obtienen de ésta. Lo anterior nos indica que la conservación debe basarse en gran medida mediante la instrumentación de estrategias que tomen en cuenta el uso de los recursos por las comunidades rurales, ya que la conservación de los recursos está motivada por la utilidad que tienen los recursos para ellos.

También pudimos distinguir que las percepciones en cada municipio son variables, a diferentes niveles y están influenciadas por su forma de vida, accesibilidad a centros urbanos y actividades productivas. En Alvarado, la población conoce mejor su entorno, ya que al vivir y desarrollar sus actividades productivas dentro del humedal, les ha permitido tener mayor acceso y utilizar los recursos que en éste se encuentran. El nivel de aislamiento en el que están provoca que el humedal sea el principal sustento para las familias. A diferencia de los demás municipios, que viven y realizan sus actividades productivas alrededor del humedal y están mayormente conectados con centros urbanos. En estos casos, la población aunque tiene conciencia y conocimiento de su entorno y también utiliza los recursos que en éste se encuentran, tanto para subsistencia como para comercio, su sustento principal depende de otro tipo de actividades como la ganadería, la agricultura, los servicios turísticos, la pesca de especies marinas o como empleados. Respecto a esto, otros estudios (Guiling 2009; Velayudan 2007) indican que tanto el acceso a grandes ciudades, así como las actividades productivas de cada lugar afectan el uso de los recursos naturales. En ambos casos se utilizan en menor grado, a diferencia de los lugares con mayor aislamiento donde el uso de la fauna así como su conocimiento es mayor.

Es un hecho también que las personas que han tenido acceso a información de las instituciones educativas y gubernamentales tienen un discurso distinto. Por ejemplo, se ha mencionado que los humedales deben conservarse ya que son importantes no solo para

aprovechar los recursos que en éste se encuentran, sino para evitar los efectos del calentamiento global, o porque proporciona oxígeno, aire fresco, entre otros. En este sentido, las personas crean nuevas formas de pensamiento, las cuales pueden tener efectos positivos en sus prácticas, aunque también pueden quedarse meramente en el discurso. En este sentido, Vasilachis de Gialdino (2000) menciona que las personas construyen pensamientos individuales y/o colectivos que utilizan para interpretar el mundo, para reflexionar sobre su propia situación y la de los demás. Esto nos indica que cada persona percibe, entiende o interpreta las cosas de acuerdo a sus conocimientos, su experiencia y tipo de vida, por lo que los discursos aprendidos pueden ser interpretados de diferentes formas. Este autor también menciona que los pensamientos pueden contener creencias y sentimientos compartidos, que permiten la cohesión social a la vez que revelan las diferentes perspectivas en la estructura social. Durkheim (1993) lo denominó “conciencia colectiva”, la cual permite la producción de un mundo común y sensato, un mundo de sentido común, es decir, previsible. Sin embargo, la realidad social puede ser diferente y estar determinada por factores económicos, culturales y sociales. Es decir, puede haber una gran diferencia entre el discurso y la práctica.

No todas las personas de las comunidades han recibido pláticas; sin embargo, en todos los municipios reconocieron las transformaciones de este ambiente a través del tiempo y los efectos de estos cambios en sus vidas. Manifestaron estar conscientes del deterioro de los humedales, señalando diferentes factores internos, es decir ocasionados por las mismas personas, principalmente la tala de árboles y la cacería. Sin embargo, identificaron a los factores externos, producidos por otros grupos sociales en industrias, empresas gubernamentales, comercios, clínicas, construcciones, entre otras, como los principales perturbadores del ecosistema. Se enfatizó que el grado de disturbio que éstas ocasionan es mucho más agresivo y también de mayor escala.

Esto nos muestra que las personas visualizan mucho más los efectos negativos que provienen del exterior pero rara vez, se visualizan como partícipes de ello. Por ejemplo, las personas mencionaron que los factores externos eran los causantes de la contaminación del humedal por las industrias o que había escasez de animales por que la “gente” los capturaba y que la solución era dejar de capturarlos. Sin embargo, podíamos ver caparzones de tortugas en las casas o ejemplares vivos, así como conchas de armadillo, que evidenciaban que la realidad social es distinta del discurso. Posiblemente también, el largo proceso de normalización e institucionalización del medio ambiente que ha habido en nuestro país, donde el resultado ha sido la construcción de discursos políticamente correctos pero inoperantes (Campos Santamaría 2007), han creado un ambiente de incredulidad entre las

personas, ya que se crean reglamentos que en muy poco benefician o toman en cuenta a las comunidades rurales, y tienen una actuación ineficaz con las grandes empresas, por ejemplo, los desechos de las industrias, como es el caso que se mencionó de Tuxpan sobre la termoeléctrica (González 2012). En este sentido, se deben aplicar los instrumentos legales para regular la contaminación de las grandes empresas.

A pesar que en algunos casos las personas no se dan cuenta de su responsabilidad y resultó evidente que en varios de los entrevistados falta un sentido de propiedad y responsabilidad sobre los recursos naturales, en otros casos ha habido un cambio de actitud y por lo tanto su realidad social puede estar cambiando. Esto último pudimos apreciarlo en varios casos en los que las personas tienen la disposición de mejorar su ambiente, de realizar actividades como reforestar y separar la basura. Con respecto a esto, Longo (2004) menciona que hay seres comunicativos, capaces de expresar su percepción de la realidad, pero sin cambiarla, pero que también existen seres materiales, dispuestos a transformarla o mantenerla con sus prácticas.

Para que ocurra un cambio real de actitud, es necesario hacer ver a las personas hacia ellos mismos, para no solo observar el daño que viene del exterior. Ver hacia sus actos y sus responsabilidades. Lo mismo con el Estado, ya que hay ausencia del Estado en sus responsabilidades primarias tales como educación, alimentación y medio ambiente. Se crean leyes, se aplican reformas, sin tomar en cuenta las necesidades de la población. Las escuelas carecen de los elementos más básicos y muchos de los niños que llegan ahí, ni siquiera tienen recursos para desayunar. Entonces, ¿cómo puede haber “conciencia ambiental”, si las personas carecen de las necesidades más básicas como alimento, casa, vestido, educación? Millones de personas están atrapadas en el ciclo de la pobreza, lo que ciertamente lleva a la degradación de los recursos (Caride-Gómez 2004) y esto lo pudimos constatar con las personas que entrevistamos, sobre todo los usuarios que se encuentran más aislados y no tienen otras actividades productivas. Las personas necesitan utilizar los recursos que encuentran en el humedal para satisfacer estas necesidades (e.g. animales para alimento y madera para casas). Desde esta óptica, es necesaria una corresponsabilidad “esencial” entre las comunidades rurales y el Estado (López-Medellín *et al.* 2011). Para que exista un verdadero programa de conservación y manejo sustentable de los recursos naturales, el Estado debe sobre todo cubrir estas necesidades creando alternativas productivas que realmente impacten en la sociedad y economía, en beneficio de ésta y del ambiente, con el fin que las personas de las comunidades tengan mejores opciones de vida.

Existe también una falta de vinculación de las instituciones de investigación y las ONGs con las necesidades reales de las comunidades rurales, e incluso una falta de vinculación entre científicos dentro de una misma institución y/o entre ONGs, los cuales trabajan de manera aislada, compitiendo por el financiamiento, en vez de utilizar esfuerzos y recursos en común (Castillo 2000). Los científicos deben trabajar en estrecha colaboración con los diferentes actores (comunidades rurales, Estado, ONGs), no sólo para facilitar la aplicación de los resultados de las investigaciones, sino para identificar las necesidades de información y el establecimiento de agendas de investigación y fuentes de financiamiento estatales e internacionales (Castillo 2000; López-Medellín 2011). La participación de los científicos es esencial para elaborar estudios de factibilidad (Miller y Hobbs 2002) y en nuestros resultados pudimos observar que las personas le dan mucha importancia a las actividades que las universidades e instituciones científicas llegan a hacer en las comunidades. Sin embargo, un factor importante en los estudios científicos, es que la mayoría de la información es casi exclusivamente publicada en revistas científicas y rara vez alcanza las comunidades locales y otras partes interesadas (Castillo y Toledo 2000), por lo que es de suma importancia la difusión de la información generada en los estudios científicos, para poder formular la gestión y las políticas de conservación

Cerramos este trabajo con el pensamiento de una mujer con la inquietud y preocupación de mejorar un ambiente en el cual ella creció, un ambiente en el cual si el gobierno, universidades y personas de las comunidades no ponen esfuerzo en mejorarlo, sus hijos ya no lo conocerán.

..... Me gustaría reforestar pues creo que es lo más importante, también cuidar mucho lo de la basura, tener cuidado de poner la basura orgánica e inorgánica en su lugar para evitar contaminación, pero a la mayoría de la gente no les importa mucho. Algunas van porque tenemos aquí un Programa de Oportunidades, y pues tienen que ir a limpiar, pero no van porque les nazca, si no para no perder el programa. Les decimos a algunas, vamos a limpiar y dicen ¿por que voy a ir si no tengo programa de oportunidades?. Y no es por eso, es por uno mismo, por nuestros hijos, por nuestros nietos, ¿que les vamos a dejar?. Mis hijos y de otras personas casi no conocen las plantas y los animales, en primero porque ya salen a estudiar y ya no están aquí, y en segunda porque casi no hay nada... Mujer, ama de casa de La Matamba, Jamapa, 43 años.

Conclusiones

Las personas asociadas a los humedales, le otorgan importancia por los productos que obtienen de estos ecosistemas, principalmente para alimento y madera para construcción. También le dan valor por otros servicios que les proporciona como oxígeno, aire fresco y belleza escénica. Las personas no atribuyen el deterioro a causas propias sino ajenas y estas tienen que ver con el sistema del país. Mencionaron que la flora y fauna han disminuido, por causas que tienen su origen principalmente a factores externos a ellos (e.g. manejo de industrias), la más mencionada, la contaminación del agua. Indicaron que las causas que se originan en la comunidad fueron la sobreexplotación de fauna y pescado, y la tala de árboles. En este sentido, las personas tienen una visión generalizada sobre los humedales y los recursos naturales. Existe interés de las personas por desarrollar actividades de conservación y restauración del humedal junto con los científicos y el sector gobierno. Sin embargo, para que estas actividades sean posibles, urge una mayor vinculación entre las comunidades rurales, los sectores académico, gubernamental y privado, y se generen alternativas productivas que repercutan en un manejo sustentable de los humedales, que garantice la provisión de servicios ambientales en las zonas rurales, base de una mejor calidad de vida.

Agradecimientos

Agradecemos a los pobladores de las comunidades estudiadas por su amabilidad y colaboración en la elaboración de este estudio. También agradecemos a A. Juárez por su ayuda en la introducción a las comunidades, así como a A. Castro-Luna por su ayuda durante el trabajo de campo. Este trabajo fue posible gracias a una beca doctoral (46372) otorgada por el CONACyT a R.M. González-Marín. El soporte económico y logístico para realizar el trabajo de campo fue brindado por el Proyecto ITTO PD 349/05 Rev.2 (F), PD RED-PD 045/11 Rev.2 (M), y el Instituto de Ecología, A. C.

Referencias

- Arizpe, L., F. Paz, M. Velásquez. 1993. Cultura y cambio global: percepciones sociales sobre la deforestación en la selva Lacandona, México. CRIM-UNAM. Miguel Angel Porrúa. 230 pp.
- Blázquez. H. 1997. Rural agency and state formation in postrevolutionary Mexico. The Agrarian Reform in Central Veracruz (1915-1992). Ph D thesis, New School for Social Research. Nueva York.

- Campos Santamarina, B. 2006. *Ecología y poder: el discurso medioambiental como mercancía*. Madrid: Los libros de la catarata. 144 p.
- Caride Gómez, J. A. 2004. Educación ambiental, desarrollo y pobreza: estrategias para "otra" globalización. Reunión Internacional de Expertos en Educación Ambiental: Nuevas propuestas para la acción. Santiago de Compostela. 14 pp.
- Castillo, A. 2000. Communication and utilization of science in developing countries. The case of Mexican Ecology, *Sci. Commun*, 22 (1), 46-72.
- Castillo, A. y V.M. Toledo. 2000. Applying ecology in the Third World: the case of Mexico. *BioScience*, 50 (1), 66-76.
- Cartró Sabaté, M. M., I. Ruiz Mallén y M. E. Méndez López. 2011. Estudio comparativo de conocimientos y percepciones ambientales sobre la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an entre estudiantes de primaria de comunidades maya, México. Universitat Autònoma de Barcelona. Facultat de Ciències [online]
URL:http://ddd.uab.cat/pub/treecpro/2011/hdl_2072_171215/PFC_MariaMarCartroS_abate_resum.pdf (Fecha de acceso Septiembre 22, 2012)
- Denzin, N.K. y Y.S. Lincoln. (2000) Introduction: The discipline and practice of qualitative research' in Denzin, N.K. y Lincoln, Y.S. (Eds). *Handbook of Qualitative Research*, 2nd edn, London: Sage Publications.
- Durkheim, E. 1993. *La división del trabajo social*. Primera edición. Buenos Aires: Editorial Planeta-Agostini.
- Durand, L. 2008. De las percepciones a las perspectivas ambientales. Una reflexión sobre la antropología y la temática ambiental. *Nueva Antropología*, 21,68, 75-87.
- Fernández Tarrío, R. L. Porter-Bolland y J. Sureda Negre. 2010. Percepciones y conocimientos ambientales de la población infantil y juvenil de una comunidad rural de Veracruz, México. *Revista de Educación y Desarrollo*, 12: 35-43
- Guiling, P., B.W. Brorsen y D. Doye. 2009. Effect of urban proximity on agricultural land values. *Land Economics*, 85(2): 262–284.
- González-Jácome, A. 1999. Algunas cuestiones sobre el ambiente, la población y la economía en Veracruz Central: Un ensayo etnohistórico. Pp. 157-333. En: González-Jácome, A. y del Amo, S. *Agricultura y sociedad en México: Diversidad, enfoques, estudios de caso*. Universidad Iberoamericana, CNEB.
- González, S. 2012. La CFE generó en Tuxpan una contaminación de clase mundial. En: *Periódico la Jornada*. Lunes 8 de octubre de 2012, p. 26 [online] URL:

- <http://www.jornada.unam.mx/2012/10/08/economia/026n1eco> (Fecha de acceso Octubre 8, 2012)
- Herskovits, M. 1959. El hombre y sus obras: ciencia de la antropología cultural. Fondo de Cultura Económica, México.
- Hoffman, O. (coord). 1994. Las llanuras costeras de Veracruz. Universidad Veracruzana-ORTOM. Xalapa, Veracruz, México. 13-20 pp.
- Lazos, E. y L. Paré. 2000. Miradas indígenas sobre una naturaleza 'enristecida': percepciones del deterioro ambiental entre nahuas del sur de Veracruz. México: Plaza y Valdés.
- Longo, M. 2004. Los confines de la integración social. Trabajo e identidad en jóvenes pobres. Serie Documentos de Trabajo. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad del Salvador. [online] URL: <http://www.salvador.edu.ar/csoc/idicso/docs/sdti027.pdf> (Fecha de acceso Septiembre 28, 2012).
- López-Medellín, X., A. Castillo y E. Ezcurra. 2011. Contrasting perspectives on mangroves in arid northwestern Mexico: implications for integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 54: 318-329.
- Marjanizadeh, S., A. S. Qureshi, H. Turrall y P. Talebzadeh. 2009. From Mesopotamia to the third millennium: The historical trajectory of water development and use in the Karkheh River Basin, Iran. IWMI Working Paper 135. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. doi:10.3910/2010.206.
- Martínez Hernández, L. 2003. Percepciones sociales sobre los servicios ecosistémicos en dos comunidades aledañas a la Reserva de la Biosfera Chamela- Cuixmala, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 174 p.
- Mascarelli, A. 2010. Mayans converted wetlands to farmland. *Nature*. doi:10.1038/news.2010.587
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human wellbeing: wetlands and water synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- Miller, J.R., R.J. Hobbs. 2002. Conservation where people live and work. *Conserv. Biol.*, 16 (2), 330-337.
- Moscovici, S. 1961. El psicoanálisis, su imagen y su público. Buenos Aires: Huemal.
- Moreno-Casasola, P. 2006. (Ed.) Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha. Instituto de Ecología A.C. Xalapa. 574 pp.
- Moreno-Casasola, P., E. Peresbarbosa y A. C. Travieso-Bello. 2006. (Eds.). Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología

- A.C., Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas SEMARNAT, Gobierno del Estado de Veracruz, México. I-III: 1-1206 pp.
- Moreno-Casasola, P., H. López-Rosas, D.M. Infante-Mata, L.A. Peralta, A.C. Travieso y B.G. Warner. 2009. Environmental and anthropogenic factors associated with coastal wetland differentiation in La Mancha, Veracruz, Mexico. *Plant Ecology*, 37-52.
- NRC (National Research Council). 1995. *Wetlands: Characteristics and Boundaries*. National Academic Press, Washington, DC.
- Porter, F. J. 1994. Socialization, Enculturation and the Development of Personal Identity. En: Ingold, T. (Ed.). *Companion Encyclopedia of Anthropology, Humanity, Culture and Social Life*. Nueva York, Routledge.
- Ramsar Conventio Secretariat. 2007. *Wise use of wetlands: a conceptual framework for the wise use of wetlands*. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 3rd edition. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Volume 1:26
- Robson, C. 1994. *Real World Research. A Resource for Social Scientists and Practitioner-Researchers*. Blackwell. Oxford, RU. 510 pp.
- Siemens, A. H. 1998. *A favored place. San Juan river wetlands, central Veracruz, b. C. 500 to the present*. Univ. of Texas Press, Austin. 301 pp.
- Skerrit Gardner, D. 1993. *Rancheros sobre tierra fértil*. Universidad Veracruzana.
- Stein, T.V., D.H. Anderson y T. Kelly. 1999. Using Stakeholders' Values to Apply Ecosystem Management in an Upper Midwest Landscape. *Environmental Management* 24: 399-413.
- Sureda, J. y M. Gili. (Coord.) 2009. *Ecobaròmetre de les Illes Balears*. Palma: Conselleria de Medi Ambient.
- Tabilo-Valdivieso, E. 1999. *El beneficio de los humedales en America Central: el potencial de los humedales para el desarrollo*. 2ª. Ed. Turrialba, C.R.: WWF; Heredia, C.R.: Universidad Nacional, Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre. 58 pp.
- Tarrés, M. L. 2004. *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. Ed. FLACSO. México. 407 pp.
- Taylor, S. J. y R. Bogdan. 1984. *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*. Paidós. México. 343 pp.
- Vasilachis de Gialdino, I. 2000. *Pobres, Trabajo e Identidad: una propuesta epistemológica y metodológica*, CEIL-CONICET.
- Velayudan, S.K. 2007. *Rural marketing: targeting the non-urban consumer*. Sage Publications, New Delhi, India.

Whyte, A. 1982. SCOPE 27-Climate Impact Assessment. Chennai, India: MS. Swaminathan Research Foundation. [online] URL: <http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope27/chapter16.html> (Fecha de acceso Octubre 8, 2012).

Tablas

Tabla 1. Síntesis comparativa entre los sitios estudiados, importancia y problemática que tienen los recursos de humedales en la costa veracruzana, según la percepción de las familias entrevistadas.

Municipios, comunidades y número de habitantes aproximado	Actividades productivas principales	Nivel educativo	Nivel de aislamiento	Humedal y tipo de vegetación (Infante et al. 2011)	Percepción sobre la importancia del humedal		Percepción sobre la problemática del humedal y sus recursos
					Recursos de aprovisionamiento	Servicios ambientales	
Alvarado: -Costa de San Juan (100) -Nacaste (30) -Pajarillos (15)	-Pesca de escama -Cultivo de almeja	Primaria o analfabetos	Deben viajar por lancha 40 min. para llegar a la ciudad de Alvarado y tener acceso a víveres.	Bosques de mangle: <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> Selvas inundables: <i>Pachira aquatica</i> , <i>Sabal mexicana</i> , <i>Attalea liebmannii</i> , <i>Acrocomia aculeata</i>	-Obtienen madera del manglar y palmeras para cercas y casas -Obtienen productos animales para comer y vender.	Sitios de reproducción y refugio para la fauna	-Contaminación del agua -Sobreexplotación de fauna silvestre
Jamapa: -Piñonal -Matamba (500-1000 entre ambas comunidades)	-Ganadería -Cultivo de árboles frutales -Maíz y frijol -Cría de animales de traspatio	Primaria y secundaria	El Puerto de Veracruz se encuentre a una hora por carretera. Tienen más acceso a tiendas y otros productos.	Selvas inundables: <i>P. aquatica</i> , <i>Ficus</i> spp., <i>S. mexicana</i> , <i>R. dunlapiana</i> , <i>A. liebmannii</i> Popal-tular: <i>Typha domingensis</i> , <i>Thalia geniculata</i> , <i>Pontederia sagittata</i>	-Les proporciona materiales para construcción de casas (palmeras) y cercas.	Les proporciona agua para el ganado, regar pastizales y en algunos casos consumo personal -Les provee oxígeno, fresco, plantas, animales y belleza escénica para su región	-Contaminación -Cacería furtiva de fauna silvestre -Tala inmoderada (árboles y palmeras)
Tecolutla: -Casitas (2,024) -Ricardo Flores Magón (1000) -Tecolutla (4,523)	-Pesca de camarón y escama -Ganadería -Cultivo de naranja,	Primaria o analfabeta	Por ser una zona turística tienen acceso a tiendas u otros productos en su localidad.	Selvas inundables: <i>P. aquatica</i> , <i>Ficus</i> spp., <i>S. mexicana</i> , <i>Roystonea dunlapiana</i> , <i>A. liebmannii</i> Popal-tular:	-Les proporciona recursos animales para alimentarse -La madera del mangle y hojas de palmera para	-Obtienen el oxígeno y aire fresco.	-No hay respeto de las vedas del camarón -Sobreexplotación de fauna silvestre -Tala de manglares -Disturbios por

<p>-Cruz de los Esteros (menos de 100)</p>	<p>sandía, limón, coco, maíz, frijol, toronja, chile, plátano y calabaza. -Jornaleros (siembra de zacate) -Servicios turísticos (hoteles, restaurantes, recorridos, venta de artesanías).</p>			<p><i>T. domingensis</i>, <i>T. geniculata</i>, <i>P. sagittata</i> Bosque de mangle: <i>R. mangle</i>, <i>A. germinans</i>, <i>L. racemosa</i></p>	<p>construcción de casas y cercas</p>		<p>huracanes -Contaminación</p>
<p>Tuxpan: -Golfo Barra de Galindo (75) -Mata de Tampamachoco (2,000)</p>	<p>-Pesca de escama, camarón y ostión -Trabajos temporales como empleados en compañías que trabajan para termoeléctrica o Pemex. -Servicios turísticos (renta de palapas, venta de comida y bebidas).</p>	<p>Primaria o analfabeta</p>	<p>La gente del Golfo de Barra de Galindo debe viajar aprox. 40 min. por arena para llegar la ciudad y abastecerse de productos. La Mata esta a 20 minutos por carretera de la ciudad de Tuxpan.</p>	<p>Bosque de mangle: <i>R. mangle</i>, <i>A. germinans</i>, <i>L. racemosa</i>, <i>C. erectus</i> Selvas inundables: <i>A. aculeata</i>, <i>A. liebmannii</i></p>	<p>-Es fuente de alimento -Obtienen madera y hojas (mangle y palmeras) para la construcción de sus casas y herramientas de trabajo</p>	<p>-Les proporciona agua y oxígeno</p>	<p>-Contaminación externa e interna -Azolve de la laguna -Sobreexplotación de fauna. -Falta de organización</p>

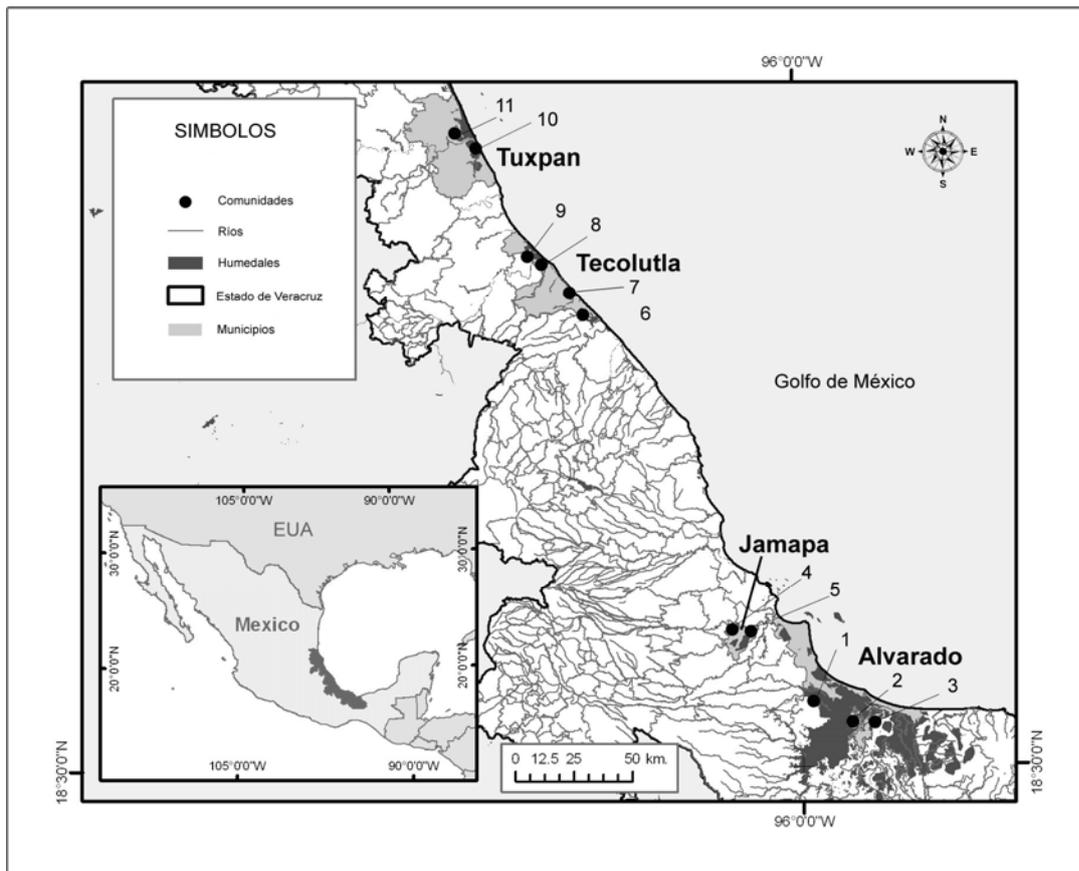


Fig 1. Ubicación de los municipios (gris) y las comunidades estudiadas (puntos) en la planicie costera de Veracruz, Golfo de México. Donde: (1) Costa de San Juan, (2) Nacaste, (3) Pajarillos, corresponden al municipio de Alvarado, (4) El Piñonal, (5) La Matamba corresponde a Jamapa, (6) Casitas (7) Ricardo Flores Magón, (8) Tecolutla, (9) Cruz de los Esteros, corresponde a Tecolutla; (10) La Mata de Tampamachoco (11) El Golfo de Barra de Galindo, corresponde a Tuxpan.

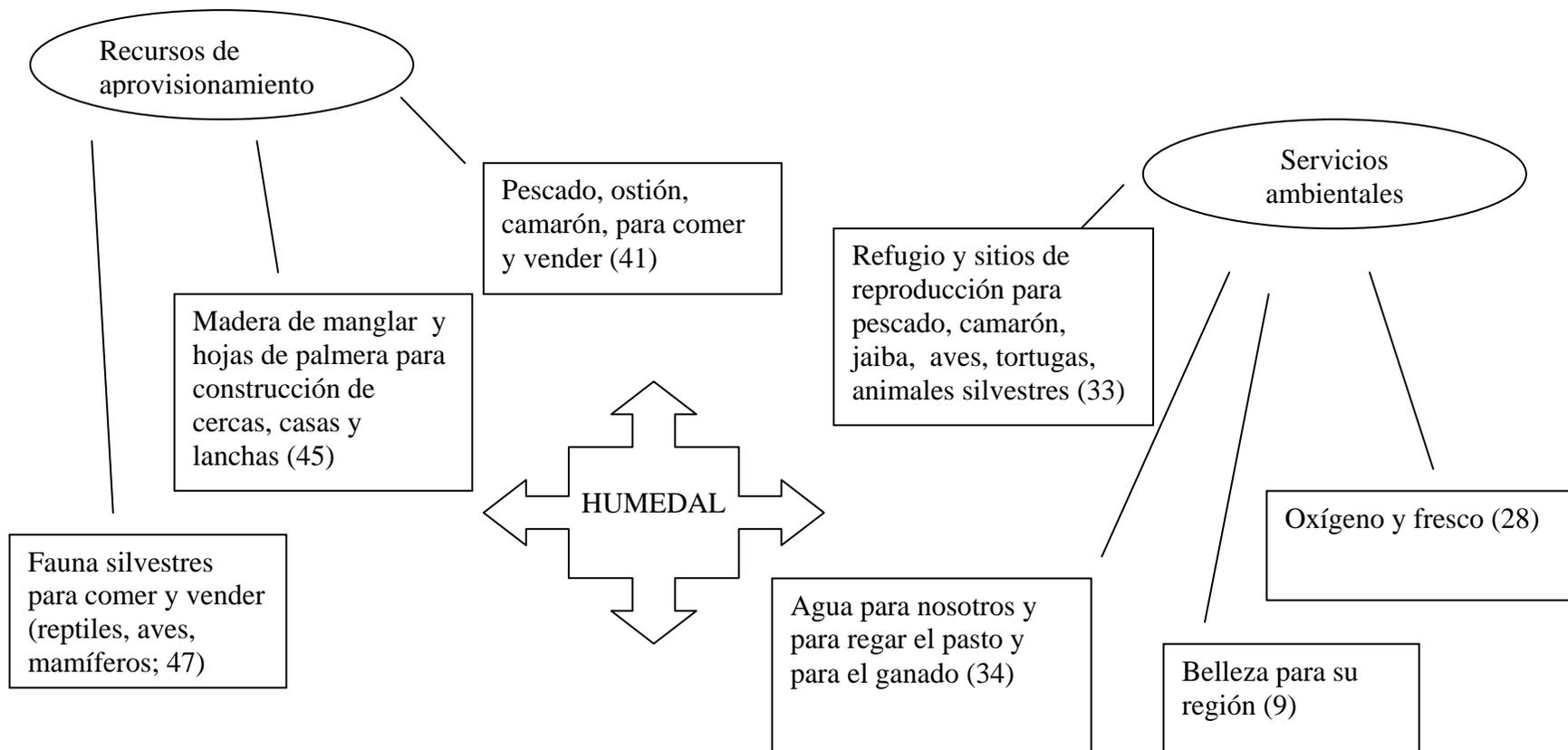


Figura 2. Diagrama elaborado para interpretar las respuestas sobre la importancia que las comunidades rurales le otorgan a los humedales. Los rectángulos indican las categorías sobre la importancia, según su percepción. Los círculos dividen las categorías en recursos de aprovisionamiento y servicios ambientales. Los números en paréntesis indican el número de menciones para cada una de las categorías.

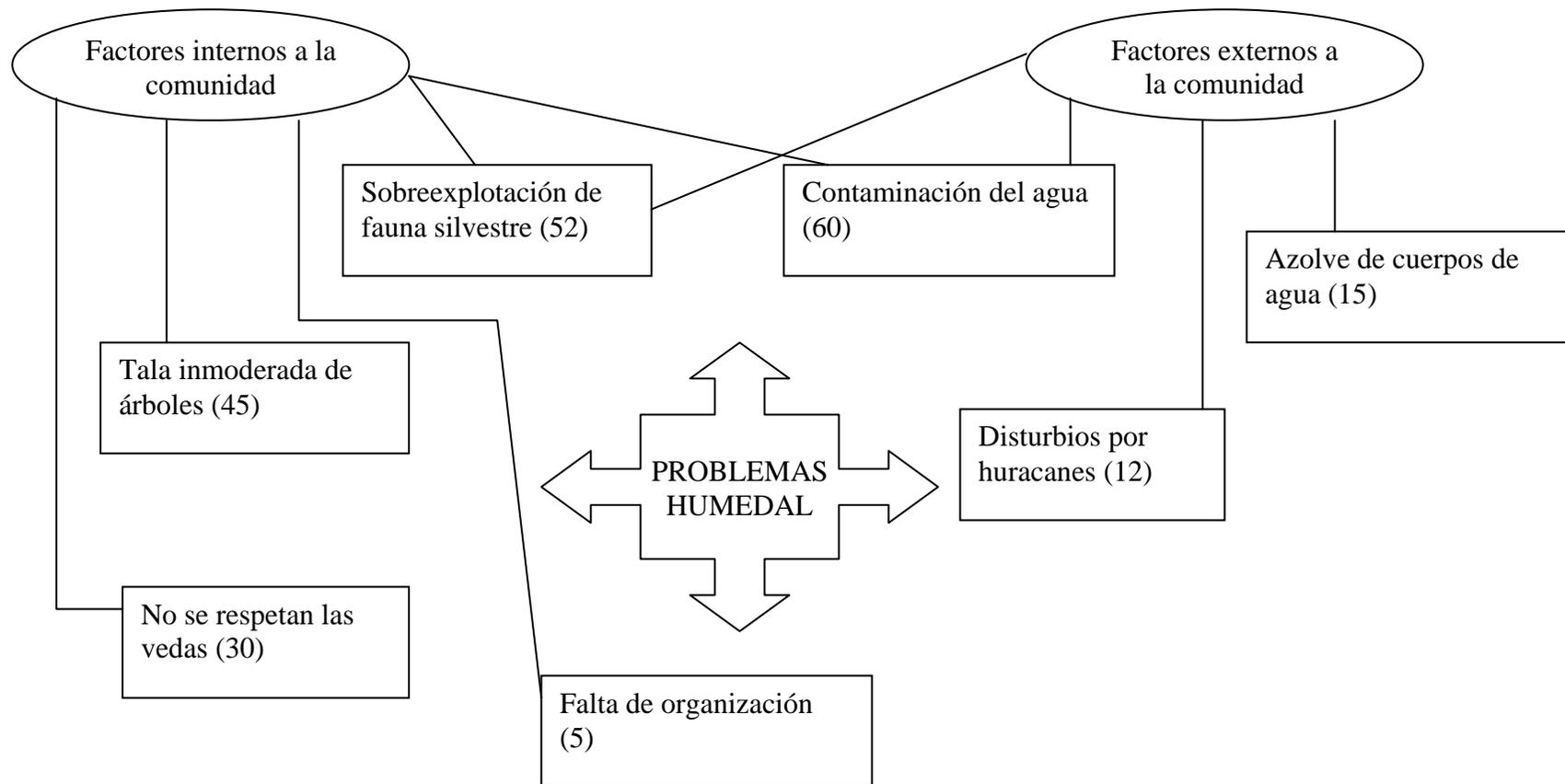


Figura 3. Diagrama elaborado para interpretar las respuestas sobre los problemas que las comunidades rurales mencionaron que afectan a los humedales. Los rectángulos indican las problemáticas, según su percepción. Los círculos dividen las categorías en factores externos e internos. Los números en paréntesis indican el número de menciones para cada una de las categorías.

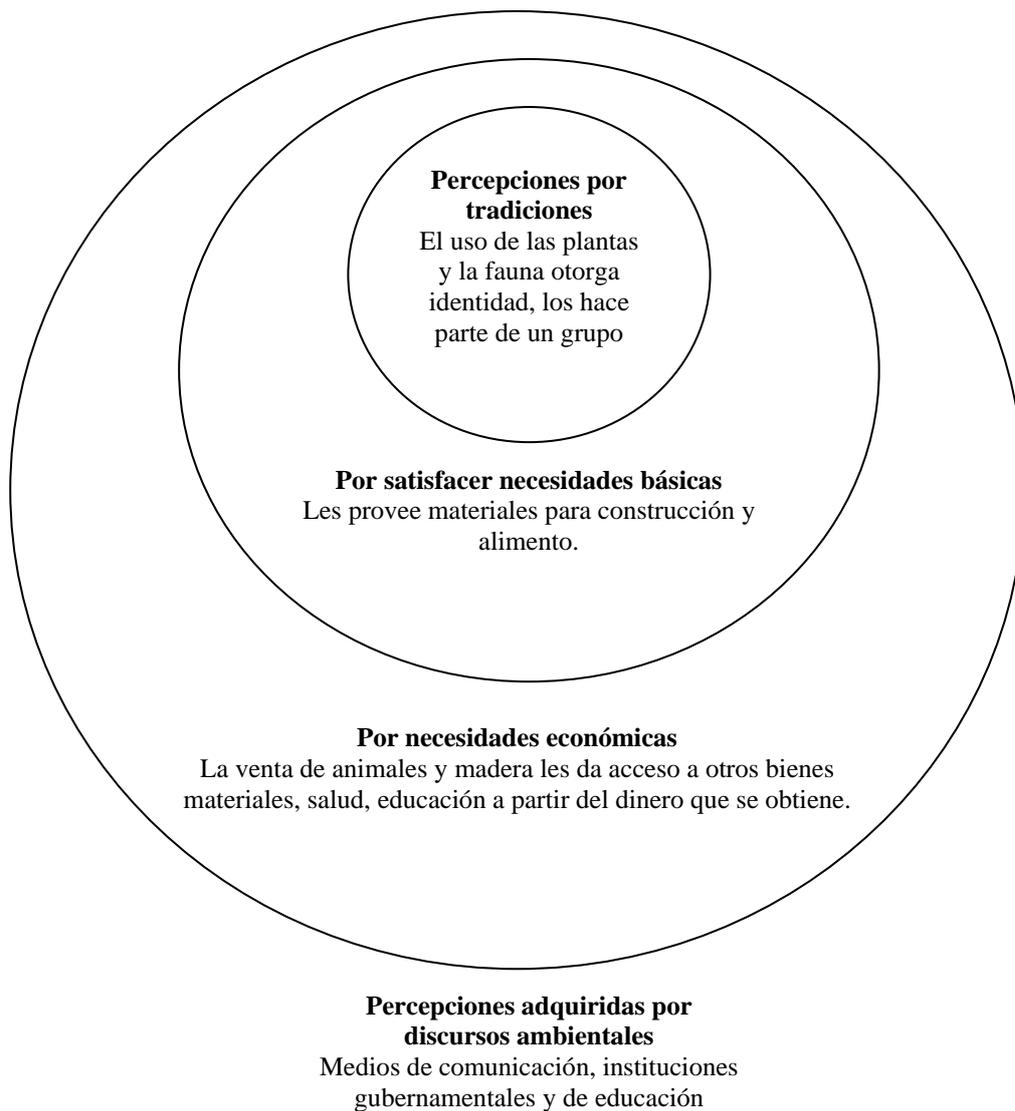


Figura 4. Diagrama elaborado para interpretar los niveles de percepción que los entrevistados tienen respecto los recursos del humedal.

Anexos

Anexo 1. Cuestionario para conocer la percepción de la gente sobre el humedal (Se hace con grabadora)

Datos personales

Nombre:

Localidad:

Ocupación:

Escolaridad:

Sobre los humedales y los recursos y su importancia

1. ¿Sabe usted que es un humedal? Si no sabe se le da la explicación del término ecológico.

Explicación: Son sitios inundados permanentemente o periódicamente, donde hay vegetación en los alrededores como apompo, pastos, palmeras, etc...

2.-¿Vive cerca de un humedal? ¿Cómo le conoce?: Rio, pantano...

3.-¿Para usted es importante el humedal? ¿Por qué?

Sobre los usos

4. Hábleme de la fauna silvestre?, ¿Cuáles consume?, ¿Cómo era antes y cómo es ahora?

5.-.Hábleme sobre las plantas, ¿cuales usan? ¿Cómo era antes y cómo es ahora?

Sobre las problemáticas

6.- Hábleme sobre el humedal ¿Cómo ve las condiciones actuales?

7.- ¿Cómo ve el agua del humedal, esta limpio o contaminando? ¿Por qué cree usted?

8.- Diga ¿que cree usted que afecta al humedal?

Sobre las actitudes ante los problemas y soluciones

9.- ¿Cree usted que podemos hacer algo por mejorar las condiciones del humedal? ¿Qué haría usted?

10.-¿Cree usted que las instituciones de investigación, gobierno, pueden contribuir a mejorar el humedal? ¿Por qué?

CAPÍTULO III

Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico.

(Uso de palmeras y valores sociales en comunidades rurales de la planicie costera de Veracruz, México).

Artículo publicado:

González-Marín, R.M., P. Moreno-Casasola, R. Orellana y A. Castillo. 2012. Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico. *Environment, Development and Sustainability* 14: 541–555.

Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico

R. M. González-Marín · P. Moreno-Casasola · R. Orellana · A. Castillo

Received: 12 January 2012 / Accepted: 25 February 2012 / Published online: 16 March 2012
© Springer Science+Business Media B.V. 2012

Abstract Palms are a resource of great importance in the tropics and are found in a variety of ecosystems, including the wetlands of the tropical coastal plains. In order to recover wetland ecosystems, we studied the traditional uses of wetland palms, by conducting interviews in the communities of four municipalities on the Gulf of Mexico coast. We found that people use five species of palm: *Cocos nucifera*, *Sabal mexicana*, *Attalea liebmannii*, *Roystonea dunlapiana* and *Acrocomia aculeata*. Main uses for the five species were for food and construction materials. Although palms are still used, traditional knowledge is declining in the younger generations, likely as a result of various social, cultural and economic factors. It is important to recover and promote the traditional use and value of palm trees, especially for the native species, because of both the economic benefits and the environmental services they provide. More participatory work with the inhabitants is needed to initiate palm breeding programs to assist in the recovery of wetland ecosystems.

Keywords *Attalea liebmannii* · *Roystonea dunlapiana* · *Sabal mexicana* · Conservation · Traditional use · Wetlands

Readers should send their comments on this paper to BhaskarNath@aol.com within 3 months of publication of this issue.

R. M. González-Marín · P. Moreno-Casasola (✉)
Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología, A.C.,
Carretera Antigua a Coatepec No. 351, Congregación El Haya,
91070 Xalapa, Veracruz, Mexico
e-mail: patricia.moreno@inecol.edu.mx

R. Orellana
Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán,
Calle 43 No. 130, Colonia Chuburná de Hidalgo, 97200 Mérida, Yucatán, Mexico

A. Castillo
Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua
Carretera a Pátzcuaro No. 8701 Col. Ex-Hacienda de San José de La Huerta, 58190 Morelia,
Michoacán, Mexico

1 Introduction

Palms are tropical flora elements of high economic value to humans, providing raw materials and food (Leiva 1999). However, some palm species have little economic value, even though they are potentially useful in the modern world, and many species have not been well studied or conserved. Palms are found in different types of ecosystems such as tropical forests, savannas, coastal scrub and tropical wetlands (Quero 1994; Henderson 2002; Ellison 2004; Infante et al. 2011).

In the coastal wetlands of the Gulf of Mexico, palm swamps are an important component of forested flooded wetlands (Infante et al. 2011). Several palm species are tolerant to flooding and are found in these environments, mainly *Attalea liebmanna* (Becc.) Zona, *Roystonea dunlapiana* Allen and *Sabal mexicana* Martius, which form monospecific patches or are mixed with other palm or tree species. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. tolerates flooding but prefers drier areas. Hereafter, these species are referred to as *Attalea*, *Roystonea*, *Sabal*, *Acrocomia*, respectively. An introduced species, the coconut palm, *Cocos nucifera* L. (hereafter referred to as *Cocos*), has been planted in sandy areas both along the coastal plain and on sand dunes. It is one of the most common crops in the humid tropics and in the region (Granados-Sánchez and López-Ríos 2002). Forested wetlands, including palm swamps, provide important environmental services to the people living in the settlements on the coastal plain: they function as barriers against wind and hurricanes, they filter water, offer shelter for wildlife, shade for livestock, they are a source of food for people and animals and provide material for construction (Kahn 1988; Gardiner 2006; Millennium Ecosystem Assessment 2005).

Two of the most important environmental services offered by forested wetlands are their ability to sequester carbon as organic carbon in the soils and water retention, which reduces damage from flooding (Chmura et al. 2003; Campos et al. 2011). Carbon captured by photosynthesis is stored in the trunks, leaves, roots and soil, but the incessant expansion of the agricultural frontier is resulting in the release of green house effect gases, such as CO₂. Palm trees are burned to make way for pastures and crops, releasing carbon and, instead of cleaning the atmosphere, end up polluting it (Richards and Stokes 2004). Furthermore, logging and the use of fertilizers for farming enhance the effect of these gases (Walther et al. 2007).

Unfortunately, over the last 50 years, humans have changed ecosystems more rapidly and extensively than during any other period in our history, mainly to satisfy the demand for food, water and wood, etc. (Batllori-Sampedro et al. 1999) and have thus altered other ecosystem services (e.g., climate regulation, erosion control). These demands are increasingly growing and challenge us to understand the connections between different management systems (provisioning and non-provisioning), the use of resources by and the customs of people, ecosystem structure and the endowment of various types of ecosystem services (Millennium Ecosystem Assessment 2005; Bennett and Balvanera 2007). Arriving at this understanding and its corollary, proper management would ensure the resilience of wetland ecosystems (Folke and Gunderson 2006) and continuity in the services they provide.

Traditionally, palms have met many needs: food and seasoning, and home decoration (Johnson 1996; Pérez-García and Rebollar-Domínguez 2008), among others. Their use is widespread in rural areas. Unfortunately, knowledge about the traditional uses of palms is scarce. Research and the dissemination of results is needed to preserve this part of the culture, as it offers knowledge and social values, which can support present-day development in rural communities (Braun and Delascio 1987).

This study focuses on palms in recognition of the great importance they still have in some rural communities on the coastal plains of Veracruz. The sites we studied have been

subjected to floods that have affected property, livelihoods and livestock and have even taken human lives. Local inhabitants are becoming increasingly vulnerable because wetland transformation has reduced ecosystem services. In addition, it is important to conserve palms, since several of them are considered threatened species (Barrow et al. 2005).

Ethnobiological information about palms growing on the coastal plain of the Gulf of Mexico is scarce. The aim of this study was therefore to document the traditional uses of palms in rural communities, where wetlands are abundant. The recovery and reevaluation of traditional knowledge could drive its readoption and the recovery of ecosystem services such as flood contention. Knowing the way in which palms are used by people and the level of interest the inhabitants have in the wetlands can be used to design and implement integrated ecosystem management strategies that promote sustainable development, not only locally but regionally.

2 Methodology

2.1 Study area

This study was conducted in rural communities located close to wetlands on the coastal plain of the Gulf of Mexico in the state of Veracruz. The settlements are located in the municipalities of Alvarado, Jamapa, Tecolutla and Tuxpan (Fig. 1, “Appendix 1”).

2.2 Introduction to communities and sample selection

We focused on families living in houses made with materials obtained from palms, and contact was initially made by explaining the research project. We used the “snowball” sampling method (Mejía and Sandoval 2003) in which the family that was being interviewed then recommended another family to be interviewed, and so on. Initially, we found that older women had the most complete information on the uses of palms and their products (especially for food); both sexes had information on construction materials.

2.3 Research methodology and techniques

We used a qualitative research methodology that allows one to understand how people give meaning to social and natural phenomena (Denzin and Lincoln 2000). Open interviews, participant observation and discussion groups were used (Taylor and Bogdan 1984; Tarrés 2004), allowing us to talk with informants and document the ways in which they perceive themselves and their environment, under specific circumstances, realities and problems.

The questionnaire used for interviews had three thematic sections: (1) personal data about informants; (2) the traditional uses, benefits, importance and abundance of palms as a resource, and peoples’ perception of the palm species found close to wetlands, including factors influencing the use of palms; and (3) questions about each of the palm species that the interviewees cited as important. Topics included the local name of the palm, the plant parts used and the products obtained. The family interviews lasted about 1 h, depending on the flow of the conversation and the interest of interviewees. We used a tape recorder during the interviews.

Interviews were stopped when the information became repetitive among families; recognized as saturation of data (Law et al. 2007). However, and in order to match sample

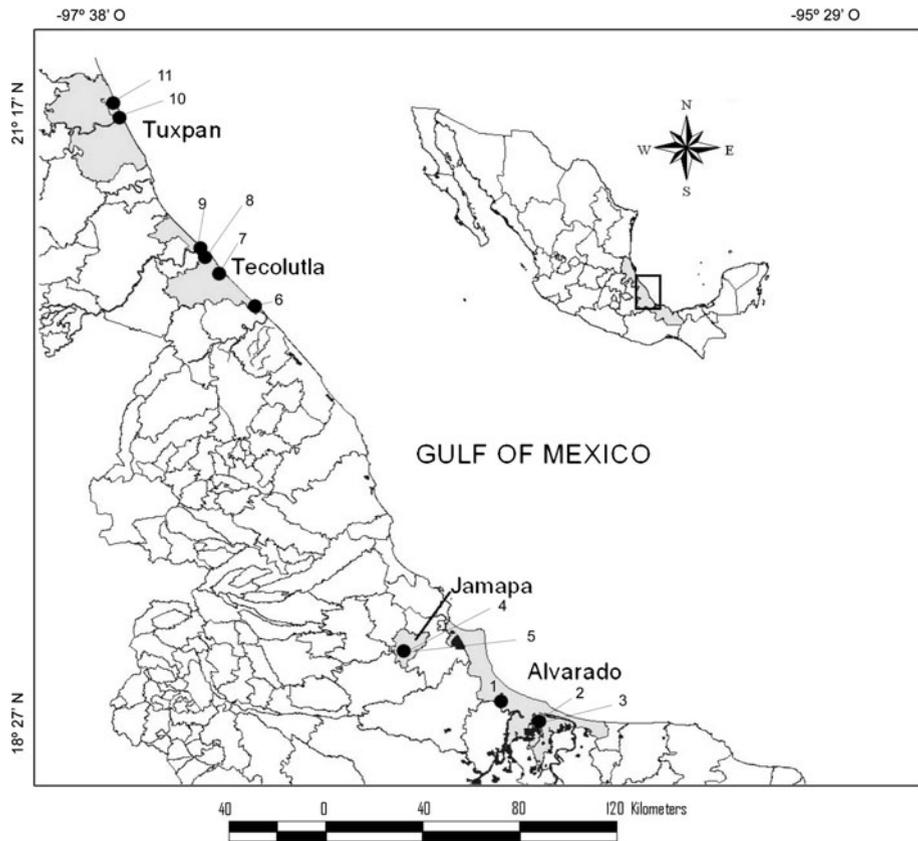


Fig. 1 Location of the municipalities (*gray*) and communities interviewed (*dots*) on the coastal plain of Veracruz, Gulf of Mexico. (1) Costa de San Juan, (2) Nacaste, (3) Pajarillos, located in the municipality of Alvarado ($18^{\circ}46'24''\text{N}$ - $95^{\circ}45'35''\text{W}$); (4) Piñonal, (5) Matamba, Jamapa municipality ($19^{\circ}02'29''\text{N}$ - $96^{\circ}14'29''\text{W}$); (6) Casitas, (7) Ricardo Flores Magón, (8) Tecolutla, (9) Cruz de los Esteros, Tecolutla municipality ($20^{\circ}28'46''\text{N}$ - $97^{\circ}00'36''\text{W}$); (10) La Mata de Tampamachoco, (11) Golfo de Barra de Galindo, Tuxpan municipality ($20^{\circ}57'51''\text{N}$ - $97^{\circ}24'16''\text{W}$)

size among municipalities, 15 interviews were conducted per municipality (total, 60 interviews). Also, participant observation was conducted in each community and the information recorded in field notes (Taylor and Bogdan 1984). We worked in Alvarado (six families interviewed in the town of Costa San Juan, five in Nacaste and five in Pajarillos), Jamapa (nine in Piñonal, six in Matamba), Tecolutla (four in Casitas, five in Ricardo Flores Magón, three in Tecolutla, four in Cruz de los Esteros) and Tuxpan (seven in Golfo de Barra de Galindo, eight in La Mata de Tampamachoco).

All open interviews were transcribed and analyzed following the qualitative analysis procedures of Taylor and Bogdan (1984) as follows:

(1) All interviews and field notes were examined line-by-line; (2) the texts of the interviews and field notes were coded, creating categories from the data; (3) categories were listed according to the number of times they were mentioned (Levin 1979), and then used to develop interpretative texts (the frequency or number of times a category was mentioned is given within brackets). For example, in Alvarado, “Cocos” was the most

frequently mentioned palm (15 times). “Food” is the most frequently mentioned type of use (15 times). Among the factors affecting the use of palms, “cutting palms to clear the land for cattle ranching” was mentioned the most (56 times); (4) Observations collected in the field were used to verify the answers and establish a broader social context for the usefulness and perception of people about palms; (5) Discussion groups were held to verify the results of the data analysis.

3 Results

3.1 Palm species used in the wetlands of Veracruz

Five palm species (four native and one cultivated) are used by people, and these are distributed throughout the four municipalities, although the use made of them depends on their abundance in the area (Table 1). The most frequently mentioned were *Cocos* and *Sabal*, both of which were mentioned in all four municipalities surveyed (Fig. 2). In Jamapa, people use more palm species and this is the only place where informants mentioned using *Roystonea* (mentioned 10 times). Fewer palm species were used in Tuxpan (Fig. 2).

3.2 Traditional uses of palms

Food and construction were the most frequently mentioned types of use (Fig. 3). Table 1 shows the different types of use, the parts used and the products obtained from each species. Palm fruits, fronds and stems are most commonly used.

Coconut fruit is the part that is most used (45 times) for food, followed by *Attalea* (24 times), from which the endosperm is used for human food and livestock feed. *Sabal* and *Attalea* fronds (31 and 25 times) are preferred for roof thatching. *Roystonea* stems are used for making boards to build walls (10 times). The least mentioned palm species in all municipalities was *Acrocomia*; the only use of which is that its endosperm is consumed (Table 1; Fig. 3).

3.3 The importance of palms in the coastal wetlands of Veracruz

Families mentioned that palms are important and are considered a resource from which they benefit and obtain mainly supplies. Perceived importance or value varies between species and is mainly determined by the economic benefit and products they provide to people. For example, *Sabal* is highly appreciated for its fronds (31 times), while *Acrocomia* is much less appreciated because its spines make it difficult to handle. Few of the families surveyed are aware of the environmental services provided by palms; although in Jamapa (6 times) and Alvarado (8 times), some families perceived environmental benefits from palms, such as regulating temperature and providing shelter for birds and mammals.

3.4 Factors currently affecting the use of palms

People mentioned that the use of palms has decreased compared to the use of palms by their ancestors. The reasons, in order of frequency of mention, are the following: (1) cutting palms to clear the land for cattle ranching (mentioned 56 times), (2) the decrease in the availability of palms (50 times), (3) increase in the cost of palm material (33 times), (4)

Table 1 Palm species, parts used and products obtained from palms in four municipalities in coastal Veracruz, Mexico

Species	Local names	Municipality	Uses	Parts used	Products obtained
<i>Cocos nucifera</i> L.	Palma de coco, coco, cocotero	Alvarado ⁺⁺	Human food	Fruit	Sweets and drinks
		Jamapa ⁺⁺⁺	Animal feed	Fruit	Food
		Tecolutla ⁺⁺⁺	Construction	Fronds and stem	Ceilings and tables
		Tuxpan ⁺⁺⁺	Crafts	Fruit	Ornaments and jewelry
<i>Sabal mexicana</i> Martius	Marachao, apache	Alvarado ⁺⁺⁺	Medicinal	Root	Remedies
		Jamapa ⁺⁺⁺	Human food	Palm heart	Food
		Tecolutla ⁺⁺	Construction	Fronds, sheath, petiole, stem, rachis	Ceilings, walls, fences, beams
		Tuxpan ⁺	Craft	Sheath	Utensils to store food or to cover food
<i>Attalea liebmannii</i> (Becc.) Zona	Palma de coyol real, palma real	Alvarado ⁺	Human food	Fruit, palm heart	Seed, <i>atole</i> [*] , tortillas, <i>gorditas</i> [*] , candy, stews
		Jamapa ⁺⁺	Animal feed	Fruit	Food
		Tecolutla ⁺⁺	Construction	Fronds, stem, sheath, petiole and rachis	Ceilings, boards for walls, fences
		Tuxpan ⁺	Crafts	Pinnae and sheath	Hats and utensils
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. Ex Mart.	Palma de coyol redondo	Alvarado ⁺	Religious	Pinnae	Ornaments
		Jamapa ⁺⁺	Human food	Fruit, palm heart	Seed, <i>atole</i> , stews.
		Tecolutla ⁺⁺	Animal feed	Fruit	Food
		Tuxpan ⁺	Crafts	Pinnae, fruit	Hats, ceremonial decorations
<i>Roystonea duntlapiana</i> Allen	Palma de yagua, yagua	Alvarado ⁺	Human food	Palm heart	Stews
		Jamapa ⁺⁺	Construction	Stem, sheath and petiole	Boards for walls, fences
		Tecolutla ⁺	Crafts	Sheath	Utensils to store or cover food
		Tuxpan ⁺			

* *atole* is a warm, thick drink; *gorditas* are thick tortillas used as a base for savory toppings

+++ Abundant in certain areas

++ Relatively abundant, + not abundant

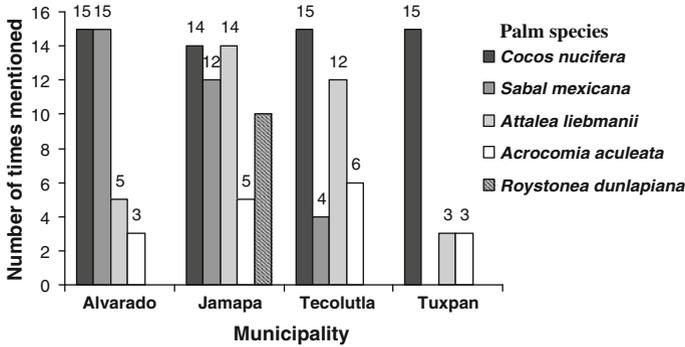


Fig. 2 Frequency with which the five different palm species were mentioned in four municipalities on the coast of Veracruz, Mexico. In Tuxpan only three species were mentioned

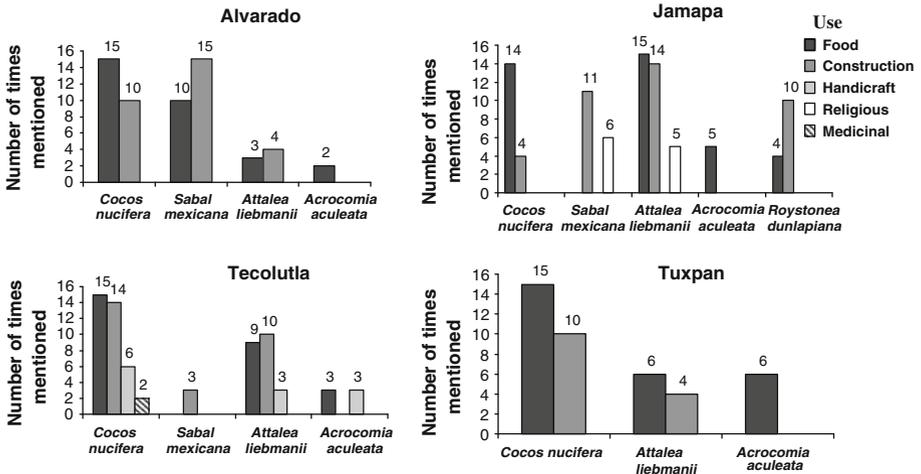


Fig. 3 Number of times each type of use is mentioned per palm species in four municipalities on the coast of Veracruz, Mexico

the selective management of plant species (15 times) and (5) cultural changes (8 times). These factors are related to each other and are discussed in the next section.

4 Discussion

The results of this research allow us to appreciate that palms are of great importance in the wetland communities on the coastal plain of Veracruz, as they are used for meeting various human needs.

4.1 Palm species used in wetlands of Veracruz

The most widely used palm species in communities along the costal plain of Veracruz is *C. nucifera*. This Asiatic species (Zizumbo-Villarreal 1996) was rapidly incorporated into the

local culture and has displaced some of the native species of tropical America (Orellana and Ayora 1993). It has changed the natural landscape of the coastal strip, subsistence practices and the customs involving local palms. This species has come to be widely used most likely because it produces clusters of large fruit throughout the year (McKillop 1996), and these are used for food and beverages around the world (“Appendix 2”; Granados-Sánchez and López-Ríos 2002). Native palm species produce smaller fruits and only seasonally, but they do have many traditional uses that are mainly known by native groups of people (Caballero and Cortés 2001; Cob-Uicab et al. 2003). Their use has declined as people have changed their habits and customs in response to the arrival and settlement by groups of people from other regions and with them, the introduction of different species (McKillop et al. 1980).

The fronds of several species of the genus *Sabal* are desirable for building rural and touristic housing owing to their strength, flexibility and the cool temperatures they impart; qualities that make them highly suitable for roofing houses in the tropics (“Appendix 2”; Pérez-García and Rebollar-Domínguez 2008; Martínez-Ballesté et al. 2006).

Attalea is used as raw material for construction, the same way other species of this genus are used in tropical America (Calle-Díaz and Murgueitio 2008). In Jamapa, there is a strong tradition of using this species (fronds, stem and fruits), but its abundance is rapidly decreasing. Fifty years ago, Hernández-Xolotozi (1947) found that Veracruz and Tabasco had huge commercial plantations of this palm. At that time, *Attalea* was one of the most economically important forest resources in Mexico because of the oil and soap industry. He estimated that the production potential of the Papaloapan River Basin was approximately 3,000 tons of seeds/year. This highlights the major changes that the use of palms has undergone and also the great economic potential that this species had and could have again in the future.

Roystonea is mentioned as a scarce species in the region. Its current situation is precarious, because its populations have declined due to factors such as the decrease in rainfall, the disturbance and drainage changes in wetlands and the construction of levees. Changes in environmental conditions are reducing palm populations because it grows in areas that remain flooded for a longer period than the areas where other palms grow (Bonadie 1998; Infante et al. 2011). It is also possible that sapling establishment is being affected by changes in land use, because they require shade that is not common in livestock pastures (Gonzalez-Marín unpublished data). *Roystonea dunlapiana* is currently classified as under special protection by Mexican law (NOM-59 ECOL-2001).

Acrocomia is rarely used in the area and its natural populations are the ones that are most often destroyed for changes in land use because it has very spiny stems and is difficult to handle. In contrast, in other areas of Mexico (e.g., Yucatan Peninsula), it is considered economically important, since its fruits are used for food for people and animals and for jewelry and crafts (Ly et al. 2005; Pérez-García and Rebollar-Domínguez 2008).

Palms are still traditionally used by the residents of the rural communities who live along the coastal plain of Veracruz, especially in the communities of Jamapa. However, some types of use are mainly preserved by the older women in the community, particularly when used as food, and by both sexes for building houses. Unfortunately, traditional knowledge has declined markedly in recent generations. In most of these wetlands, traditional palm roofs are gradually being replaced by artificial materials, such as foil, cardboard asbestos and cement. A similar situation is occurring in other parts of the Mexican tropics, such as the Yucatan Peninsula (Caballero-Nieto et al. 2001).

4.2 Factors currently affecting the use of palms

Several factors were mentioned as affecting the current use of palms; mainly felling them to make way for cattle farming. People cut palm trees to clear the land and this causes a decrease in their populations. In addition, the cultural changes resulting from migration to globalization (Caballero-Nieto et al. 2001; Bennett and Balvanera 2007) also affect the use of palms, because as the younger generations move elsewhere in search of employment opportunities some traditions are lost, resulting in changes in the materials used for building houses, and the use of commercial food (Gonzalez-Marín unpublished data). The demand for *Sabal* and *Attalea* fronds for thatching commercial buildings such as restaurants along the coastal plain of Veracruz reduces availability of these materials to the locals and increases its cost for rural construction, especially where the resource is scarce and must be transported from other places.

The preference for other, faster growing crops is also affecting resource availability and prices. For example, the fronds of *Attalea* are only ready to harvest after 6–7 years. *Roystonea* reaches its commercial height more slowly, after about 15 years. In the study area, people do not plant palms, but they do plant other trees that grow faster and can be harvested in less time or that have commercial value, i.e., mangoes. Moreno-Casasola and Paradowska (2009) mentioned some reasons why people do not cultivate plants in this region, and two of them are applicable to this study. One is the lack of a local market and affordable prices for useful species. Purchase among neighbors is not a common practice today. Occasionally, fronds are sold when there is a great demand for raw material or poles. Another reason given is that today the knowledge of traditional uses is being lost and only remains in the memories of the elders.

The establishment of sugar cane plantations (*Saccharum officinarum*) has resulted in the drainage and modification of wetlands and has caused an alarming decline in the populations of native plant species, such as palms. In addition, livestock has caused changes in land use, and a concomitant loss of biodiversity in tropical regions (Villafuerte et al. 1997; Rzedowski 2006).

4.3 The importance of native palms in the coastal wetlands of Veracruz

Wetland recovery is a fundamental goal of sustainable management, and it is necessary to establish priorities with respect to the environmental services wetlands provide. Not all wetlands are functionally equivalent. A wetland that only has a few livestock animals (Travieso-Bello et al. 2005) and has populations of palms, and other trees will facilitate water drainage, flood contention and offer sites for recreation, food and construction materials (Kahn 1988; Gardiner 2006). Such a wetland is quite different from one that has been converted to extensive pasture for livestock and is only focused on producing a single product (beef cattle). Restoration efforts should initially focus on raising people's awareness of the environmental services and supplies that the natural vegetation provides—especially native palms—and, once peoples' interest has been engaged, actions leading to the reforestation of the wetlands can be taken.

The current frond yield of *Sabal* and *Attalea* is not sufficient to satisfy the commercial demand of the growing tourist market because there are no official or private reforestation programs. The management of wild populations of palms (e.g., *Attalea* and *Sabal*) for the purpose of obtaining products could contribute to increasing the economic value of the degraded soils that are currently used for livestock (Kahn 1991). This way, palm management could help to increase the perception of the positive value of wetlands to the locals, who would then be motivated to conserve these ecosystems.

Linking traditional uses and the current needs of the tourism industry with conservation and restoration projects would make it possible to recover customs and practices and would encourage an appreciation for wetland services.

4.4 Some conservation and management recommendations

Management and conservation recommendations include the promotion of traditional uses and conservation of native palms through projects for restoring natural populations, introducing marketing strategies for meeting the demands of the commercial market and the needs of the communities, as well as environmental education programs as strategies to ensure the sustainable use of palms.

The extreme flood damages from Hurricanes Karl and Matthew are examples of the serious consequences of transforming and destroying wetlands (Milenio Newspaper 2011). The destruction of flooded forests (including palm swamps) and their replacement with pastures or human settlements reduces the buffer capacity against phenomena such as hurricanes (winds and flooding). Only the restoration of floodplain forests can offer a partial solution to such problems and is a strategy that would be applicable in many countries (Costanza et al. 1997). In this sense, native palms have a great potential for reforestation: they can tolerate the hydroperiods that occur in wetlands (Kahn 1991; Infante et al. 2011), they are resistant to lethal yellowing caused by *Phytoplasma* and are less susceptible to pests (Harrison and Elliott 2008) and people are interested in them. Wetland soils are considered poor for agriculture and could, alternatively, be used for palm crop diversification (Kahn 1988).

Propagation programs for *Attalea*, *Sabal* and *Roystonea* are necessary to encourage people to restore wetlands. These species can also be used sustainably in the medium term, either for construction, food or for making handicrafts. It is also necessary to promote the use of *Acrocomia* in crafts given that this species, though underused on the Veracruz coast, has significant potential.

Initiatives carried out with the local inhabitants are necessary to promote an environmental culture that creates pride of ownership for resources in a conscious and responsible way. It is also important to increase the participation of the locals in programs for restoring wetland ecosystems. The creation of nurseries for wetland reforestation with palms and for harvesting fronds would be beneficial in both ecological and social terms. The organization of groups to make handicrafts from seeds, palm fronds and other plant parts would provide the local inhabitants with economic alternatives. Fair markets should be also established so that this production can be sold to tourists and benefit the locals. This could provide a number of benefits to families: income, consolidation of the social unit and improved environmental awareness. Finally, further studies of wetlands are essential in order to plan the long-term care and maintenance of this beautiful, important ecosystem.

Acknowledgments We thank the residents of the communities where we conducted the interviews for their kindness and help in preparing this study. A. Juárez introduced us to the communities, A. Castro-Luna helped with the fieldwork and I. González-Marín made useful suggestions on the manuscript. B. Delfosse edited the English version of this manuscript. This study was made possible by a CONACyT doctoral fellowship (46,372) awarded to the first author and by funding from the International Tropical Timber Organization PD 349/05 Rev.2 (F) and PD RED-PD 045/11 Rev.2 (M), and by the Instituto de Ecología AC (902-17).

Appendix 1

See Table 2.

Table 2 Comparative synthesis and main characteristics of the study sites

Municipality, towns and approximate number of inhabitants	Wetland type and vegetation (Infante et al. 2011)	Main productive activities	Housing type (material)	Education	Degree of isolation
Alvarado: Costa de San Juan (100) Nacaste (30) Pajarillos (15)	<i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> mangrove <i>Pachira aquatica</i> , <i>Sabal mexicana</i> , <i>Attalea liebmannii</i> , <i>Acrocomia aculeata</i> flooded forest <i>C. nucifera</i> is cultivated	Fisheries (shrimp and fish) Clam farming	Mangrove wood, palm fronds, bricks, asbestos sheets for roof	Mostly elementary school or illiterate	They have no access to shops or others products in their area. Must travel by boat 40 min to get to Alvarado, the closest city
Jamapa: Piñonal Matamba (500–1,000 between both towns)	<i>P. aquatica</i> , <i>Ficus</i> spp., <i>S. mexicana</i> , <i>R. danielpiana</i> , <i>A. liebmannii</i> flooded forest. <i>Typha domingensis</i> , <i>Thalia geniculata</i> , <i>Pontederia sagittata</i> marsh <i>C. nucifera</i> is cultivated	Raising livestock Cultivation of fruit trees Planting corn and beans Raise animals in backyard	Bricks and asbestos sheets. Kitchen and other parts of the house are made of different species of palms	Elementary and junior high school	They are 2 h by road from the Port of Veracruz. They have some access to shopping and a variety of products

Table 2 continued

Municipality, towns and approximate number of inhabitants	Wetland type and vegetation (Infante et al. 2011)	Main productive activities	Housing type (material)	Education	Degree of isolation
<p>Tecolutla:</p> <p>Castias (2,024)</p> <p>Ricardo Flores</p> <p>Magón (1,000)</p> <p>Tecolutla (4,523)</p> <p>Cruz de los Esteros (<100)</p>	<p><i>P. aquatica</i>, <i>Ficus</i> spp., <i>S. mexicana</i>, <i>Roystonia duntlapiana</i>, <i>A. liebmannii</i> flooded forest</p> <p><i>T. domingensis</i>, <i>T. geniculata</i>, <i>P. sagittata</i> marsh</p> <p><i>R. mangle</i>, <i>A. germinans</i>, <i>L. racemosa</i> mangrove</p> <p><i>C. nucifera</i> is cultivated</p>	<p>Fishing (shrimp and fish)</p> <p>Raising livestock</p> <p>Cultivation of oranges, watermelon, lemon, coconut, corn, beans, grapefruit, pepper, banana and pumpkin</p> <p>Laborers (planting grass seed)</p> <p>Travel services (hotels, restaurants, sale of handicrafts) in nearby towns</p>	Bricks and asbestos	Elementary school or illiterate	A tourist area with access to shops and a variety of products
<p>Tuxpan:</p> <p>Golfo de Barra de Galindo (75)</p> <p>La Mata de Tampamachoco (2,000)</p>	<p><i>R. mangle</i>, <i>A. germinans</i>, <i>L. racemosa</i>, <i>C. erecta</i> mangrove</p> <p><i>A. aculeata</i>, <i>A. liebmannii</i> flooded forest</p> <p><i>C. nucifera</i> is cultivated</p>	<p>Fishing (shrimp and oysters)</p> <p>Casual work as employees in oil and thermoelectric industry.</p> <p>Travel services (rent beach huts, selling food and drinks).</p>	<p>Most are brick with an asbestos roof, but in Golfo de Barra de Galindo some are built with mangrove wood and coconut palm</p>	<p>Mostly elementary school or illiterate</p>	<p>The inhabitants of Golfo de Barra de Galindo need to travel approximately 40 min by a sand road to reach the city and buy products. La Mata is very close to the city of Tuxpan</p>

Appendix 2

See Table 3.

Table 3 Some examples of use of the palms in others parts of Mexico and America

Species	Uses	Parts used	Location	Authors
<i>C. nucifera</i>	Ornament for streets and tourist areas	Palm tree	Border of México-Belice; Amazon and Isthmus of Panamá	Pulido-Salas 1993, Haynes and McLaughlin (2000), Granados-Sánchez and López-Ríos (2002), Sosnowska and Balslev (2008)
	Drink fresh and fermented	Fresh fruit (endosperm)		
	Food in regional dishes, sweet or bread flour	Endocarp		
	Medicinal (combat amoebiasis, leishmaniasis)	Embryo, endosperm and roots		
<i>S. mexicana</i>	Human food and animal feed	Fruits and palm hearts	Peninsula of Yucatán in Mexico; Southeast of Texas in USA	Orellana and Duran (1992), Haynes and McLaughlin (2000), Pérez-García and Rebollar-Domínguez (2008)
	Making crafts and hats	Young fronds		
	Roofing	Mature fronds		
<i>A. liebmannii</i>	Shade for cattle	Palm tree	Peninsula of Yucatan in México	Orellana and Duran 1992
	Human and animal feed	Fruit and seed		
<i>A. aculeata</i>	Human food and beverages (prepared in syrup or fermented) and animal feed	Fruit and seed	Border of México-Belice; Yucatán and Tamaulipas in México; Costa Rica	Orellana and Duran 1992; Pulido-Salas (1993), Haynes and McLaughlin (2000), Sosnowska and Balslev (2008)
	Food dishes	Palmito or heart		
	Shade for cattle	Palm tree		
	Medicinal treatment of diabetes	Roots		
<i>R. dunlapiana</i>	Obtaining oils	Seeds	Southeast of Florida, Caribbean, South and Central America, Peninsula of Yucatán in Mexico	Orellana and Duran (1992), Haynes and McLaughlin (2000)
	Ornaments of streets	Palm tree		
	Construction	Stem		

References

- Barrow, W., Johnson, R. L., Woodrey, M. S., Cox, J., Ruelas, E., Riley, C. M., et al. (2005). Coastal forests of the Gulf of Mexico: A description and some thoughts on their conservation. *USDA Forest Service General Technical Report, 191*, 450–464.
- Batlloori-Sampedro, E., Febles-Patrón, J. L., & Díaz-Sosa, J. (1999). Landscape change in Yucatan's northwest coastal wetlands (1948–1991). *Human Ecology Review, 6*(1), 1–20.

- Bennett, E. M., & Balvanera, P. (2007). The future of production systems in a globalized world. *Frontiers in Ecology and Environment*, 5, 191–198.
- Bonadie, W. A. (1998). The ecology of *Roystonea oleracea* palm swamp forest in the Nariva swamp (Trinidad). *Wetlands*, 18(2), 249–255.
- Braun, A., & Delascio, F. (1987). *Palmas autóctonas de Venezuela*. Caracas: Editorial Nemesio Martínez.
- Caballero, J., & Cortés, L. (2001). Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. In B. Rendón Aguilar, S. Rebolgar Domínguez, J. Caballero Nieto, & M. A. Martínez Alfaro (Eds.), *Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI* (pp. 79–100). Mexico City: Universidad Autónoma Metropolitana and SEMARNAP.
- Caballero-Nieto, J., Martínez, A., & Gama, V. (2001). El uso y manejo tradicional de la palma de guano en el área maya de Yucatán. *CONABIO. Biodiversitas*, 39, 1–6.
- Calle-Díaz, Z., & Murgueitio, E. (2008). La palma real de vino o corozo de puerco *Attalea butyracea* (Mutis ex L. f. Wess. Boer.) Areaceae. *Ganadería y Ambiente Carta Fedegan*, 107, 46–55.
- Campos, A., Hernández, E., Moreno-Casasola, P., Cejudo Espinosa, E., Robledo Ruiz, A., & Infante, D. M. (2011). Soil water retention and carbon pools in tropical forested wetlands and marshes of the Gulf of Mexico. *Hydrological Sciences Journal*. Special issue: Ecosystem Services of Wetlands, 56, 1–19.
- Chmura, G. L., Anisfeld, S. C., Cahoon, D. R., & Lynch, J. C. (2003). Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global Biogeochemical Cycles*. doi:10.1029/2002GB001917.
- Cob-Uicab, J. V., Granados-Sánchez, D., Arias-Reyes, L. M., Álvarez-Moctezuma, J. G., & López-Ríos, G. F. (2003). Recursos forestales y etnobotánica en la región milpera de Yucatán, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9(1), 11–16.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253–260.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2000). Introduction: The discipline and practice of qualitative research. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 1–28). London: Sage Publications.
- Ellison, A. M. (2004). Wetlands of central America. *Wetlands Ecology and Management*, 12, 3–55.
- Folke, C., & Gunderson, L. (2006). Facing global change through social-ecological research. *Ecology and Society*. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art43/>. Accessed 20 may 2011.
- Gardiner, S. (2006). Wetlands management profile. Palm swamp wetlands. *Ecosystem Conservation Branch, EPA*. http://epa.qld.gov.au/wetlandinfo/resources/static/pdf/Profiles/New%20Profiles/29113-04_PalmSwamps_WEB.pdf. Accessed 15 September 2011.
- Granados-Sánchez, D., & López-Ríos, G. F. (2002). Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8(1), 39–48.
- Harrison, N. A., & Elliott, M. L. (2008). Lethal yellowing of palms. *The Plant Health Instructor*. doi: 10.1094/PHI-I-2008-0714-01.
- Haynes, J., & McLaughlin, J. (2000). *Edible palms and their uses*. University of Florida. Institute of Food and Agriculture Sciences. Fact Sheet MDCE-00-50-1. 1–13.
- Henderson, A. (2002). *Evolution and ecology of palms*. New York, NY: New York Botanical Garden.
- Hernandez Xolotozi, E. (1947). La *Scheelea liebmanni* Becc. (coyol real o corozo): Su distribución y producción. *Anales del Instituto de Biología UNAM*, 18, 43–70.
- Infante, D., Moreno-Casasola, P., Madero-Vega, C., Castillo-Campos, G., & Warner, B. G. (2011). Floristic composition and soil characteristics of tropical freshwater forested wetlands of Veracruz on the coastal plain of the Gulf of Mexico. *Forest Ecology and Management*, 262, 1514–1531.
- Johnson, D. V. (1996). *Palms: Their conservation and sustained utilization: Status survey and conservation action plan*. Salisbury, UK: IUCN/SSC Palm Specialist Group.
- Kahn, F. (1988). Ecology of economically important palms in peruvian Amazonia. *Advances in Economic Botany*, 6, 42–49.
- Kahn, F. (1991). Palms as key swamp forest resources in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 38, 133–142.
- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch J., & Westmorland, M. (2007). *Guidelines for critical review form: Qualitative studies*. http://www.srs.mcmaster.ca/Portals/20/pdf/ebp/qualguidelines_version2.0.pdf. Accessed 7 March 2011.
- Leiva, A. T. (1999). *Las palmas en Cuba*. La Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica.
- Levin, J. (1979). *Fundamentos de estadística en la investigación social*. Mexico City, Mexico: Editorial HARLA.
- Ly, J., Sarmiento, L., & Santos, R. (2005). *Las palmas como fuente de alimento para cerdos en el trópico*. Merida, Mexico: Universidad Autónoma de Yucatán.

- Martínez-Ballesté, A., Martorell, C., & Caballero, J. (2006). Cultural or ecological sustainability? The effect of cultural change on *Sabal* palm management among the lowland maya of Mexico. *Ecology and Society*. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art27/>. Accessed 17 May 2011.
- McKillop, H. (1996). Prehistoric maya use of native palms: Archaeobotanical and ethnobotanical evidence. In S. L. Fedick (Ed.), *The managed mosaic: Ancient maya agriculture and resource use* (pp. 278–294). Salt Lake City: University of Utah Press.
- McKillop, W., Stuart, T. W., & Geissler, P. J. (1980). Competition between wood products and substitute structural products: An econometric analysis. *Forest Science*, 26, 134–148.
- Mejía, R., & Sandoval, S. A. (2003). *Tras las vetas de la investigación cualitativa: Perspectivas y acercamiento desde la práctica*. Mexico City: ITESO.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Wetlands and water synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Moreno-Casasola, P., & Paradowska, K. (2009). Useful plants of tropical dry forest on the coastal dunes of the center of Veracruz State. *Madera y Bosques*, 15(3), 21–44.
- Ochoa, L. (2011). Exterminio de humedales provoca las inundaciones: No hay dinero que alcance para reparar el daño histórico hecho a este ecosistema. *Milenio Online*. <http://impreso.milenio.com/node/8934911>. Accessed 28 April 2011.
- Orellana, R., & Ayora, N. (1993). Population structure of two palm species in a community of sand dune scrub in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Principes*, 37, 26–34.
- Orellana, R., & Duran, R. (1992). Las palmas de la Península de Yucatán: Un patrimonio que debemos conservar. *Gaceta Universitaria*, 14, 22–28.
- Pérez-García, M., & Rebollar-Domínguez, S. (2008). Formas de aprovechamiento de algunas palmas de la Península de Yucatán. *Contactos*, 69, 53–60.
- Pulido-Salas, M. T. (1993). Plantas útiles para consumo familiar en la Región de la Frontera México-Belice. *Caribbean Journal of Science*, 29(3–4), 235–249.
- Quero, H. J. (1994). *Flora de Veracruz*. Fascículo 81. Palmae. Xalapa, Mexico: Instituto de Ecología A. C. and University of California Riverside.
- Richards, K. R., & Stokes, C. (2004). A review of forest carbon sequestration cost studies: A dozen years of research. *Climatic Change*, 63(1–2), 1–48.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. Mexico City: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Sosnowska, J., & Balslev, H. (2008). American palms used for medicine, in the ethnobotanical and pharmacological publications. *Revista Peruana de Biología*, 15(1), 143–146.
- Tarrés, M. L. (2004). *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. Mexico City: FLACSO.
- Taylor, S. J., & Bogdan, R. (1984). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*. Mexico City: Paidós.
- Travieso-Bello, A. C., Moreno-Casasola, P., & Campos, A. (2005). Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales. *Interciencia*, 30(1), 12–18.
- Villafuerte, D., García, M., & Meza, S. (1997). *La cuestión ganadera y la deforestación*. Universidad de Artes y Ciencias del Estado de Chiapas. Mexico City: Centro de Estudios Superiores de México Centroamérica.
- Walther, G. R., Gritti, E. S., Berger, S., Hickler, T., Tang, Z., & Sykes, M. T. (2007). Palms tracking climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 801–809.
- Zizumbo-Villarreal, D. (1996). History of coconut (*Cocos nucifera* L.) in Mexico: 1539–1810. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 43, 505–515.

CAPÍTULO IV

Traditional wetland palm uses in construction and cooking in Veracruz, Gulf of Mexico

**(Uso tradicional de palmeras de humedales en la construcción y cocina en
Veracruz, Golfo de México)**

Artículo publicado:

González-Marín R.M., P. Moreno-Casasola, R. Orellana y A. Castillo. 2012. Traditional wetland palm uses in construction and cooking in Veracruz, Gulf of Mexico. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 11(3): 408-413

Traditional wetland palm uses in construction and cooking in Veracruz, Gulf of Mexico

González-Marín R M¹, Moreno-Casasola P^{1*}, Orellana R² & Castillo A³

¹Red de Ecología Funcional. Instituto de Ecología, A.C. Carretera Antigua a Coatepec No. 351, Congregación El Haya, C.P. 91070, Xalapa, Veracruz, México

²Unidad de Recursos Naturales. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Calle 43, No. 130, Colonia Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México

³Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701 Col. Ex-Hacienda de San José de La Huerta, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México

E-mails: ¹gonzalez_rosy@hotmail.com, ¹patricia.moreno@inecol.edu.mx, ²orellana@cicy.mx, ³castillo@oikos.unam.mx

Received 14.11.11, revised 11.04.12

Palms are present in all wetland forests and provide many useful products, such as building materials and food. In order to recover the knowledge about the traditional use of wetlands palms, we studied and documented the construction of houses and the preparation of traditional recipes, by conducting interviews and participant observation in rural communities associated with wetlands in Mexico. The main findings of this study were: *Attalea liebmannii*, *Sabal mexicana* and *Roystonea dunlapiana* are used for building houses. The fruits of *Cocos nucifera* and *A. liebmannii* are used for the preparation of traditional recipes. An analysis of the cost of houses built of palms revealed that they are cheaper than those built with artificial materials. Although the respondents mentioned that the resistance of the houses built of natural materials is lower, they also mentioned other benefits associated with this type of construction (e.g. houses are cooler). Unfortunately, the traditional use of the palms is gradually disappearing due to changes in the customs of the people related to migration, as well as the depletion of these resources. It is necessary to rescue and promote the traditional use of palms, especially for native species. This may contribute to their conservation and, where relevant, palm cultivation and reforestation projects should be encouraged and implemented.

Keywords: Wetlands, Palms, Construction, Houses, Recipes, Mexico

IPC Int. Cl.⁸: D05B, D05B 19/04, E04C, F16S, E04H 1/02, A61K 36/00

Palms are present in all wetland forests, though species composition, species richness, and density vary from one ecosystem to another¹⁻². Mexican palms provide many useful products³. In the wetlands of the state of Veracruz, several parts of the plants are used: the fronds (thatching, basketry, building materials), stems (building material), apical bud (palm heart), and even the roots. A few species have economic potential as building materials and for their edible fruit⁴. However, vast areas of forested wetlands have been transformed—mainly into pastures for livestock—and this is increasing as the human population density rises⁵⁻⁶. The recovery of traditional knowledge and the interest of people in some of the useful palms could provide motivation for the

rehabilitation of these wetland ecosystems. In this study, the construction of houses and the preparation of traditional recipes that make use of parts of palms in rural communities associated with wetlands in the municipality of Jamapa, Veracruz, Mexico, is documented. This will aid in the rescue and help share this tradition with the locals and provide reasons to promote reforestation plans in wetlands for ecosystem conservation.

Methodology

Study area

The study was conducted from July 2009 to September 2010, in the rural and contiguous communities of El Piñonal and La Matamba in the municipality of Jamapa, located close to the wetlands in the state of Veracruz, Mexico (Fig. 1). Most of the

*Corresponding author

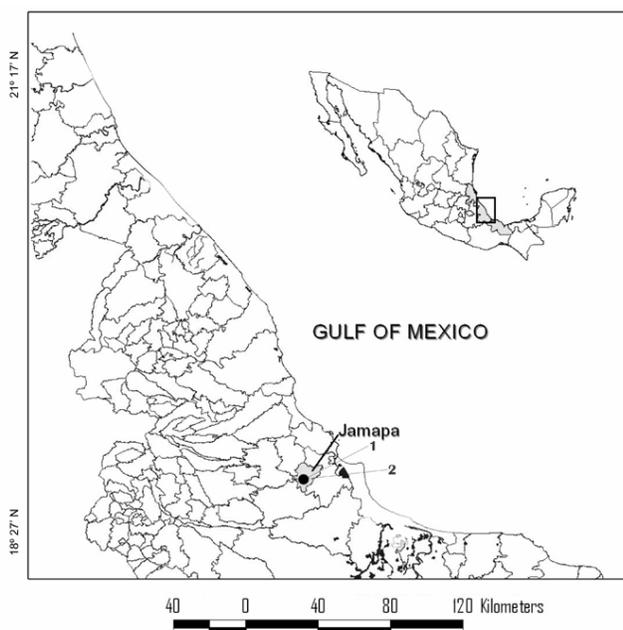


Fig. 1—Location (in gray) of the municipality of Jamapa (19°02'29" N-96°14'29" W) and the communities studied (dots) in the state of Veracruz, Gulf of Mexico: (1) El Piñonal and (2) La Matamba.

people in these communities are ethnically composed of mestizos, some with negroid origin, and people from other Mexican states^{7,8,9}. The combined population of the two communities is between 500 and 1000 people. The forested wetlands are composed of *Pachira aquatica* Aubl., *Tabernaemontana alba* Mill., *Ficus trigonata* L., *Diospyros digyna* Jacq., and the palms *Sabal mexicana* Mart., *Roystonea dunlapiana* P.H. Allen and *Attalea liebmanni* (Becc.) Zona; marshes include *Typha domingensis* Pers., *Thalia geniculata* L. and *Pontederia sagittata* C. Presl² (we collected botanical samples and compared it with vouchers deposited in the Instituto de Ecología, A. C. herbarium (key XAL).

Introduction to communities and sample selection

We focused on families living in houses made with materials obtained from palms and contact was initially made by explaining the research project. We used the “snowball” sampling method¹⁰ in which the family that was being interviewed then recommended another family to be interviewed, and so on. Initially, we found that women had the most complete information on the uses of palms (especially for food) and both sexes had information on construction materials, therefore, interviews were conducted

mostly with the women (one woman of each family, between 45 and 85 years old).

Research methodology and techniques

We used a qualitative research methodology which allows one to understand how people give meaning to social and natural phenomena. Open interviews with local families, as well as participant observation during the frond harvest, house construction and cooking were used¹¹⁻¹². Interviews were conducted with 15 local families (usually involving one people per household in the interview = 15 people).

Information about species of palm, the parts and other plant materials used for constructing houses, how the roof is woven, and information about the quantity and durability of materials, their prices, construction methods, as well as cooking methods were documented. The construction quality and price of houses built with palms and other natural materials was contrasted with that of others built with non-plant materials to understand if they represented economic benefits. We obtained information about the cooking recipes and we documented the species used, the additional ingredients and preparation methods.

The family interviews lasted about one hour, depending on the flow of the conversation and the interest of interviewees. We used a tape recorder during the interviews, and they were stopped when the information became repetitive among families; recognized as saturation of data¹¹. It is important to note that although the case reported here is from one municipality, these traditional uses have also been observed in several other rural communities in Veracruz⁴.

Results

Palms species, the number of palms or fronds used and durability

Interviewees mentioned using *A. liebmanni* and *S. mexicana* for thatching houses, kitchens, chicken coops and in some cases bathrooms. The fronds of *A. liebmanni* are of great economic and traditional value to people, because roofs constructed with them are durable, lasting up to 20 yrs under humid tropical conditions. A 50 m² roof (10 m long × 5 m wide) requires up to 1000 fronds, and since 25-30 fronds are harvested from each *A. liebmanni* tree, 36 palms are needed for one roof (Fig. 2 A). In contrast, an average adult individual of *S. mexicana* produces 22.5 fronds (20-25 fronds per individual), therefore a total of

2,295 fronds are required (102 palms) to build a similar roof surface (Fig. 2 B). Roofs made with fronds of *S. mexicana* last 6-8 yrs.

It is noteworthy that the fronds are cut when nearly mature and an adult *Sabal* that has reached maturity (20-30 large fronds) is ready to be used. When demand is high, palms that only have 10-15 young fronds are also harvested and used for construction. In both species, all of the mature fronds are cut, usually leaving the youngest to keep the plant alive so it will continue to produce fronds. Before the fronds can be harvested from the same individual again, it is necessary to wait 1-2 yrs. For example, *S. mexicana* produces two fronds per month (24 per year) and *A. liebmannii*, one frond per month (24 every 2 yrs). Another interesting fact is that the fronds of *S. mexicana* can be harvested when they are 4 yrs old, while *A. liebmannii* requires 6-7 yrs before it can be harvested.

The stem of *S. mexicana* is cut in half to make beams, a raw material which according to the locals is of great strength and durability. *Sabal* beams are often used to build roofs that are thatched with palm fronds. A 50 m² roof requires 6 beams obtained from 3 mature palm trees. To use the stem for beams, the palm needs to have already lost the old petioles that cover the stem, which usually occurs at 10-15 yrs of age.

Another palm species whose stem is used for construction is *R. dunlapiana*, which reaches maturity at 15 yrs old. Interviewees said its stem is an excellent building material, because it provides very hard, resistant wood. Generally, the stem is cut into sheets, which are used to build the walls of houses. To build a kitchen (6 × 4 m) two adult palms are required. This type of construction material is very durable (50 yrs) when the wood is covered with *adobe*, a mixture of soil and manure (and sometimes hay), which is then painted (Figs 2 A, C) and requires only minor repairs to stay solid.

House construction with palm materials vs. blocks or bricks

To build a house of palm material, other plant species are also used. For example, a house can be thatched with the fronds of *A. liebmannii* or *S. mexicana*, previously dried in the sun and supported by a bamboo frame [*Guadua amplexifolia* (Presl) R. & S]. This entire structure usually rests on beams of *S. mexicana* or *Mangifera indica* Linn. (mango) supported by notched trunks called *horcones*, which are the main support of a house. The *cocuite*

tree [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.] or the *amarillo* tree (*Diphysa robinoides* Benth.) are usually used for the *horcones*.

The weaving pattern for thatching houses differs for the two palm species. With *A. liebmannii* the fronds are arranged one above the other horizontally, with the leaflets folded in the same direction (Fig. 2 B) and attached to a bamboo frame with henequen thread (*Agave fourcroydes* Lem), whereas in *S. mexicana* fronds are used in their natural form and arranged vertically on a frame (Fig. 2 D).

Interviewees mentioned that when they have palms growing on their land, the cost of building and making repairs decreases considerably. In contrast, a person who does not own land with palms must buy all of the materials, which greatly increases the cost of construction or repair. For example, a house with a 24 m² roof made of *S. mexicana* fronds and walls made with *R. dunlapiana* is estimated to cost \$ 835 USD.

The construction requires about a thousand *S. mexicana* fronds (\$ 42 USD), two *R. dunlapiana* stems for the walls (\$ 67-84 USD per stem), four beams of *S. mexicana* or some other material (each stem costs approximately \$ 68 USD, and generally two beams can be obtained from each stem), a bamboo frame and the posts to hold up the structure (\$ 42 USD). Besides the materials, there is the cost of labor, which involves cutting, transportation and construction (\$ 328 USD). A house or kitchen built with *A. liebmannii* is more expensive (\$ 1044 USD), as the price of each frond is \$ 0.42 USD and it takes 500 fronds (\$ 209 USD) to roof a 24 m² area (Fig. 2 A). In addition, there is a greater investment in labor compared to when *S. mexicana* fronds are used, due to the greater height of these palms, their larger fronds and the greater difficulty in cutting and preparing the fronds.

On the other hand, interviewees mentioned that building a house of similar dimensions with bricks and cement can cost twice as much as a house made from plant materials. Despite the high cost of a brick house in the *Jamapa* communities, the tradition of building houses from palm materials has decreased greatly because brick houses are thought to be more resistant; though many people mentioned a palm house is much cooler in the hot climates in which they live. According to the interviewees, people do not build houses with palm materials anymore, and only those who already have them use palms and plant materials to repair their houses.

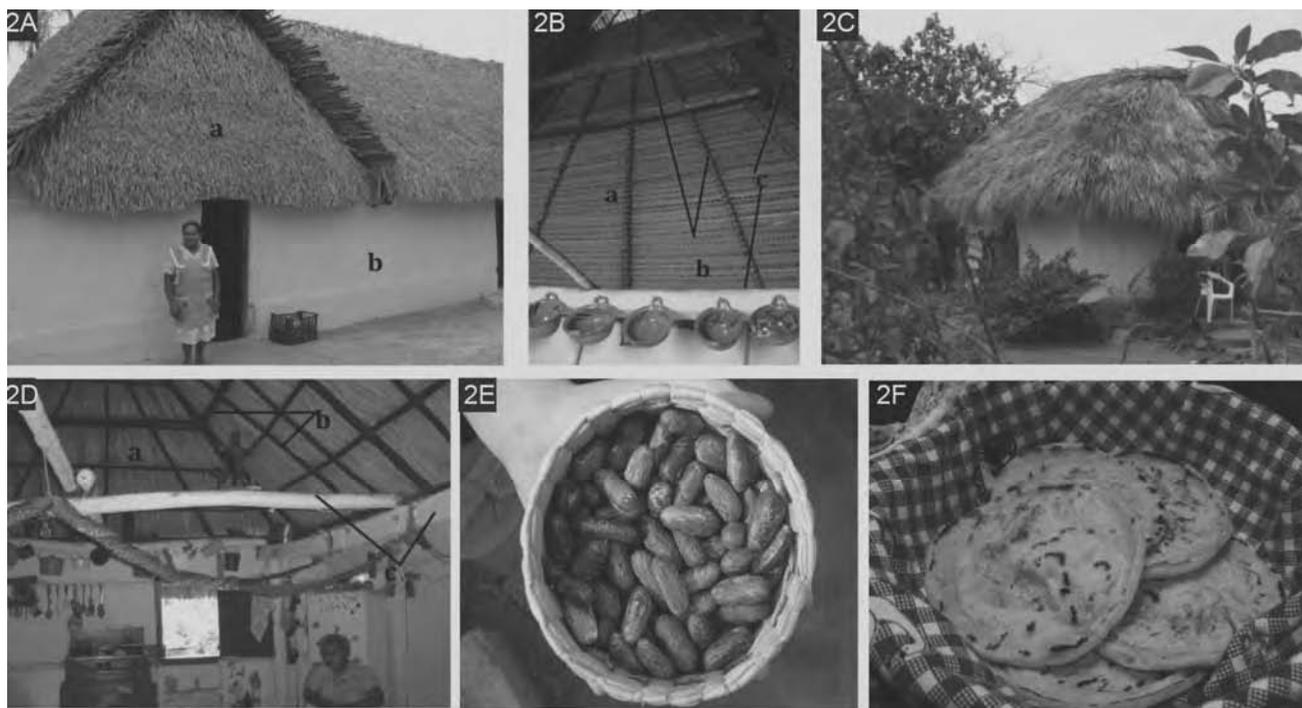


Fig. 2—(A) A house built of palms: a) roof made from the fronds of *A. liebmannii*, b) walls made with the stems of *R. dunlapiana* and covered with adobe. (B) Inside the house: a) woven *A. liebmannii* fronds, b) the bamboo frame used to support the roof, c) beams made from the stem of *S. mexicana*. (C) Kitchen with a ceiling of *S. mexicana* fronds and *R. dunlapiana* walls. (D) Kitchen ceiling made of: a) *S. mexicana* fronds, b) a bamboo frame, c) *S. mexicana* beams. (E) Endosperms from coyo fruits. (F) Royal coyo palm tortillas.

Rescuing the traditional palm fruits recipes of Mrs Charo and Mrs Felicitas

In addition to being useful for construction, palms produce edible fruits and seeds, and these are of great importance in the community because they are used to prepare traditional recipes for the festivities and celebrations, which bring people together. The seeds are prized for their flavour and fragrance; however, this knowledge is now only held by some of the elder women of renown within their community (Fig. 2 E, F). To help preserve these traditions, we include here some of the recipes made with palm seeds.

Royal coyo palm tortillas (made using the fruit of *A. liebmannii*)

Ingredients: One liter recipient filled with the endosperm from coyo fruits (endocarp previously removed and discarded, endosperm previously soaked in water), 2 ½ kg of corn dough and 1 kg sugar. The endosperm is ground and mixed with the corn dough, sugar is added to taste. Tortillas are pressed out and put on the griddle, turning regularly, until cooked through and well browned. Make 4 kg of tortillas for

16 people. The nutritional value of this recipe is 20.208 kcal in total and 1.263 kcal per person.

Royal coyo palm atole (made from the fruit of *A. liebmannii*)

Ingredients: One liter recipient filled with endosperm (endocarp previously removed and discarded, endosperm soaked in water), 1 kg corn dough, 1-2 L water, 2-3 L milk and brown sugar. The endosperms are soaked in water for a few hours and after grinding, they are mixed with the corn dough, beating the mixture while adding the water. The mixture is strained through a thin cloth or towel. The strained seeds and materials are given to the chickens. This water is sweetened with brown sugar to taste, adding more water or milk if desired and boiled with cinnamon. Make 10 L of atole for 40 people. The nutritional value is 13.093 kcal in total and 327 kcal per person (one cup per person).

Cocadas (made from the fruit of *Cocos nucifera*)

Ingredients: One coconut, 1 cup milk or ½ cup water, ½ kg sugar and pineapple chunks.

To prepare, the endosperm (coconut meat) is grated and mixed with the sugar, adding water or milk. Bits of pineapple can be added. Balls are made and allowed to stand until dry. Make 6 - 8 *cocadas*. The nutritional value is 3.790 kcal in total and 473 kcal per person.

Discussion

The results presented here demonstrate that palms are a valuable resource for meeting basic human needs, such as housing and food in rural communities associated with wetlands. It is observed that people roof their houses, the kitchen, the chicken coop or the bathroom with the fronds of *S. mexicana* and *A. liebmannii*. Consequently, these species have been heavily exploited to obtain raw materials. *R. dunlapiana* also serves to make resistant walls for houses. Other natural materials, mainly native bamboo, are also important for building houses. There are many instances of palms being used in Mexico and other tropical countries, and in several regions the genera *Attalea* and *Sabal* are prized for their fronds which are used for thatching houses³⁻¹³. The fruits of *Attalea* are appreciated for their oily seeds. The oil is creamy, soft to the touch and has a slight scent of coconut¹⁴. It is valued in the communities studied for preparing homemade food. Unfortunately, traditional roofs made with palm fronds are gradually being replaced by other artificial materials such as asbestos sheets, cement and other materials; a change that has also been occurring in other places where palms are traditionally used³. It is noteworthy that the building materials, such as asbestos sheets, currently used to roof houses are not as cool as palm roofs. Moreover, palm homes do not contain any compounds that are harmful to health, unlike asbestos sheets and other products. In addition to losing the functional elements characteristic of traditional homes, abandoning the use of palms has consequences for social processes, family life and mutual aid¹⁵. In this study, the kitchen was found to be where women spend most of their time. When a kitchen is cool, it is synonymous with strong family and community life, and enhances social capital. It is worrisome that the traditional recipes made with parts of palm trees are now only known mostly by mothers and grandmothers. Young women frequently leave their villages to study elsewhere, for work or migrate to the United States of America, thus breaking the chain along which information is transmitted from one generation to another.

Conclusion

This study shows the palm trees that are useful in building houses and in the preparation of recipes. It also gives us information on the costs, advantages and disadvantages of having a palm house and the main reasons why there has been a decrease in the use of these. We concluded that it is necessary to rescue and promote the traditional use of palms, especially for native species. This may contribute to their conservation and, where relevant, palm cultivation and reforestation projects should be encouraged and implemented. The building costs of a house made from palms decreases when people plant palms on their land and have access to them for personal use or profit from selling fronds. Creating marketing strategies based on the needs of communities and promoting environmental education programs would also be beneficial for conserving the palm trees of wetlands and preserving human traditions.

This study has a wide significance, both for the people of the communities and for us as researchers. Making this kind of research makes people feel appreciation for their customs and traditions, leading them to value more their natural resources. For us as researchers, it is of great importance, as it gives us a basis for future studies and to care for this beautiful wetland ecosystem, besides being able to create strategies for conservation and management, which involves the knowledge and needs of people.

Acknowledgement

The authors thank the residents of *Jamapa* for their kindness and help in preparing this study. Especially Mrs Eulalia "Charo" Utrera, 50-yrs-old and Mrs Felicitas Tronco, 85-yrs-old from ejido El Piñonal who provided the recipes published in this study. A Castro-Luna helped with the fieldwork and I. González-Marín made useful suggestions on the manuscript. B. Delfosse edited the English version of this manuscript. This study was made possible by a CONACyT doctoral fellowship (46372) awarded to the first author and funding from the International Tropical Timber Organization PD 349/05 Rev.2 (F) and PD RED-PD 045/11 Rev.2 (M), and the Instituto de Ecología AC (902-17).

References

- 1 Kahn F, Palms as key swamp forest resources in Amazonia, *Forest Ecol Manage*, 38 (1991) 133-142.
- 2 Infante D, Moreno-Casasola P, Madero-Vega C, Castillo-Campos G & Warner B G, Floristic composition and soil

- characteristics of tropical freshwater forested wetlands of Veracruz on the coastal plain of the Gulf of Mexico, *Forest Ecol Manage*, 262 (2011) 1514-1531.
- 3 Caballero J, Martínez A & Gama V, El uso y manejo tradicional de la palma de guano en el área maya de Yucatán, *Biodiversitas*, 39 (2001) 1-6.
 - 4 González-Marín R M, Moreno-Casasola P, Orellana R & Castillo A, Palms uses and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico, *Environment, Development and Sustainability*, (2012) DOI 10.1007/s10668-012-9343-y
 - 5 Ellison A, Wetlands of Central America, *Wetlands Ecol Manage*, 12 (2004) 3-55.
 - 6 Bennett E M & Balvanera P, The future of production systems in a globalized world, *Frontiers Ecol Envir*, 5 (2007) 191-198.
 - 7 González-Jácome A, Algunas cuestiones sobre el ambiente, la población y la economía en Veracruz Central: Un ensayo etnohistórico. In: *Agricultura y sociedad en México: Diversidad, enfoques, estudios de caso*, edited by A González-Jácome & S del Amo, (Universidad Iberoamericana, CNEB), 1999, 157-333.
 - 8 Hoffman O, *Las llanuras costeras de Veracruz*. (Universidad Veracruzana-ORTOM. Xalapa, Veracruz, Mexico), 1994, 13-20.
 - 9 Moreno-Casasola P, (Ed.), *Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha*. (Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, Mexico), 2006, 574.
 - 10 Mejía R & Sandoval SA, *Tras las vetas de la investigación cualitativa: perspectivas y acercamiento desde la práctica*, (ITESO, Mexico City, Mexico), 2003, 265.
 - 11 Taylor SJ & Bogdan R, *Introducción a los Métodos Cualitativos de Investigación. La Búsqueda de Significados*, (Paidós, Mexico City, Mexico), 1984, 345.
 - 12 Tarrés ML, *Observar, Escuchar y Comprender sobre la Tradición Cualitativa en la Investigación Social*, (FLACSO, Mexico City, Mexico), 2004, 409.
 - 13 Borchsenius F & Moraes M, Diversidad y usos de palmeras andinas (Arecaceae), In: *Botánica Económica de los Andes Centrales*, edited by M Moraes, B Øllgaard, LP Kvist, F Borchsenius & H Balslev, (Universidad Mayor de San Andrés, La Paz), 2006, 412-433.
 - 14 Calle-Díaz Z & Murgueitio E, La palma real de vino o corozo de puerco *Attalea butyracea* (Mutis ex L. f. Wess. Boer.) Arecaceae, *Ganadería y Ambiente*, Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, 2008, 46-56.
 - 15 Peredo S & Paz C, La monoculturización del espacio natural y sus consecuencias socioculturales en una comunidad rural indígena del sur de Chile, *Revista de Antropología Experimental*, 5 (2005) 1-10.

CAPÍTULO V

Recovering the use of wildlife in wetlands: food security in the face of global climate change

(Recuperando el uso de la fauna silvestre en humedales: seguridad alimentaria para enfrentar el cambio climático global)

Artículo enviado a:

Human Ecology, en proceso de revisión.

5. Recovering the use of wildlife in wetlands: food security in the face of global climate change

Rosa María González-Marín¹, Patricia Moreno-Casasola^{1, *}, Alejandro Antonio Castro-Luna,² and Alicia Castillo.³

¹ Red de Ecología Funcional. Instituto de Ecología, A. C. Carretera Antigua a Coatepec No. 351, Congregación El Haya, C.P. 91070, Xalapa, Veracruz, México.

² Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada. Universidad Veracruzana. Av. de las Culturas Veracruzanas 101. Col. Emiliano Zapata, C. P. 91090, Xalapa, Veracruz, México.

³ Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701 Col. Ex-Hacienda de San José de La Huerta, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México.

* Corresponding Author: patricia.moreno@inecol.edu.mx

Abstract

Wetlands play important roles that benefit social-ecological systems. They are threatened by climate change and human activities, i.e. raising livestock and wildlife hunting. The latter is essential for subsistence and for the food security of rural communities. To understand the traditional uses of wildlife in the communities located in four municipalities of Veracruz, Mexico we examined the use of wildlife among people living within and outside of wetlands, using open-ended interviews. We also analyzed the socioeconomic factors and problems associated with the use of wildlife, and how these affect food security. People use wildlife mainly for food and trade especially communities living within the wetlands. The most useful species are *Amazona autumnalis*, *Dasytus novencinctus* and *Trachemys venusta*. The main problems causing decreasing wildlife populations were water pollution, hunting practices and deforestation. Local communities were aware of the importance of wetlands, their degradation and the need to preserve them.

Keywords: Climate change, hunting, loss of wetlands, traditional use, Veracruz

Introduction

Wetlands are among the most productive ecosystems on the planet and provide important ecosystems services such as flood control, water filtration and microclimate stabilization. They also provide diverse benefits for people, such as water, food, construction materials, and areas for recreation (MEA 2005, Moreno-Casasola 2008). Some of the most important human cultures based their existence on wetlands: the Phoenicians, Egyptians, Olmecs, Maya, all had a very close relationship with wetlands (Boule 1994; Moreno-Casasola 2008).

Wetlands are important in the conservation of biodiversity due to their high levels of organic material and humidity, both of which favor the diversity of plants, insects, amphibians, reptiles, mammals and aquatic birds, both resident and migratory (Costanza *et al.* 1993). Although freshwater habitats represent less than one one-hundredth of one percent of the Earth's water, rivers, lakes and wetlands harbor up to 12% of the world's biodiversity (Ramsar Convention Secretariat 2007). Unfortunately, wetlands are also one of the most threatened ecosystems due to human activities such as agriculture, raising livestock, hunting and fishing (Stiassny 1996).

Over the past 50 years, we have transformed ecosystems more rapidly and extensively than at any other time in human history, primarily to meet our growing demand for the services provided by ecosystems (MEA 2005). Climate change will increase the risk of species extinction, especially for those species whose population numbers are low and that are restricted to certain habitats. At the same time many essential ecosystem services and consequently peoples' livelihoods will be affected (Halsnæs and Trærup 2009). Wildlife is an important natural resource for humans as a source of protein, medicine, clothes, material for handicrafts and recreation (Naranjo *et al.* 2004). It has provided food security since time immemorial mainly in rural communities. Food security is defined as the success of local communities to guarantee their access to sufficient food at the household level and is a top priority worldwide, especially in developing countries (Devereaux and Edwards 2004; FAO 2010). Consequently, it is essential to understand the role of wildlife in people's lives, both economically and culturally, in order to guarantee food security through the sustainable management of natural resources (Ziervogel *et al.* 2006). Many people live around and make use of wetlands, and this cannot be overlooked when planning conservation and development strategies and trying to ensure food security. The participation of the local inhabitants in conservation and natural resource management has proved to be extremely important (Robinson and Redford 1991), even more so as part of an effective adaptation strategy to face climate change.

The demand for provisioning services is often governed by traditions and customs (Barron *et al.* 2004). There are many forms of traditional wildlife use which reflect local economic, cultural and social differences, as well as diverse ecological conditions (Ojasti 1993). In Latin America, the study of wildlife use has focused largely on tropical forests (Robinson and Redford 1991; Ojasti 1993) and on indigenous communities (Enríquez-Vázquez *et al.* 2006). There are few studies on the use of wildlife in wetlands (Desbiez *et al.* 2011) and none focused on mestizo people, who are the main inhabitants of a large proportion of rural land in Latin America.

The aim of this study was to document the traditional uses of wildlife by the people living within wetlands and the people living close to, but outside of wetlands, to ascertain whether they differ in how they use and perceive these resources. This information can serve as the basis for developing the environmental education projects, restoration plans, population biology studies and breeding programs that are needed to ensure wildlife permanence and recovery, so it continues or can once again become an important protein complement for local rural people and an incentive for wetland conservation.

Study Area

This study was conducted in rural communities located close to wetlands on the coastal plain of the Gulf of Mexico, in Veracruz, Mexico in the municipalities of Alvarado, Jamapa, Tecolutla and Tuxpan, all of which are on the coast, except Jamapa (Figure 1). The wetlands are on floodplains and include freshwater swamps and marshes; coastal wetlands include mangroves (Infante *et al.* 2011).

The inhabitants of these rural communities were divided into two groups according to their use of wetlands: A) internal users and B) external users. Internal users are those who live in communities located within the wetlands themselves and carry out most of their daily activities within them (residents of Alvarado). External users lived in communities near wetlands and used them as a complement to other productive activities done outside the wetland (residents of Jamapa, Tecolutla and Tuxpan). Table 1 describes the main features of the localities studied.

Research methodology and techniques

We used a qualitative research methodology, which allows us to understand how people live relative to social and natural phenomena (Denzin and Lincoln 2000). We used open interviews, participant observation and discussion groups (Taylor and Bogdan 1984; Tarrés

2004) to talk with informants and document the ways in which they perceive wildlife and the environment.

Introduction to communities and sample selection

In order to get a general idea of what people knew about wildlife, we conducted a workshop in each of the four municipalities (8-12 people). Participants included young and old local men and women; key people were identified as those who because of their status in the community had more information. We used pictures of birds, mammals and reptiles, prepared from the fauna lists for the region as support material to enhance dialogue with participants. After the workshops, we worked directly with families in their homes. Family selection depended on whether or not a member was aware of wildlife. To locate more informants we used the "snowball" technique where a family would recommend another that they knew might have information regarding the topic and so on until the information provided became redundant, indicating that the sample was complete (Taylor and Bogdan 1987).

Interviews: The questionnaire used for interviews had three thematic sections: i) personal data about the informants; ii) a list of useful animals and their abundance according to peoples' perception of wildlife species found in wetlands; iii) questions about each wild animal species that the interviewees cited as useful. Topics included the local name of the animal, the animal parts used, type of use, their eventual marketing and price. We also documented socioeconomic factors that could influence the use of wildlife and the problems affecting its local abundance. Each interview lasted about an hour, depending on the flow of the conversation and the interest of interviewees. Interviews were tape-recorded to analyze transcripts in detail. Interviews stopped when the information became repetitive among families; i.e. saturation of data (Law *et al.* 1998). In order to match sample size among municipalities, 15 interviews were conducted per municipality, for a total of 60 interviews. Participant observation was also conducted in each community and information recorded in field notes. We worked in Alvarado (six families interviewed in the town of Costa San Juan, five in Nacaste, five in Pajarillos), Jamapa (nine in Piñonal, six in Matamba), Tecolutla (four in Casitas, five in Ricardo Flores Magón, three in Tecolutla, four in Cruz de los Esteros) and Tuxpan (seven in Golfo Barra de Galindo, eight in Mata de Tampamachoco).

All interviews were transcribed and analyzed following the procedures of Taylor and Bogdan (1984): 1) Interview transcripts and field notes were examined line by line; 2) ideas recognized as relevant for the research were coded, creating categories from the data; 3)

categories were listed according to the number of times they were mentioned and used to develop interpretative texts (the number of times a category was mentioned is given in parentheses in Results); e.g., the most frequently named bird species was *Dendrocygna autumnalis* (37 times); 4) Observations collected in the field were used to verify the answers and establish a broader social context for the usefulness and people's perception of wildlife; 5) Discussion groups were held to verify the results.

Results

We included the following traditional uses: A) food: practiced exclusively to supplement the diet of the hunter, collector or fisherman and his family; B) trade: capturing animals to obtain cash; C) pet: wildlife used live for exhibition or recreation; D) medicine: parts of the animals provide a remedy; E) ornamentation: some parts of wild animals are used as personal accessories and to decorate homes (e.g. turtle shells, feathers; Figure 2).

1. Wildlife species used in the wetlands

In all municipalities, 32 (94%) of the 34 bird species shown in pictures are used by people (Table 3). Of these, 25 species are used as food, six for trade, five as pets and three as ornamentation. The most frequently mentioned species were *Dendrocygna autumnalis* (37 times), *Amazona autumnalis* (26) and *Aratinga nana* (21). Of a total of 17 reptile species shown in pictures, 15 (88%) were mentioned. Of these, 14 are used as food, seven for trade, three for medicine, three as pets and three as ornaments. The most frequently mentioned were *Trachemys venusta* (45 times), *Kinosternon leucostomum* (22) and *Crocodylus moreletii* (21). Of 20 mammal species, 12 (60%) were mentioned. Nine are used as food, six for trade, four as pets, two for medicinal and one for ornamental purposes. The most frequently mentioned species were *Dasypus novemcinctus* (mentioned 47 times), *Procyon lotor* (46) and *Sylvilagus floridanus* (25).

2. Traditional use by internal and external users of wetlands

In the communities of Alvarado (internal users), people use wild animals frequently and dedicate time and effort to capturing them because it is a part of their subsistence activities. In the communities of Jamapa, Tecolutla and Tuxpan (external users), the use of wildlife is casual (Table 2), with animals usually caught during other activities (e.g., fishing, farming, tending livestock).

2.1 Alvarado

In these communities, birds were mentioned the most (17 times), especially migratory ducks. On a hunting trip as many as 20 individuals are caught. Reptiles are the second most used taxa for food, especially freshwater turtles, of which eight species are consumed (Table 2, Table 3). A single family can consume 15-20 turtles of different species (mainly *T. venusta*) per year. Wildlife—mainly ducks, turtles and iguanas—is traded when caught by a member of the community who sells the animal to neighbors or in nearby communities. The use of wild mammals is rare, except for *P. lotor* and *Nasua narica*, which are hunted for food. Otter pelts (*Lontra longicaudis*) are sold because of their value in the local fur industry. Some families mentioned that there are manatees in the area (*Trichechus manatus*) and people used to consume its meat, however, informants said that they no longer hunt it because it is protected by Mexican law and there are very few of them nowadays.

2.2 Jamapa

Most respondents said wildlife is used infrequently, although some mentioned hunting rabbits for food. Other mammals used for food are armadillos and squirrels, though only rarely. Of the reptiles, iguanas are often consumed (*Iguana iguana* and *Ctenosaura similis*) and occasionally some turtle species (e.g. *Staurotypus triporcatus*, *T. venusta*, *K. leucostomum*). The main bird species used as food is *D. autumnalis*, while parrots (*A. autumnalis* and *A. nana*) are usually caught for trade and pets. The skunk (*Conepatus semistriatus*) is used medicinally, as the meat is thought to cure some skin problems (acne and blemishes).

2.3 Tecolutla

The most used taxa are the reptiles, mainly *T. venusta* and *C. moreletti*. The most frequently mentioned mammals are *D. novemcinctus* and *P. lotor*, which are used for food (Table 3). Participation in the pet trade is common, with mainly parrots (e.g. *A. autumnalis* and *A. nana*) and squirrels (*Sciurus aureogaster*) seen in homes, hotels and restaurants. The villagers also mentioned that the turtles *T. venusta* and *S. triporcatus* are occasionally exchanged for fish and other seafood.

2.4 Tuxpan

The inhabitants of these communities make little use of wildlife. Only some, usually the elderly, mentioned *P. lotor* and *D. novemcinctus* as species used for food (Table 2 and Table 3). Reptiles are rarely hunted, though the freshwater turtle *T. venusta* was frequently

mentioned. Some parrots (*A. autumnalis* and *A. nana*) and squirrels (*S. aureogaster*) are sold as pets. Some interviewees also mentioned that *Didelphis marsupialis* and *C. semistriatus* have medicinal uses (Table 3).

3. Socioeconomic factors influencing the use of wildlife in municipalities

The use of wildlife is closely linked to the main economic activities of each location and their degree of isolation from major urban centers (see Table 1). For example, in Alvarado, inhabitants depend on fishing and clam farming, and are isolated by numerous waterways and lagoons. It is more difficult for them because they must travel by boat to a city to acquire commodities, so they use wildlife frequently and dedicate time exclusively to hunting. In contrast, people from Jamapa raise livestock and grow fruit trees, and have road access to urban centers, so they usually capture wildlife species while doing these activities. In Tecolutla, wildlife is often used as pets because this municipality has one of the most important tourist destinations in the region (Costa Esmeralda). In Tuxpan people depend on finfish fisheries, shrimp and oysters, so wildlife use is supplementary to their main activities (i.e. capturing parrots for sale). However, in the Gulf of Barra Galindo, which is a rustic, isolated community, people sometimes hunt wild mammals and migratory ducks in addition to eating fish and marine crustaceans.

Another factor determining wildlife use in wetlands is the origin of the inhabitants. Most of the people are mestizos who arrived during the agrarian reform carried out by the Mexican government between 1920 and 1940, during which land was distributed. The communities of Alvarado are the exception; their villagers colonized mangrove areas from villages surrounding the wetland and therefore consuming wildlife is part of their tradition. Wildlife trading also provides an additional source of money and resources for people living in wetlands; some earn extra money by selling animals and their parts, also allowing others to benefit from acquiring animal protein at a more affordable price (Table 3).

4. Problems currently affecting the abundance of wildlife populations

From the perspective of the residents of Alvarado, the population size of migratory birds, reptiles and medium-sized mammals has decreased owing to causes originating outside of the wetlands. The most cited factors were water pollution (mentioned 15 times) and excessive hunting (10), especially of birds and turtles. For the villagers of Jamapa, wildlife is becoming scarce and the main problem is hunting, mainly by outsiders and guided by local villagers interested in making some extra money (15). People also mentioned that deforestation (12)

and water pollution (9) affect wildlife. In Tecolutla respondents said that the overexploitation of natural resources (plants and animals) (13 times) and water pollution (8) are the main causes affecting wetland wildlife. The latter was also the most mentioned (15) in Tuxpan (Table 1).

Discussion

1. Wildlife species used in the wetlands

Our results reveal that people generally use more species of birds than reptiles or mammals, probably because birds are one of the most diverse and abundant taxa in the wetlands (Weller 1999).

Both internal and external wetland users used wildlife mainly as food, because this is a basic need. However, traditions and customs have an important role in the study area. People also use wildlife for the pleasure and custom of consuming wild meat. Similar results have been observed for the use of palms in these same communities (Gonzalez-Marín *et al.* 2012), as well as in indigenous communities living in tropical forests (Robinson and Redford 1991; Naranjo *et al.* 2004).

2. Traditional use by internal and external users of wetlands

Internal users used more wildlife species (particularly birds and reptiles) and did so more frequently than external users. This may be because: 1) there is a greater diversity and abundance of birds and reptiles in Alvarado, and 2) people living inside wetlands are more likely to capture wildlife. Regarding the first point, the wetland in Alvarado is the largest (Fig 1) and is located further south, lying biogeographically in the Neotropical region and within the distribution range of more animal species (e.g. turtles; Ippi and Flores 2001). In contrast, Tecolutla and Tuxpan are located to the north, where fewer species are found. Regarding the latter, it is known that the proximity and ease of access to hunting sites can facilitate hunting success (Naranjo *et al.* 2004), because people can locate their prey easily and know more about wildlife habitats and behavior, which helps them capture and use more species, compared to external users (Shively 1997).

In the communities of Jamapa there is strong poaching pressure, mainly to sell the animals and earn extra money by guiding poachers, similar to the exploitation of turtles in the Brazilian Amazon (Schneider *et al.* 2011). In this region the abundance of turtles has decreased, especially that of *T. venusta*, which has been heavily exploited (González-Marín, unpublished data). It is noteworthy that many of the wetlands of Jamapa have been replaced

by cattle pastures, decreasing the richness and abundance of wildlife (Andrén 1994; Loreau 2003), however this was never mentioned as a cause.

In Tecolutla and Tuxpan people are involved in fishing and/or in tourism to earn a salary and buy consumer goods (e.g. food), therefore they only use wildlife occasionally. According to those interviewed, the consumption of wildlife has also declined because of the laws protecting wildlife, and because patrolling in the area has increased due to its proximity to Tuxpan, an important seaport on the Gulf of Mexico. However, the decrease in fishing resources (e.g. shrimp) and lack of jobs, has made some people start capturing wild animals illegally (e.g. parrot chicks), for sale or personal use. Illegal trading responds to the regional demand for wildlife, due to its aesthetic value and popularity with tourists. In fact, the use of wildlife as an attraction is common practice in many tourist destinations worldwide, even though the negative impact on several species has been demonstrated (Orams 2002). In this respect Schneider *et al.* (2011) report that overexploitation by illicit trade can cause the rapid extinction of species, since in the process of capturing and transporting the animals, several of them die, requiring the poachers to capture even more animals. The overuse of some wetland resources is not only the result of people meeting their basic needs, but also an outcome of external factors (see Velayudan, 2007), such as proximity to big cities (Guiling *et al.* 2009) and the economic activity in which people are engaged.

3. Socioeconomic factors influencing the use of wildlife

In this study, the degree to which wildlife is used is determined by factors such as the main economic activities of people, the degree of isolation of a community, the origin of the population in each community, their traditions and customs, and the need for additional sources of income and resources. All these factors are closely linked by geography, economy and culture (Conway-Gómez 2008). For example, economic activity is influenced by the degree of isolation, and traditions are associated with people's origin (Lion and Hardesty 2002). On the Veracruz coast the disappearance of the indigenous cultural element left a void in the centuries following the Conquest. During the eighteenth and nineteenth centuries, and with the agrarian revolution, the region was slowly populated by new groups of settlers, mostly mestizos from other parts of Mexico (Gonzalez-Jácome 1999; von Bertrab 2010) who previously lived in ecosystems completely different from wetlands (Hoffmann 1994), and therefore have little knowledge about them. This is reflected in their not using wildlife to control crop pests (snakes to control mice, etc.), which contrasts with regions where people

have lived for a long time, such as the indigenous groups in tropical forests of Mexico (Naranjo *et al.* 2004) and South America (Robinson and Redford 1991).

Finally, the use of wildlife as an extra source of money and resources is still a common practice in the rural areas of Mexico: the meat of wild animals is usually cheaper than poultry, pork or beef, because the latter include the costs of production (Apaza *et al.* 2002). For example, in the communities of Alvarado people must travel long distances by boat to obtain many of the products necessary for their daily lives. It is easier and cheaper to consume resources from wetlands than to purchase or exchange products from the outside.

4. Problems currently affecting the abundance of wildlife populations

Most of the problems mentioned in our results are directly related to climate change (e.g., water pollution, deforestation; Halsnæs and Trærup 2009), which affects biological systems worldwide and is modifying species distribution, animal population size, breeding seasons, and the routes and timing of migration (Case *et al.* 2009). Consequently, many of the services and food sources provided by ecosystems have decreased, severely affecting rural peoples' livelihood. Food security is currently a top priority worldwide, especially in developing countries. In this context practices associated with economic growth contribute to climate change and also affect this security (Jimenez *et al.* 2010).

Pollution, from both urban waste and agricultural runoff, has also damaged these ecosystems. High concentrations of contaminants can irreversibly harm human health and wildlife (Halsnæs and Trærup 2009).

Deforestation also affects the environment and wild animal populations, particularly for those species that are strongly dependent on trees. Moreover, in the communities we studied a phenomenon called deagrarianization ("desagrarización"- Carton de Grammont 2009) is occurring; agriculture is no longer profitable for small producers, so people migrate to the United States or to big cities in the region in search of work. Those returning generally invest in land to raise livestock; causing deforestation and soil erosion, silting of lakes and rivers, and affecting aquatic fauna (Ludi 2009). With deforestation many environmental services are lost, affecting wildlife populations and the food security of rural people.

In Mexico, the impact of climate change on food safety has been studied with an emphasis on water and crops (Ludi 2009), but there are very few studies of livestock and wildlife (Jiménez *et al.* 2010). Therefore this study may provide the basis for proposing food security strategies relative to wildlife use, wetland conservation and restoration. If we preserve the integrity and functions of wetland ecosystems, the negative impact of climate

change will likely be mitigated, especially for the resources that ensure food security (e.g. wildlife). With this strategy we would also be better prepared for disasters exacerbated by climate change such as droughts, floods, and hurricanes (Woodrey *et al.* 2012), and would thus experience fewer social and environmental losses.

5. Management implications

The ecological integrity of wetlands depends on coordinating watershed management and the use and conservation of flora and fauna, which implies many types of use and stakeholders (Junk 2002), not all of which are directly associated with wetlands.

Some activities in wetlands (e.g., raising livestock) alter wetland dynamics and jeopardize food security by affecting the availability of wildlife as a source of food for people (Turbay *et al.* 2000). The design and implementation of plans, programs and guidelines for sustainable management of wetland resources is a priority. Communities must be involved in the entire process and decision-making, because the success or failure of management plans is at least in part due to people's commitment to, attitudes and prejudices about the environment. The knowledge, traditions and practices of the different stakeholders need to be acknowledged to develop new ways of interacting with wetland resources.

It is difficult to prevent people from using wildlife, because these practices are deeply rooted in their culture and also increase their income. However, to mitigate the negative impact of unregulated extraction it is necessary for villagers, as well as governmental officials, conservationists and scientists to accept the need for changes or adjustments in the ways ecosystems are used. There is an urgent need for sustainable forms of land use, infrastructure and management strategies for livestock production, production system designs, the incorporation of local knowledge and participatory strategies and scientific advances that will allow adaptation to climate change.

The establishment of production units of wild animals through the implementation of UMAs (Units of Management and Sustainable Use, *Unidad de Manejo y Aprovechamiento*, a legal figure in Mexico) for sustainable consumption is vital for species such as turtles, crocodiles and iguanas (González-Marín *et al.* 2003). The legal breeding of wild species, together with wetland restoration and conservation actions to protect specific areas would help to secure food for local families and thus reduce the pressure on natural resources, giving wetlands time to regenerate.

Conclusion

In this study we report that despite the loss of coastal wetlands in Veracruz, traditional use is still being made of wildlife in rural communities, mainly to meet basic needs (food and goods). Although the uses vary among communities because of the degree of isolation, economic activities and the origin of the population, it is clear that wildlife comprises an important resource for people and one that could adequately be managed to ensure the continuous availability of food under different scenarios of climate change. For this to be possible, it is necessary to develop management plans that incorporate the current knowledge about key species (e.g. turtles), the interest of stakeholders, and that involve technical support from government institutions and civil society, all of which would ensure the success of programs designed to both benefit people and conserve wetlands.

Acknowledgments

For their kindness and help in preparing this study, we thank the residents of the communities where we conducted the interviews. A. Juárez introduced us to the communities. B. Delfosse edited the English version of this manuscript. This study was made possible by a CONACyT doctoral fellowship (46372) awarded to the first author and funding from the International Tropical Timber Organization PD 349/05 Rev.2 (F) and PD RED-PD 045/11 Rev.2 (M), and from the Instituto de Ecología AC (902-17).

References

- Andrén, H. (1994). Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: A review. *Oikos* 71(3): 355–366.
- Apaza, L., Wilkie, D., Byron, E., Huanca, T., Leonard, W., Pérez, E., Reyes-García, V., Vadez, V., and Godoy, R. (2002). Meat prices influence the consumption of wildlife by the Tsimane' Amerindians of Bolivia. *Oryx* 36 (4): 382–388.
- Barron, P., Kaiser, K., and Pradhan, M. (2004). Local conflict in Indonesia: Measuring incidence and identifying patterns. [online] URL: <http://ssrn.com/abstract=625261> (Accessed October 10, 2011).
- Boule, M.E. (1994). An early history of wetland ecology. In Mitsch, W.J. (ed) *Global wetlands: Old World and New*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, pp. 57–74.
- Carton de Grammont, H. (2009). La desagrarización del campo mexicano. *Convergencia* 16 (50): 13–55.

- Case, M., Ardiansyah, F., and Spector, E. (2009). Climate change in Indonesia. Implications for humans and nature. WWF International climate change programme. [online] URL: <http://www.worldwildlife.org/climate/Publications/WWFBinaryitem7664.pdf> (Accessed December 7, 2011).
- Conway-Gomez, K. (2008). Market integration, perceived wealth and household consumption of river turtles (*Podocnemis* spp.) in eastern lowland Bolivia. *Journal of Latin American Geography* 1(1): 85–108.
- Costanza, R., Kemp, M., and Boynton, W. (1993). Predictability, scale, and biodiversity in coastal and estuarine ecosystems: Implications for management. *Ambio. Biodiversity: Ecology, Economics, Policy* 22(2/3): 88–96.
- Denzin, N. K., and Lincoln, Y.S. (2000). Introduction: The discipline and practice of qualitative research. In Denzin, N.K. and Lincoln, Y.S. (eds) *Handbook of Qualitative Research*. Sage Publications, Thousand Oaks, CA, pp. 1–29.
- Desbiez, J., Keuroghlian, A., Piovezan, U., and Bodmer, R. (2011). Invasive species and bushmeat hunting contributing to wildlife conservation: the case of feral pigs in a Neotropical wetland. *Oryx* 45(1): 78–83.
- Devereux, S., and Edwards, J. (2004). Climate change and food security. In Yamin, F. and Kenbar, M. (eds). *Climate change and development*. *IDS Bulletin* 35, pp. 22–30.
- Enríquez-Vázquez, P., Méndez, M., Retana-Guiascon, O., and Naranjo, E. (2006). Uso medicinal de la fauna silvestre en los altos de Chiapas, México. *Interciencia* 31(7): 491–499.
- FAO [Food and Agriculture Organization] (2010). Twenty-sixth regional conference for Africa climate change implications for food security and natural resources management in Africa, Luanda, Angola. [online] URL: <http://www.fao.org/docrep/meeting/018/k7542e.pdf> (Accessed January 21, 2012).
- González-Jácome, A. (1999). Algunas cuestiones sobre el ambiente, la población y la economía en Veracruz central: Un ensayo etnohistórico. In González-Jácome, A. and del Amo, S. (eds) *Agricultura y sociedad en México: Diversidad, enfoques, estudios de caso*. Universidad Iberoamericana, Mexico City, México, pp. 157–333.
- González-Marín, R.M., Móntes, R., and Santos, J. (2003). Characterization of the units for the conservation, management and sustainable use of wildlife, in Yucatan, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 2: 13–21.

- González-Marín, R.M., Moreno-Casasola, P., Orellana, R., and Castillo, A. (2012). Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico. *Environment, Development and Sustainability* 14: 541–555.
- Guiling, P., B.W. Brorsen, and D. Doye. (2009). Effect of urban proximity on agricultural land values. *Land Economics* 85(2): 262–284.
- Halsnæs, K., and Trærup, S. (2009). Development and climate change: A mainstreaming approach for assessing economic, social, and environmental impacts of adaptation measures. *Environmental Management* 43(5): 765–778.
- Hoffman, O. (1994). *Las llanuras costeras de Veracruz*. Universidad Veracruzana-ORTOM, Xalapa, México.
- Ippi, S., and Flores, V. (2001). Las tortugas neotropicales y sus áreas de endemismo. *Acta Zoológica Mexicana, (nueva serie)* 84: 49–63.
- Jiménez, G., Quechulpa, S., Esquivel-Bazán, E., Soto Pinto, L., Reyes-Montes, F., Ruiz, M., and Márquez-Rosano, C. (2010). Ganadería y cambio climático: mitigación y adaptación. *Revista de Agroecología* 26(1): 9–11.
- Junk, W.J. (2002). Long-term environmental trends and the future of tropical wetlands. *Environmental Conservation* 29(4): 414–435.
- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J., and Westmorland, M. (2007). Guidelines for critical review of qualitative studies. [online] URL: <http://www.musallamusf.com/resources/Qualitative-Lit-Analysis-pdf.pdf> (Accessed December 4, 2011).
- Lion, L., and Hardesty, L.H. (2002). Traditional tenure systems regulating forest product extraction and use by the Antanosy of Madagascar. *Journal of Ethnobiology* 22(2): 273–284.
- Loreau, M., Bouquet, N., and González, A. (2003). Biodiversity as spatial insurance in heterogeneous landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100(22): 12765–12770.
- Ludi, E. (2009). *Climate change, water and food security*. Background Notes. London, U.K.: Overseas Development Institute.
- Infante, D., Moreno-Casasola, P., Madero-Vega, C., Castillo-Campos, G. and Warner, B.G. (2011). Floristic composition and soil characteristics of tropical freshwater forested wetlands of Veracruz on the coastal plain of the Gulf of Mexico. *Forest Ecology and Management* 262(8): 1514–1531.

- MEA [Millennium Ecosystem Assessment] (2005). *Ecosystems and human wellbeing: wetlands and water synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Moreno-Casasola, P. (2008). *Los humedales en México: tendencias y oportunidades*. Cuadernos de Biodiversidad 28: 10–18.
- Naranjo, E.J., Guerra, M.M., Bodmer, R.E., and Bolaños, J.E. (2004). Subsistence hunting by three ethnic groups of the Lacandon forest, Mexico. *Journal of Ethnobiology* 24(2): 233–253.
- Ojasti, J. (1993). *Utilización de la Fauna Silvestre en America Latina. Situación y Perspectivas para el Manejo Sostenible*. Guía FAO Conservación N° 25. FAO, Rome, Italy.
- Orams, M.B. (2002). Feeding wildlife as a tourism attraction: a review of issues and impacts. *Tourism Management* 23(3): 281–293.
- Ramsar Convention Secretariat. (2007). *Wise use of wetlands: a conceptual framework for the wise use of wetlands*. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands 1: 26.
- Robinson, J., and Redford, K. (1991). *Neotropical wildlife use and conservation*. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Shively, G. (1997). Poverty, technology and wildlife hunting in Palawan. *Environmental Conservation* 24(1): 57–63.
- Schneider, L., Ferrara, C.R., Vogt, R.C., and Burger, J. (2011). History of turtle exploitation and management techniques to conserve turtles in the Rio Negro Basin of the Brazilian Amazon. *Chelonian Conservation and Biology* 10(1): 149–157.
- Stiassny, M.L. (1996). An overview of freshwater biodiversity: with some lessons from African fishes. *Fisheries* 21(9): 7–13.
- Tarrés, M.L. (2004). *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. FLACSO, Mexico City, Mexico.
- Taylor, S.J., and Bogdan, R. (1984). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*. Paidós, Mexico City, Mexico.
- Turbay, S., Gómez, G., López, A.D., Álvarez, O., and Alzate, C. (2000). *La fauna de la Depresión Momposina*. Lealón, Medellín, Colombia.
- Velayudan, S.K. (2007). *Rural marketing: targeting the non-urban consumer*. Sage Publications, New Delhi, India.
- von Bertrab, A. (2010). Conflicto social alrededor de la conservación en la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas: un análisis de intereses, posturas y consecuencias. *Nueva Antropología* 23(72): 55–80.

- Weller, M.W. (1999). *Wetland Birds: Habitat Resources and Conservation Implications*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Woodrey, M.S., Rush, S.A., Cherry, J.A., Nuse, B.L., Cooper, R.J., and Lehmicke, A.J. (2012). Understanding the potential impacts of global climate change on marsh birds in the Gulf of Mexico region. *Wetlands* 32(1): 35–49.
- Ziervogel, G., Nyong, A., Osman, B., Conde, C., Cortés, S., and Downing, T. (2006). *Climate variability and change: Implications for household food security*. AIACC Working Papers. [online] URL: www.aiaccproject.org (Accessed March 18, 2012).

Table 1. Main characteristics of the study sites.

Corresponding Author: Patricia Moreno-Casasola.

Municipality, towns and approximate number of inhabitants	Main productive activities	Degree of Isolation	Problems affecting the abundance of wildlife populations
Internal users			
Alvarado -Costa de San Juan (100) -Nacaste (30) -Pajarillos (15)	-Fisheries (shrimp and fish) -Clam farming	They have no access to shops or other manufactured products in their area. Must travel 40 minutes by boat to get to Alvarado, the closest city	-Water pollution -Exploitation of wildlife
External users			
Jamapa -El Piñonal -La Matamba (both have more than 500 but less than 1000)	-Livestock -Cultivation of fruit trees -Planting corn and beans -Raising animals in backyard	Proximity (2 hours by road) to the Port of Veracruz. They have some access to shops and diverse products	-Water pollution -Poaching and wildlife sports -Immoderate tree felling (habitat loss)
Tecolutla -Casitas (2,024) -Ricardo Flores Magón (1000) -Tecolutla (4,523) -Cruz de los Esteros (less than 100)	-Fishing (shrimp and fish) -Livestock -Cultivation of oranges, watermelon, lemon, coconut, corn, beans, grapefruit, pepper, banana and pumpkin. -Day labor (planting grass seed) -Travel services (hotels, restaurants, tours, sale of handicrafts) in nearby towns	A tourist area with access to shops and diverse products	-Exploitation of wildlife -Cutting of mangroves and disturbance from hurricanes (habitat loss) -Water pollution
Tuxpan -El Golfo Barra de Galindo (75) -La Mata de Tampamachoco (2,000)	-Fishing (shrimp and oysters) -Casual work as employees in the oil and thermoelectric industry. -Travel services (rent beach huts, selling food and drinks)	The people of Barra de Galindo need to travel approx. 40 min. by a sand road to reach the city and buy products. La Mata is very close to the city of Tuxpan	-External and internal pollution -Siltation of the lagoon -Exploitation of wildlife (parrots).

Table 2. List of wildlife species most frequently used by the households surveyed in the villages of four municipalities in the state of Veracruz. The number of times it was named, frequency of use and abundance as perceived by the inhabitants. Use categories: F = Frequent (more than four times per year), O = Occasional (two to three times a year), R = Rarely (once a year or less). Categories of abundance: A = Abundant, C = Common, R = Rare, S = Seasonal. Number of respondents: 15 families per municipality. Corresponding Author: Patricia Moreno-Casasola.

Species	Alvarado								Jamapa								Tecolutla								Tuxpan																						
	No. of times named	Frequency of use			Abundance				No. of times named	Frequency of use			Abundance				No. of times named	Frequency of use			Abundance				No. of times named	Frequency of use			Abundance																		
		F	O	R	A	C	R	S		F	O	R	A	C	R	S		F	O	R	A	C	R	S		F	O	R	A	C	R	S															
Reptiles																																															
<i>Trachemys venusta</i>	15	x			+	+			12		x			+				11		x			+				10			x			+														
<i>Kinosternon leucostomum</i>	10	x			+	+			9		x			+																																	
<i>Iguana iguana</i>	9		x			+	+		11	x				+																																	
<i>Staurotypus triporcatus</i>	8		x			+			10			x		+																																	
<i>Crocodylus moreletii</i>	10			x			+											10		x			+	+																							
<i>Ctenosaura similis</i>	6			x			+																			6			x		+	+															
Birds																																															
<i>Dendrocygma autumnalis</i>	15	x			+			+	12	x				+		+		8		x			+		+	7			x			+			+												
<i>Anas discors</i>	15	x			+			+																																							
<i>Dendrocygna bicolor</i>	12		x			+		+																																							
<i>Anas acuta</i>	11		x				+	+																																							
<i>Amazona autumnalis</i>	4		x				+		11	x				+				9	x				+		6	x						+															
<i>Aratinga nana</i>	2			x			+		10		x	x		+				6			x		+		5		x					+															
Mammals																																															
<i>Nassua narica</i>	11	x			+													10		x		+	+																								
<i>Procyon lotor</i>	12	x			+				11		x			+				12		x		+	+		10		x				+																
<i>Dasytus novemcinctus</i>	10			x			+		12			x		+				14			x		+	+	11			x			+	+															
<i>Agouti paca</i>	9			x			+																																								
<i>Sylvilagus floridanus</i>									15	x			+					10		x		+	+																								
<i>Sciurus aureogaster</i>									14		x			+				9	x			+																									
Total	159	6	5	5	6	5	8	4	127	4	5	3	1	7	3	1	99	2	6	2	4	7	4	1	55	1	4	2		5	4	1															

Table 3. How wildlife and animal parts that are exploited in the wetlands of the Gulf of Mexico are used. Al: Alvarado, Ja: Jamapa, Te: Tecolutla, Tx: Tuxpan. The exchange rate used was 13.00 MXN per an USD. Corresponding Author: Patricia Moreno-Casasola.

Species	Municipality	Use	Parts used	Price
Birds				
<i>Amazona albifrons</i> Sparman, 1788	Ja	Trade Pet	Live animal	\$ 33.33 per parrot chick
<i>A. autumnalis</i> Linnaeus, 1758	Al, Ja, Te, Tx	Trade Pet	Live animal	\$ 41.66-58.33 per parrot chick
<i>A. viridigenalis</i> Cassin, 1853	Ja, Te, Tx	Trade Pet	Live animal	\$ 33.33 each breeding
<i>Anas acuta</i> Linnaeus, 1758	Al, Ja, Te, Tx	Food Trade Ornament	Meat Feather pillow	\$ 2.5 each
<i>A. clypeata</i> Linnaeus, 1758	Al, Ja	Food Ornament	Meat Feathers	-----
<i>A. discors</i> Linnaeus, 1766	Al, Ja, Te, Tx	Food Trade	Meat	\$ 3.33 each
<i>Anhinga anhinga</i> Linnaeus, 1766	Al	Food	Meat	-----
<i>Aramides cajanea</i> Statius Muller, 1776	Ja	Food	Meat	-----
<i>Aratinga nana</i> Vigor, 1830	Ja, Te, Tx	Trade Pet	Live animal	\$ 33.33 each
<i>Aratinga holochlora</i> P. L. Sclater, 1859	Te	Trade Pet	Live animal	\$ 33.33 each
<i>Ardea alba</i> Linnaeus, 1758	Ja	Food	Meat	-----
<i>Aythya americana</i> Eyton, 1838	Al, Ja, Tx	Food	Meat	-----
<i>Aythya affinis</i> Eyton, 1838	Al, Ja, Tx	Food	Meat	-----
<i>Colinus virginianus</i> Linnaeus, 1758	Te	Food	Meat	-----
<i>Columba flavirostris</i> Wagler, 1831	Ja	Food	Meat	-----
<i>Dendrocygna autumnalis</i> Linnaeus, 1758	Al, Ja, Te, Tx	Food Trade Pet	Meat and live animal Live animal	\$2.08 each
<i>D. bicolor</i> Vieillot, 1816	Al, Ja, Tx	Food Ornament	Meat Feathers	-----
<i>Fulica americana</i> Gmelin, 1789	Al, Ja, Te, Tx	Food	Meat	-----
<i>Mycteria americana</i> Linnaeus, 1758	Al, Ja	Food	Meat	-----
<i>Ortalis vetula</i> Wagler, 1830	Ja	Food	Meat	-----
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i> Gmelin, 1789	Al, Ja, Te, Tx	Food	Meat	-----
<i>P. occidentalis</i> Linnaeus, 1766	Te, Tx	Food	Meat	-----
<i>Phalacrocorax brasilianus</i> Gmelin, 1789	Al, Ja, Te, Tx	Food	Meat	-----
<i>Plegadis falcinellus</i> Linnaeus, 1766	Al, Ja, Te	Food	Meat	-----
<i>Tachybaptus dominicus</i> Linnaeus, 1766	Al	Food	Meat	-----
<i>Tigrisoma mexicanum</i> Swainson, 1834	Al, Te	Food	Meat	-----
<i>Zenaida asiatica</i> Linnaeus, 1758	Al	Food	Meat	-----

	Al, Ja, Te, Tx	Food	Meat	\$ 12.5 a dozen
<i>Z. macroura</i> Linnaeus, 1758	Te, Tx	Food	Meat	-----
Mammals				
<i>Cuniculus paca</i> Linnaeus, 1766	Al, Ja, Te, Tx	Food	Meat	-----
<i>Conepatus semistriatus</i> Boddaert, 1785	Al, Ja, Te	Medicine	Meat	-----
<i>Dasyproctamexicana</i> Saussure, 1860	Ja	Food	Meat	-----
<i>Dasypus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	Al, Ja, Te, Tx	Food Trade Ornament	Meat Carapace	\$ 5.83 each.
<i>Didelphis marsupialis</i> Linnaeus, 1758	Tx	Medicine Food	Meat and fat	-----
<i>Lontra longicaudis</i> Olfers, 1818	Al, Ja, Te, Tx	Trade	Fur	\$ 2.91 each pelt
<i>Nasua narica</i> Linnaeus, 1766	Al, Ja, Te, Tx	Food Trade Pet	Meat Live animal Live animal	\$ 12.5 for a small one
<i>Procyon lotor</i> Linnaeus, 1758	Al, Ja, Te, Tx	Food Trade Pet	Meat and live animal Live animal	\$ 12.5 for a small one
<i>Sciurus aureogaster</i> F. Cuvier, 1829	Ja, Te, Tx	Food Trade Pet	Meat Meat and live animal Live animal	\$ 2.5 each
<i>Sylvilagus floridanus</i> J. A. Allen, 1890	Ja, Te, Tx	Food Trade	Meat Meat	\$ 5.83 each
<i>Tamandua mexicana</i> Saussure, 1860	Tx	Food Trade	Meat Live animal	-----
<i>Urocyon cinereoargenteus</i> Schreber, 1775	Ja	Trade	Fur	\$ 6.66 each
Reptiles				
<i>Chelydra rossignoni</i> Bocourt, 1868	Al, Ja	Food	Meat	-----
<i>Claudius angustatus</i> Cope, 1865	Al, Ja, Te	Food	Meat	\$ 16.66 a dozen
<i>Crocodylus acutus</i> Cuvier, 1807	Te	Food Trade	Meat	-----
<i>Crocodylus moreletii</i> Duméril and Bibron, 1851	Al, Ja, Te, Tx	Food Trade Medicine	Meat Meat and fur Meat and fat	\$ 3.33 kg of meat \$ 5 per tablespoon of fat
<i>Crotalus durissus</i> Linnaeus, 1758	Ja	Medicine	Meat and fur	-----
<i>Ctenosaura similis</i> Gray, 1831	Al, Ja, Te, Tx	Food Trade	Meat and eggs	\$ 12.5 each
<i>Dermatemys mawii</i> Gray, 1847	Al, Ja, Te	Food Trade Ornament	Meat and eggs Carapace	\$ 33.33 each
<i>Iguana iguana</i> Linnaeus, 1758	Al, Ja, Te, Tx	Food Trade	Meat and eggs	\$ 12.5 to 16.66 each
<i>Kinosternon acutum</i> Gray, 1831	Al, Ja, Te, Tx	Food	Meat	-----
<i>Kinosternon flavescens</i> Agassiz, 1857	Al, Ja, Te, Tx	Food	Meat	-----
<i>Kinosternon herrerai</i> Stejneger, 1925	Te, Tx	Food	Meat	-----

<i>Kinosternon leucostomum</i> Dumeril and Bibron, 1851				
<i>Kinosternon scorpiodes</i> Linnaeus, 1766	Ja	Food	Meat	
<i>Staurotypus triporcatus</i> Wiegmann, 1828	Al, Ja, Te	Food Trade Pet Ornament	Meat Meat Live animal Carapace	\$12.5 for a large one
<i>Trachemys venusta</i> Gray, 1855	Al, Ja, Te, Tx	Food Trade Pet Ornament	Meat and eggs and live animal Live animal Carapace	\$ 12.5 for a large one

Figure Captions

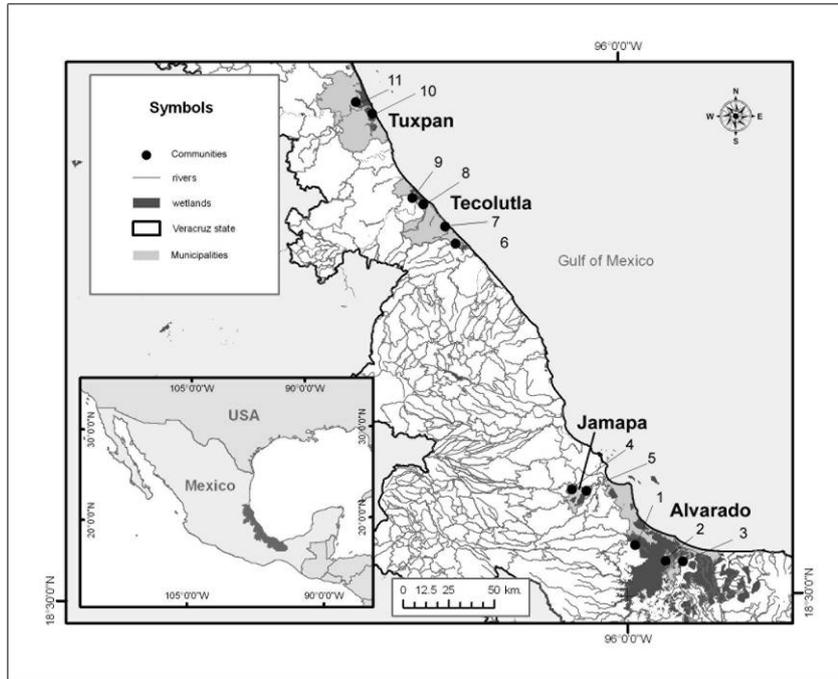
Corresponding Author: Patricia Moreno-Casasola.

Fig. 1. Location of the municipalities (gray) and the communities studied (dots) on the coastal plain of the state of Veracruz, Gulf of Mexico. (1) Costa de San Juan, (2) Nacaste, and (3) Pajarillos in the municipality of Alvarado ($18^{\circ}46'24''$ N- $95^{\circ}45'35''$ W); (4) El Piñonal and (5) La Matamba in Jamapa ($19^{\circ}02'29''$ N- $96^{\circ}14'29''$ W); (6) Casitas (7) Ricardo Flores Magón, (8) Tecolutla and (9) Cruz de los Esteros in Tecolutla ($20^{\circ}28'46''$ N- $97^{\circ}00'36''$ W); (10) La Mata Tampamachoco and (11) Gulf of Barra de Galindo in Tuxpan ($20^{\circ}57'51''$ N- $97^{\circ}24'16''$ W).

Fig. 2. Some common uses given to wildlife in the communities studied. A) Pet (*Amazona autumnalis*), B) Food (*Staurotypus tripurcatus*) C) Food (*Trachemys venusta*), D) Food and ornaments (*Dasypus novemcinctus*).

Figures

1.-



2.-



CAPÍTULO VI

Distribución de reptiles y anfibios de agua dulce en microhábitats de humedales en Veracruz, Golfo de México.

6. Distribución de reptiles y anfibios de agua dulce en microhábitats de humedales en Veracruz, Golfo de México.

Rosa María González-Marín¹, Patricia Moreno-Casasola^{1*}, Erasmo Cazares¹, Alejandro Antonio Castro-Luna² y Gustavo Aguirre¹

¹Instituto de Ecología, A. C. Carretera Antigua a Coatepec No. 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México.

²Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA). Universidad Veracruzana. Av. de las Culturas Veracruzanas 101. Col. Emiliano Zapata, Xalapa 91090, Veracruz, México.

Resumen

En los humedales de Veracruz, las tortugas de agua dulce han sido explotadas intensamente como recurso alimentario, ya que forman parte importante de la dieta de las personas asociadas a un humedal. Sin embargo, no han sido aprovechadas de manera sustentable, ya que además junto con la transformación de su hábitat y la contaminación ambiental, se han producido una reducción drástica de sus poblaciones. En este estudio se generó información sobre la riqueza y distribución de las tortugas en distintos microhábitats de humedales de los municipios de Jamapa y de Tecolutla que podrá servir de base para proponer alternativas de manejo en estos ecosistemas, y permitirá identificar especies con potencial para realizar proyectos productivos sustentables (e.g. cría de tortugas para alimentación u ornato), y así disminuir la explotación de estos reptiles. Utilizando trampas de desvío, se capturaron tortugas y otros reptiles de dos humedales de la planicie costera veracruzana. Siete especies de tortugas dulceacuícolas fueron encontradas, de las cuales seis especies estuvieron en el humedal El Apompal y dos especies en el humedal de Ciénaga del Fuerte. En este último humedal, también fueron capturados individuos de *Crocodylus moreletii* y una especie de anfibio (*Siren intermedia*). Las especies más abundantes fueron *Kinosternon leucostomum*, *Trachemys venusta* y *Kinosternon herrerai*. Se comprobó que *T. venusta* y *K. herrerai* estuvieron principalmente asociados al microhábitat compuesto de pastizales inundables. En el caso de *K. leucostomum* estuvo principalmente asociado al microhábitat dominado por vegetación herbácea. La cría legal de las especies, así como la restauración y conservación de áreas específicas de humedales, podría ser vital para la conservación de la fauna, incluidas las tortugas. Además, ayudaría a reducir así la presión sobre los recursos naturales, dando tiempo para que los humedales se regeneren.

Palabras clave: Conservación, *Crocodylus moreletii*, tortugas de agua dulce, distribución, *Kinosternon herrerai*, *K. leucostomum*, *Siren intermedia*, vegetación, manejo sustentable, *Trachemys venusta*.

Introducción

Los humedales son uno de los ecosistemas más productivos del planeta (Ramsar Convention Secretariat, 2007), desempeñando importantes funciones, tales como el control de inundaciones, retención de sedimentos y nutrientes y estabilización de microclimas (Millenium Ecosystems Assessments, 2005). A pesar de que los hábitats de agua dulce representan menos de 0.01 % del agua de la tierra, los ríos, lagos y humedales del planeta albergan concentraciones excepcionales de la biodiversidad, ya que favorecen la presencia de numerosas especies de plantas, invertebrados, peces, anfibios, reptiles, mamíferos y aves acuáticas, tanto residentes como migratorias. Los ecosistemas de agua dulce, albergan el 12% de todas las especies (Stiassny 1996) incluyendo uno de los grupos de mayor importancia económica, las tortugas dulceacuícolas (Ernst y Barbour 1989; Aguirre y Cázarez 2002).

En los humedales de Veracruz, las tortugas han sido explotadas intensamente como recurso alimentario, ya que forman parte importante de la dieta de las personas asociadas a un humedal (Flores 2009). A pesar de ser un recurso con un alto valor de uso cultural y económico, las tortugas de agua dulce no han sido aprovechadas de manera sustentable, por lo que sus poblaciones han disminuido drásticamente por factores tales como la sobreexplotación, la transformación de su hábitat y la contaminación ambiental (Zenteno y Bouchot 2001).

En el Estado de Veracruz se distribuyen once especies de tortugas de agua dulce, pertenecientes a cinco familias taxonómicas, todas ellas incluidas en alguna categoría de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010). La distribución de estas especies coincide con una de las zonas de humedales más importante de México, con gran variedad de ambientes acuáticos y tipos de vegetación, que propician condiciones físico-bióticas necesarias para la supervivencia de este grupo de reptiles (Flores-Villela y Canseco-Márquez 1992). Por ejemplo, el género *Trachemys* son tortugas que prefieren aguas tranquilas, con abundante vegetación acuática, y sitios bajos, augas fangosas, con troncos para tomar el sol, como son los ríos, lagos y pantanos (Ernest y Barbour 1989; Vogt 1997). Sus preferencias alimenticias cambian con la edad; los juveniles son altamente carnívoros, pero al crecer cambian su diata a omnívora, principalmente vegetales. El cortejo se lleva a cabo por los machos y dentro del agua entre marzo y julio. En el caso de las tortugas del

género *Kinosternon*, habitan en pantanos, ciénegas, lagunas abiertas y pantanos temporales. (Ernest y Barbour 1989; Sout y Limerick 1991). En zanjas a la orilla de los caminos, ríos, cenotes, manglares y manantiales; cualquier cuerpo de agua en tierras bajas tropicales parece ser un sitio adecuado para este género (Vogt 1997). Estas tortugas forragean en el fondo para encontrar su alimento. Sus hábitos alimenticios cambian con la época del año, siendo mayormente carnívoros en el verano y vegetarianos en el otoño. La alimentación se realiza dentro del agua, a partir del material que se encuentra en la orilla. Los huevos son depositados en nidos poco profundos sobre la superficie cubierta con agua o en el suelo en sitios adyacentes a trocos o dentro de madrigueras en donde las hembras estivan (Vogt 1997).

Los humedales son rprimordiales para la vida de las tortugas, sin embargo, en la planicie costera del Golfo de México los humedales están siendo transformados de manera importante. Se han alterado los hidroperiodos al drenarlos o bien se han usado como potreros para ganado, promoviendo la presencia de pastos nativos de humedales o introduciendo especies de pastos exóticos que toleran la inundación y van reemplazando a la vegetación nativa (Orozco-Segovia y Lot-Helgueras, 1976; Travieso-Bello *et al.*, 2005; López Rosas, 2007). Estas actividades alteran el funcionamiento de los humedales, ya que además de alterar la composición de la vegetación, el suelo pierde su capacidad de filtración y retención de agua (Travieso-Bello *et al.*, 2005; López Rosas, 2007), que son necesarias para la vida de la fauna silvestre.

Por lo anterior, es urgente conservar los humedales, promover la importancia económica de las tortugas, proponer medidas para conservarlas y usarlas de manera sostenible, así como para repoblar sitios en donde fueron abundantes hasta hace pocos años.

Existen varios estudios sobre tortugas de agua dulce en Veracruz, principalmente sobre sus áreas de endemismo (Ippi y Flores 2001), sobre aspectos ecológicos y hábitos alimenticios especie-específicos (Aguirre y Aquino 2004; Cázares 2006), así como sobre el manejo de especies (Zenteno y Bouchot 2001; Espejel 2004; Flores 2009; Guerra *et al.* 2010). Todos estos estudios se han realizado principalmente en la región sur y centro de Veracruz. No existen estudios al norte del Estado, y por ello parte de este estudio está enfocado a esa región, donde también se asientan comunidades rurales que mantienen un uso tradicional de los recursos del humedal (González-Marín *et al.* 2012).

La zona de estudio comprende áreas importantes de humedales en Veracruz (González-Marín *et al.* 2012) y las especies encontradas en este estudio representan los primero reportes de distribución en estos humedales. En este estudio se generó información sobre la distribución de las tortugas en distintos microhábitats de humedales, que podrá servir

de base para proponer alternativas de manejo en estos ecosistemas, y permitirá identificar especies con potencial para realizar proyectos productivos sustentables (e.g. cría de tortugas para alimentación u ornato), y así disminuir la explotación de estos reptiles. Los objetivos de este estudio fueron conocer la riqueza y distribución de las especies de tortugas dulceacuícolas en dos humedales de Veracruz, así como evaluar la asociación de las tortugas a microhábitats presentes en humedales. Las hipótesis fueron que, debido a que las especies de tortugas presentan diferencias en su morfología y ecología, estarán asociadas a distintos microhábitats del humedal. Y, en diferentes etapas de su vida, las tortugas cambian sus requerimientos alimenticios y refugio, por lo que estarán asociados a distintos microhábitats en función de su edad.

Área de estudio

Este estudio fue realizado en dos complejos de humedales de agua dulce de la planicie costera veracruzana: A) Ciénaga del Fuerte, es un humedal con un área de 1,189 ha y corresponde al municipio de Tecolutla. Está formado por manglares, selvas inundables, pantanos y pastizales inundables procedentes de humedales utilizados para la cría de ganado ($96^{\circ} 54' 56''$ W, $20^{\circ} 18' 34''$ N), y B) Laguna El Apompal (57 ha), en el municipio de Jamapa, el cual está dominado por selvas inundables, pantanos y pastizales inundados cerca de un arroyo llamado Caño León ($96^{\circ}17' 03''$ W, $19^{\circ} 01' 23''$ N) (Figura 1). La Tabla 1 describe las principales características florísticas y ambientales de los sitios de muestreo.

Ciénaga es un humedal compuesto principalmente por pastizales inundables y selvas inundables dominadas por *Pachira aquatica* Aubl., 1775; popales y carrizales de *Cyperus giganteus* Vahl y vegetación flotante. Ciénaga permanece con agua todo el año, a excepción de los pastizales inundables (estacionales). La laguna El Apompal, está dominada por árboles de *Pachira aquatica* y zonas con popales. Esta laguna permanece con agua todo el año, pero el espejo de agua está cubierto por plantas flotantes y materia orgánica (localmente conocido como “tembladeras”). También se muestreó el arroyo Caño León, tributario a la Laguna Apompal y parte de este complejo de humedales. Este arroyo mantiene sectores siempre inundados y otros son estacionales. La descripción de la vegetación de estos sitios pueden consultarse en Moreno-Casasola *et al.* (2010) e Infante *et al.* (2011).

Metodología

Captura de tortugas

En cada humedal se llevaron a cabo cuatro sesiones de captura y recaptura en la temporada de lluvias, el periodo de mayor actividad de las tortugas durante el año. En Ciénaga los muestreos se realizaron durante el año 2009 donde fueron seleccionados tres sitios de muestreo; en la laguna El Apompal se realizaron durante el 2010, muestreando también tres sitios. La colecta se efectuó con trampas y de manera directa (a mano). Se utilizaron trampas de desvío de 10 m de largo y diámetro del aro de 0.5 m de ancho, las cuales fueron colocadas en zonas inundadas de poca profundidad (0.5-1.5 m), cerca de la vegetación herbácea o raíces de los árboles, dejando aproximadamente 10 cm sobresalir de la superficie para permitir que los ejemplares capturados pudieran respirar (Vogt 1980, Aguirre y Cázares 2009). Las trampas se colocaron con espacios de un metro aproximadamente entre sí, con el fin de hacer una barrera y cubrir la mayor extensión posible del cuerpo de agua a muestrear. Cada muestreo tuvo una duración de tres a cuatro noches. El número de trampas utilizadas fue de 8 a 13, dependiendo del área a muestrear y la logística del muestreo. Las trampas fueron revisadas diariamente entre las 10 y las 11:30 a.m.

Las capturas directas se efectuaron durante los recorridos a lo largo de los cuerpos de agua. Las tortugas fueron capturadas mientras se desplazaban en el agua, caminando, inmóviles o en el fondo del agua.

Con la finalidad de identificar recapturas, cada individuo capturado fue marcado, siguiendo el código propuesto por Plummer (1979). Los individuos marcados fueron reintegrados a la población en un tiempo no mayor a cinco días.

Morfometría

Se tomaron los siguientes datos de cada tortuga capturada y recapturada: fecha de captura/recaptura, lugar, número de ejemplar, sexo, edad (por conteo de anillos anuales: Sexton 1959), largo del cuerpo y peso. Los individuos se diferenciaron en machos y hembras por identificación de caracteres sexuales secundarios (e.g. tamaño de la cola, tamaño de la cabeza y concavidad del plastron). Los individuos sin desarrollo conspicuo de caracteres sexuales secundarios fueron considerados como inmaduros o juveniles. Todos los individuos fueron medidos con vernier. Los individuos pequeños fueron pesados con una balanza de 2.5 kg y los grandes con una pesola de 5 kg.

Análisis de datos

La asociación entre la abundancia de especies de tortugas y las características de cada sitio muestreado (microhábitat), fue analizada con un análisis de componentes principales (ACP) para datos estandarizados, utilizando el software PC-ORD 5.0 (McCune and Mefford 1999). Para ello se elaboraron dos matrices de datos, una matriz primaria con la abundancia de tortugas por microhábitat; y una matriz secundaria donde se incluyeron variables ambientales representativas de cada microhábitat (ver Tabla 1). Para las especies de tortugas más abundantes, se analizaron diferencias entre microhábitats por clases de edad, utilizando una prueba no paramétrica de bondad de ajuste (G-test). Esto también se realizó para identificar las especies más abundantes en cada muestreo.

Resultados

1.- Riqueza de especies y abundancia

Se capturó un total de siete especies de tortugas dulceacuícolas, de las cuales seis especies estuvieron en el humedal El Apompal y solo dos en el humedal de Ciénaga. En este último humedal también fueron capturados individuos de *Crocodylus moreletii* y una especie de anfibio (*Siren intermedia*), los cuales están en categoría de protección especial (*C. moreletii*) y especie amenazada (*S. intermedia*) en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010; Figura 2). Las especies, abundancia, sexo y clases de edades se presentan en la Tabla 2.

Las especies de tortugas más abundantes fueron *K. leucostomum* (40 individuos), capturadas en El Apompal; *Trachemys venusta* (32), la cual fue más abundante en Ciénaga (25) y menos abundante en El Apompal (7); y *Kinosternon herrerai* (22), capturada solamente en Ciénaga.

2.- Estructura poblacional de las especies más abundantes

Para *K. leucostomum* y *K. herrerai* la proporción de sexos fue cercana al 1:1. Sin embargo *T. venusta*, presentó una mayor proporción de hembras en Ciénaga (2:1) y de machos en El Apompal (2:1). La estructura de edades fue dominada por adultos en las tres especies más abundantes (ver Tabla 2).

3.- Asociación de tortugas respecto a las características de los sitios

Trachemys venusta y *K. herrerai* estuvieron principalmente asociados al sitio 3, compuesto de pastizales inundables. En el caso de *K. leucostomum* estuvo principalmente asociado al sitio 4,

dominado por vegetación herbácea. Especies como *K. acutum*, *S. triporcatus* y *C. angustatus* estuvieron presentes en los sitios 4 y 6 dominados por vegetación herbácea y arbórea respectivamente; *K. scorpioides* estuvo en los sitios 5 y 6 dominados por vegetación arbórea, pero el bajo número de capturas de estas especies no permitió detectar patrón alguno (Figura 3). En el caso de *C. moreletii*, todos fueron capturados en el sitio 3 (pastizal inundable) y *S. intermedia* fue capturada en los sitios 1, 2 y 3, aunque los datos no fueron analizados.

El análisis de componentes principales explicó el 97.4 % de la variación en la abundancia de tortugas dulceacuícolas entre sitios. El primer componente explicó el 78.5% de la variación, donde el lado positivo estuvo marcado por variables como la profundidad del agua y la cobertura arbórea. El extremo negativo estuvo influido por la presencia de especies herbáceas de humedal como *Heliconia latispatha* Benth. y *Pontederia sagittata* C. Presl, 1827. y la palma de humedal *Roystonea dunlapiana* Allen. El segundo componente (18.9% de la variación) separó hacia el lado positivo aquellos sitios dominados por *Pachira aquatica* y *Thalia geniculata* L. Popal. Hacia el lado negativo estuvieron los sitios dominados por *Mimosa pigra* L., 1755, varias especies de gramíneas (Poaceae) propias del humedal y *Lippia nodiflora* (L.) Greene (Figura 3).

4.- Abundancia de tortugas por clase de edad, temporalidad y microhábitat

Las diferentes clases de edades de las especies más abundantes de tortugas tuvieron diferentes preferencias de microhábitat. Los individuos jóvenes de *T. venusta* fueron más abundantes en el sitio 1 correspondiente a Ciénaga y al sitio 6 de Apompal, que son de estructura mayormente arbórea ($G=10.25$, g.l.=5, $p=0.0013$), a diferencia de los subadultos y adultos que fueron más abundantes en el sitio 3 de Ciénaga, que es un pastizal inundable ($G=8.41$, g.l.=5, $p=0.0037$, $G=20.63$, g.l.=5, $p<0.0001$, respectivamente). En el caso de *K. leucostomum*, tanto los individuos jóvenes ($G=12.65$, g.l.=5, $p=0.0003$) como los adultos ($G=77.71$, g.l.=5, $p<0.001$) estuvieron presentes en el sitio 4, que corresponde al Apompal, dominado principalmente por herbáceas, aunque fueron más abundantes los adultos. En el caso de *K. herrerae* los adultos fueron más abundantes en el sitio 3 en Ciénaga ($G=24.08$, g.l.=5, $p<0.001$), correspondiente al pastizal inundable. Otras especies de tortugas registradas en este estudio (*K. scorpioides cruentatum*, *K. acutum*, *S. triporcatus* y *C. angustatus*) no fueron analizadas debido al bajo número de capturas.

El microhábitat compuesto por pastizales inundables de Ciénaga tuvo los individuos de mayor tamaño y peso de *T. venusta* y *K. herrerae*. Los más pequeños de la especie *T.*

venusta estuvieron presentes en sitios dominados por árboles de Ciénaga y Apompal. Uno de los microhábitats (sitio 4) compuesto con herbáceas en Apompal fue donde se encontró el mayor número de individuos de *K. leucostomum*, sobre todo de tallas grandes. En la figura 4 se presentan las clases de edades de las especies más abundantes y en la tabla 3 el tamaño y peso promedio de cada especie.

Las tortugas presentaron asociación a microhábitats distintos durante la temporada de lluvias (Tabla 4). En el caso de *T. venusta* se encontró que al inicio de la temporada de lluvias estuvo asociada a selva inundable y pastizal inundable. Por su parte, *K. herrerae* estuvo asociada a popales al inicio de la temporada de lluvias, pero durante el pico máximo de precipitaciones estuvo asociada al pastizal inundable. *Kinosternon leucostomum* estuvo asociada solamente a popales.

Discusión

Este es el primer estudio de este tipo que se realiza en la región. Este trabajo permitió conocer las especies de tortugas dulceacuícolas (y registrar la presencia de cocodrilos y Sirenidae) en dos humedales de la planicie costera veracruzana y conocer los tipos de microhábitats de mayor preferencia por edad y temporalidad. Esta distribución permitió conocer si tanto los humedales conservados (arbóreos y herbáceos) como los transformados en cierto grado, son hábitats adecuados para las tortugas de agua dulce y si son capaces de mantener estructuras de población viables. Por ello que representa un valioso aporte al conocimiento de este grupo en el Golfo de México.

1.- Riqueza de especies y abundancia

La mayor riqueza de especies de tortugas dulceacuícolas ocurrió en El Apompal, debido probablemente a que este humedal es latitudinalmente más austral que Ciénaga, por lo tanto más diverso, ya que a esa latitud es mayor el rango de distribución de varias especies de tortugas (Ippi y Flores 2001). Esto contrasta con Ciénaga, localizado al norte, donde solamente se registraron dos especies. Sin embargo, las dos especies presentes en Ciénaga fueron las más abundantes en este estudio (*T. venusta* y *K. herrerae*), mientras que en Apompal solo una especie de tortuga fue abundante (*K. leucostomum*). Las especies más abundantes coincidieron con los registros de tortugas dulceacuícolas que mayormente se han encontrado en otros estudios en humedales del Golfo de México (Zenteno y Bouchot 2001; Cázares 2006; Flores 2009).

Ippi y Flores (2001) mencionan que el sureste de México (incluida la región sur de Veracruz, donde se ubica el humedal El Apompal), es una de las principales áreas de endemismo de tortugas dulceacuícolas del Golfo de México, entre ellas *Chelydra serpentina* (Linnaeus, 1758), *Dermatemys mawii* Gray, 1847, *Rhinoclemmys areolata* (Duméril y Bibron, 1851), *Kinosternon acutum*, *Kinosternon creaseri* Hartweg, 1934, *Claudius angustatus* y *Staurotypus triporcatus*. Sin embargo, en este estudio solo se registró *K. acutum*, *C. angustatus* y *S. triporcatus*, probablemente por sesgos en el método de muestreo, que favorecen la captura de las especies esencialmente acuáticas, así como por el hábitat, ya que se conoce que *D. mawii* y *R. areolata* habitan ambientes distintos de los estudiados (Ureña 2007, Vogt *et al.* 2009). Por su parte, *Chelydra* es un género raramente capturado. Johnston *et al.* (2012) mencionan haber capturado solo un individuo de *C. serpentina* y numerosos ejemplares de otras especies de tortuga. La rareza de *Chelydra* puede deberse a que son tortugas de gran tamaño que suelen mantener interacciones agonísticas hacia sus congéneres, por lo que requieren de grandes áreas.

Respecto a los individuos de *C. moreletii* y *S. intermedia* es conocido que los humedales son sus ambientes, ya que los utilizan para su alimentación y reproducción (Frese *et al.* 2003; Platt y Thorbjarnarson 2000). En el caso de *S. intermedia*, este trabajo presenta los registros más sureños de su distribución, ya que previamente se habían registrado en Tamaulipas (norte de México) y parte de Estados Unidos (Parra-Olea *et al.* 2004).

2.- Estructura poblacional de las especies más abundantes

En las poblaciones estudiadas de *T. venusta* y *K. herrerae* en Ciénaga, los individuos jóvenes fueron menos abundantes en comparación con los individuos subadultos y adultos. Resultados similares se presentaron con *K. leucostomum* en Apompal. Este resultado sugiere estabilidad en las poblaciones de estas especies, ya que hay individuos que alcanzarán o han alcanzado la madurez sexual, que garantizan la repoblación con juveniles (Berry 1976). Se ha determinado que en poblaciones estables de quelonios la composición por clases de tamaño aumenta progresivamente desde neonatos hasta adultos. Esta estabilidad es característica de especies relativamente longevas, con producción de pocos descendientes y una edad relativamente grande para alcanzar la madurez sexual (Berry 1976). Cualquier desviación de esta distribución por clases de tamaño puede indicar el efecto de uno o varios de los siguientes factores: depredación natural selectiva de algunas clases de edad, depredación debida al hombre, enfermedades, destrucción y/o degradación del hábitat (Berry, 1976; Auffenberg y Iverson, 1979; Bujes *et al.* 2011).

La población de *T. venusta* del arroyo del Apompal, dominada por individuos jóvenes sugiere que ha sido afectada por alguno de los factores antes citados. En este sentido, se observó la captura de tortugas en la zona para usarlas como alimento o para comerciar, además de que el hábitat ha sido severamente degradado (González-Marín, observación personal). La distribución por clases de edad de una población también puede estar influenciada por factores inherentes (e.g. natalidad, mortalidad, supervivencia) o externos (sobreexplotación y degradación del hábitat). Así también puede haber ocurrido un sesgo debido al método de captura, ya que generalmente los individuos más pequeños y jóvenes son raramente capturados en trampas de barrera (Cázares 2006). Sin embargo, sería necesario reunir información demográfica durante más tiempo para poder elaborar interpretaciones alternativas.

La proporción de sexos en poblaciones de tortugas dulceacuícolas varía estacionalmente o entre años (Morreale *et al.* 1984; Dodd *et al.*, 1988; Mitchell 1988), debido a la influencia de factores como emigración e inmigración (Auffenberg y Iverson 1979), diferencias de comportamiento entre sexos, así como la edad o talla en que se alcanza la madurez sexual (Gibbons y Lovich 1990). El grado de perturbación también influye en la proporción de sexos (Dodd *et al.* 1988), lo que pudo haber ocurrido en el arroyo del Apompal, donde la proporción de machos de *T. venusta* fue mayor que la de hembras. Interesantemente, los pastizales inundables tuvieron mayor proporción de hembras con respecto a los machos para *T. venusta* y similar para *K. herrerae*. Posiblemente las tortugas durante las lluvias aprovechan este ambiente inundado temporalmente para alimentarse y reproducirse.

3.- Abundancia de especies de tortugas según las características del microhábitat

Los pastizales inundables, característicos de humedales para cría de ganado (Moreno-Casasola *et al.* 2011), tuvieron mayor abundancia de *T. venusta* y *K. herrerae*. Este microhábitat tiene gran importancia para las poblaciones de estas tortugas, ya que aunque fueron modificados a pastizales continúan siendo humedales, y estacionalmente son utilizados por las tortugas. Se forma un ambiente con características típicas de su hábitat: poca corriente, aguas pantanosas, relativamente someros y con abundante vegetación (Ernst y Barbour 1989; Vogt 1997). Además, la presencia de moluscos (*Pomacea flagellata* Say, 1827 y de un crustáceo del género *Procambarus*), también podrían estar favoreciendo la ocurrencia de estas especies ya que tanto *Trachemys* como *K. herrerae* incluye en su dieta crustáceos y moluscos (Ernst y Barbour 1989; Aguirre y Aquino 2004; Cázares 2006). Es posible que tanto *T. venusta* como *K. herrerae* utilicen diferentes microhábitats en el transcurso del año. Por

ejemplo, los machos del género *Trachemys* se desplazan para aumentar sus posibilidades de apareamiento (Lovich y Gibbons 1990). Las inundaciones forman nuevos nichos que algunas especies explotan durante la temporada de lluvias, provocando cambios en la composición de los ensamblajes de tortugas, debido a las migraciones en busca de alimento, protección, sitios para desove o para el apareamiento (Winemiller y Jepsen 1998). Los cuerpos de agua estacionales generalmente son más productivos que los permanentes, y más ricos en fauna de invertebrados (Lowe-McConnell, 1977), por lo cual los kinosternidos tienen una dieta considerablemente más carnívora en cuerpos de agua estacionales (Vogt y Guzmán-Guzmán, 1988). Cambios estacionales en el uso del microhabitat también ocurren en otros grupos taxonómicos como los anfibios, que usan los cuerpos de agua de baja profundidad que se forman durante la temporada de lluvias para la reproducción (Feder y Burggren 1992), esto se aplica también para *S. intermedia* que estuvo presente en el sitio 3.

Para *K. leucostomum*, no es raro que la mayoría de las capturas ocurrieran en sitios dominados por vegetación herbácea o popales y con profundidades bajas y mucha hojarasca, ya que diversos estudios han demostrado que esta especie habita ambientes con estas características (Ernst y Barbour 1989; Scout y Limerick 1991, Ryan *et al.* 2008). Esta especie de tortuga forrajea en el fondo para encontrar su alimento (Vogt y Guzmán-Guzmán 1988), por lo que los lugares con mucha vegetación herbácea y baja profundidad, con suelos blandos y/o arenosos son los preferidos por especies de este género (Tuma 2006), ya que la alimentación se realiza dentro del agua, a partir del material que se encuentra en la orilla (Vogt 1997), características que presenta el sitio donde fueron encontradas.

4.- Clase de edades de las tortugas, abundancia durante la temporada de lluvias y asociación al microhábitat.

Los individuos jóvenes de *T. venusta* estuvieron mayormente asociados a microhábitats con estructura principalmente arbórea a diferencia de los subadultos y adultos que tuvieron mayor asociación a pastizales inundables. Una explicación a estos resultados, es que en los sitios arbolados las raíces forman microhábitats donde se refugian peces, crustáceos y caracoles que sirven de alimento a las tortugas juveniles. Las raíces sumergidas también sirven para la protección de las tortugas ya que son utilizadas como corredores durante sus desplazamientos (Harrel *et al.* 1996; Beaudry *et al.* 2009). En contraste, los adultos son más activos y buscan nuevos nichos para alimentarse y aparearse. Además, los juveniles de *T. venusta* son altamente carnívoros, pero al crecer van cambiando su dieta hasta volverse omnívoros y oportunistas, comiendo principalmente vegetales (Lovich y Gibbons 1990). Así, cuando

aparecen nuevos nichos (e.g. pastizal inundado estacionalmente) se desplazan ahí para alimentarse y/o reproducirse.

En este estudio comprobamos que *K. leucostomum* estuvo asociada solamente a un microhábitat (popales) a lo largo de la temporada de lluvias, mientras que *T. venusta* y *K. herrerae* cambiaron su asociación al microhábitat. En este sentido, se ha reportado que las tortugas usan de manera distintos hábitat en una misma estación (Bodie y Semlitsch 2000). Al inicio de la temporada de lluvias las especies están restringidas a los cuerpos de agua permanentes (en este caso los popales o selvas inundables), pero durante la temporada lluvias y con las fluctuaciones en el nivel del agua, se crean nuevos microhábitats que las tortugas pueden aprovechar, llegando a ser más abundantes en esas zonas, que incluso pueden ser ambientes creados o modificados por actividades humanas como los pastizales (Bodie y Semlitsch 2000; Ryan *et al.* 2008). Debido a lo anterior, las inundaciones son un factor importante en la dinámica ecológica de las especies e interacciones en comunidades de tortugas (Winemiller y Jepsen 1998).

5. Estrategias de manejo para la conservación de tortugas y humedales en la planicie costera del Golfo de México.

Las tortugas de agua dulce son (después de las tortugas marinas) el grupo de reptiles más intensamente explotado para consumo humano y el que posee proporcionalmente más especies en alguna categoría de riesgo (Klemens y Thorbjarnarson 1995). Esta sobreexplotación es el resultado de la importancia que tienen para la población humana, puesto que cubren una extensa gama de recursos y productos comestibles lucrativos para el sector comercial y posiblemente su captura es fácil e implica poco riesgo.

En los dos humedales estudiados, y en gran parte de los humedales del Golfo de México, la carne y huevos de *T. venusta* son productos sobreexplotados (Flores 2009; López 2009). Por su parte, *K. leucostomum*, *S. triporcatus* y *C. angustatus* también son utilizadas, aunque en menor grado. La única especie que no es atractiva para consumo humano es *K. herrerae* debido a que tiene olor desagradable (González-Marín, observación personal). Varias especies de tortugas también son utilizadas como mascotas (González-Marín *et al.*, en revisión). Por ser organismos capaces de sobrevivir largos periodos sin alimento e incluso sin agua, son altamente apreciados en las zonas rurales, donde su explotación se realiza en temporadas cuando están más activas (lluvias y reproductiva) y mantenidas vivas por largos periodos hasta su consumo (Thorbjarnarson *et al.* 2000; Flores 2009). Sin embargo, la

disminución de las poblaciones de tortugas por sobreexplotación es potenciada por la pérdida y disminución de los humedales (Moreno-Casasola *et al.* 2009).

Algunas de las actividades humanas en los humedales, como la cría de ganado, la sobreexplotación de fauna silvestre, la pesca excesiva y recientemente la urbanización, alteran su dinámica y ponen en peligro los recursos naturales (Moreno-Casasola *et al.* 2009), afectando no solamente la disponibilidad de hábitat y alimento para las tortugas dulceacuícolas, sino también la estructura de sus poblaciones y diversidad de especies; esto también implica pérdida de ejemplares potenciales de alimento para las personas (Gonzalez-Marín, observación personal).

El diseño e implementación de planes, programas y directrices para la gestión sostenible de los recursos de los humedales es una prioridad. La conservación de las especies y su hábitat depende de la coordinación de varios actores: habitantes de las comunidades, gobierno, ONGs, instituciones de investigación, lo que implica diversas actividades y estrategias (Junk 2002). En el caso de las tortugas dulceacuícolas es necesario desarrollar planes de manejo que incorporen los conocimientos actuales sobre las principales especies, sobre todo las que tienen mayor importancia económica (e.g. *T. venusta*, *S. triporcatus*, *C. angustatus*, *K. leucostomum*) y aquellas que son sumamente raras (e. g. *C. serpentina*). Asimismo, es importante incluir otras especies que se encuentran en la zona de Ciénaga (*C. moreletii* y *S. intermedia*) y valorar el potencial de manejo y aprovechamiento que pueden tener. En todo este proceso de gestión, evaluación y toma de decisiones, las comunidades deben participar, ya que el éxito o el fracaso de los planes de gestión, dependerá en gran medida del compromiso de las personas así como de la percepción, actitudes y prejuicios que tengan sobre el medio ambiente (Moreno-Casasola 2008).

La cría legal de las especies silvestres, así como la restauración y conservación de áreas específicas de humedales, podría ser vital para la conservación de la fauna, incluidas las tortugas. Además, ayudaría a reducir así la presión sobre los recursos naturales, dando tiempo para que los humedales se regeneren. El establecimiento de unidades de producción de animales silvestres conocidas como UMA (Unidades de Manejo y Aprovechamiento Sustentable, Unidad de Manejo y Aprovechamiento, una figura legal en México) podría ser una opción para estas especies, como ya se está haciendo en otras regiones con *C. angustatus* y *T. venusta* (Aguirre *et al.* 2002; Zenteno y Bouchot 2001). Por lo tanto, si se unen los conocimientos y las prácticas de los actores involucrados, junto con el apoyo técnico de las instituciones gubernamentales y la sociedad civil, podría asegurarse el éxito de los programas de conservación y manejo de recursos, y con ello la conservación de los humedales.

Conclusiones

- El humedal Apompal tiene mayor riqueza en especies de tortugas dulceacuícolas (seis especies) que el humedal Ciénaga, donde solo se registraron dos especies. Sin embargo hubo mayor abundancia de individuos en Ciénaga, así como también captura de *C. moreletii* y *S. intermedia*, especies con valor económico y de conservación.
- Las especies de tortugas registradas en este estudio fueron *K. acutum*, *S. triporcatus*, *C. angustatus* *K. scorpioides* y las más abundantes fueron *K. leucostomum*, *T. venusta* y *K. herrerae*.
- Las tortugas están asociadas a diferentes microhábitats en los humedales. Esta asociación en algunas especies estuvo relacionada con la edad de los individuos. Por lo que la segunda hipótesis se probó parcialmente.
- *Trachemys venusta* y *K. herrerae* (sobre todo los adultos) estuvieron asociadas principalmente al pastizal inundable, un microhábitat que probablemente les está proporcionando temporalmente alimento y sitios para reproducción.
- Tanto juveniles como adultos de *K. leucostomum*, prefirieron sitios dominados por herbáceas y esto posiblemente se deba a que este microhábitat tiene las características que les proporciona el refugio y alimento necesario.
- Las variables que explicaron mejor la asociación entre las especies de tortuga y el microhábitat fueron la profundidad del agua y la cobertura arbórea y herbácea.
- A lo largo de la temporada de lluvias, las tortugas presentaron asociación a diferentes microhábitat, ya que estos organismos son muy dinámicos y estarán presentes en cuerpos de agua permanentes y temporales.
- Es necesario desarrollar planes de gestión que involucren a las personas que viven en los humedales, al igual que planes que incorporen información básica sobre las tortugas dulceacuícolas (así como otras especies asociadas), principalmente aquellas que tienen mayor importancia económica y potencial de manejo y aprovechamiento.

Agradecimientos

A los pobladores de Jamapa y Tecolutla por su amabilidad y colaboración durante la realización de este estudio. A Bartolo Tronco por su apoyo en la captura de tortugas. Este trabajo fue posible gracias a una beca doctoral (Num. Registro 46372) del CONACyT otorgada a la primera autora. El soporte económico y logístico fue brindado por el

International Tropical Timber Organization PD 349/05 Rev.2 (F) y PD RED-PD 045/11 Rev.2 (M), y el Instituto de Ecología A.C. (902-17).

Referencias

- Aguirre, L.G. y O. Aquino. 2004. Hábitos alimentarios de *Kinosternon herrerae* Stejneger 1925 (Testudines: Kinosternidae) en el centro de Veracruz, México. Acta Zoologica Mexicana. (nueva serie) año/vol. 20, número 003. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México, pp. 83-98.
- Aguirre, G. y E. Cázares. 2002. Tortugas dulceacuícolas del estado de Veracruz. Un recurso para conservar y aprovechar. Instituto de Ecología A. C. Veracruz, México. 14 pp.
- Aguirre, G. y E. Cázares. 2009. Técnicas de campo para el inventario y monitoreo de anfibios y reptiles. Pp. 269-300. En: Moreno-Casasola, P y Warner, B. (Eds). Brevario para describir, observar y manejar humedales. Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Veracruz, México.
- Aguirre, G. y E. Cázares y B. Sánchez. 2002. Conservación y aprovechamiento del chopontil (*Claudius angustatus*). Instituto de Ecología, Xalapa, Ver. México, 29 p.
- Auffenberg, W. y J. B. Iverson. 1979. Demography of terrestrial turtles. Pp. 541-569. En: Harless, M. y Morlock, H. (Eds.). Turtles. Perspectives and Research. Wiley Interscience, New York.
- Berry, K. H. 1976. A comparison of size classes and sex ratios in four populations of the Desert Tortoise. Proc. 1976 Desert Tortoise Council, 38-50.
- Beaudry, F., P. G. Demaynadier y M. L. Hunter Jr. 2009. Seasonally Dynamic Habitat Use by Spotted (*Clemmys guttata*) and Blanding's Turtles (*Emydoidea blandingii*) in Maine. Journal of Herpetology, 43(4): 636-645.
- Bodie, J. R. y R. D. Semlitsch. 2000. Spatial and temporal use of floodplain habitats by lentic and lotic species of aquatic turtles. Oecologia, 122:138-146
- Bujes, C. S., F. B. Molina y L. Verrastro. 2011. Population Characteristics of *Trachemys dorbigni* (Testudines, Emydidae) from Delta Do Jacuí State Park, Rio Grande Do Sul, Southern Brazil South American. Journal of Herpetology, 6(1): 27-34 [online] URL: <http://www.bioone.org/doi/full/10.2994/057.006.0104>
- Cázares, E. 2006. Aspectos ecológicos de la tortuga *Kinosternon herrerae*, Stejneger, 1925 (Reptilia: Testudines: Kinosternidae) en el arroyo “La Bomba”, Municipio de Xalapa, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. 61 pp.

- Costanza, R., M. Kemp y W. Boynton. 1993. Predictability, scale, and biodiversity in coastal and estuarine ecosystems: Implications for management. *Ambio. Biodiversity: Ecology, Economics, Policy*, 22(2/3): 88-96.
- Dood, C. K. Jr., K. M. Enge y J. N. Stuart. 1988. Aspects of the biology of the flattened musk turtle, *Sternotherus depressus* in northern Alabama. *Bull. Florida State Museum Biol. Sci*, 34: 1-64.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo (segunda parte). 77 pp.
- Ernst, C. y R. Barbour. 1989. *Turtles of the World*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., y Londres. 313 pp.
- Espejel, V. 2004. Aspectos biológicos del manejo del chopontil, *Claudius angustatus* (Testudines: Staurotypidae). Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. 62 pp.
- Feder M.E. y W.W. Burggren. 1992. *Environmental physiology of the amphibians*. The University of Chicago Press, Chicago. 646pp
- Flores, L. 2009. Valoración y uso de tortugas dulceacuícolas en la cuenca baja del Papaloapan, Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. 115 p.
- Flores-Villela, O. y L. Canseco-Marquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoologica Mexicana (nueva serie)*, Vol. 20(2):115-144.
- Frese, P. W., A. Mathis, R. Wilkinson. 2003. Population characteristics, growth, and spatial activity of *Siren intermedia* in an intensively managed wetland. *The Southwestern Naturalist* 48(4): 534-542.
- Gibbons, W. J. y J. E. Lovich. 1990. Sexual dimorphism in turtles with emphasis on the slider turtle (*Trachemys scripta*). *Herpetol. Monogr.*, 4: 1-29.
- Guerra, M., S. Calmé, S. Gallina y E. Naranjo. 2010. Uso y manejo de fauna silvestre en el norte de Mesoamérica. Secretaria de Educación de Veracruz. Xalapa, Veracruz, México. 459 pp.
- González-Marín, R.M., P. Moreno-Casasola, R. Orellana y A. Castillo. 2012. Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico. *Environment, Development and Sustainability*, 14: 541-555.

- González-Marín, R. M., P. Moreno-Casasola, A. A. Castro-Luna y A. Castillo. Recovering the use of wildlife in wetlands: food security in the face of global climate change. En revisión.
- Harrel, J. B., C. M. Allen y S. J. Hebert. 1996. Movements and habitat use of subadult alligator snapping turtles (*Macrolemys temminckii*) in Louisiana. *American Midland Naturalist*, 135:60-67.
- Horne, B. 2007. The ecology of developmental timing in a neotropical turtle, *Kinosternon leucostomum*. Tesis de doctorado. Colegio de arte y ciencias de la Universidad de Ohio. 136 pp.
- Infante, D., P. Moreno-Casasola, C. Madero-Vega, G. Castillo-Campos y B.G. Warner. 2011. Floristic composition and soil characteristics of tropical freshwater forested wetlands of Veracruz on the coastal plain of the Gulf of Mexico. *Forest Ecol Manage*, 262:1514-1531.
- Ippi, S y V. Flores 2001. Las tortugas neotropicales y sus áreas de endemismo. *Acta Zoológica Mexicana. (nueva serie)*, 84. 49-63 pp.
- Johnston, G. R., E. Suarez, J. C. Mitchell, G. A. Shemitz, P. L. Butt y M. Kaunert. 2012. Population ecology of the snapping turtle (*Chelydra serpentina osceola*) in a northern Florida river. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History*, 51(4):243–256.
- Junk, W.J. 2002. Long-term environmental trends and the future of tropical wetlands. *Environmental Conservation*, 29(4): 414-435.
- Klemens, M.W. y J.B. Thorbjarnarson. 1995. Reptiles as food source. *Biodiversity and Conservation*, 4:281-298.
- López, M. 2009. Uso de las Tortugas de agua dulce en Tlacotalpan, Veracruz y propuesta para su conservación. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. 55 p.
- López-Rosas H. 2007. Respuesta de un humedal transformado por la invasión de la gramínea exótica *Echinochloa pyramidalis* Hitchc. & A. Chase a los disturbios inducidos (cambios en el hidropériodo, apertura de espacios y modificación de la intensidad lumínica). Tesis doctoral. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, México. 134 pp.
- López-Rosas, H., F. López-Barrera, P. Moreno-Casasola, G. Aguirre-León, E. Cázares-Hernández y L. Sánchez-Higueredo. 2010. Indicators of Recovery in a Tropical Freshwater Marsh Invaded by an African Grass. *Ecological Restoration*, 28: 324-332.
- Lovich, J. E. y J. W. Gibbons. 1990. Age at maturity influences adult sex ratio in the turtle *Malaclemys terrapin*. *Oikos*, 59: 126-134.

- Lowe-McConnell, R. H. 1977. Ecology of fishes in tropical waters. Edward Arnould, London. 64 pp.
- McCune, B. y M. J. Mefford. 1999. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 5.0 MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. Ecosystems and human wellbeing: wetlands and water synthesis. Washington, DC: World Resources Institute.
- Mitchell, J. C. 1988. Population ecology and life histories of the freshwater turtles *Chrysemys picta* and *Sternotherus odoratus* in an urban lake. Herpetol. Monogr., 2: 40-61.
- Moreno-Casasola, P. 2008. Los humedales en México: tendencias y oportunidades. Cuadernos de Biodiversidad, 28: 10-18.
- Moreno-Casasola P., H. López-Rosas, D. Infante-Mata, L. A. Peralta. A. C. Travieso-Bello y B. G. Warner. 2009. Environmental and anthropogenic factors associated with coastal wetland differentiation in La Mancha, Veracruz, Mexico. Plant Ecology, 200: 37-52.
- Moreno-Casasola, P., E. Cejudo-Espinosa, A. Capistrán Barradas, D. Infante-Mata, H. López-Rosas, G. Castillo-Campos, J. Pale-Pale, A. Campos-Cascaredo. 2010. Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México Bol.Soc.Bot.Méx., 87: 29-50.
- Morreale, S. J., J. W. Gibbons y J. C. Congdon. 1984. Significance of activity and movement in the yellow-bellied slider turtle (*Pseudemys scripta*). Can. J. Zool., 62: 1038-1042.
- Orozco- Segovia, A. y A. Lot-Helgueras. 1976. La vegetación de las zonas inundables del sureste de Veracruz. Biotica, 1: 1-44.
- Parra-Olea, G., D. Wake y G. Hammerson. 2004. *Siren intermedia*. En: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. [Online] URL: www.iucnredlist.org (Acceso October 3, 2012).
- Platt, S. G. y J. B. Thorbjarnarson. 2000. Population status and conservation of Morelet's crocodile, *Crocodylus moreletii*, in northern Belize. Biological Conservation, 96: 21–29.
- Plummer, M. V. 1979. Collecting and Marking. Pp 45-60. En: Harless, M. y Morlock, H. (Eds). Turtles. Perspectives and Research. Wiley Interscience, New York.
- Ramsar Convention Secretariat. 2007. Wise use of wetlands: a conceptual framework for the wise use of wetlands. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 1:26.
- Ryan, T. J., C. A. Conner, B. A. Douthitt, S. C. Sterrett y C. M. Salsbury. 2008. Movement and habitat use of two aquatic turtles (*Graptemys geographica* and *Trachemys scripta*) in an urban landscape. Urban Ecosystems, 11:213-225.

- Sexton, O. J. 1959. A method of estimating the age of painted turtles for use in demographic studies. *Ecology*, 40: 716-718.
- Scout, N. J. y S. Limerick. 1991. *Historia Natural de Costa Rica*. Ed. Janzen, D. H. Universidad de Costa Rica. 822 p.
- Snedden, G. 1999. Diet and seasonal patterns of spotted gar movement and habitat use in the lower Atchafalaya River basin, Louisiana. *Transactions of the American Fisheries Society*, 128:144-154.
- Stiassny, M.L. 1996. An overview of freshwater biodiversity: with some lessons from African fishes. *Fisheries*, 21(9): 7-13.
- Thorbjarnarson, J., K. Klemens, C.J. Lagueux, y A. Meyl. 2000. Human use of turtles: a worldwide perspective: 33-84. En: Klemmens, M.W. *Turtle conservation*. Smithsonian Institut Press. Washington.
- Travieso-Bello A.C., Moreno-Casasola P. y Campos A. 2005. Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales. *Interciencia*, 30:12-18.
- Tuma, M. 2006. Range, Habitat Use, and Seasonal Activity of the Yellow Mud Turtle (*Kinosternon flavescens*) in Northwestern Illinois: Implications for Site-Specific Conservation and Management. *Chelonian Conservation and Biology*, Vol. 5, No. 1, pp. 108-120
- Ureña, T. 2007. Evaluación de hábitat de la tortuga blanca (*Dermatemys mawii*, Gray 1847) en humedales de la cuenca baja del río Papaloapan, Veracruz. Tesis de maestría. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. 87 pp.
- Vogt, R.C. 1980. New Methods for Trapping Aquatic Turtles. *Copeia*, 2: 368-371
- Vogt, R.C. y Guzman-Guzman. 1988. Food partitioning in Neotropical fresh water turtle community. *Copeia*, 1: 37-47.
- Vogt, R.C. 1997. *Staurotypus tripurcatus*. En: Enrique, G., Dirzo, R. y Vogt R. (Eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*. UNAM, México, D. F. 494-495 p.
- Vogt, R.C., Platt, S. G., y Rainwater, T.R. 2009. *Rhinoclemmys areolata* (Duméril and Bibron 1851)- Furrowed wood turtle, Back-Bellied Turtle Mojena. En: Rhodin, A.G.J., Pritchard, P.C.H., van Dijk, P.P., Saumure, R.A., Buhlmann, K. A., Iver-son, J. V. and Mittermeier, R. A. (Eds). *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. *Chelonian Research Monographs*, No. 5, pp. 022.1-022.7, doi: 10.3854/crm.5.022.areolata.v1.2009, <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.

Winemiller K.O., D.B. Jepsen. 1998. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *Journal of Fish Biology*, 53 (Supplement A): 267-296

Zenteno, C. y C. Bouchot. 2001. Reproducción de la tortuga pinta (*Trachemys scripta venusta*) en una laguna de la planicie costera veracruzana. *Universidad y Ciencia* 17: 37-42.

Tablas

Tabla 1. Características de los distintos microhábitats

	Ciénaga del Fuerte			Apompal y arroyo tributario		
	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5	Sitio 6
Tipo de vegetación	Selva inundable	Popales	Pastizal inundable	Popales	Selva inundable	Selva inundable
Especies arbóreas o arbustivas dominantes	<i>Pachira aquatica</i>	<i>Pachira aquatica</i>	<i>Mimosa pigra</i> Arboles aislados	<i>Pachira aquatica</i> , <i>Ficus insipida</i> , <i>Roystonea dunlapiana</i>	<i>Pachira aquatica</i> , <i>Ficus insipida</i>	<i>Pachira aquatica</i>
Cobertura especies arbóreas (%)	60	30	63	30	60	70
Especies herbáceas dominantes	<i>Thalia geniculata</i> , <i>Pontederia sagittata</i> , <i>Eichhornia crassipes</i>	<i>Thalia geniculata</i> , <i>Pontederia sagittata</i> , <i>Eichhornia crassipes</i>	gramíneas forrajeras Familia <i>Poaceae</i>) <i>Phyla nodiflora</i>	<i>Heliconia latispatha</i> , <i>Pontederia sagittata</i> y <i>Smilax</i> sp.	<i>Thalia geniculata</i>	0
Cobertura especies herbáceas (%)	30	70	37	70	20	0
Superficie cuerpo de agua	1,189 ha	1,189 ha	1,189 ha	57 ha	2 ha	2 ha
Tipo de cuerpo de agua	Pantano	Pantano	Pantano	Laguna	Arroyo	Arroyo
Profundidad (m)	1-1.5	1-1.5	1-1.5	0.3-0.5	0.3-0.5	1-1.5
Velocidad del flujo de agua	Lenta	Lenta	Moderada	Sin corriente	Moderada	Moderada
Estacionalidad	Permanente 12 meses	Permanente 12 meses	Estacional 4 meses	Permanente 12 meses	Estacional 4 meses	Permanente 12 meses

Tabla 2. Número de especies, sexo y clase de edades de tortugas dulceacuícolas y otras especies encontradas en dos humedales del Golfo de México. Ind.= individuos, Ad.= adultos, Subad.= subadultos, J.= jóvenes.

Especie	Ciénaga del Fuerte						
	Num. individuos	Sexo			Edad		
		♂	♀	Ind.	Ad.	Subad.	J.
<i>Kinosternon herrerai</i> (Stejneger, 1925) ^a	22	10	10	2	18	1	3
<i>Trachemys venusta</i> (Gray, 1855) ^a	25	9	15	1	12	10	3
<i>Crocodylus moreletii</i> (Duméril y Bibron, 1851) ^a	5	---	---	5	---	---	4
<i>Siren intermedia</i> (Barnes, 1826) ^c	15	---	---	15	15	---	---

Especie	Apompal y arroyo tributario						
	Num. individuos	Sexo			Edad		
		♂	♀	Ind.	Ad.	Subad.	J.
<i>Kinosternon leucostomum</i> (Duméril y Bibron, 1851) ^a	40	15	19	6	32	1	7
<i>Kinosternon scorpioides</i> (Linnaeus, 1766) ^a	4	2	2	---	3	1	---
<i>Kinosternon acutum</i> (Gray, 1831) ^a	3	1	2	---	3	---	---
<i>Staurotypus triporcatus</i> (Wiegmann, 1828) ^c	5	---	1	4	---	---	5
<i>Claudius angustatus</i> (Cope, 1865) ^b	6	4	1	1	4	1	1
<i>Trachemys venusta</i> (Gray, 1855) ^a	7	4	1	2	1	0	6

Categoría, NOM-059-SEMARNAT-2010: ^a Sujeta a protección especial; ^b En peligro de extinción;

^c Amenazada.

Tabla 3. Peso y longitud corporal promedio por clase de edad en especies de tortugas dulceacuícolas en los dos humedales muestreados.

Especie	Adultos		Subadultos		Juveniles	
	Peso (gr)	Longitud (mm)	Peso	Longitud	Peso	Longitud
<i>K. herrerae</i>	283.5 ± 73.99	122.13 ± 12.57	250	121.9	96.67 ± 52.54	81.37 ± 11.69
<i>K. leucostomum</i>	310.19 ± 77.65	120.72 ± 28.25	151.00	101.70	114.29 ± 27.00	91.50 ± 6.26
<i>K. scorpioides</i>	296.85 ± 135.12	121.42 ± 16.30	149	97	-----	-----
<i>K. acutum</i>	116.33 ± 10.40	95.9 ± 4.85	-----	-----	-----	-----
<i>S. triporcatus</i>	-----	-----	-----	-----	108.4 ± 164.22	79.34 ± 41.02
<i>C. angustatus</i>	278.75 ± 124.08	117.45 ± 11.53	149	99.5	22	50.8
<i>T. venusta</i>	2284.62 ± 1148.08	249.70 ± 43.05	1120 ± 275.07	196.72 ± 17.47	460 ± 168.96	141.44 ± 21.79

Las celdas que no cuentan con desviación estándar corresponden a capturas de un solo individuo

Tabla 4. Asociación a distintos microhábitats durante la temporada de lluvias.

Especie	Muestras	Microhábitat	Estadístico	Probabilidad
<i>T. venusta</i>	1	Selva inundable	6.050	0.013
	2	No hubo asociación	0.982	0.321
	3	Pastizal inundable	42.281	7.903×10^{-11}
	4	Selva inundable	10.607	0.001
<i>K. herrerae</i>	1	Popales	5.315	0.021
	2	No hubo captura	-----	-----
	3	Pastizal inundable	18.562	1.643×10^{-05}
	4	Pastizal inundable	8.206	0.004
<i>K. leucostomum</i>	1	Popales	80.660	0.001
	2	Popales	18.562	1.643×10^{-05}
	3	No hubo asociación	0.574	0.448
	4	No hubo captura	-----	-----

Figuras

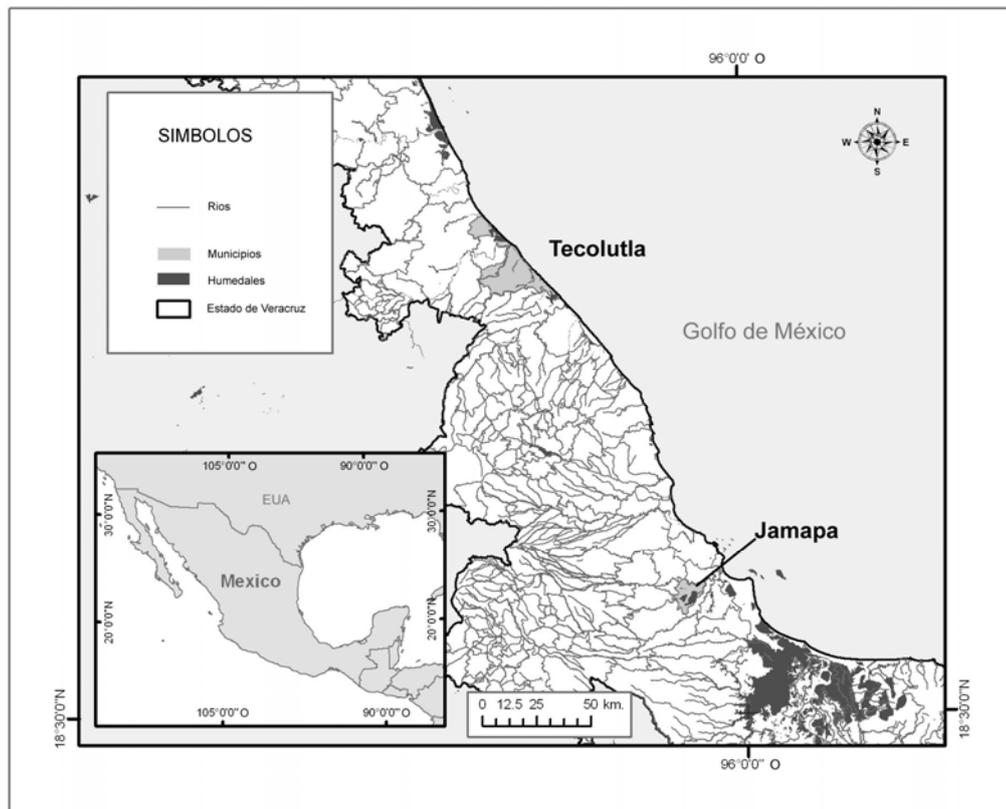


Fig 1. Localización de los municipios y humedales en la planicie costera de Veracruz, Golfo de México.



Fig 2. Especies de reptiles y anfibios capturados en los dos humedales estudiados. A) *Trachemys venusta*; B) *Kinosternon leucostomum*; C) *Kinosternon herreraei*; D) *Kinosternon scorpioides*; E) *Kinosternon acutum*; F) *Staurotypus triporcatus*; G) *Claudius angustatus*; H) *Siren intermedia*; I) *Crocodylus moreletii*.

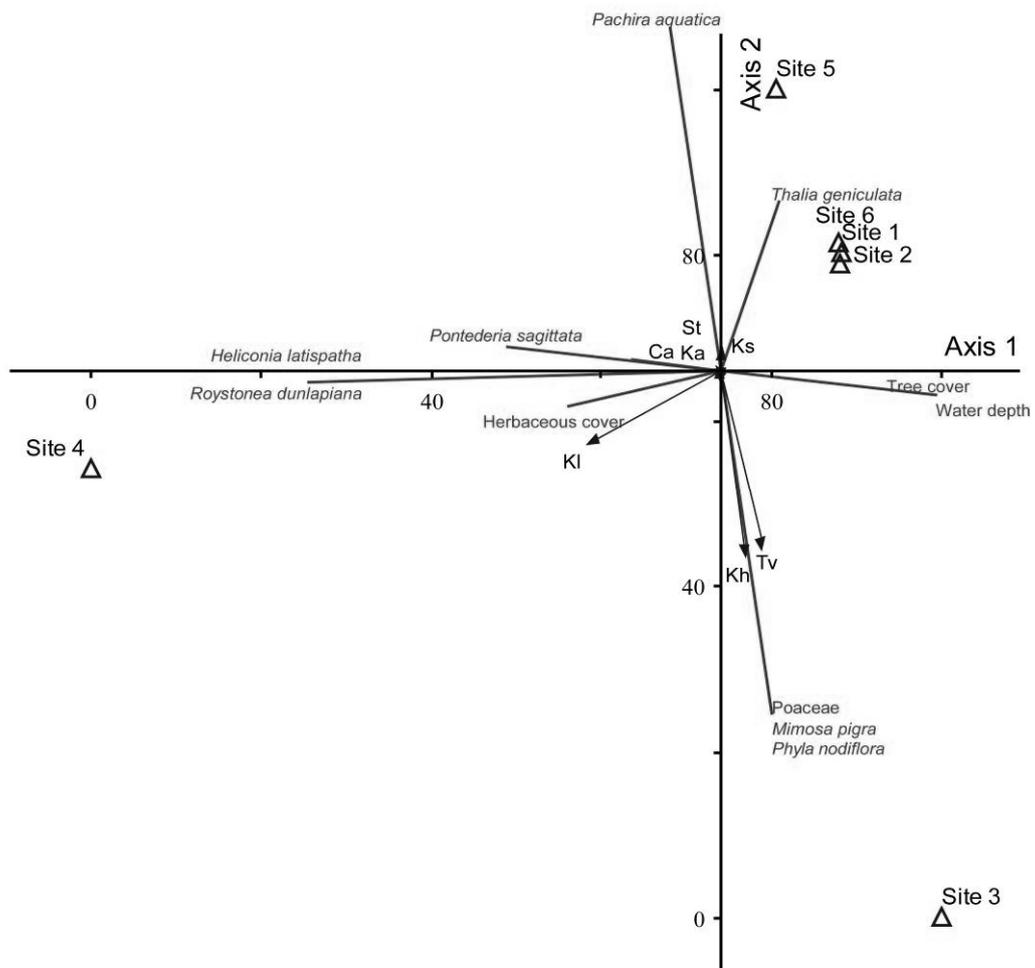


Fig. 3. Asociación de especies con respecto al microhábitat del humedal. Las siglas indican las especies de tortuga: *T. venusta* (Tv), *K. herrerae* (Kh), *K. leucostomum* (Kl), *K. acutum* (Ka), *K. scorpioides* (Ks), *C. angustatus* (Ca), *S. triporcatus* (St).

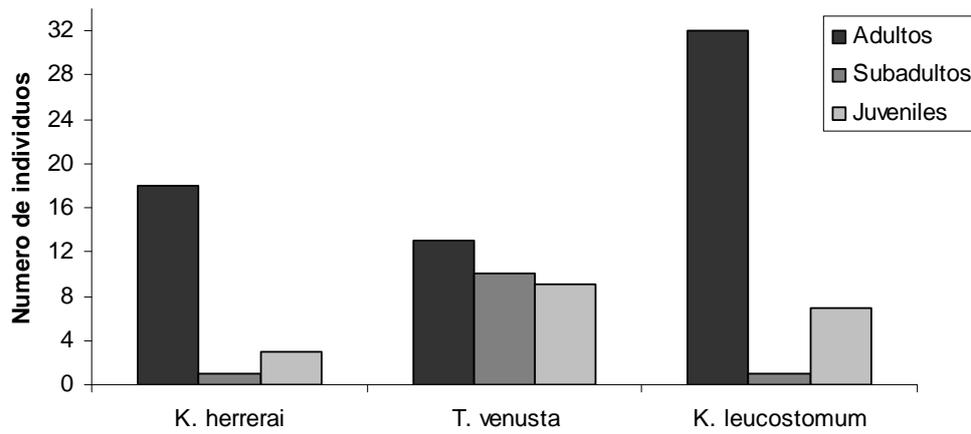


Fig. 4. Clases de edades de especies más abundantes

CAPÍTULO VII

Establecimiento de plántulas de palmeras en pastizales inundables de la planicie costera de Veracruz, Golfo de México.

7. Establecimiento de plántulas de palmeras en pastizales inundables de la planicie costera de Veracruz, Golfo de México.

Resumen

Las especies de la familia Arecaceae, comúnmente conocidas como palmeras, son de gran importancia tanto ecológica como económica. Por su importancia como plantas ornamentales, la germinación en semillas de palmeras ha sido documentada ampliamente, aunque la manera en que ocurre el establecimiento de plántulas ha sido menos estudiada y menos aún en humedales que han sido modificados por actividades humanas. Se estudiaron cuatro predios de zonas de humedales del municipio de Jamapa, Veracruz, México, los cuales son utilizados principalmente para la ganadería. Se realizaron cuadrantes, para determinar si habían diferencias en la abundancia de plántulas de *Attalea liebmannii*, *Roystonea dunlapiana* y *Sabal mexicana*, que se establecen bajo la copa de la palmera madre y en el exterior; y se evaluaron las variables fisicoquímicas que podrían explicar esas diferencias (e. g. cantidad de luz y contenido de agua del suelo). Las tres especies, presentaron una abundancia de plántulas marcadamente mayor en los cuadrantes ubicados bajo la copa de la palmera madre respecto de aquellos ubicados en el exterior. La cantidad de luz y el contenido volumétrico del agua, fueron las variables que más frecuentemente explicaron la abundancia de plántulas en las especies de palmeras estudiadas. La manera en que estas variables se asociaron con cada especie de palmera, fue distinta, dependiendo de las condiciones que cada especie necesita para vivir. El manejo que se le otorga a los predios estudiados (quema, desmonte, abono), también podría influir en las condiciones de germinación, establecimiento y supervivencia de las plántulas de los palmares y son necesarios más estudios para incrementar, manejar y aprovechar sus poblaciones de manera sustentable.

Palabras clave

Attalea liebmannii, humedales, pastizales inundables, *Sabal mexicana*, *Roystonea dunlapiana*, Veracruz.

Introducción

El conocimiento de los factores y procesos que afectan y determinan la germinación de las semillas y el establecimiento de plántulas es fundamental para la comprensión de la dinámica de las poblaciones vegetales. Tras la germinación, las plántulas resultantes son individuos muy vulnerables que están expuestos a diversas amenazas bióticas (e.g., herbivoría, competencia, alelopatía) y abióticas (e.g., desecación del suelo, niveles de radiación y temperatura inadecuada) que limitan su supervivencia (Puettmann y Saunders 2001). Lo anterior provoca que sólo una pequeña fracción de los individuos germinados consiga establecerse, y que la fase de plántula sea una de las etapas más críticas en el ciclo de vida de una planta (Padilla 2008). En humedales este proceso podría ser más drástico por la influencia del hidropériodo. Tanto factores abióticos como bióticos inciden en la supervivencia de las plántulas, pero parece que los factores abióticos predominan en ambientes limitantes, mientras que en hábitats más benignos la competencia con otras plantas toma especial protagonismo (Sena y Kozlowski 1980; Louda *et al.* 1990).

Las especies de la familia *Arecaceae*, comúnmente conocidas como palmeras, son de gran importancia tanto ecológica como económica. Dada su importancia como plantas ornamentales, la germinación de las semillas de palmeras ha sido documentada ampliamente (Brown, 1976; Broschat y Donselman, 1986, 1987; Marcus y Banks, 1999; Meerow, 2000; Orozco-Segovia 2003; Pérez *et al.* 2005). Sin embargo, la manera en la cual ocurre el establecimiento de plántulas ha sido menos estudiada (Orozco-Segovia 2003) y menos aún en humedales que han sido modificados por actividades humanas.

Para humedales se ha demostrado que el establecimiento de plántulas en los tallos del género *Attalea* se ve favorecido, debido a que les permite sobrevivir las inundaciones y encuentran condiciones microclimáticas favorables (Correa *et al.* 2012), pero en general este tipo de estudios se han realizado en zonas áridas, donde se ha visto que el establecimiento de determinadas especies es mayor debajo de la cubierta de algunas plantas que mejoran las condiciones de crecimiento que en zonas alejadas de ellas (Padilla 2008), fenómeno denominado nodricismo. Así, el éxito de establecimiento de las plántulas depende en gran medida del lugar en el que crezcan, de manera que si las plántulas no crecen en lugares favorables y seguros, la supervivencia dependerá en gran medida de su habilidad para adaptarse y/o resistir los factores limitantes.

Los suelos de humedales que han sido convertidos a pastizales han sufrido una serie de cambios tales como la desecación y la pérdida de vegetación original (Travieso-Bello *et al.* 2005). Esto ocasiona que la humedad no sea suficiente para que las plantas sobrevivan pues

las capas del suelo están tan secas que las raíces son incapaces de tomar el agua almacenada en él (Baruch *et al.* 2000). En cambio, por encima de cierto valor la supervivencia está asegurada debido a la gran disponibilidad de agua en el suelo (Padilla 2008). La presencia de umbrales de humedad del suelo que determinan el grado de establecimiento tiene implicaciones para la dinámica de las poblaciones en lugares con un alto grado de manejo. Asimismo, se ha demostrado que la luz es un factor fundamental para el establecimiento de las plantas (Sork 1987). Algunas especies necesitan mucha luz para crecer, otras necesitan de lugares con más sombra (Baruch *et al.* 2000; Bloor 2003). Los humedales que han sido modificados a pastizales que han perdido gran parte de la vegetación natural, entre esta, árboles que otorgan sombra y existen plántulas que para sobrevivir necesitan de la sombra de la planta madre o de otros árboles ya que las protege de la desecación (Bloor 2003).

Este estudio se enfocó en evaluar el establecimiento de plántulas de las palmeras *Attalea liebmanni* (Becc.) Zona, *Sabal mexicana* Mart. y *Roystonea dunlapiana* P.H. Allen, en una zona de humedales de la planicie costera veracruzana.

El objetivo de este estudio es determinar si existen diferencias en la abundancia de plántulas de palmeras bajo la copa de la palmera madre y en el exterior para *A. liebmanni*, *S. mexicana* y *R. dunlapiana* y evaluar las variables fisicoquímicas que podrían explicar esas diferencias (e. g. cantidad de luz y contenido de agua del suelo). La hipótesis planteada es que en pastizales inundables las palmeras proporcionan condiciones microclimáticas favorables bajo su copa (e.g. sombra y humedad), por lo que el establecimiento de plántulas de palmera, será mayor respecto de áreas ubicadas fuera de la copa.

Área de estudio

El estudio fue realizado en cuatro predios, en una zona de humedales de los ejidos El Piñonal y La Matamba del municipio de Jamapa, en el estado de Veracruz, México (Figura 1), los cuales han sido transformados en pastizales para la ganadería. En estos pastizales se realizan diferentes tipos de manejo para el crecimiento del pasto, como quemas temporales, uso de agroquímicos, entre otros (ver descripción de los predios en la Tabla 1). Los humedales que rodean estos pastizales están compuestos de *Pachira aquatica* Aubl., *Tabernaemontana alba* Mill., *Ficus trigonata* L., *Diospyros digyna* Jacq., y hay manchones de las palmeras *S. mexicana*, *R. dunlapiana* y *A. liebmanni*; los popales-tulares incluyen *Typha domingensis* Pers., *Thalia geniculata* L. y *Pontederia sagittata* C. Presl (Infante *et al.* 2011)

Metodología

1. Abundancia de plántulas de palmera

Este estudio fue realizado en la temporada seca del año 2011 y en la temporada de nortes (2012), previa a la temporada de lluvias. En cada predio se escogieron seis palmeras adultas, dos de cada especie (*A. liebmannii*, *S. mexicana*, *R. dunalapiana*), alcanzando un total de ocho palmeras por especie. A cada palmera se le tomaron los siguientes datos: altura, número de hojas, edad (aproximada) y fenología. Bajo la copa de cada palmera se fijaron cuatro cuadros de 1x1 m, y cuatro cuadros del mismo tamaño se ubicaron a 10 m fuera de la copa. La orientación de los cuadros fue de acuerdo a los cuatro puntos cardinales (ver figura 2). En cada cuadrante se contó el número de plántulas de palmera de la especie correspondiente a la palmera madre (si la palmera era *S. mexicana*, se contaron las plántulas de esta especie). En cada temporada cada plántula fue marcada con un plástico y numerada, con la finalidad de conocer el número de individuos por temporada.

2. Medición de variables fisicoquímicas

De cada cuadrante ($N=192$) se obtuvieron las siguientes variables fisicoquímicas: cantidad de luz (Micromoles/seg/m²), pH, temperatura del suelo (°C) y el contenido volumétrico de agua (cm³) del suelo, utilizando los materiales y métodos descritos por Jackson (1970) y Moreno-Casasola y Warner (2009). A continuación describimos brevemente los procedimientos:

A) Medición de cantidad de luz

Se utilizó un Data logger Modelo LI-1000 DataLogger, con dos sensores, para medir la cantidad de luz ambiental. Se siguió el manual del Data logger (LI-COR, inc 1990) para realizar las mediciones de luz. El primer sensor fue colocado en el cuadrante ubicado bajo la copa de la palmera, con el fin de medir la luz bajo la copa y en la misma dirección, fue colocado el segundo sensor en el cuadrante al exterior de la palmera para medir la luz sin algún objeto que se traslapara (e. g. ramas, hojas). Se calibraron los sensores y se esperó un minuto para la toma de datos. Las mediciones fueron realizadas aproximadamente a la misma hora (16:00-17:00 p.m.).

B) Medición de temperatura del suelo

Con un termómetro de aguja marca Weksler, se tomó la temperatura del suelo en cada cuadrante en Grados Celsius. El termómetro se posicionó en el cuadrante a una profundidad de 10 cm y se esperó un minuto para la toma de datos.

C) Medición del contenido de agua del suelo

Para medir el contenido volumétrico de agua del suelo, se obtuvo una muestra superficial, enterrando un cilindro de PVC de 4 cm de profundidad y un volumen de 113.097 cm^3 . La muestra del suelo se colocó en una caja de aluminio, se tapó y se marcó en un bote con el número de muestra, el sitio donde se tomó y la fecha. En el laboratorio, se pesó la muestra (bote sin tapa+suelo) para obtener el peso húmedo del suelo, y se puso a secar la muestra en la estufa a 105° C durante 24 h. Después ya seca, se pesó la muestra de suelo para obtener el peso seco del suelo. Fue necesario pesar el bote de aluminio, para poder restarlo posteriormente.

Se realizó el siguiente cálculo:

$$W=(Psh-Pss)/Pss$$

Donde:

W=contenido gravimétrico de agua (g g^{-1}) *

Psh=peso del suelo húmedo (g)*

Pss=peso del suelo seco (g)

*se debe eliminar el peso del bote de aluminio es estos cálculos

Para calcular el contenido volumétrico de agua se utiliza la siguiente formula:

$$O=(w) (Da)/ Dw$$

Donde:

O=Contenido volumétrico de agua ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)

w=Contenido gravimétrico de agua (g g^{-1})

Da=Densidad aparente (g cm^{-3})

Dw=Densidad del agua (g cm^{-3}) =1

La desidad aparente se determina midiendo la masa de una muestra de suelo seca. Se utiliza la siguiente formula para hacer el cálculo:

$$Da=M / V$$

Donde:

Da=Densidad aparente (g cm^{-3})

M= Masa=peso del suelo seco (g)

V= Volumen del cilindro (cm^3)

D) Medición del Ph del suelo

Utilizando la muestra del suelo de cada cuadrante previamente secada en la estufa y tamizada finamente, se procedió a realizar la técnica para obtener el Ph del suelo. Se utilizó una relación 1:2, donde 10 gr de suelo y 20 ml de agua destilada fueron mezclados. Las mezclas fueron agitadas mecánicamente siguiendo el procedimiento de Jackson (1970) y se tomó la lectura del Ph de las muestras con el Phmetro.

3. Análisis de datos

Para determinar diferencias en la abundancia de plántulas de palmeras bajo la copa de la palmera madre y en el exterior para las tres especies se realizó un análisis de varianza. Se definió la abundancia como el número total de plántulas por cuadrante. Con la finalidad de cumplir los criterios de normalidad y homocedasticidad, los datos fueron transformados usando la función $\log(x+1)$.

Para conocer que variables fisicoquímicas podrían explicar las diferencias en la abundancia de plántulas de las tres especies de palmeras, para cada especie, se realizó un modelo lineal generalizado. Debido a que los datos expresados como abundancias y conteos de especies no suelen tener una distribución normal, para estos análisis utilizamos una distribución Poisson y la función liga log; cuando hubo sobredispersión se utilizó una distribución Quasipoisson (Crawley 2007). Las variables explicativas usadas fueron la cantidad de luz (unidad de medida), el pH, la temperatura del suelo y el contenido volumétrico de agua ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) del suelo. Se utilizó el criterio informativo de Akaike (AIC) para mantener variables independientes en el modelo mínimo adecuado (Crawley 2007). Todos los análisis fueron realizados utilizando el software R 2.13.2 (R Development Core Team 2008).

Resultados

1. Abundancia de plántulas de palmera

Se comprobó que las plántulas de *A. liebmannii* ($F_{1,12}=10.57$, $P=0.007$), *R. dunlapiana* ($F_{1,12}=11.83$, $P=0.005$), y *S. mexicana* ($F_{1,12}=49.32$, $P=1.39 \times 10^{-5}$), presentaron una abundancia marcadamente mayor en los cuadrantes ubicados bajo la copa de la palmera madre respecto de aquellos ubicados en el exterior (ver Tabla 2). Ni la temporada ($F_{1,12}>0.53$, $P>0.1180$) en la que se realizaron los muestreos, ni la interacción temporada: posición del cuadrante ($F_{1,12}>0.01$, $P>0.4592$) presentaron un efecto en la abundancia de las plántulas.

2. Variables que explican la abundancia de plántulas

Se encontró que la cantidad de luz y el contenido volumétrico del agua, fueron las variables que más frecuentemente explicaron la abundancia de plántulas en las especies de palmeras estudiadas (ver Tabla 3). La abundancia de plántulas de *A. liebmannii* fue directamente proporcional a la cantidad de luz e inversamente proporcional a la temperatura y el contenido volumétrico de agua del suelo (entre más temperatura y más agua hay menos plántulas). Por su parte, la abundancia de plántulas de *R. dunlapiana* fue inversamente proporcional a la cantidad de luz y el contenido volumétrico de agua del suelo, pero directamente proporcional al pH del suelo. En el caso de *S. mexicana* la abundancia de plántulas estuvo explicada por la cantidad de luz y el contenido volumétrico de agua del suelo. Los resultados para las tres especies se presentan en la Tabla 4.

Discusión

1. Abundancia de plántulas de palmeras

Se comprobó que en humedales que han sido transformados a pastizales, las tres especies de palmera estudiadas presentaron una mayor abundancia de plántulas en los cuadros ubicados bajo la sombra, respecto de los cuadros ubicados en zonas de exterior. Este resultado probablemente se debe a que bajo la sombra de las palmeras existen condiciones del microhábitat (e.g. humedad, luz) más favorables para la germinación de las semillas y la supervivencia de las plántulas, respecto del exterior. En este sentido, las plántulas localizadas en el exterior pueden estar sometidas a mayores presiones, relacionadas con efectos físicos (luz, estrés hídrico) (Muñiz-Castro *et al.* 2006; Holl *et al.* 2000).

Es importante notar que los patrones detectados no necesariamente indican que las plántulas ubicadas bajo la sombra del árbol progenitor tengan una mayor probabilidad de supervivencia y establecimiento. De hecho, una alta densidad de semillas y plántulas bajo el árbol madre puede aumentar el riesgo de depredación por roedores y brúquidos, así como el ataque de hongos (Fragoso *et al.* 2006; Visser *et al.* 2011), y podría ser un indicio de defaunación (Dirzo y Miranda 1990). En poblaciones de palmeras ubicadas en sitios perturbados es frecuente observar una sombra de semillas espacialmente restringida a las cercanías del árbol progenitor, debido a las bajas tasas de remoción de semillas y cortas distancias de dispersión (Forget *et al.* 1994; Peres y Baider 1997). Estas condiciones han sido documentadas para varias especies de palmeras tropicales y son las responsables de los patrones de distribución agregados que con frecuencia muestran estas plantas (Almeida y Galetti, 2007; Boll *et al.* 2005). En poblaciones ubicadas en hábitats más conservados los

vertebrados frugívoros (mamíferos medianos y grandes, y aves) suelen dispersar las semillas y generan patrones de distribución menos agregados (Kahn y de Granville, 1992). Lo anterior, probablemente ocurre en *R. dunlapiana* y *A. libemannii*, en los que los individuos registrados bajo la sombra de los progenitores eran plántulas, pero no se registraron individuos de estadios de desarrollo más avanzados. En contraste, *S. mexicana* aparentemente presenta un efecto de nodriza, ya que suelen formar macizos compuestos por plantas de diferente tamaño, generalmente bajo la protección de la palmera de mayor tamaño, aunque se ha reportado que es muy tolerante a los ambientes perturbados y persiste en milpas y potreros (Caballero 2004).

2. Variables que explican la abundancia de las palmeras

En este estudio se comprobó que algunas variables microclimáticas explicaron la abundancia de plántulas de tres especies de palmeras nativas de humedales de la planicie costera veracruzana. Las variables que tuvieron poder explicativo en las tres especies de palmeras estudiadas fueron: la cantidad de luz y el contenido volumétrico del agua, indicando que son factores importantes para el establecimiento de las plántulas.

Roystonea dunlapiana y *S. mexicana* presentaron una mayor cantidad de plántulas en los sitios con menor cantidad de luz. En el caso de *R. dunlapiana* es una especie que requiere de ambientes sombreados para su germinación (González-Marín, datos sin publicar). Las raíces, tallos y contrafuertes de otras especies de plantas (e.g. *Ficus insipida*) además de proporcionar sombra, también podrían estar brindando protección contra el daño provocado por el pisoteo del ganado (Smit 2005). Algo similar, podría estar ocurriendo con *S. mexicana*, que aunque puede verse favorecida por la apertura de claros (Caballero 2004). En este estudio, la abundancia de plántulas de esta especie, estuvo asociada a los sitios con menor cantidad de luz. *Attalea liebmannii* presentó un patrón opuesto. Al parecer este resultado contrastante se debe a que los individuos adultos estudiados de *A. liebmannii* fueron ejemplares aislados en los potreros y aún los sitios ubicados bajo la copa de los árboles estaban expuestos a la luz, condiciones que han sido mencionadas favorecen el establecimiento de especies de este género (Salm 2005). Al respecto, esta especie presenta una mayor tasa de germinación bajo condiciones de luz (González-Marín, datos sin publicar) y suele verse favorecida por la apertura de claros, siendo característica de sitios con vegetación secundaria (Quero 1992).

El contenido volumétrico del agua, fue otra variable explicativa importante. En las tres especies estudiadas, se comprobó que a mayor cantidad de agua en el suelo, menor la cantidad de plántulas. Aunque este resultado, podría ser extraño en ambientes áridos donde el estrés

hídrico es un factor determinante en la germinación y establecimiento de las plántulas (Tewksbury y Lloyd 2001), en los humedales, además de lo anterior, el exceso de agua e inundación también pueden ser determinantes en la sobrevivencia de las plántulas (Pacheco 2001). Otro aspecto que podría estar influyendo en este resultado es la densidad de plántulas bajo la copa de la palmera madre, ya que al ser más individuos por unidad de área los cuales absorben agua por medio de sus raíces, estarían provocando que el suelo bajo la copa de las palmeras sea más seco.

El pH fue una variable explicativa en el caso de la abundancia de *R. dunlapiana*. Esta palmera es típica de humedales donde los suelos son ácidos. En el caso de este estudio, los sitios donde se registró mayor cantidad de estas plántulas, son los que se ubicaban en lugares más bajos y por lo tanto más inundados y cuyo pH oscilaba entre 6.28 y 6.60.

Conclusión

Se comprobó la hipótesis de que las plántulas de palmeras fueron más abundantes bajo la copa de la palmera madre que al exterior de ésta. Las variables fisicoquímicas que explicaron la abundancia de plántulas fueron la cantidad de luz y el contenido volumétrico de agua del suelo. Sin embargo, la manera en que estas variables se asociaron con cada especie de palmera, fue distinta, dependiendo de las condiciones que cada especie necesita para vivir. El manejo que se le otorga a los predios estudiados (quema, desmonte, abono), también podría estar influyendo en las condiciones de germinación, establecimiento y supervivencia de las plántulas de los palmares. Posiblemente para fines de manejo y repoblaciones de palmeras, los individuos que crecen en estos predios podrían aprovecharse. Son necesarios más estudios sobre este tema, con el fin de entender su ecología en diferentes etapas (semilla, plántulas). Solo de esta manera se pueden aprovechar de forma sustentable.

Agradecimientos

A los pobladores de Jamapa por su amabilidad y colaboración durante la realización de este estudio. A Alejandro Castro, Abraham Juárez, Bartolo Tronco y Sergio Madrid por su apoyo en el trabajo de campo. Este trabajo fue posible gracias a una beca doctoral (Num. Registro 46372) del CONACyT otorgada a la primera autora. El soporte económico y logístico fue brindado por el International Tropical Timber Organization PD 349/05 Rev.2 (F) y PD RED-PD 045/11 Rev.2 (M), y el Instituto de Ecología A.C. (902-17).

Referencias

- Almeida L. B y M. Galetti. 2007. Seed dispersal and spatial distribution of *Attalea geraensis* (Arecaceae) in two remnants of Cerrado in Southeastern Brazil. *Acta Oecologica*, 32(2):180–187.
- Baruch, Z., R. R. Pattison y G. Goldstein. 2000. Responses to light and water availability of four invasive melastomataceae in the Hawaiian Islands. *Journal Plant Science* 161:107-118.
- Bloor, J. M. G. 2003. Light responses of shade-tolerant tropical tree species in north-east Queensland: a comparison of forest- and shadehouse-grown seedlings. *Journal of Tropical Ecology* 19:163-170.
- Boll, T., J.C. Svenning, J. Vormisto, S. Normand, C. Grández, H. Balslev. 2005. Spatial distribution and environmental preferences of the piassaba palm *Aphandra natalia* (Arecaceae) along the Pastaza and Urituyacu rivers in Peru. *Forest Ecology and Management*, 213:175–183.
- Broschat T.K. y H. Donselman. 1986. Factors affecting storage and germination of *Chrysalidocarpus lutescens* seeds. *Journal of the American Society of Horticulture Science*, 111:872-877.
- Broschat T.K. y H. Donselman. 1987. Effects of fruit maturity, storage, pre-soaking and seed cleaning on germination in three species of palms. *Journal of Environmental Horticulture*, 5:6-9.
- Brown K.E. 1976. Ecological studies of the cabbage palm, *Sabal palmetto*. III. Seed germination and seedling establishment. *Principes*, 20:98-115.
- Caballero, J. 1994. Use and management of *Sabal* palms among the Maya of Yucatan. Ph.D. University of California at Berkeley, Berkeley.
- Correa, C. E. E. Fischer y F. A. M. dos Santos. 2012. Seed banks on *Attalea phalerata* (Arecaceae) stems in the Pantanal wetland, Brazil *Annals of Botany*, 109: 729–734.
- Crawley, M. J. 2007. *The R Book*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, U.K.
- Dirzo, R. y A. Miranda. 1990. Contemporary Neotropical defaunation and forest structure, function, and diversity. A sequel to John Terborgh. *Conservation Biology*, 4: 444–447.
- Holl, K. D., M. E. Loik, E. H. V. Lin, y I. A. Samuels, 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology*, 8:339–349.
- Forget P.M., E. Muñoz, E. G. Leigh. 1994. Predation by rodents and bruchid beetles on seeds of *Scheelea* palms on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica*, 26(4):420–426.

- Fragoso, J. M. V. , K. M. Silvius, J. A. Correa, 2006. Long-distance seed dispersal by tapirs increases seed survival and aggregates tropical trees. *Ecology*, 84,(8): 1998-2006.
- Infante, D., P. Moreno-Casasola, C. Madero-Vega, G. Castillo-Campos y B. G. Warner. 2011. Floristic composition and soil characteristics of tropical freshwater forested wetlands of Veracruz on the coastal plain of the Gulf of Mexico, *Forest Ecol Manage*, 262: 1514-1531.
- Jackson, M.L. 1970. *Análisis Químico de Suelos*. Ed. Omega. Barcelona, España. 662 p.
- Kahn, F. y J.J. de Granville. 1992. *Palms in forest ecosystems of Amazonia*. Springer Verlag. Berlin, Germany.
- LI-COR, inc. 1990. *LI-1000 DataLogger Instruction Manual*. Lincoln, Nebraska, USA.
- Louda, S. M., K. H. Keeler, y R. D. Holt. 1990. Herbivore influences on plant performance and competitive interactions. Páginas 413-444 *in*: J. B. Grace, y D. Tilman, editores. *Perspectives on plant competition*. Academic Press, Inc. San Diego, Estados Unidos.
- Marcus J. y K. Banks. 1999. A practical guide to germinating palm seeds. *Palms*, 43:56-59.
- Meerow A.W. 2000. Palm Seed Germination. *University of Florida IFAS Cooperative Bulletin*, 274:1-10.
- Moreno-Casasola P. y B. Warner. 2009. *Breviario para describir, observar y manejar humedales*. Instituto de Ecología, A. C. 390 pp.
- Muñiz-Castro, M.A., G. Williams-Linera y J.M. Rey-Benayas 2006. Distance effect from cloud forest fragments on plant community structure in abandoned pastures in Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 22:431-440.
- Orozco-Segovia A., A. Batis, M. Rojas-Aréchiga y A. Mendoza. 2003. Seed biology of palms: a review. *Palms*, 47:79-94.
- Pacheco, M. A. W. 2001. Effects of flooding and herbivores on variation in recruitment of palms between habitats. *Journal of Ecology*, 89: 358-386.
- Padilla Ruiz, F. M. 2008. Factores limitantes y estrategias de establecimiento de plantas leñosas en ambientes semiáridos. Implicaciones para la restauración. *Ecosistemas*, 17 (1): 155-159.
- Pérez, E., G. Ceballos-González y L. M. Calvo-Irabién. 2005. Germinación y supervivencia de semillas de *Thrinax radiata* (Arecaceae), una especie amenazada en la Península de Yucatán. *Bol.Soc.Bot.Méx*, 77: 9-20.
- Peres C.A. y C. Baider. 1997. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of brazilnut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, 13(4): 595-616.

- Puettmann, K. J. y M. R. Saunders. 2001. Patterns of growth compensation in eastern white pine (*Pinus strobus* L.): the influence of herbivory intensity and competitive environments. *Oecologia* 129:376-384.
- Quero J. H. 1992. Las Palmas Silvestres de la Península de Yucatán. Publicaciones Especiales 10. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- R Development Core Team .2005. R: A language and environment for statistical computing, reference index version 2.x.x. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Salm, R. 2005. The importance of forest disturbance for the recruitment of the large arborescent palm *Attalea maripa* in a seasonally-dry Amazonian forest. *Biotropica*, 5:1.
- Sena, G. A. R., y T. T. Kozlowski. 1980. Growth responses and adaptations of *Fraxinus pennsylvanica* seedlings to flooding. *Plant Physiology* 66:267-217.
- Smit, C., D. Beguin, A. Buttler y H. Müller-Schärer. 2005. Safe sites for tree regeneration in wooded pastures: a case of associational resistance?. *Journal of Vegetation Science*, 16: 209-214.
- Sork, V. 1987. Effects of predation and light on seedling establishment in *Gustavia superba*. *Ecology*, 68(5): 1341-1350.
- Tewksbury, J. J. y J. D. Lloyd. 2001. Positive interactions under nurse plants: spatial scale, stress gradients and benefactor size. *Oecologia*, 127: 425-434.
- Travieso-Bello, A. C., P. Moreno-Casasola y A. Campos. 2005. Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales. *Interciencia*, 30(1), 12–18.
- Visser M.D., H.C. Muller-Landau, S.J. Wright, G. Rutten y P.A. Jansen .2011. Tri-trophic interactions affect density dependence of seed fate in a tropical forest palm. *Ecology Letters*, 98:1602-1612.

Tablas

Tabla 1. Manejo realizado en los cuatro predios según lo mencionado por los dueños.

Predio (ha.)	Carga animal	Manejo	Vegetación o cultivos anteriores mencionados (aprox. hace 40-50 años)	Vegetación o cultivos actuales mencionados (2011-2012)	Razón por las que decidió talar	Uso de plantas actuales
P1 (4.4 ha.)	Dos vacas por temporadas. Cinco cerdos con crías permanentemente. Un burro permanente (animales propios)	Desmante, quema, se pone abono a cultivos (urea).	Maíz, palmeras (<i>S. mexicana</i> , <i>A. liebmanni</i> , <i>R. dunlapiana</i>), muchas higueras (<i>Ficus sp.</i>).	Maíz, zacate, menos palmeras, menos higueras, palo de nopo.	Sembrar zacate. Se dejó de sembrar maíz porque el abono es muy caro, se inunda y se pierde el cultivo.	Hojas de <i>A. liebmanni</i> y <i>S. mexicana</i> para techar casas y frutos y plántulas para alimentar vacas, ramas de cocuite para leña y flores para alimentar vacas. <i>Daphnopsis sp</i> para cercas.
P2 (6.5 ha.)	10-15 vacas por temporadas (renta para ganado)	Desmante, quema.	Maíz, palmeras (<i>S. mexicana</i> , <i>A. liebmanni</i> , <i>R. dunlapiana</i>), higueras (<i>Ficus sp.</i>), <i>Daphnopsis sp.</i>	Mango, zacate, palmeras, pocas higueras, palo de nopo.	Sembrar mango y zacate para vacas	Hojas de <i>A. liebmanni</i> y <i>S. mexicana</i> para techar casas y frutos y plántulas para alimentar vacas. Mango y uvero para leña. Mango para comer y vender, las vacas también comen el fruto del mango.
P3 (3.5 ha.)	10 vacas por temporadas (renta para ganado y propios)	Desmante, quema.	Palmares (<i>S. mexicana</i> , <i>A. liebmanni</i> , <i>R. dunlapiana</i> , <i>Attalea aculeata</i>), higueras (<i>Ficus sp.</i>), mangos, maíz, otro tipo de árboles.	Zacate, mango, palmeras (<i>S. mexicana</i> , <i>A. liebmanni</i> , <i>R. dunlapiana</i> , <i>Attalea aculeata</i>), pocas higueras.	No valían los árboles y se sembró mango y zacate.	Hojas de <i>A. liebmanni</i> y <i>S. mexicana</i> para techar casas y frutos y plántulas de <i>A. liebmanni</i> y <i>A. aculeata</i> para alimentar vacas. <i>Guazuma ulmifolia</i> y mango para leña.
P4 (18 ha.)	40-50 vacas permanentemente (animales propios)	Herbicidas, desmante, abono para el zacate, quema.	Apompo, palo grande, palmeras (<i>S. mexicana</i> , <i>A. liebmanni</i> , <i>R. dunlapiana</i>).	Zacate, palmeras (<i>S. mexicana</i> , <i>A. liebmanni</i> , <i>R. dunlapiana</i>), higueras.	Una parte para meter ganado, otra para sembrar maíz, frijol y caña, pero para consumo de las vacas no para consumo personal o venta.	Tronco de <i>R. dunlapiana</i> (palmeras secas) se usa para arreglar corral. Hojas de <i>S. mexicana</i> cortan cada año para venta y <i>A. liebmanni</i> a veces (techar casas o palapas). Fruto de <i>A. liebmanni</i> para hacer atole. Zapote prieto (<i>Dyospirus sp.</i>) se come el fruto (es medicinal, tiene hierro). Los demás árboles no se usan, solo que se caigan o sequen se usan para leña.

Tabla 2. Número de plántulas en cada predio bajo y al exterior de la copa de la palmera, y altura media de las plántulas.

Especies	Predio	Número de plántulas según la posición del cuadro		Altura media de las plántulas (cm)	
		Bajo la copa	Exterior de la copa	Bajo la copa	Exterior de la copa
<i>Attalea liebmannii</i>	1	22	0	12.68	0
	2	171	26	19.91	20.46
	3	43	17	20.96	25.02
	4	90	11	20.30	21.87
<i>Roystonea dunlapiana</i>	1	21	2	15.07	34.75
	2	15	6	15.86	15.18
	3	72	2	20.13	16.55
	4	119	3	17.14	17.03
<i>Sabal mexicana</i>	1	116	0	13.04	0
	2	53	0	18.50	0
	3	48	5	16.04	14.85
	4	92	11	19.18	18.90

Tabla 3. Promedio de las variables ambientales en cada predio, bajo y al exterior de la copa de la palmera.

Especies	Predio	Cantidad de luz (Micromoles/seg/m ²)		Contenido volumétrico del agua del suelo (cm ³)		Ph del suelo		Temperatura del suelo (° C)	
		Bajo la copa	Exterior de la copa	Bajo la copa	Exterior de la copa	Bajo la copa	Exterior de la copa	Bajo la copa	Exterior de la copa
<i>Attalea liebmannii</i>	1	138.588	152.734	89.693	91.239	6.458	6.449	28.973	28.763
	2	176.724	185.725	93.614	92.240	6.570	6.586	27.921	28.078
	3	207.999	231.117	98.533	100.548	6.600	6.641	28.052	28.447
	4	269.862	282.004	95.706	94.019	6.744	6.811	29.355	29.486
<i>Roystonea dunlapiana</i>	1	91.457	98.645	95.964	96.732	6.281	6.269	28.315	28.276
	2	103.677	100.765	104.627	104.115	6.428	6.4327	28.052	28.368
	3	99.991	112.869	102.363	103.992	6.484	6.504	28.539	28.342
	4	159.800	172.110	95.035	96.893	6.605	6.655	27.947	27.934
<i>Sabal mexicana</i>	1	181.437	200.102	91.901	93.397	6.030	6.050	28.671	28.407
	2	195.220	207.718	88.4103	88.637	6.148	6.131	28.013	28.157
	3	261.606	285.482	83.905	85.500	5.891	5.892	28.184	28.263
	4	301.451	304.902	88.050	87.572	6.169	6.216	29.026	28.973

Tabla 4. Variables ambientales que explican la abundancia de plántulas de tres especies de palmeras en pastizales inundables, de la planicie costera veracruzana.

Especies	Modelo		Valor de t	Probabilidad
	Variable explicativa	Coefficiente		
<i>Attalea liebmannii</i>	Intercepto	12.83	4.73	5.92×10^{-6}
	Cantidad de luz	0.0029	4.06	8.54×10^{-5}
	Temperatura	-0.4104	-4.25	4.22×10^{-5}
	Contenido volumétrico de agua	-0.0102	-2.02	0.046
<i>R. dunlapiana</i>	Intercepto	-1.52	-0.77	0.05
	Cantidad de luz	-0.004	-1.99	0.05
	Ph	0.6688	2.26	0.03
	Contenido volumétrico de agua	-0.024	-4.03	9.61×10^{-5}
<i>S. mexicana</i>	Intercepto	1.7025	10.90	2×10^{-16}
	Contenido volumétrico de agua	-0.0083	-5.01	5.5×10^{-7}
	Cantidad de luz	-0.0007	-2.24	0.025

Figuras



Fig. 1. Ubicación geográfica del municipio (gris) y las comunidades estudiadas (puntos) en la planicie costera de Veracruz, Golfo de México. Donde: 1) La Matamba y 2) El Piñonal.

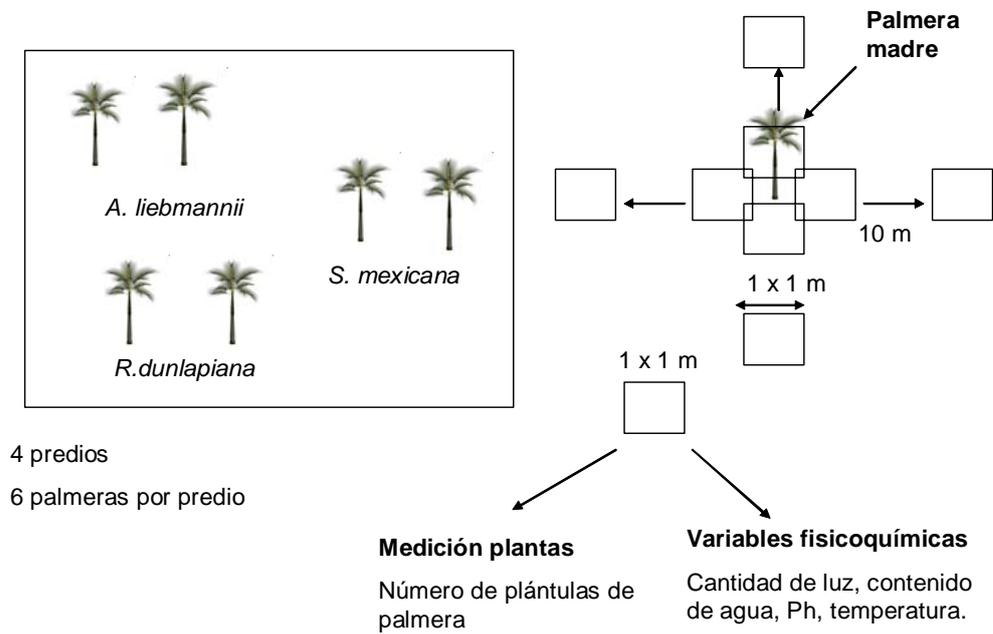


Fig. 2. Esquema del diseño realizado en campo. Se trabajó con cuatro predios, con seis palmeras por predio, dos de cada especie. Para cada palmera se hicieron cuatro cuadrantes de uno por uno bajo la copa y fuera de ella, como se muestra en el esquema y se tomaron las mediciones y parámetros mencionados en la metodología.



Fig. 3. Fotografías de las tres especies de palmera estudiadas: A) *Attalea liebmannii*, B) *Roystonea dunlapiana* y C) *Sabal mexicana*.

CAPÍTULO VIII

Educación ambiental para el manejo y la conservación de los humedales de la planicie costera veracruzana.

8. Educación ambiental para el manejo y la conservación de los humedales de la planicie costera veracruzana.

Introducción

México es un país megadiverso, el cual presenta una gran extensión territorial y costera con enorme riqueza en especies y ecosistemas, desde playas, dunas, montañas, zonas inundables y desiertos (Moreno-Casasola 2010). Sin embargo, estos ecosistemas se encuentran afectados por numerosos problemas como la reducción de poblaciones nativas de plantas y animales, la invasión de especies exóticas, la deforestación, la erosión y la contaminación (CONABIO 2000). Desafortunadamente, en las zonas rurales, este deterioro se ha producido principalmente por las necesidades de producción agrícola y pecuaria, lo cual no ha resultado en un campo productivo capaz de solucionar los problemas económicos y de calidad de vida de los habitantes rurales. Ante estos problemas, la educación es quizá el único modo de tender hacia una cultura ambiental (Moreno-Casasola 2010).

Existen varios modelos y prácticas de educación ambiental que se desarrollan en el país, los cuales se han encontrado en un profundo debate (Calvo y Gutiérrez 2007; Castillo y González-Gaudiano 2010). Por ejemplo, la educación para el manejo de ecosistemas dista mucho del enfoque de la educación para la conservación, es decir, de una educación *en y acerca* del ambiente (Linke 1980; Greenall Gough 1997). Tampoco asume la forma de una educación meramente ecológica (que sólo difunde algunos conceptos ecológicos). La educación para el manejo de ecosistemas es una propuesta educativa profundamente social y política, con lo cual no sólo se atienden las especificidades sociales, culturales y económicas de la población meta y, por tanto sus anhelos de cambio social, sino también las propias características biofísicas de los ecosistemas implicados. Todo lo cual presenta mejores posibilidades para decidir colectivamente sobre las prioridades en materia de ordenamiento territorial, demarcación de áreas de conservación, formas e intensidad de aprovechamiento de los recursos naturales disponibles e identificación de necesidades de restauración de ecosistemas (Castillo y González-Gaudiano 2010).

El modelo y prácticas de educación ambiental que se desarrollan en este estudio, están orientadas al manejo de ecosistemas naturales, en este caso los humedales. Pero principalmente se basa en la participación y la responsabilidad de las poblaciones locales, dándoles posibilidades de desarrollo y acceso a la información para ser protagonistas y “autores” de sus propios proyectos. Es decir, en este modelo la educación significa aprender

haciendo, y que a través de la acción se genera conocimiento, pero también compromiso (Pesci *et al.* 2007).

La educación ambiental en las comunidades es fundamental para el manejo y conservación de humedales. En México existen extensas zonas ocupadas por poblaciones indígenas con una antigua tradición de uso de los recursos que en varias ocasiones se ha traducido en la conservación de la biodiversidad característica de sus ecosistemas (Moreno-Casasola 2010). Pero también tiene, sobre todo en las planicies costeras del Golfo de México, del Pacífico y el Caribe, poblaciones mestizas de arribo reciente que en pocas generaciones han tenido que enfrentarse a un cambio fuerte de las condiciones ambientales y a un deterioro de sus sistemas productivos (Paradowska 2006; Moreno-Casasola 2010). Especialmente en las costas, las partes más bajas de las cuencas, hay una acumulación de contaminantes y azolve producto de la erosión de las tierras altas, que ha producido degradación de los sistemas acuáticos. Muchas de las migraciones poblacionales a las regiones costeras tuvieron lugar como producto del incremento poblacional y de los planes de desarrollo gubernamentales. Por todos estos motivos se deben tomar medidas oportunas, que eviten llevarnos a pérdidas de dimensiones imprevisibles para nuestro planeta. La educación ambiental es parte de la solución a estos problemas (Garrido 1995).

En el presente capítulo se presentan propuestas y métodos de educación ambiental que fueron diseñados para realizarse en varias localidades de la costa veracruzana., enfocándonos a los recursos naturales que hemos estado examinando a lo largo de esta tesis (e.g. tortugas, palmeras, fauna, humedales). En varias de las comunidades donde trabajamos fue la primera vez que se realizaron estas actividades, por lo que comenzamos con pláticas y talleres enfocadas para niños y los padres de los niños, con la finalidad de darles acceso a la información, y que las personas conozcan más sobre los recursos que forman el humedal y las formas en que pueden participar en su cuidado y aprovechamiento sustentable. A la par de estas pláticas y talleres se realizaron actividades demostrativas de tortugas, así como capacitación comunitaria para emprender proyectos productivos relacionados con los humedales. También se ha realizado la difusión de gran parte la información generada en este proyecto dentro y fuera de las comunidades donde trabajamos.

Objetivo:

Promover los talleres, cursos y actividades de educación ambiental en las comunidades rurales y crear un efecto de apropiación y participación en las personas con el fin de manejar de forma sustentable las especies y humedales.

Actividades realizadas:

A. Pláticas

Título: “Conociendo los humedales de mi región”

Publico meta: Niños de 6-12 años

Objetivos:

1. Que los niños aprendan sobre los ecosistemas de humedal, los animales y plantas que viven ahí.
2. Que conozcan la importancia que tiene los humedales, las plantas y los animales.
3. Que sepan cuáles son sus amenazas principales y como podemos conservarlos.

Método.- Se realizaron cuatro pláticas en los salones de clase de dos escuelas primarias, donde previamente se habló con la directora para explicarle el objetivo de nuestro trabajo y agendar una cita. Dos pláticas se ofrecieron en el ejido La Matamba y dos en El Piñonal. Las pláticas fueron divididas por edades, entre niños de 6 y 9 años y enseguida entre niños de 10 y 12 años, esto para utilizar un lenguaje de acuerdo a sus edades. Se habló sobre los ecosistemas de humedal, principalmente de la Laguna El Apompal, que es el sistema de su región. También sobre los animales, las plantas, principalmente de las palmeras que viven en estos humedales y que son un recurso importante para ellos. Se platicó sobre la función de los animales en los humedales y su papel como alimento para las personas así como la utilidad de las palmeras para la elaboración de casas y alimentos. Es importante mencionar que nunca se les dijo que consumir animales es algo malo, ya que en varios casos esta actividad forma parte de sus tradiciones. En cambio se les recomendó platicarles a sus familias sobre los temas tratados y evitar consumir animales muy pequeños para que puedan llegar a la edad reproductiva y así puedan haber más ejemplares o como otra alternativa hacer criaderos de animales para consumo personal o venta legal. Con respecto a las palmeras se aconsejó no talarlas, sino sembrar palmeras en sus terrenos. Se les explicó lo que ellos siendo niños podían hacer para conservar los humedales como por ejemplo evitar tirar basura y matar animales. Después de cada plática se hizo una actividad de preguntas y respuestas, donde se observó una gran participación y entusiasmo por ellos, sobre todo de los varones (Figura 1).

Materiales necesarios:

1. Una presentación en Power Point con información sencilla, poco texto y muchas fotografías y dibujos.
2. Un proyector, un pizarrón, lienzo o pared clara para proyectar.
3. Sillas, mesas, libreta y lápiz.

Resultados esperados

Al final, los niños deberán saber que son los ecosistemas de humedal, que seres viven ahí, su función en el ambiente y que pueden hacer para conservarlos.



Fig. 1. Impartición de pláticas en una primaria del Municipio de Jamapa.

Título: “La vida de las tortugas”

Público meta: Niños de 6-12 años y papás

Objetivos:

1. Que los niños y sus papas aprendan las especies de tortugas de agua dulce que se encuentran en Veracruz.
2. Que conozcan su ciclo de vida y su ambiente.
3. Que conozcan su función en los humedales.
4. Que sepan cuales son sus principales amenazas y que podemos hacer para conservarlas.

Método.- La plática se realizó en un salón de la Estación La Mancha del Instituto de Ecología, A. C., en el marco del Festival de Aves Playeras. Se les platicó a los niños y a sus papás a manera de cuento, sobre la vida de las tortugas de agua dulce utilizando una presentación con dibujos. Se les explicó la importancia de las tortugas y que debemos hacer para ayudar a conservarlas, así como lograr humedales en buen estado (Figura 2).

Materiales necesarios:

1. Una presentación en Power Point con información sencilla y dibujos
2. Un proyector, un pizarrón, lienzo o pared clara para proyectar.
3. Sillas

Resultados esperados

Al final, los niños y papás deberán saber las especies (nombre común) de tortugas que viven en Veracruz, su importancia y ciclo de vida, sus amenazas y que pueden hacer para conservarlas.



Fig. 2. Presentación con dibujos sobre la vida de las tortugas.

B. Demostraciones en vivo

Demostración de tortugas de agua dulce en ejidos de Jamapa

Público meta: Niños y adultos de distintas edades

Objetivos:

1. Que las personas de las comunidades (niños y adultos) conozcan las especies de tortugas que viven en el humedal de su región.
2. Que sepan como identificar entre macho y hembras, edad aproximada y en que hábitat se les encuentra generalmente.
3. Que conozcan el estatus de protección en la que se encuentran según la NOM-059-SEMARNAT-2010: amenazadas, en peligro o protección especial y que pueden hacer para protegerlas.

Método.-Después de hacer capturas en campo en la Laguna Apompal para conocer las especies de tortugas en humedales de los ejidos El Piñonal y la Matamba del Municipio de Jamapa (como parte de la investigación de esta tesis y con el premo previo del ejido), invitamos a los vecinos para que conozcan las especies capturadas que se encuentran en el

humedal de su región y conozcan el trabajo que hacemos con ellas (Figura 3). En total llegaron 10 personas de la comunidad, la mayoría fueron mujeres y niños y estuvieron muy sorprendidos ya que muchos de ellos, no conocían especies o las confundían entre sí. Sobre todo, existía mayor confusión dentro de las tortugas del género *Kinosternon*. Algunas personas tocaron a las tortugas. Se les platicó sobre su ciclo de vida, su forma de reproducción, el estatus de protección en el que se encuentran y lo que podían hacer para protegerlas. También se discutió sobre las especies que se encontraron en muy pocas ocasiones (e.g. *Trachemys venusta* o tortuga pinta) por la sobreexplotación a la que está sujeta y también de las que no se capturaron, sabiendo que la zona está entre sus sitios de distribución (e.g. género *Chelidra* o tortuga lagarto).

Resultados esperados

Al final, las personas deberán distinguir entre especies (nombre común), saber su estatus de protección, diferenciar entre machos y hembras, adultos y juveniles, con la finalidad de crear conciencia y responsabilidad para que las personas vigilen los recursos y puedan llegar a cumplir su ciclo de vida. Asimismo, tratar de no consumir tortugas con huevos para generar mayores individuos de tortugas dentro del humedal.



Fig. 3. Captura de tortugas en el ejido el Piñonal, Jamapa.

C. Taller con juego

Título: “Un paseo por los humedales”

Publico meta: Niños de 6-12 años y papás

Objetivos:

1. Que los niños aprendan que son los ecosistemas de humedal.
2. Que conozcan a los animales y plantas que viven ahí.
3. Que conozcan su función en los humedales.
4. Que sepan como podemos conservarlos.

Método.- En el marco del festival de aves playeras, se realizó un taller al aire libre y se utilizó un lienzo pintado en acrílico de un humedal, donde se encontraban plasmados los manglares, la selva, potreros, la playa, el mar y el pueblo. Se les platicó a los niños sobre los ecosistemas de humedal, así como las plantas y animales que viven ahí. Se hizo una actividad donde se utilizaron figuras de animales y plantas para que ellos pudieran pintar y después ubicar y pegar en el lienzo, según el hábitat que les corresponda. Cuando los niños habían ubicado los sitios para cada animal y planta se les explicó la función de cada uno y que debemos hacer para ayudar a conservarlos y lograr humedales en buen estado (Figura 4).

Materiales necesarios:

1. Un lienzo pintado en acrílico de 2 x 1.80 m.
2. Figuras de animales y plantas.
3. Pinturas de agua y pinceles.
4. Dos bases para pegar el lienzo, una engrapadora e hilo para amarrar.
5. Una mesita y 8 sillas.

Resultados esperados

Al final, los niños deberán saber que son los ecosistemas de humedal, que seres viven ahí, su función en el ambiente y que pueden hacer para conservarlos.



Fig. 4. Juego elaborado para niños sobre los humedales.

D. Capacitación comunitaria

1.-Talleres y cursos para elaboración de artesanías con semillas de árboles y palmeras

Publico meta: Mujeres de distintas edades

Objetivos:

- 1.- Crear un espacio alternativo de actividades productivas usando materiales naturales para la elaboración de artesanías.
- 2.- Promover la participación de las mujeres y sus hijos.
- 3.-Incrementar sus ingresos económicos
- 4.- Crear conciencia ambiental mediante el método “aprender haciendo”.

Método.-Se desarrollaron talleres teóricos-prácticos con mujeres del ejido La Matamba y El Piñonal, Mpio de Jamapa, sobre el uso y aprovechamiento de algunos recursos de los humedales, como son: elaboración de artesanías usando como materia prima el coco (*Cocos nucifera*), el coyol real (*Attalea liebmanii*), coyol redondo (*Acrocomia mexicana*), apachite (*Sabal mexicana*), jícaras (*Crescentia cujete* L., 1753), entre otras semillas y frutos de la región con la finalidad de crear interés en la conservación de estas plantas y crear una alternativa para obtener ingresos económicos. También se realizaron cursos con ONGs y un contador

para que las mujeres aprendan técnicas de mercadeo y cuestiones básicas para manejar sus estados de cuenta y ganancias (Figura 5).

Resultados

De los dos grupos de mujeres que comenzaron con los cursos y talleres, el grupo de la Matamba sigue trabajando. El grupo de mujeres de El Piñonal trabajaron dos años juntas, pero por la migración de algunos miembros del grupo dejaron el proyecto. El grupo de mujeres de la Matamba actualmente están conformadas como Sociedad de Solidaridad Social (SSS), una forma jurídica que les permite vender sus productos y abrirse hacia otras oportunidades. Fabrican artesanías usando una diversidad de semillas, principalmente el coco y han realizado ventas en distintas ferias, festivales, eventos, así como entre su comunidad. También han comenzado una red con otros grupos productores de artesanías.

2.-Apoyo en la formación de un vivero

Publico meta: Mujeres de distintas edades

Objetivos:

- 1.- Promover la participación de las mujeres y sus hijos.
- 3.-Propagar plantas nativas para reforestación de humedales, uso artesanal, comercial y casero.
- 4.- Incrementar sus ingresos económicos
- 5.- Crear conciencia ambiental mediante el método “aprender haciendo”.

Método

Simultáneamente a los talleres de artesanías, se fomentó la creación de un vivero de plantas nativas con mujeres del ejido El Piñonal, cuya función, además de proveer plantas para la reforestación de los humedales, es proveer de materia prima a mediano plazo para su uso y aprovechamiento artesanal, comercial y casero. Para esto, se capacitó a un grupo de mujeres mediante talleres y cursos impartidos por diferentes especialistas en su área, como propagación de semillas, elaboración de semilleros y espacios para siembra, así como cursos para ventas y organización de sus ganancias.

Resultados

El grupo de mujeres que comenzaron con la siembra de plantas nativas para el vivero siguen trabajando con mucho éxito. Actualmente están conformadas como SSS y han logrado ventas a distintas instituciones como CONAFOR, CONAGUA, el municipio de Jamapa, proyectos del Instituto de Ecología, A.C. y particulares.

Estos grupos de mujeres consideran que a través del proyecto han logrado incrementar sus recursos económicos, ampliar sus relaciones humanas, ya que las han visitado muchas personas y grupos, y han asistido a diversos eventos, teniendo un crecimiento personal como mujeres, ampliado sus conocimientos y capacidades para desenvolverse, aprendiendo a convivir y trabajar en grupo, incrementando su autoestima y la del pueblo donde viven.



Fig. 5. Capacitación de mujeres para elaboración de artesanías con semillas.

E. Carteles de difusión

Público meta: Público en general, gente de las comunidades, tomadores de decisiones del gobierno.

Objetivos:

- 1.- Difundir la información recabada de esta tesis.
- 2.- Que las personas de las comunidades valoren y cuiden los recursos naturales.

Método

Se realizaron dos carteles con la información recabada de los temas estudiados para diferentes actividades de difusión. Los carteles informativos han sido llevados a distintos eventos de difusión dentro de centros de investigación y para la comunidad en general. También se han mostrado en eventos gubernamentales del estado de Veracruz y a los representantes municipales de las comunidades estudiadas y se entregaron a la escuela primaria de la región.

Resultados

Esta información ha servido para que las personas de las comunidades vean plasmado su conocimiento, lo que les hace sentir mucho orgullo por sus tradiciones. También para que el público conozca y valore el lado de las comunidades rurales. Ha sido de gran interés para tomadores de decisiones y para financiadores de estudios, lo que se traduce en mayor apoyo técnico y monetario para la obtención de mayores estudios, actividades de manejo y conservación y por ende mayores resultados. Es importante mencionar que el regreso de la información a las comunidades estudiadas, aun se esta llevando a cabo. A continuación, presentamos dos carteles informativos.

Rescatando tradiciones y usos de las palmeras en humedales de Veracruz.



INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.
INECOL



Rosa María González Marín y Patricia Moreno Casasola
Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz, México

Introducción

Las palmeras son un recurso importante en las zonas tropicales. Se encuentran en varios ecosistemas, entre ellos los humedales de las planicies costeras.

Son muy valiosas para la vida silvestre, brindan refugio y alimento a las aves y mamíferos. Cumplen importantes funciones en la costa como barreras contra el viento y huracanes.

Existen varias especies que toleran las inundaciones como: la palma de coyol real (*Attalea liebmanni*), la palma de yagua (*Roystonea dunlapiana*), la palma de apachite (*Sabal mexicana*), entre otras.

En los países tropicales, el uso de las palmeras es una tradición en la vida rural, aunque en la actualidad el conocimiento tradicional sobre usos de palmeras se va olvidando, por ello se requiere de investigación y difusión para que no desaparezca.



Objetivos y Métodos

Para conocer y rescatar las tradiciones y usos de las palmeras en humedales de Veracruz, se efectuaron entrevistas en comunidades de cuatro municipios de la costa Veracruzana (Avarado, Jamapa, Tecoluitla y Tuxpan).

En este trabajo se presentan resultados de dos comunidades: El Piñonal y La Matamba de Jamapa, Veracruz, ya que son donde se utilizan una mayor diversidad de palmeras. Se presenta información sobre la construcción de casas a base de palmeras así como algunas recetas tradicionales elaboradas con frutos de palmeras.



Resultados

Las palmeras en la construcción de casas

En estas comunidades aun hay casas, cocinas y baños elaborados con palmeras y otras especies de plantas. Ejemplo: una casa puede ser techada con hojas de palma real o apachite, las cuales son sostenidas por un armazón de bambú (*Guadua amplexifolia*). Toda esta estructura descansa sobre vigas de apachite o mango (*Mangifera indica*), que a su vez son soportadas por "horcones" que son la base principal de la casa y usualmente son de "cocuite" (*Gliciridia sepium*) y "amarillo" (*Diphysa robinoides*). Las paredes generalmente son de madera de palma de yagua cubiertas de adobe.

El tejido que se realiza para el techado es diferente entre las dos especies de palmera que se utilizan. Las hojas de palma real van dispuestas una sobre otra horizontalmente, a diferencia del apachite que las hojas van ensambladas en el armazón de manera vertical.

Algunas personas entrevistadas poseedoras de estas casas mencionaron contar con diferentes especies de palmeras en sus terrenos, por lo que hacen uso de este recurso cuando van a construir o hacer reparaciones. En estos casos, el costo económico de construcción o renovación de una casa disminuye notablemente.



Así lo mencionó una mujer de El Piñonal:

...teniendo la palmera y la madera, solo la techada salió la cocina en \$3,500 pesos, pues hice un trato con los hombres para lo de la cortada y acarreada del material....Charo, 45 años, Ama de casa.

Una persona sin palmeras en su terreno debe comprar todo el material e incrementa notablemente el costo de la construcción o reparación. Ejemplo: para una cocina de 24 m² de superficie techada con hojas de apachite, se necesita aproximadamente \$10,000 pesos, debido a que requiere de aprox. un millar de hojas (\$500 pesos), dos troncos de la palma de yagua para elaborar el cercado (\$800-1000 pesos cada tronco), cuatro vigas de apachite u otro material (cada tronco en aproximadamente \$800 pesos), un armazón de bambú, así como los horcones que sostendrán la estructura. Además de lo anterior, se añade el costo de la mano de obra, que implica corte, transporte y construcción.



Una casa de palma real es más costosa, ya que el precio de cada hoja es de \$5 pesos y se requieren de 500 hojas (\$2,500 pesos) para techar una superficie de 24 m², además se necesita mayor inversión en mano de obra en comparación con el apachite, debido a la mayor altura de las palmeras, mayor tamaño de las hojas y mayor dificultad en el proceso de corte y preparación de las hojas, sin embargo, esta palmera es más duradera.

Una mujer nos contó:

...Hace 43 años, cuando hice mi casita, tenía madera y palmera, solo compré cañas y la mano de obra y me salió como en \$20,000 pesos...Ahora saldría como en \$50,000 pesos....Felicitas, 80 años, Ama de casa.

Construir una casa a base de tabiques puede costar el doble de lo que costaría una de materiales de origen vegetal con dimensiones similares. A pesar de esto, ha disminuido notablemente la tradición de tener casas de palmera y cada vez son más frecuentes las casas de material no vegetal.



La disminución de palmeras por la tala excesiva para potreros y su alta demanda para construcción de palapas para sitios turísticos ha incrementado el costo de los materiales naturales, asimismo los cambios culturales que trae la migración, son algunas de las causas que mencionan las personas que ha facilitado la disminución de esta tradición. Nos cometan sobre esta situación

...Ya casi no se hacen casas porque toda la gente tumba las palmeras para pastizales y hay poco, y lo poco que hay está muy caro...Además, la gente se va al norte y traen dinero para material de construcción. Eulalia, 45 años, Ama de casa.

A pesar que las casas de material como tabique son más resistentes, las personas mencionaron que la casa de palmera en tiempos de calor es mucho más fresca, sobre todo porque la cocina es donde las mujeres pasan mucho tiempo del día y la familia se reúne después de sus largas jornadas de trabajo.

Además, una casa construida por trabajadores experimentados y con material de buena calidad, puede resistir muchos años y no contienen los compuestos nocivos para la salud que pueden tener las láminas de asbesto y otros productos elaborados.



De Doña Charo y Felicitas: Recetas tradicionales con frutos de palmeras

El uso de frutos de palmeras como alimento es de gran importancia en el fomento de lazos afectivos en la comunidad. Sin embargo, este conocimiento solo lo tienen algunas mujeres con edad y jerarquía, ya que las jóvenes generalmente salen del pueblo a estudiar, trabajar o migran a los Estados Unidos de América, por lo que el proceso en el cual se transmite la información de una generación a otra se pierde, siendo muy pocas las jóvenes que conservan las recetas familiares.

A continuación presentamos algunas recetas tradicionales y deliciosas elaboradas con estos frutos.

Tortillas de coyol real

Ingredientes:

- 1 bote de litro lleno de coyoles reales partidos (ya se le ha quitado la cáscara)
- 2 ½ Kg. de masa de maíz
- 1 Kg. de azúcar

Modo de preparación:

Se muelen los coyoles junto con la masa de maíz, se le agrega azúcar al gusto hasta que quede dulzona la masa. Se torean y ponen en el comal de lado a lado hasta que queden bien doraditas.



Atole de coyol real y redondo

Ingredientes:

- 1 bote de litro lleno de coyoles partidos (ya se le ha quitado la cáscara)
- 1 Kg. de masa de maíz
- 1 a 2 lt. de agua
- 2 a 3 lt. de leche
- Panela o azúcar

Modo de preparación:

Los coyoles se remojan en agua por unas horas y después de muelen. Se revuelven con la masa de maíz. Se bate agregando un poco de agua, se cuele con una servilleta delgada. El bagazo restante se le da a las gallinas como alimento. El agua obtenida se endulza con panela o azúcar al gusto. Se agrega más agua o leche si así se desea. Se pone a hervir con una raja de canela. Rinde 10 litros.

Consideraciones finales

El uso de las palmeras persiste, sin embargo, el conocimiento tradicional ha disminuido en las nuevas generaciones, lo que se debe a diversos factores sociales, culturales y económicos.

Es importante fomentar el uso tradicional y la conservación de las palmeras, sobre todo de las nativas que viven en los humedales, mediante la difusión, educación ambiental, programas de cultivo, manejo y aprovechamiento sustentable de palmeras, entre otros materiales naturales, para que no desaparezca tanto el conocimiento tradicional como las especies.

Bibliografía

- Ellison, A. 2004. Wetlands of Central America. *Wetlands Ecology and Management* 12: 3-55.
- Myers, R. L. 1990. Palm Swamps. In: *Forested Wetlands. Ecosystems of the World*, 15. Elsevier Science Publishing Co., New York. p 267-286.
- Tarrés, M. L. 2004. *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. Ed. FLACSO. México, 407 pp.

Agradecimientos

A los pobladores de Jamapa por su amabilidad y colaboración en la elaboración de este estudio.

Rescatando el conocimiento y los usos de la fauna silvestre en humedales de Veracruz.

Rosa María González Marín y Patricia Moreno Casasola
Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz, México



Introducción

Los humedales son un ecosistema con gran diversidad de fauna silvestre ya que les brinda refugio, agua y alimento. Podemos encontrar una gran variedad de peces, reptiles, aves y mamíferos en las zonas de humedales.

La fauna silvestre es un recurso importante que en muchos países tropicales, como México, se utiliza principalmente como alimento.

El uso de la fauna silvestre se encuentra entre las tradiciones de las personas, principalmente en el medio rural, aunque en la actualidad, tanto el conocimiento de su utilidad como las especies, se están perdiendo, por ello se requiere de investigación, difusión y estrategias de conservación y manejo para que no desaparezcan.



Las aves más usadas para comer y vender son: Los patos (pichichís), loros y pericos

Objetivos y Métodos

Conocer y rescatar los usos de la fauna silvestre en humedales de Veracruz, mediante entrevistas en comunidades de cuatro municipios de la costa Veracruzana (Alvarado, Jamapa, Tecolutla y Tuxpan).

En este trabajo se presentan resultados de dos comunidades: El Piñonal y La Matamba de Jamapa, Veracruz. Se presenta información sobre las especies más utilizadas, el tipo de uso más frecuente, la abundancia de las especies y las principales causas de la disminución de la fauna, según la percepción de los entrevistados.



Los reptiles más usados para comer y vender son: El guaruso o tres lomos, la chachagua, la tortuga y las iguanas

Resultados

En esta zona, la fauna silvestre es utilizada principalmente para alimento, venta y mascota. En la tabla podemos ver las especies mayormente utilizadas:

Especie	Nombre local	Uso	Parte usada	Abundancia según las personas
Reptiles				
<i>Syurotypus triporcatus</i>	Guaruso o tres lomos	Alimento Comercio	Carne	Común
<i>Kinosternon leucostomum</i>	Chachagua	Alimento	Carne	Común
<i>Trachemys venusta</i>	Tortuga	Alimento	Carne y huevos	Común
<i>Iguana iguana</i>	Iguana	Alimento	Carne y huevos	Común
Aves				
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pichichi	Alimento	Carne	Común
<i>Amazona autumnalis</i>	Loro	Comercio Mascota	Animal vivo	Raro
<i>Aratinga nana</i>	Perico	Comercio Mascota	Animal vivo	Raro
Mamíferos				
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo	Alimento Comercio	Carne	Abundante
<i>Dasylops novemcinctus</i>	Toche	Alimento Comercio	Carne	Raro
<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla	Alimento Comercio Mascota	Carne Animal vivo	Abundante



Los mamíferos más usadas para comer y vender son: Los conejos, toches y ardillas

Principales causas de la disminución de la fauna silvestre de los humedales

- 1.- Contaminación del agua
- 2.- Sobreexplotación de la fauna (cacería furtiva y de subsistencia)
- 3.- Tala inmoderada (pérdida de refugios)
- 4.- Disturbios naturales (inundaciones, huracanes)

¿Qué estamos haciendo para mejorar?

Educación ambiental con los niños en las escuelas con el fin de concientizar sobre la importancia de los recursos naturales.

Talleres para lograr alternativas de trabajo y mejorar el ambiente: grupos de mujeres artesanas y reforestación con mujeres del vivero



Consideraciones finales

La fauna silvestre sigue siendo utilizada en las comunidades de Jamapa, el alimento es el uso principal. Sin embargo, a pesar que las personas mencionen que hay especies muy comunes que otras, la sobreexplotación, contaminación, tala inmoderada, entre otras causas, están disminuyendo sus poblaciones de forma preocupante.

Es necesario que las personas tomen conciencia que la sobreexplotación de la fauna y los recursos en general pueden conducir a la extinción de estos, quedándose sin esta opción de alimento, además que las siguientes generaciones no podrán conocerlos ni disfrutarlos. Asimismo, es necesario la creación de alternativas de manejo y aprovechamiento sustentable como criaderos de fauna silvestre o UMAS de especies como tortugas, iguanas, conejos, que permitan a las poblaciones animales recuperarse, así como obtener beneficios económicos. Para esto, debe haber mayor interés y vinculación de las instituciones de gobierno y educativas en las costumbres y necesidades de las comunidades rurales, para realmente lograr resultados que a corto o mediano plazo beneficie tanto a las personas como al hermoso ecosistema de humedal.

Bibliografía

- Moreno-Casasola, P. 2008. Los Humedales en México: Tendencias y Oportunidades. Cuadernos de Biodiversidad. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad. Universidad de Alicante, 28: 10-18.
- Ojasti, J. 1993. Utilización de la Fauna Silvestre en América Latina. Situación y Perspectivas para el Manejo Sostenible. FAO. Pp. 8-47.
- Robinson, J. y K. Redford. 1992. Neotropical wildlife use and conservation. Science, 257: 111-112.
- Tarrés, M. L. 2004. *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. Ed. FLACSO. México. 407 pp.



Agradecimientos

A los pobladores de La Matamba y El Piñonal por su amabilidad y colaboración en la elaboración de este estudio.

Discusión

Las principales metas de educación ambiental son crear conciencia, conocimientos, comportamientos, aptitudes y participación (Viesca 2000). Esto lo estamos logrando mediante las actividades realizadas en las comunidades rurales de la planicie costera veracruzana. Difundimos el conocimiento y creamos conciencia con información real y actual de los recursos naturales de la propia comunidad mediante las pláticas, talleres y material de difusión. Por medio de la creación de proyectos productivos cambiamos comportamientos, realzamos aptitudes y fomentamos la participación en el manejo y conservación de humedales. Las actividades con los niños y adultos buscan generar experiencias que permitan modificar conductas bajo el precepto de “aprender haciendo”. En este camino, la estrategia aprender haciendo, propuesta por Pesci *et al.* (2007) es una herramienta extraordinaria de educación ambiental.

Es necesario hacer notar que existe una separación de género pronunciada en la percepción ambiental y manejo de los recursos. En las escuelas, los varones son más participativos con ejemplos de situaciones que tienen que ver con los humedales, la fauna o las plantas (González-Marín *Obs. Pers*). Esto posiblemente se debe a que desde temprana edad, los roles en las actividades entre hombres y mujeres difieren. Los padres llevan a los varones a las milpas, a la pesca o actividades en el campo, lo que les permite tener un mayor conocimiento de su entorno (Zarger 2002). En el caso de las niñas, muy pocas participan en actividades del campo, generalmente se quedan en casa ayudando a mamá en las labores del hogar. Esto se notó con su tímida participación en las pláticas de las escuelas acerca de los recursos de los humedales, aunque también mostraron gran curiosidad por los temas. Menciona Moreno-Casasola (2010) en el caso de Actopan, Veracruz –las niñas no tienen oportunidad de realizar visitas alrededor de los humedales, ni de tocar plantas y animales de la zona. Cartró Sabaté (2011) encontró también algo similar en un estudio sobre percepciones ambientales de niños y niñas en la zona maya, donde las niñas dibujaban menos animales nativos de la selva. En la demostración de tortugas que se realizó, la mayoría de las personas que acudieron a la invitación fueron mujeres con sus hijos. Ellas mostraron una gran curiosidad por ver lo que habíamos traído del humedal. Las mujeres adultas conocen los recursos que se encuentran en el humedal, principalmente los que sirven para alimento, pues ellas son las encargadas de prepararlos, como es el caso de las tortugas o semillas de palmeras (González-Marín 2012). Pero sí existe una pronunciada diferencia entre lo que platica un hombre sobre los humedales y la fauna, ellos tienen mayor conocimiento de las especies que se pueden encontrar, a diferencia de las mujeres que generalmente conocen lo que los

esposos les llevan para preparar. De hecho algunas de ellas nunca han ido al humedal de su localidad y esto lo pudimos notar en el primer capítulo sobre percepciones ambientales.

En la mayoría de los hogares de nuestro país, las mujeres son las que se quedan en casa con los hijos o aunque trabajen fuera del hogar, son las que llevan la mayor parte de su educación, los hombres generalmente salen a trabajar. Asimismo, existe una gran cantidad de profesores del sexo femenino a cargo de la educación básica en las escuelas donde un niño puede aprender valores y ética ambiental (de Castro Cuellar *et al.* 2009). De ahí la necesidad primordial de hacer programas de educación ambiental y manejo de ecosistemas que involucren mujeres, como es el caso de los grupos de mujeres artesanas y del vivero. Que éstas creen conciencia y se hagan participativas, ya que son las que pasarán los nuevos conocimientos y actitudes a sus hijos (Moreno-Casasola *et al.* 2003). Es necesario también trabajar más con los jóvenes, y esto no elimina a los adultos mayores de sus responsabilidades con el ambiente (CONFINTEA 1997). Sin embargo, los jóvenes tienen menos vicios y actualmente están enredados en las redes sociales, lo que abre nuevas posibilidades de métodos de aprendizaje e involucramiento en actividades para el manejo y conservación de ecosistemas (ACA y CONAMA 2010).

Todo este trabajo nos ha dado gran experiencia para realizar más actividades con las comunidades locales. Pero para alcanzar esta conciencia ambiental es importante que los gobiernos locales se involucren y los programas de educación básica estén definidos con base en las prioridades, las características particulares y la identidad cultural de la región (Castillo 1999). Asimismo, debe haber coherencia entre los estudios que realizan los investigadores, es decir, la generación de conocimientos ecológicos que consideren la problemática ambiental actual y no solo eso; para que ésta sea útil a la sociedad la producción de conocimiento científico debe ser comunicada eficientemente hacia ella (Lubchenco *et al.* 1991). Menciona Castillo (1999) que la colaboración de grupos de educadores ambientales en las instituciones de investigación, las ONG y organizaciones productivas crearían un escenario más favorable para el mejor y más eficiente intercambio de información entre sectores. Así, los investigadores podrían conocer las necesidades de investigación para la atención de problemas específicos y, de esta manera, incorporarlos a sus proyectos de investigación. Por otro lado, tanto las ONG como las organizaciones de productores estarían en mejores condiciones para aprovechar la información generada en las instituciones de investigación. Por nuestra parte, aun seguimos trabajando en el regreso de la información a las comunidades, generada en esta tesis, el cual es uno de los pasos más importantes para crear esa apropiación y manejo de los recursos naturales. Falta hacer reuniones con el ejido para retroalimentar y

evaluar lo ya logrado, también materiales que sean de mayor acceso y fácil entendimiento para los pobladores locales (e.g. cuadernillos informativos, cuentos, juegos), para que entonces, las propuestas que han surgido, con base en la información generada, se conviertan en acciones que lleguen a verse reflejadas en sus vidas.

Conclusión

La información generada en esta tesis sobre usos, palmeras, tortugas, fauna, ha permitido sentar las bases para plantear prácticas adecuadas de educación ambiental que pueda integrarse al manejo de los humedales. Con la estrategia aprender haciendo, los resultados no se ven en el momento, hay que seguir trabajando de manera conjunta con las comunidades, gobierno, instituciones de investigación y ONGs. Es un proceso largo pero seguro y el único que podrá dar alternativas a futuro, tanto para los propios pobladores de la zona como para la sociedad en general.

Reflexionando un encuentro con un niño de La Matamba

Juanito salió a matar una iguana

Juanito, es un niño que va a la primaria del ejido La Matamba. Hoy me lo encontré en el monte cazando una iguana y le pregunte: *...¿porque no estás en la escuela?... ¿no escuchaste la plática de los animales y que hay que cuidarlos?...*

Y el contestó: *...Hoy no fui a la escuela....mi papá me mando a agarrar una iguana para comer...ni modos que le diga que no...Juanito, 8 años, Ejido La Matamba.*



Agradecimientos

A las personas de las comunidades por su apertura hacia nosotros y nuestro trabajo. A Alejandro Castro por su gran apoyo en las pláticas y talleres realizados. A Abraham Juárez por su invitación a participar en la capacitación de los grupos de mujeres artesanas y del vivero. Este trabajo fue posible gracias a una beca doctoral (46372) del CONACyT otorgada a la primera autora. El soporte económico y logístico fue brindado por el International Tropical Timber Organization PD 349/05 Rev.2 (F) y PD RED-PD 045/11 Rev.2 (M), y por el Instituto de Ecología A.C. (902-17).

Referencias

- Asociación de Ciencias Ambientales (ACA) y Fundación CONAMA. 2010. Cómo usar las redes sociales para actuar en medio ambiente. (GT-7). Congreso Nacional del Medio Ambiente. [online] URL: <http://www.conama10.vsf.es/download/bancorecursos/GT-7.pdf>. (Fecha de acceso septiembre 22, 2012).
- Calvo, S. y J. Gutiérrez. 2007. El espejismo de la educación ambiental. Madrid, Morata (Colección Razones y Propuestas Educativas 16).
- Castillo, A. 1999. La educación ambiental y las instituciones de investigación ecológica. Hacia una ciencia con responsabilidad social. *Tópicos en Educación Ambiental* 1(1): 35-46.
- Castillo, A. y E. González Gaudiano. 2010. La educación ambiental para el manejo de ecosistemas: el papel de la investigación científica en la construcción de una nueva vertiente educativa. Pp. 9-33. En: Castillo, A. y González Gaudiano, E. (Coord). Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos, Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Cartró Sabaté, M. M., I. Ruiz Mallén, M. E. Méndez López. 2011. Estudio comparativo de conocimientos y percepciones ambientales sobre la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an entre estudiantes de primaria de comunidades maya, México
Universitat Autònoma de Barcelona. Facultat de Ciències [online] URL: http://ddd.uab.cat/pub/treecpro/2011/hdl_2072_171215/PFC_MariaMarCartroSabate_resum.pdf (Fecha de acceso Septiembre 22, 2012)
- CONABIO. 2000. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx>.
- CONFINTEA. 1997. Quinta conferencia Internacional de Educación de las Personas Adultas. Instituto de la UNESCO para la educación, Hamburgo, Alemania. [online] URL: http://www.unesco.org/education/uie/confintea/pdf/6a_span.pdf (Fecha de acceso Septiembre 22, 2012).
- de Castro Cuéllar, A., J. L. Cruz Burguete y L. Ruiz-Montoya. 2009. Educar con ética y valores ambientales para conservar la naturaleza. *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*, 16 (50). [online] URL: <http://www.scielo.org.mx/pdf/conver/v16n50/v16n50a14.pdf> (Fecha de acceso, Septiembre 22, 2012).

- Garrido, C. F. 1995. Antecedentes Históricos de la Educación Ambiental: La Antigüedad Clásica. *Revista Complutense de Educación*. Universidad Complutense de Madrid, 2: 2.
- Greenall Gough, A. 1997. Education and the environment policy, trends and the problems of marginalisation. Melbourne, Australian Council for Educational Research (Australian education review, 39).
- Linke, R. D. 1980. Environmental education in Australia., Allen y Unwin, Sydney.
- Lubchenco, J., A.M. Olson, L.B. Brubaker, S. R. Carpenter y M.M. Holland. 1991. The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda. *Ecology*, 72: 371-412.
- Moreno-Casasola, P., B. Gea-González, G. Salinas-Pulido y A. Juárez. 2003. Un modelo participativo para el manejo y conservación de los recursos: espacios de acción para la mujer de zonas rurales. Pp. 277-294. En: Género y medio ambiente. Tuñón Pablos, E. (Corrd.). Ecosur, SEMARNAT y Plaza y Valdes Editores.
- Moreno-Casasola, P. 2010. La educación ambiental como un instrumento hacia la creación de un desarrollo costero sustentable. Pp. 35-70. En: Castillo, A. y González Gaudiano, E. (Coordinadores). Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos, Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Paradowska, K. 2006. El poblamiento y el territorio. 35-64. En: P. Moreno-Casasola (Ed.). Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa.
- Pesci, R., J. Pérez y L. Pesci (Eds.). 2007. *Proyectar la sustentabilidad. Enfoque y metodología de FLACAM para proyectos de sustentabilidad*. Editorial CEPA, Argentina.
- Viesca A.M. 2000. Calidad de vida, medio ambiente y educación en el medio rural. El colegio de Michoacán: UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. 336p.
- Zarger, R.K. 2002. Acquisition and Transmission of Subsistence Knowledge by Q'eqchi' Maya in Belice. Pp. 604-613. En: *Ethnobiology and Biocultural Diversity*. Wyndham, F.S. Zarger, R.K. y Stepp, J.R. (Eds). Athens: University of Georgia Press.

CAPÍTULO IX

Discusión y conclusiones generales

9. Discusión y conclusiones generales

En las últimas décadas, los conservacionistas y manejadores de recursos naturales se han dado cuenta de las deficiencias que existen en los enfoques de conservación basados en la exclusión y la protección (Utting 1993). Dichos enfoques han dado lugar a graves impactos sociales debido al desplazamiento de pueblos indígenas y no indígenas o por causa de la reducción de las actividades de subsistencia y productivas de las que dependen dichos pueblos (Brockington y Schmidt-Soltau 2004). Asimismo, con frecuencia representan un importante costo de oportunidad para los países en desarrollo debido a la prohibición del uso de los recursos y la falta de alternativas productivas que involucren la conservación y el aprovechamiento sustentable de un ecosistema, en este caso, los humedales.

Existen pocos ecosistemas en todo el mundo en donde hay la necesidad de conciliar los objetivos de la conservación con los del desarrollo, como son los humedales. Este ecosistema es de gran importancia mundial ya que como se ha mencionado anteriormente proporcionan muchos beneficios al ser humano y al planeta ya que suministra agua, regula el flujo de las corrientes de agua y las inundaciones, protege contra la erosión provocada por el mar, retiene sedimentos, nutrimentos y tóxicos, provee productos animales y vegetales, produce energía como carbón y leña, además de que tienen importancia paisajística y estética (Tabilo-Valdivieso 1999).

En esta investigación, muchas especies de plantas y animales que tienen su origen en los humedales mostraron un gran potencial para contribuir al desarrollo sustentable de los humedales (véase el Capítulo 1, 2, 3 y 4). Se ha visto en estos capítulos que los recursos que integran los humedales (las palmeras y la fauna silvestre) son muy importantes para el sustento de la población local, tanto como fuente de productos, tales como madera, frutos y carne, como de servicios ambientales, tales como oxígeno y regulación de la temperatura y aún desde el punto de vista cultural. En muchos casos, estos usos han sido vinculados con la deforestación, la cacería excesiva y la degradación del ecosistema del humedal sobre gran parte de su área de distribución natural. Así mismo, factores exógenos, incluyendo reducción de hábitat por cambio de uso del suelo y contaminación, influyen en el ecosistema. Todo esto reduce su valor de conservación a nivel mundial y al mismo tiempo aumentando la vulnerabilidad de los sistemas de soporte de los medios de vida de la población local.

Sin embargo, al poner restricciones más severas sobre las actividades de la población local, a fin de conservar los recursos de un ecosistema, se correría el riesgo de comprometer aún más su ya frágil sistema de sustento en el corto plazo (Barrance *et al.* 2009). Por lo tanto, existe una clara necesidad de contar con estrategias eficaces y sostenibles para el manejo de

los recursos, que contribuyan activamente a la conservación y al mismo tiempo, sean compatibles con las necesidades inmediatas de la población local y estén basadas en la participación de las propias comunidades.

Asimismo, estudios sobre el comportamiento de especies clave del humedal, tortugas de agua dulce y palmeras (ver capítulos 5 y 6), contribuyeron al conocimiento sobre la viabilidad biológica de estas especies, los cuales son de gran relevancia al proponer y desarrollar proyectos productivos sustentables. Por ello este estudio es de gran importancia, ya que es uno de los primeros en Veracruz que integran la percepción y uso de los recursos naturales por comunidades rurales, así como su relación con especies clave del humedal y el análisis del comportamiento de estas especies clave.

La visión integral desarrollada en este proyecto, aunado al trabajo que otros miembros del grupo han realizado, permitió formar grupos comunitarios para la creación de un vivero de plantas nativas que actualmente produce árboles de humedales para restauración y reforestación para CONAGUA, CONAFOR y particulares, así como un grupo de mujeres que elaboran artesanías con semillas de plantas nativas. Ambos grupos participan activamente en la conservación y reforestación de la zona.

En las siguientes secciones se discuten las temáticas que fueron abordadas a lo largo de esta tesis y concluyen los aspectos más relevantes.

Percepciones ambientales por habitantes de los humedales en la planicie costera veracruzana.

En esta sección, se analizó como los habitantes del humedal perciben el humedal y los recursos naturales que ahí se encuentran. Al respecto, ellos mencionaron que este ambiente ha cambiado a través del tiempo y que esto ha influido en sus vidas. Aunque ellos identifican una serie de factores internos (tala de árboles y cacería) que influyen en el humedal, desde la perspectiva de los pobladores, son los factores externos (e. g. contaminación del agua por industrias) los que ellos consideran están contribuyendo más a la degradación del humedal. En este sentido, es importante notar que las personas construyen pensamientos individuales o colectivos para interpretar el mundo y reflexionan sobre su situación y la de los demás (Vasilachis de Gialdino 2000), pero que contrastan con la realidad social, la cual está determinada por factores económicos, culturales y sociales (Durkheim 1993). Dicho de otra forma, el discurso fue comúnmente distinto de la realidad y en ocasiones contradictorio. Lo anterior ocurre porque las personas solamente visualizan los efectos negativos que provienen del exterior pero pocas veces, se visualizan como partícipes de ello. Esto lo pudimos

evidenciar en algunas entrevistas en varias de las comunidades estudiadas, donde las personas mencionaban que la “gente” que lavaba su ropa en los arroyos, y por eso la Laguna estaba contaminada, ya que llegaban los residuos de detergente. Respecto a este ejemplo, pudimos observar, que las personas que nos comentaron sobre esto, también lavaban su ropa en el arroyo con detergente. Entonces, ¿quién es la “gente”? En este sentido, los individuos no se visualizan como participantes activos de la contaminación y no ven el daño que pueden estar provocando con sus actividades, sin embargo, es fácil percibir el daño cuando se trata de otras personas.

En algunas de las localidades estudiadas observamos interés de las personas por desarrollar actividades de conservación y restauración del humedal, ya que este ecosistema es percibido como el lugar donde realizan sus actividades productivas y obtienen alimento, materiales para construcción, así como algunos servicios ambientales, como oxígeno. Sin embargo, para que estas actividades sean posibles, urge una mayor vinculación entre las comunidades rurales y los sectores académico, gubernamental y privado (Castillo 2000; López-Medellín *et al.* 2011), de tal manera que se atiendan las necesidades básicas de la población (alimento, vestido, casa, educación) y se generen alternativas productivas que repercutan en un manejo sustentable de los humedales y que garantice la provisión de servicios ambientales en las zonas rurales, base de una mejor calidad de vida.

De esta sección, concluimos que, los humedales son de gran importancia para las comunidades rurales porque les proporciona alimento, materiales para construcción, oxígeno y aire fresco. Existen varios factores que están afectando su conservación como la contaminación de agua, la sobreexplotación de la fauna y pescado y la tala de árboles. Existe interés de las personas por desarrollar actividades de conservación y restauración del humedal junto con los científicos y el sector gobierno, pero para que estas actividades sean posibles, urge una mayor vinculación entre todos los actores involucrados (comunidades rurales, científicos, gobierno, sector privado), y se generen alternativas productivas que beneficien económicamente a las comunidades, repercutan en un manejo sustentable de los humedales y que garantice la provisión de servicios ambientales.

Uso tradicional de especies de flora y fauna de los humedales

En los estudios enfocados en el uso de las palmeras, se comprobó que se usan todas las especies presentes en el humedal. Aunque la especie más utilizada en todos los municipios fue *Cocos nucifera*, una especie exótica, las especies nativas, fueron frecuentemente utilizadas, indicando que son especies clave para los pobladores de los humedales. Tal fue el

caso de *Sabal mexicana* y en algunos sitios también *Attalea liebmannii*. Las palmeras *Roystonea dunlapiana* y *Acrocomia aculeata* fueron las menos usadas. Estas especies son nativas y ofrecen una cantidad de productos (hojas, frutos, tallos), además que toleran la inundación de los humedales, por lo que el uso y manejo sustentable de estas especies son prioridad para elaborar programas de conservación de humedales y propuestas de alternativas productivas sustentables.

Se pudo también comprobar, que el uso tradicional de las palmeras ha decrecido por diversas razones, destacando los cambios culturales, resultado de la migración y la globalización. Este cambio ha ocurrido también con el uso de otras especies vegetales, ante estos cambios (Bennett y Balvanera 2007).

Además del contexto cultural, una de las principales razones por la cual el uso de las especies nativas de palmeras ha decrecido ha sido por el cambio del uso de suelo, ya que grandes extensiones de humedales han sido convertidos en potreros y campos de cultivo en el mejor de los casos y centros urbanos en el peor de ellos (Moreno-Casasola 2006). Asimismo, el tiempo en que tardan en desarrollarse estas especies (llegar a la edad de cosecha) es muy lenta. En el caso de *S. mexicana* es de aproximadamente cuatro años y puede cosecharse la hoja cada año; *A. liebmannii* siete años y su hoja puede ser cosechada cada dos años; *R. dunlapiana* tarda en llegar a la madurez 15 años, que es cuando puede ser cosechado el tallo. Esto puede resultar desalentador para los pobladores locales (González-Marín *et al.* 2012^b). Por lo que tienen que competir con otro tipo de cultivos, como por ejemplo el coco, que madura en menos de dos años y el fruto puede ser cosechado cada dos meses (Granados-Sánchez y López-Ríos 2002).

En estos estudios también comprobamos que las partes mayormente utilizadas de las palmeras son las hojas y los frutos. Las hojas son usadas principalmente para la elaboración de casas y los frutos para alimentos. Es por ellos que las palmeras son valoradas principalmente como recursos de aprovisionamiento por las poblaciones locales.

Es importante notar que el uso de las palmeras para la construcción de casas viene acompañado del uso de otros materiales naturales, involucrando hasta cinco especies de plantas. Sin embargo, el uso de materiales naturales para la construcción ha disminuido por diversas razones, que van desde la disminución de las poblaciones de palmeras y otras especies de las cuales se obtienen los recursos, hasta el cambio en los usos y costumbres de la población (Kahn F. 1988; Caballero-Nieto *et al.* 2001).

También, la elaboración de alimentos a través de estas palmeras ha caído fuertemente en el desuso, al grado que solamente se mantienen en la memoria de mujeres de la tercera

edad. Desde una perspectiva cultural, resulta grande la pérdida de estas tradiciones. Desde el punto de vista ecológico, la pérdida de los conocimientos tradicionales es de suma importancia, ya que si no existe aprecio, conocimiento y uso de los recursos de los humedales, entonces no puede haber interés en su conservación y como consecuencia, estos recursos estarían destinados a desaparecer (Barrance *et al.* 2009). Por ello es fundamental que el conocimiento tradicional se mantenga y sea incentivado de tal manera que las personas sigan realizando sus prácticas, para que entonces aprecien los recursos naturales y tenga el interés en conservarlos.

Desde la perspectiva de los servicios ambientales que la vegetación proporciona, las palmeras son un recurso clave en los humedales, ya que son un elemento dominante en el paisaje costero del Golfo de México, por lo tanto los esfuerzos de restauración deberán estar enfocados al establecimiento de especies nativas de plantas, pero particularmente de las palmeras (González-Marín *et al.* 2012^a). Evidentemente estas actividades deberán estar acompañadas de acciones de concientización de la población, sobre los servicios ecosistémicos que proporcionan y la importancia de estos recursos. De esta manera, se podrían contrarrestar los efectos que tiene la ganadería a nivel local y el calentamiento global a nivel mundial.

Adicionalmente hay que tomar en cuenta que los suelos de humedales son considerados poco aptos para la agricultura convencional (Kahn 1991) y por ello es importante usar especies nativas que tengan un aprovechamiento, y de esta manera revalorar económicamente este ecosistema.

Finalmente, es necesario promover el uso y cultivo tradicional de las palmeras debido al gran potencial que tienen en la construcción de casas y como alimento, así como artesanal. Estas iniciativas son indispensables debido a que promueven el interés y orgullo de los pobladores locales, por usar los recursos de los humedales en una manera conciente y responsable.

Respecto a la fauna silvestre, es un recurso importante para los usuarios internos (que viven dentro del propio humedal, i.e. Alvarado) y externos (que viven fuera del humedal pero utilizan sus recursos) de los humedales. También, en este caso, las tradiciones y costumbres juegan un papel importante, debido a que estos influyen en los grupos taxonómicos sobre los cuales hacen uso. Algo similar ocurre con el uso de palmeras en la región (González-Marín *et al.* 2012^{a,b}), y también ha sido reportado en estudios realizados en otras regiones neotropicales (Jorgenson 1995).

Es importante notar que hay una diferencia marcada entre usuarios internos y externos respecto al uso de la fauna silvestre. Al parecer esto ha sido influenciado por cuestiones geográficas, económicas y sociales. Esto es algo que a nivel mundial ocurre en diversas actividades, por la influencia de diversos factores externos (Orams 2002; Guiling 2009). Evidentemente, la influencia de factores externos como la cercanía a grandes ciudades y la presencia de turistas, juegan un papel importante en el uso de la fauna silvestre. Por un lado, las personas que viven fuera del humedal tienden a usar menos frecuentemente los recursos del humedal como alimento, aunque esto origina que otros usos se incrementen, como es el caso del comercio o uso como mascotas. Asimismo, hay aumento de actividades como es el caso de la ganadería extensiva, que ocasionan la reducción del hábitat natural de las especies nativas e influyen en el cambio climático (Calle-Díaz y Murgueitio 2008; Jiménez *et al.* 2010). Lo anterior, además de ocasionar un uso excesivo y de degradación de los recursos naturales y del propio ecosistema de humedales, tiene consecuencias a escalas regionales y globales, como es el caso del cambio climático.

También el origen de la población tiene un papel decisivo en el uso de la fauna silvestre, ya que la mayoría de las personas que habitan la planicie costera veracruzana, provienen de otras regiones del estado y del país. El hecho de ser una mezcla de varias culturas (Gonzalez-Jácome 1999), hace que hayan adquirido, pero también perdido, ciertos conocimientos sobre los ecosistemas y los recursos naturales, y no hagan un uso sustentable de estos (Hoffmann 1994). Por ejemplo, en el caso de los Mayas, Lacandones y grupos indígenas de la región del Amazona, al cazar animales, suelen ser más respetuosos con los tamaños de los individuos (no suelen cazar individuos demasiado pequeños), así como con las temporadas reproductivas de los animales (Robinson y Redford 1991; Terán y Rasmussen 1994; Naranjo *et al.* 2004).

Asimismo, en comunidades, donde las personas viven en los humedales utilizan mayor diversidad de especies y con más frecuencia a diferencia de los que viven a los alrededores que usan menos diversidad y con menos frecuencia. Sin embargo, un punto de coincidencia en ambos grupos, es que no hacen un uso sustentable de la fauna silvestre. El beneficio inmediato se ha vuelto prioritario sobre una visión de futuro que busque mantener los recursos para continuar utilizandolos (Moreno-Casasola y Paradowska 2009).

En este sentido, se pudieron identificar una serie de problemas que afectan las poblaciones de fauna silvestre, como son la cacería, deforestación y la contaminación del agua y del suelo, como lo mencionaron los pobladores de las comunidades rurales. Es por ello que se requiere del desarrollo de estrategias que permitan el mantenimiento y recuperación de la

fauna silvestre, que por una parte beneficiará a la población, permitiendo seguridad alimentaria, pero también permitirá enfrentar los efectos del cambio climático, como son sequías, inundaciones y huracanes.

Respecto a esta sección, concluimos que tanto las palmeras como la fauna silvestre son un recurso importante en la satisfacción de necesidades humanas ya que brindan materiales para construcción, así como alimento. Es importante fomentar el uso tradicional y la conservación de las palmeras en las comunidades rurales, sobre todo de las nativas, mediante la difusión, educación ambiental, programas de cultivo, manejo y aprovechamiento sustentable de palmeras, entre otros materiales naturales, para que no desaparezca tanto el conocimiento tradicional como las especies. Asimismo, deben crearse alternativas de manejo y aprovechamiento sustentable como criaderos de fauna silvestre o UMAS de especies nativas, ya podrían permitir a las poblaciones animales recuperarse, así como obtener beneficios económicos. Esto podría beneficiar la seguridad alimentaria para las familias locales, así como reducir la presión de los recursos naturales de los humedales.

Ecología de especies clave de humedales

Dentro del estudio sobre especies clave de los humedales, se determinaron las especies de tortugas que habitan en dos humedales de la planicie costera veracruzana, así como su asociación espacial y temporal con diferentes microhábitats de los propios humedales. Se encontró que El Apompal (humedal de Jamapa) fue el más rico en especies, probablemente por su ubicación biogeográfica, ya que se encuentra dentro de la región neotropical (Ippi y Flores 2001). Ciénaga tuvo menos especies de tortugas, pero hubo capturas de otras especies de reptiles y anfibios importantes como *Crocodylus moreletii* y *Siren intermedia*, ambas en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Por otra parte, la estructura poblacional de las especies más abundantes (*Kinosternum leucostomum*, *Trachemys venusta* y *K. herreraei*) estuvieron dominados por adultos y subadultos. Estos resultados, son relevantes, debido a que refleja poblaciones estables, como ha sido mencionado por varios autores para otras regiones (Berry 1976; Cázares 2006). Ahora bien, a nivel de microhábitat, se comprobó que *T. venusta*, presenta variaciones importantes en su estructura poblacional, predominando los individuos juveniles, posiblemente por el efecto de factores como la cacería y degradación del hábitat, esto se notó mucho más en Ciénaga, mientras que en El Apompal predominaron los individuos adultos.

Otro aspecto importante que se probó en este estudio es que las poblaciones de tortugas son muy dinámicas y usan diferentes microhábitats a lo largo de una misma estación

del año. Por ejemplo, para *T. venusta* y *K. herrerae*, los potreros inundables fueron el microhábitat más utilizado durante el periodo de mayor inundación. Al parecer, la asociación de las tortugas dulceacuícolas al microhábitat esta determinada por las características de éstos (tales como la presencia de especies de plantas dominantes, la profundidad del agua y la cobertura de herbáceas) y los requerimientos de alimentación y refugio durante los diferentes estadios de vida de los quelonios. Lo anterior ha sido mencionado para tortugas dulceacuícolas en diferentes ambientes (Harrel *et al.* 1996; Beaudry *et al.* 2009; Bodie y Semlitsch 2000).

En los dos humedales estudiados, el consumo de tortugas dulceacuícolas es frecuente, al grado que algunas especies han sido sobreexplotadas (*T. venusta*), principalmente en El Apompal. La cría legal de tortugas, junto con acciones de restauración y conservación de humedales, para proteger áreas específicas, podría ayudar a recuperar las poblaciones de tortugas y además tener una alternativa económica sustentable para las familias locales.

Respecto al estudio de las palmeras, se determinaron las diferencias en la abundancia de plántulas de palmeras bajo la copa de la palmera madre y en el exterior para *A. liebmanni*, *S. mexicana* y *R. dunlapiana* y también se hizo una evaluación de algunas variables fisicoquímicas que podrían explicar esas diferencias (e. g. cantidad de luz y contenido de agua del suelo). Estas palmeras son nativas de la región, una de ellas exclusiva de humedales y son de gran importancia económica en el Golfo de México. Sin embargo, los humedales donde se distribuyen han sido transformados en pastizales para la ganadería principalmente (Moreno-Casasola 2006). Por lo tanto ha sido de gran importancia conocer el comportamiento de este recurso clave en la planicie costera veracruzana. En este estudio se encontró que las tres especies de palmera estudiadas presentaron una mayor abundancia de plántulas en los cuadros ubicados bajo la copa de la palmera madre, respecto de los cuadros ubicados en zonas de exterior, lo que probablemente se debe a que bajo la sombra de las palmeras existen condiciones del microhábitat (e.g. humedad, luz) más favorables para la germinación y el establecimiento de las plántulas, respecto del exterior. Esto podría deberse a que las plántulas localizadas en el exterior pueden estar sometidas a mayores presiones, relacionadas con efectos físicos (luz, estrés hídrico) (Muñiz-Castro *et al.* 2006; Holl *et al.* 2000). Otra posible explicación es que las plántulas que se encuentran al exterior son más propensas al pisoteo y daño físico por parte del ganado vacuno (Smit 2005), sin embargo, las plántulas debajo la copa también son propensas, quizás en menor grado a sufrir el pisoteo, ya que el ganado frecuentemente utiliza la sombra de la copa de las palmeras y otros árboles para protegerse del sol. Además, ya se ha visto que tanto las semillas como las plántulas bajo la copa de los

árboles, tienen mayor riesgo de depredación por animales y otros organismos como los hongos (Fragoso *et al.* 2006; Visser *et al.* 2011).

Respecto a las variables que tuvieron mayor poder explicativo en la abundancia de las plántulas, la cantidad de luz fue uno de los factores importantes para el establecimiento de las plántulas, ya que *R. dunlapiana* y *S. mexicana* presentaron una mayor cantidad de plántulas en los sitios con menor cantidad de luz, a diferencia con *A. liebmannii* donde la abundancia de plántulas fue mayor donde había una mayor cantidad de luz. En el caso de *R. dunlapiana* se ha visto en experimentos *ex situ* que es una especie que requiere de ambientes sombreados para su germinación (González-Marín, datos sin publicar). Asimismo, las raíces, tallos y contrafuertes de otras especies de plantas, como la especie *Ficus insipida* que crece asociada a esta especie, además de proporcionar sombra, también podrían estar brindando protección contra el daño provocado por el pisoteo del ganado (Smit 2005). Algo similar, podría estar ocurriendo con *S. mexicana*, que aunque es una especie que se favorece de la apertura de claros y sitios perturbados (Caballero 1994), en este estudio, la abundancia de plántulas, estuvo asociada a los sitios con menor cantidad de luz. Con respecto a esto, sería necesario un estudio a largo plazo para conocer si son los juveniles los que están asociados a la sombra, pero los adultos a espacios abiertos, lo cual significaría necesario la apertura de claros, ya sea de forma natural (e.g. huracanes, muerte de planta madre) o por manipulación humana (e.g. tala de palmeras) para que inicie la competencia interespecífica por el espacio, para lograr llegar a la edad adulta. Respecto a *A. liebmannii*, se ha visto en experimentos *ex situ*, que esta especie presenta una mayor tasa de germinación bajo condiciones de luz (González-Marín, datos sin publicar) y también suele verse favorecida por la apertura de claros, siendo las palmeras adultas características de sitios con vegetación secundaria (Quero 1992).

Otras variables con poder explicativo en la abundancia de las plántulas fue la cantidad de agua. En este sentido, se comprobó en las tres especies estudiadas que a mayor cantidad de agua en el suelo, menor la cantidad de plántulas. En zonas de humedales, el exceso de agua e inundación pueden ser determinantes en la sobrevivencia de las plántulas (Pacheco 2001). Otro aspecto que se mencionó que podría estar influyendo en este resultado es la densidad de plántulas bajo la copa de la palmera madre, ya que al haber más individuos por unidad de área, estarían provocando que el suelo bajo la copa de las palmeras sea más seco, ya que sus raíces absorben el agua.

Las palmeras, así como las tortugas de agua dulce, son recursos de gran importancia en los humedales, tanto económicos como ecológicos. Mediante el análisis del

comportamiento de estas especies, mediante estos estudios, se han logrado las bases para desarrollar estrategias de conservación del ecosistema de humedales.

En el caso de las tortugas de agua dulce, concluimos que el humedal El Apompal tiene mayor riqueza en especies de tortugas dulceacuícolas (seis especies) que el humedal Ciénaga, donde solo registramos dos especies. Sin embargo hubo mayor abundancia de individuos en Ciénaga, así como también captura de *C. moreletii* y *S. intermedia*, especies con valor económico y de conservación. *Trachemys venusta* y *K. herrerae* (sobre todo los adultos) estuvieron asociadas principalmente al pastizal inundable. A diferencia, *K. leucostomum*, estuvo asociado a sitios dominados por herbáceas. Para lograr la conservación de estas especies, es necesario desarrollar planes de gestión que involucre a las personas que viven en los humedales, así como es necesario que los planes incorporen información básica sobre las tortugas dulceacuícolas (así como otras especies asociadas), principalmente aquellas que tienen mayor importancia económica y potencial de manejo y aprovechamiento.

En el caso de las palmeras, concluimos que las tres especies presentaron una mayor abundancia de plántulas en los cuadros ubicados bajo la copa de la palmera madre respecto de aquellos ubicados en el exterior. La cantidad de luz y el contenido volumétrico del agua, fueron las variables que más explicaron la abundancia de plántulas de *A. liebmannii*, *R. dunlapiana* y *S. mexicana*. El manejo que se le otorga a los predios estudiados (quema, desmonte, abono, sobrepastoreo), también podría influir en las condiciones de germinación, establecimiento y supervivencia de las plántulas de los palmares, por lo tanto, son necesarios más estudios, como por ejemplo, que incluyan un predio “control”, un terreno abandonado sin manejo que contenga plantas de estas especies, con el fin de encontrar mayores opciones para incrementar, manejar y aprovechar sus poblaciones de manera sustentable.

La educación ambiental en la planicie costera veracruzana

En esta sección, se presentaron varias propuestas y métodos de educación ambiental que ya han sido probados con gran éxito en varias localidades de la costa veracruzana (Moreno-Casasola 2010). Estas actividades fueron desarrolladas en comunidades del municipio de Jamapa, enfocándose a los recursos naturales que se han estado examinando a lo largo de esta tesis (e.g. palmeras, tortugas y otros grupos de fauna).

Las pláticas y talleres enfocadas para niños y padres de familia, las demostraciones educativas acerca de tortugas y los materiales de difusión de la información (carteles) permitieron comenzar a proporcionar acceso a la información generada en este trabajo, así se inició con las personas de la comunidad un retorno de la información. Conocieron más sobre

los recursos que forman el humedal y las formas en que pueden participar en su cuidado y aprovechamiento sustentable.

Es importante mencionar que la educación ambiental es un trabajo a largo plazo, ya que los resultados no se ven en el momento. Asimismo, para que los pobladores logren una mayor conciencia ambiental, debe haber mayor interés y vinculación de las instituciones de gobierno, educativas y ONGs (Castillo 2000) en integrar las costumbres y necesidades de las comunidades rurales, en los programas de conservación y desarrollo sustentable para realmente lograr resultados a corto o mediano plazo.

Corolario

La información que se ha generado en cada uno de los capítulos de esta tesis sirve de base para el desarrollo de los proyectos de educación ambiental, planes de restauración, estudios de biología de poblaciones, que entre otras cosas asegura la permanencia y recuperación de los recursos del humedal e involucran las necesidades de comunidades rurales de la región.

Se ha seguido trabajando con los grupos de mujeres, y con los niños y adolescentes en las escuelas, ya que es necesario que las personas tomen conciencia de todos los beneficios (aprovisionamiento y ambientales) que los recursos naturales les otorgan y como la disminución de los recursos naturales y la degradación de los humedales está afectando este beneficio.

Con estos estudios y el trabajo con las comunidades, se sostienen los supuestos en la tesis planteada en esta investigación: la conservación de los procesos ecosistémicos y de la biodiversidad, así como el manejo de los recursos solamente puede darse a través del conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas, de las especies que los componen complementados con la visión y percepción que las comunidades tienen de su entorno. Los estudios ecológicos y etnobiológicos realizados sobre palmeras y fauna silvestre (especialmente tortugas de agua dulce en el caso de la fauna), han sentado las bases para tener criterios de conservación y aprovechamiento sustentable en las prácticas de manejo de humedales.

La conservación solo puede darse mediante la instrumentación y evaluación de estrategias que tomen en cuenta el uso de los recursos por comunidades rurales, que es la base de una conservación. Es innegable que la conservación de cualquier recurso es motivada por las percepciones de su utilidad. La utilidad puede ser el resultado de beneficios monetarios o de subsistencia que se derivan del recurso en cuestión (por ejemplo, mediante la venta o el uso de animales u hojas de palmera), o de beneficios no-monetarios, tales como la provisión de

servicios ambientales (por ejemplo, el agua o el disfrute estético). Esto implica una situación ‘ganar-ganar’ auto-estabilizadora, en la que los beneficios del uso de un recurso conducen a su conservación, y esta conservación, a su vez, permite que el recurso siga proporcionando beneficios. Es un hecho entonces, que al proponer modelos para el desarrollo sustentable debe integrarse el conocimiento, costumbres e intereses de las personas, ya que en efecto las personas tienen interés en planes de conservación y manejo donde se les involucre activamente.

Para terminar se bosqueja una propuesta de acciones para poder aplicar los conocimientos generados en el presente trabajo y proceder a instrumentar acciones que permiten conservar los humedales, sus recursos y los servicios ambientales que proporcionan a la población local y a habitantes de municipios cercanos. La conservación no puede darse por un solo sector. Se necesitan acciones concretas que puedan llevar a cabo diferentes sectores (Ver figura 1).

Referencias

- Barrance, A. K. Schreckenberg y J. Gordon. 2009. Conservación mediante el uso: Lecciones aprendidas en el bosque seco tropical mesoamericano. Overseas Development Institute. Londres. 142 pp.
- Beaudry, F., P. G. Demaynadier y M. L. Hunter Jr. 2009. Seasonally Dynamic Habitat Use by Spotted (Clemmys guttata) and Blanding's Turtles (Emydoidea blandingii) in Maine. Journal Of Herpetology, 43(4): 636-645.
- Bennett, E. M. y P. Balvanera 2007. The future of production systems in a globalized world. Frontiers in Ecology and Environment, 5: 191–198.
- Berry, K. H. 1976. A comparison of size classes and sex ratios in four populations of the Desert Tortoise. Proc. 1976 Desert Tortoise Council, 38-50.
- Brockington, D. y K. Schmidt-Soltau. 2004. The social and environmental impacts of wilderness and development. Oryx 38, 140-142 Cambridge University Press, Cambridge.
- Bodie, J. R. y R. D. Semlitsch. 2000. Spatial and temporal use of floodplain habitats by lentic and lotic species of aquatic turtles. Oecologia 122:138–146
- Caballero, J. 1994. Use and management of *Sabal* palms among the Maya of Yucatan. Ph.D. University of California at Berkeley, Berkeley.
- Caballero-Nieto, J., A. Martínez y V. Gama. 2001. El uso y manejo tradicional de la palma de guano en el área maya de Yucatán. CONABIO. Biodiversitas, 39: 1–6.

- Calle-Díaz Z. y E. Murgueitio. 2008. La palma real de vino o corozo de puerco *Attalea butyracea* (Mutis ex L. f. Wess. Boer.) Arecaceae. Ganadería y Ambiente. Carta Fedegan, 107, 46–55.
- Castillo, A. 2000. Communication and utilization of science in developing countries. The case of Mexican Ecology, *Sci. Commun*, 22 (1), 46-72.
- Cázares, E. 2006. Aspectos ecológicos de la tortuga *Kinosternon herrerae*, stejneger, 1925 (Reptilia: Testudines: Kinosternidae) en el arroyo “La Bomba”, Municipio de Xalapa, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. 61 pp.
- Durkheim, E. 1993. La división del trabajo social. Primera edición. Buenos Aires: Editorial Planeta-Agostini.
- Fragoso, J. M. V. , K. M. Silvius, J. A. Correa, 2006. Long-distance seed dispersal by tapirs increases seed survival and aggregates tropical trees. *Ecology*, 84,(8): 1998-2006.
- Guiling, P., B.W. Brorsen y D. Doye. 2009. Effect of urban proximity on agricultural land values. *Land Economics* 85(2): 262–284.
- González-Jácome, A. 1999. Algunas cuestiones sobre el ambiente, la población y la economía en Veracruz central: Un ensayo etnohistórico. In González-Jácome, A. and del Amo, S. (eds) *Agricultura y sociedad en México: Diversidad, enfoques, estudios de caso*. Universidad Iberoamericana, Mexico City, México, pp. 157–333.
- González-Marín, R.M., P. Moreno-Casasola, R. Orellana y A. Castillo. 2012^a. Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico. *Environment, Development and Sustainability*, 14: 541–555.
- González-Marín, R.M., P. Moreno-Casasola, R. Orellana y A. Castillo. 2012^b. Traditional wetland palm uses in construction and cooking in Veracruz, Gulf of Mexico. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 11 (3): 408–413.
- Granados-Sánchez, D. y G. F. López-Ríos. 2002. Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8(1), 39–48.
- Harrel, J. B., C. M. Allen y S. J. Hebert. 1996. Movements and habitat use of subadult alligator snapping turtles (*Macrolemys temminckii*) in Louisiana, *American Midland Naturalist*, 135:60-67.
- Hoffman, O. 1994. Las llanuras costeras de Veracruz. Universidad Veracruzana-ORTOM, Xalapa, México.
- Ippi, S y V. Flores 2001. Las tortugas neotropicales y sus áreas de endemismo. *Acta Zoológica Mexicana. (nueva serie)*, 84. 49-63 pp.

- Jiménez, G., S. Quechulpa, E. Esquivel-Bazán, L. Soto Pinto, F. Reyes-Montes, M. Ruiz y C. Márquez-Rosano. 2010. Ganadería y cambio climático: mitigación y adaptación. *Revista de Agroecología*, 26(1): 9–11.
- Jorgenson, J. P. 1995. Maya subsistence hunters in Quintana Roo, Mexico. *Oryx*, 29(1): 49-57.
- Kahn, F. 1988. Ecology of economically important palms in peruvian Amazonia. *Advances in Economic Botany*, 6, 42–49.
- Kahn, F. 1991. Palms as key swamp forest resources in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 38, 133–142.
- López-Medellín, X., A. Castillo y E. Ezcurra. 2011. Contrasting perspectives on mangroves in arid northwestern Mexico: implications for integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 54: 318-329.
- Moreno-Casasola, P. 2006. Humedales Costeros. En: Moreno-Casasola, P., Peresbarbosa, R.E. y Travieso-Bello, A.C. (Eds). *Estrategias para el manejo costero integral: el enfoque municipal (151-181)*. Instituto de Ecología A. C., CONANP y Gobierno de Estado de Veracruz-Llave, Xalapa, Ver, México.
- Moreno-Casasola, P. 2009. La educación ambiental como un instrumento hacia la creación de un desarrollo costero sustentable. Pp. 35-70. En: Castillo, A. y González Gaudiano, E. (Coord.). *Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos, Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Moreno-Casasola, P. y K. Paradowska. 2009. Useful plants of tropical dry forest on the coastal dunes of the center of Veracruz State. *Madera y Bosques*, 15(3): 21–44.
- Muñiz–Castro, M.A., G. Williams–Linera y J.M. Rey–Benayas 2006. Distance effect from cloud forest fragments on plant community structure in abandoned pastures in Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 22:431–440.
- Naranjo, E. J., M.M. Guerra, R.E. Bodmer, y J.E. Bolaños. 2004. Subsistence hunting by three ethnic groups of the Lacandon forest, Mexico. *Journal of Ethnobiology*, 24(2): 233–253.
- Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao, y K. Kassem. 2001. *Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth*. *BioScience*, 51(11): 933-938.

- Orams, M.B. 2002. Feeding wildlife as a tourism attraction: a review of issues and impacts. *Tourism Management*, 23(3): 281–293.
- Pacheco, M. A. W. 2001. Effects of flooding and herbivores on variation in recruitment of palms between habitats. *Journal of Ecology*, 89: 358-386.
- Quero J. H. 1992. Las Palmas Silvestres de la Península de Yucatán. Publicaciones Especiales 10. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Robinson, J. y K. Redford. 1991. Neotropical wildlife use and conservation. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Smit, C., D. Beguin, A. Buttler y H. Müller-Schärer. 2005. Safe sites for tree regeneration in wooded pastures: a case of associational resistance?. *Journal of Vegetation Science*, 16: 209-214.
- Tabilo-Valdivieso, E. 1999. El beneficio de los humedales en America Central: el potencial de los humedales para el desarrollo. 2ª. Ed. Turrialba, C.R.: WWF; Heredia, C.R.: Universidad Nacional, Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre. 58 pp.
- Terán, S. y C. Rasmussen. 1994. La Milpa de los Mayas. Ed. DANIDA. Mérida, Yucatán.
- Utting, P. 1993. Trees, People and Power: Social Dimensions of Deforestation and Forest Protection in Central America. Earthscan Publications, Londres.
- Vasilachis de Gialdino, I. 2000. Pobres, Trabajo e Identidad: una propuesta epistemológica y metodológica, CEIL-CONICET.
- Visser M.D., H.C. Muller-Landau, S.J. Wright, G. Rutten y P.A. Jansen .2011. Tri-trophic interactions affect density dependence of seed fate in a tropical forest palm. *Ecology Letters*, 98:1602-1612.

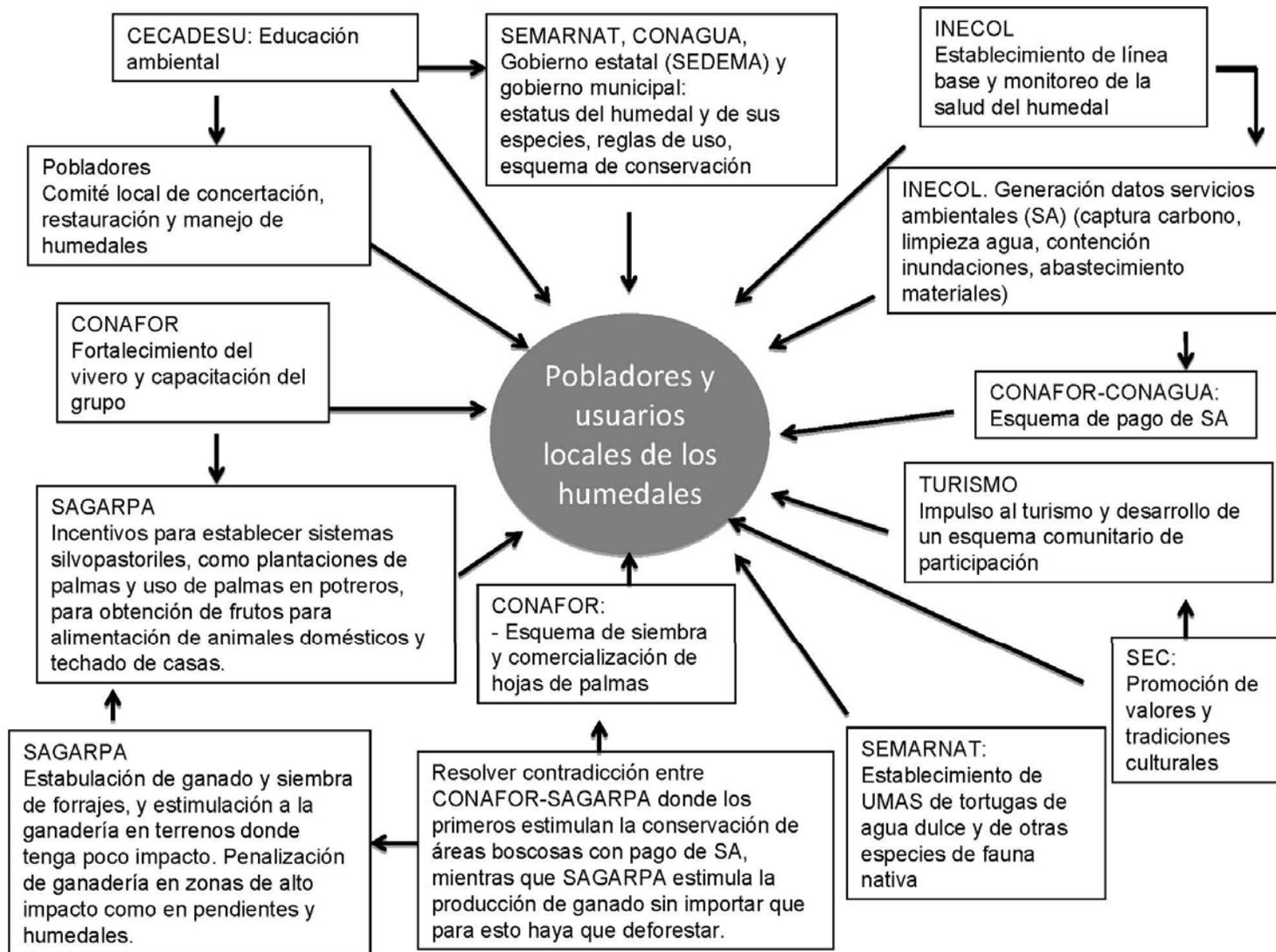


Fig 1. Propuesta para instrumentar acciones que permiten conservar los humedales, sus recursos y los servicios ambientales que proporcionan a la población local y a habitantes de municipios cercanos.



Reseña de la autora

Rosa María González Marín, nació el 23 de abril de 1977, en la Ciudad de Mérida, Yucatán, México. Es hija del Lic. Eduardo José González Gómez y la Sra. Rosa María Marín Rufino. Su madre la enseñó a querer las plantas y los animales, y desde pequeña jugaba y cuidaba gatos, perros y animalitos silvestres maltratados. Su padre, abogado de profesión y estudioso de la historia y el comportamiento humano, la orientó a tomar una carrera que le alimentara su espíritu apasionado por la vida y le abriera el panorama del mundo. Creció junto con su hermana Isela, entre juegos, funciones de títeres y escribiendo cuentos los sábados por las mañanas. A los 18 años comenzó la carrera de biología en la Universidad Autónoma de Yucatán. Realizó su tesis de licenciatura con una investigación sobre las unidades de manejo de vida silvestre en el estado de Yucatán, donde recorrió gran parte del estado para conocer las especies que se crían, el manejo que se les otorga y de que forma se aprovechan. Pocos años después, realizó estudios de Maestría en Manejo de Fauna Silvestre en el Instituto de Ecología, A. C. (INECOL), y realizó su Tesis sobre la ecología de venados y pecaríes en la Reserva Ecológica El Edén, en Quintana Roo, México. Después de un tiempo laborando, decidió continuar con sus estudios de doctorado en el INECOL, esta vez, ampliando su temática dentro de la línea del manejo de recursos naturales, los cuales se demuestran en la presente Tesis. Entre los cursos que llevó en el doctorado, destaca el curso de campo de la Organización de Estudios Tropicales, en Costa Rica. Sus intereses académicos son, el estudio del hombre-naturaleza: la fauna silvestre, la etnobiología, el manejo de recursos naturales y la educación ambiental. Ha trabajado como profesora de nivel medio-superior impartiendo cursos de Química, Zoología, Ecología e Inglés. En el sector privado, ha laborado como consultora ambiental, realizando manifestaciones de impacto ambiental y social, así como Programas de Manejo para Reservas Ecológicas; y en Organizaciones de la Sociedad Civil en el área de educación ambiental, comunicación, desarrollo institucional, vinculación y estrategias de mercado. A la par de las actividades académicas y de trabajo, su afición al arte la llevo a tomar cursos de guitarra y pintura, lo que le abrió otro camino de vida. Su obra ha sido expuesta en varios foros de Mérida y Xalapa. Así mismo, es miembro fundador de la “Rondalla Yucatán” del Museo de la Canción Yucateca, A.C., desempeñándose en grupo y solista como cantante y guitarrista, presentándose en teatros, auditorios, plazas públicas, centros culturales, entre otros. Actualmente, vive en Coatepec, Veracruz, con su esposo, el Dr. Alejandro Castro Luna y su pequeña hija, Rosa Isela y tiene varios proyectos en mente para el futuro.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS



“Valoración del servicio ambiental de provisión de los recursos naturales de un potrero derivado de selva-palmar inundable, en Jamapa, Veracruz”

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRA EN CIENCIAS

Presenta

Blanca Edith Escamilla Pérez

Ensenada, Baja California

Septiembre de 2013

Resumen

Los recursos naturales son el sustento de las diversas actividades humanas, a través de los cuales se logra el desarrollo de las comunidades. Sin embargo, a menudo el uso que se hace de éstos no es el adecuado y mucho menos es valorado. En el intento de hacer más visible la importancia de los recursos en la vida diaria de las personas, se desarrolló una valoración del servicio ambiental de provisión de los recursos naturales de un potrero derivado de selva-palmar inundable, en las comunidades de La Matamba, El Piñonal, El Yagual y La Zapilla, del municipio de Jamapa, Veracruz. Se usaron cuatro técnicas para llegar a esto: se identificó el cambio del uso de suelo y vegetación, se aplicaron 70 cuestionarios a representantes de la población de más edad, se caracterizaron los distintos recursos naturales empleados y los usos que les dan los que contestaron el cuestionario, y por último se estimó el valor monetario del servicio ambiental de provisión de los recursos identificados por ellos con el método de precio de mercado y valor actual neto. En cuanto al uso de suelo se identificaron cuatro etapas caracterizadas por la explotación y demanda de los recursos naturales, a saber: 1) selva-palmar inundable con cultivos (maíz, frijol y ajonjolí), 2) formación del ejido y cultivos de mango, 3) ganadería y especies forrajeras y 4) caña de azúcar. Para el servicio de provisión, los participantes mencionaron más de 160 especies, las cuales son empleadas de manera directa o indirecta en seis categorías de usos: madera, especies forrajeras, comida, materiales de construcción, decoración y plantas medicinales. Los precios de mercado y el valor actual neto mostraron que los beneficios obtenidos por el conjunto de usos de los recursos son mayores en comparación con la posibilidad de perderlos. Se concluye que la estimación monetaria del servicio ambiental de provisión muestra los múltiples beneficios que las personas adquieren por hacer uso de sus recursos naturales como están actualmente. Se espera que las cantidades ayuden a visualizar que es mejor mantener y mejorar los recursos naturales para tener los beneficios en conjunto, pues los usos por separado no son competencia ante la posible venta del terreno y menos ante la opción del cultivo de caña.

Palabras clave: cambio uso de suelo, uso de recursos naturales, valor económico, servicios ecosistémicos de provisión, comunidades rurales.

Abstract

Natural resources are the livelihood of various human activities, thus natural resources mean rural communities development. However, often natural resources are misused and unvalued. In order to show the importance of the natural resources in the people daily lives, an assessment of the provision environmental service was followed in grazing parcels (former rain forest and – inundated palm vegetation communities). Four communities were selected for this study (La Matamba, El Piñonal, El Yagual y La Zapilla) in the municipality of Jamapa, Veracruz. Several techniques were used: land use change analysis, 70 questionnaires to older informants, natural resources inventories (including names and various uses), and the natural resources monetary value as provision environmental service was estimated. Land-use change was classified in four stages according the natural resources exploitation and demand: 1. Rain forest-inundated palm vegetation communities use together with crops (maize, beans, sesame), 2. *Ejido* land tenure is installed and mangos cultivation, 3. Livestock and forage plant species and 4. Sugarcane crops. To estimate the provision ecosystem service, participants mentioned more than 160 species, which are employed directly or indirectly; six categories of natural resources uses were identified: wood, forage, food, building materials, decoration and medicinal plants. Market prices and net present value showed that the benefits obtained by the set of natural resources are higher in comparison with the possibility of losing them. It is concluded that the monetary value estimated as a provision environmental service in the studied localities show multiple benefits that individuals acquire by making use of their natural resources as they are today. Showing monetary values might improve the conservation purpose of natural ecosystems. As well, it might help to visualize the benefits as a whole, and show that using natural resources as separate issues are not competitive to the possible land sale, and less competitive to the option of sugarcane cultivation.

Key Words: land-use change, natural resources use, economic value, provision ecosystemic services, Mexican rural communities.

A mis padres y hermanos que siempre me han apoyado, LOS AMO.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó con apoyo del proyecto "Evaluación ambiental y valoración económica de los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques costeros (manglares, selvas inundables, selvas y matorrales sobre dunas) y sus agro-sistemas de reemplazo, en la planicie costera central de Veracruz, México (RED-PD 045/11 Rev.2 (M)) y el Instituto de Ecología A.C.; así como, por el proyecto Red de Manejo Costero de PROMEP, Universidad Autónoma de Baja California.

A Conacyt por el apoyo económico durante estos años en la maestría.

Mis más sinceros agradecimientos a la Dra. Patricia Moreno-Casasola, por darme la oportunidad de trabajar a su lado y más aun por apoyarme en este proceso. Gracias por permitirme conocer un poco de Veracruz.

Gracias Dra. Ileana por ayudar a darle estructura a mis enredos y por su ayuda para el acercamiento al INECOL.

Gracias a mis sinodales por el tiempo dedicado en mi tesis y por sus aportaciones en la mejora del trabajo.

Agradezco enormemente la compañía, amistad y apoyo en todo momento de Dana, Miguel, Ariana, Haydee, Gustavo, Mary, Oscar, Cristian; fue un placer estar con ustedes en este paso. Espero que podamos compartir más.

A Cesar, porque me ayudaste mucho a entender algunas cosas y por tu apoyo en todo momento.

A Nadia, Ady, Lorena, Judit, Toñita por hacer mi estancia en Xalapa muy placentera, gracias por las noches de Caña, por las 11 de café y por brindarme su amistad.

Agradezco a todas las personas de Jamapa que me brindaron un espacio en la comunidad y me brindaron su hogares, tiempo y conocimiento. En especial a Cari, por el café en las noches y por darme la confianza de entrar en tu casa. Agradezco a Cata por los ricos sopos, a Carmen por las platicas con el café, Charo por sus conocimientos en plantas medicinales, Alejandra por permitirme conocer la Zapilla. A Bartolo por su gran apoyo en la colecta de datos, por llevarme con las personas y por las llamas tan ricas.

Gracias a Claudia Gallardo del INECOL, por su apoyo en la identificación de las plantas. Gracias a todos los que de alguna manera dejaron algo en mi paso por Ensenada y por la Maestría.

Índice general

Resumen	I
Abstract	III
Agradecimientos	IV
Índice general	V
Índice de figuras	VI
Índice de tablas	VII
Índice de anexos	VII
Parte de un todo	1
1. Introducción general	2
2. Marco conceptual	5
2.1. Definición de servicios ambientales	6
2.2. Usos directos e indirectos	7
3. Planteamiento del problema	8
4. Objetivo general	9
4.1. Objetivos específicos	9
5. Justificación	10
6. Metodología general	10
6.1 Área de estudio: El Municipio de Jamapa y la planicie costera veracruzana: sociedad, geografía y economía	10
<i>Descripción geográfica y ecológica</i>	11
<i>Sociedad y educación</i>	13
<i>Economía</i>	15
<i>Salud</i>	16
<i>Vivienda</i>	17
6.2. Marco metodológico	18
7. Resultados	20
Capítulo I. Identificación del cambio de uso de suelo	20
I. Introducción	20
II. Metodología	21
III. Resultados	23
Etapa 1: Vegetación natural-ganadería	23
Etapa 2: Agricultura (ajonjolí, frijol y maíz)	24
Etapa 3: Ejido y mango	25
Etapa 4: Especies forrajeras-caña	27
IV. Discusión	28
V. Conclusión	31
Capítulo II. Caracterización de los usos y recursos extraídos de potreros inundables	33
I. Introducción	33
II. Metodología	36
III. Resultados	37
Datos generales	37
Usos y recursos extraídos de los potreros inundables	40
IV. Discusión	51
<i>Lugar para ganado</i>	51
<i>Forraje</i>	52
<i>Maderas</i>	53
<i>Comida</i>	53
<i>Materiales de construcción</i>	54
<i>Materiales para ornamentación, creencias populares</i>	55
V. Conclusión	57

Capítulo III. Estimación del valor monetario de los recursos naturales	58
I. Introducción	58
II. Metodología	61
III. Resultados	63
Lugar para el ganado	63
Madera	64
Ganado.....	66
Comida	66
Materiales de construcción.....	67
Medicinales	68
Otros.....	69
Temporalidad de los recursos	69
Valor actual neto	70
IV. Discusión	71
V. Conclusión	75
8. Conclusión general y recomendación	76
Estrategia para regresar información a la comunidad.....	76
9. Referencias	83
10. Anexos.....	89

Índice de figuras

Figura 1. Modelo conceptual.	5
Figura 2. Área de estudio.	12
Figura 3. Superficie sembrada (ha) de los principales productos en el municipio de Jamapa.....	16
Figura 4. Porcentaje de población adscrita a algún servicio de salud. El porcentaje esta en función de la población total de cada localidad.....	17
Figura 5. Principales procesos en el cambio de uso de suelo en Jamapa.....	32
Figura 6. Porcentaje de representación de hombres y mujeres, para cada localidad y en general.	37
Figura 7. Nivel de escolaridad, en general y para cada localidad.	38
Figura 8. Distribución porcentual de la ocupación para las cuatro localidades.....	39
Figura 9. Ingresos mensuales percibidos por los participantes.....	40
Figura 10. Principales usos de los recursos extraídos de un potrero.....	41
Figura 11. Uso de árboles como cerca viva, leña y estantes.....	44
Figura 12. Frecuencias y uso de árboles empleados en cada comunidad.	45
Figura 13. A) <i>Maíz de mi milpa</i> por Gregorio Tronco Morales. B) <i>Coyoles</i> por Ricardo Utrera. C) <i>Iguanita</i> por Ricardo Utrera	48
Figura 14. Tipos de tejido de en techos de palma. Lugares de cocina con techo de palma.	49
Figura 15. De izquierda a derecha: pulseras, collares y aretes elaborados por el grupo de mujeres artesanas de la Matamba; Árbol donde se llevaban a cabo las ceremonias religiosas. Por Catalina Orea Utrera.	50
Figura 16. Distribución porcentual de las partes utilizadas de plantas medicinales.....	51
Figura 17. Ejemplo de distribución de los estantes en las cercas de potreros.....	64
Figura 18. Beneficio económico obtenido en cada tipo de uso y en conjunto.....	71
Figura 19. Conocimiento de las palabras medio ambiente y servicios ambientales.	77
Figura 20. Importancia que las personas le asignan a los árboles.	78
Figura 21. Diagrama del taller de divulgación.	79

Índice de tablas

Tabla I. Clasificación de los servicios ambientales.	7
Tabla II. Valores de recursos naturales de acuerdo con el tipo de uso.....	8
Tabla III. Datos de población para el municipio y las localidades estudiadas. J, Jamapa; M, La Matamba; P, El Piñonal; Y, El Yagual y Z, La Zapilla.	14
Tabla IV. Habitantes con 15 años y más en los distintos niveles educativos para el municipio y las localidades estudiadas. J, Jamapa; M, La Matamba; P, El Piñonal; Y, El Yagual y Z, La Zapilla.....	15
Tabla V. Características de las viviendas en el municipio y en las localidades. J, Jamapa; M, La Matamba; P, El Piñonal y, El Yagual y Z, La Zapilla.....	18
Tabla VI. Tipos de pastos mencionados. Las líneas indican que no se encontró la especie a la que corresponde este nombre común.....	43
Tabla VII. Especies utilizadas como comida. Las líneas indican que no se encontró el nombre científico de la especie a la que corresponde el nombre común. Las columnas potrero y huerto hacen referencia al lugar del que son extraídas las especies.	46
Tabla VIII. Valor anual estimado por la venta de maderas.....	64
Tabla IX. Valor estimado por la venta de ganado y leche.	66
Tabla X. Valor estimado por productos para alimentación.....	67
Tabla XI. Especies medicinales utilizadas en cuatro localidades de Jamapa y su valor potencial.	68
Tabla XII. Temporalidad de uso de los principales recursos naturales registrados en cuatro localidades del municipio de Jamapa.....	69
Tabla XIII. Valor actual neto (VNA) para cada tipo de uso, proyección en el tiempo y el beneficio económico (BE).	133

Índice de anexos

Anexo 1. Guión de entrevista abierta	89
Anexo 2. Entrevistas.....	89
Anexo 3. Cuestionario	99
Anexo 4. Listado de especies.....	104
Anexo 5. Catálogo de plantas medicinales	110
Anexo 6. Valor actual neto.	133

Parte de un todo

El presente trabajo forma parte del proyecto "Evaluación ambiental y valoración económica de los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques costeros (manglares, selvas inundables, selvas y matorrales sobre dunas) y sus agro-sistemas de reemplazo, en la planicie costera central de Veracruz, México" (RED-PD 045/11 Rev.2 (M)) y el Instituto de Ecología A.C.; bajo la responsabilidad de la Dra. Patricia Moreno-Casasola y financiado por la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT). Así como por el proyecto Red de Manejo Costero de PROMEP, bajo la responsabilidad de Dra. Ileana Espejel de la Universidad Autónoma de Baja California. El primer proyecto tiene como objetivo coadyuvar en la mejora de los servicios de mitigación del cambio climático proporcionados por los bosques tropicales y contribuir a la sustentabilidad y bienestar social y económico de las poblaciones humanas que dependen de los servicios de los bosques y selvas costeras. La idea es proporcionar mecanismos para revertir el cambio de uso del suelo forestal hacia cultivos y potreros bajo el supuesto de proporcionar ingresos a las comunidades, mediante el aumento de los valores forestales. Los mecanismos elegidos son la restauración forestal así como los pagos por los servicios ambientales, proporcionados por los bosques, esperando que redunde en una reducción de la deforestación y degradación forestal, y proporcione mejores medios de sustento para los pobladores de zonas rurales. El segundo proyecto tienen como objetivo la búsqueda de indicadores de sustentabilidad y estrategias para un mejor manejo costero en sitios clave de México.

El presente trabajo contribuye con el primer proyecto mediante la valoración del servicios ambiental de provisión (MEA, 2005) establecido por los usos de los recursos naturales hechos en cuatro comunidades del municipio de Jamapa, Veracruz. Los recursos son extraídos de remanentes de selvas inundables y de los potreros inundables, que ahora sustituyen el espacio de estas selvas. La caracterización de este servicio se acompaña con la identificación del valor económico de los recursos de mayor uso, el cual se puede traducir como el beneficio que la comunidad obtiene del aprovechamiento de dichos recursos

naturales. Asimismo, se plantea una estrategia de difusión de los resultados de este trabajo, en las cuatro comunidades rurales, para fortalecer la información de los servicios ambientales y herramientas que fomentan la conservación de los recursos naturales y con ello un mejor manejo de éstos.

Para el segundo proyecto, el presente trabajo aporta mediante la caracterización del servicio ambiental y la estrategia de difusión, través de las cuales se establecen las bases para la formulación de indicadores de sustentabilidad y medidas de manejo. Éstas permitirán determinar estrategias para una parte de la cuenca de Jamapa, que redundarían en una mejor condición para la zona costera.

1. Introducción general

A lo largo de la historia las actividades humanas se han desarrollado basadas en la extracción, aprovechamiento y transformación de los recursos que el medio ambiente brinda. Esta transformación ha implicado el uso de suelo ligado a las necesidades humanas, sin embargo los cambios que genera han provocado el deterioro de los recursos en la mayor parte del mundo y México no es la excepción. En general, han sido las selvas los ecosistemas terrestres del país que a través de la historia, han sufrido las mayores transformaciones (SEMARNAT, 2009). Un ejemplo de ello son las selvas inundables del estado de Veracruz y específicamente las del municipio de Jamapa, donde se localiza la cuenca que deriva en la ciudad y Puerto de Veracruz. En éstas, factores como la expansión ganadera y agrícola, han provocado que se pierda casi la totalidad de la vegetación natural, al punto que en el 2009 solo se observaba 3% de vegetación primaria y el resto era agricultura, pastizal y área urbana (SEFIPLAN, 2005).

La pérdida de la vegetación natural influye en la reducción de los servicios ambientales que sustentan los recursos de los que se benefician las sociedades. Los servicios ambientales son los beneficios intangibles que los diferentes ecosistemas ponen a disposición de la sociedad, ya sea de manera natural o por medio de su manejo sustentable (SEMARNAT, 2004). Entre ellos están la retención y filtración de agua, la captura de carbono orgánico, la protección contra

inundaciones, entre otras. Además de la pérdida de los recursos que son utilizados directamente y sobre los cuales las comunidades rurales tienden a ser los más dependientes (comida, agricultura y ganadería) y los más vulnerables ante los cambios de estos (MEA, 2005).

En las comunidades estudiadas, se han registrado algunos usos de diversos recursos naturales (ej. González-Marín *et al.* 2012a y 2012b), demostrando que las personas conocen como utilizar las distintas especies para obtener sus beneficios, sin embargo, el “desarrollo” continuamente los impulsa a dejar de lado sus costumbres de uso y adoptar otro tipo de actividades que rompen con el ecosistema y con ello, su fuente de vida.

El capítulo 26 de Agenda 21 – documento principal, producto de la Cumbre de la Tierra celebrada en 1992 en Río de Janeiro, – reconoce que los indígenas tienen una función vital que cumplir en la administración y el desarrollo ambientales, debido a su conocimiento tradicional y prácticas (CONABIO, 2008). Si bien las comunidades estudiadas no son indígenas, mantienen un uso tradicional de los recursos. De acuerdo con Lagos-Witte *et al.* (2011), los recursos naturales utilizados de manera tradicional son la base de la identidad cultura, la manera en que se manifiesta la relación del hombre con la naturaleza. Si continuamente este conocimiento está siendo afectado por factores como migración, urbanización y desinterés por parte de los jóvenes, se pierde la relación que tienen las comunidades rurales con su entorno y con ello el interés de cuidar sus recursos. Por lo anterior, el presente trabajo se plantea determinar el valor ambiental, cultural y económico de los potreros que han reemplazado los palmares-selvas inundables en las localidades conocidas como La Matamba, El Piñonal, El Yagual y La Zapilla en Jamapa, Veracruz. Para esto, se documenta la transformación de estos palmares-selvas en potreros, se caracterizan los usos y productos que las comunidades extraen de éstos y se estima el valor de los principales recursos utilizados tradicionalmente. La meta de la investigación es regresar a las comunidades que hacen uso directo de los recursos, nuestra interpretación del conocimiento que ellos nos proporcionaron para evidenciar la importancia del uso

de éstos según nuestra visión y con ello motivarlos que conserven los recursos naturales, los usos tradicionales y los remanentes de selvas inundables.

La tesis se presenta estructurada a manera de capítulos, donde cada uno es independiente y muestra el objetivo, la metodología utilizada, los resultados, discusión y conclusión. En el primer capítulo se presenta la identificación del cambio de uso de suelo, en sus distintas etapas caracterizadas por medio de entrevistas abiertas con cinco personajes de las comunidades El Piñonal y La Matamba. Esta recapitulación bosqueja los principales cambios que ellos identifican, así como los principales factores que los promovieron. La información proporcionada por los participantes se complementa con información bibliográfica.

El capítulo II presenta la caracterización del servicio ambiental de provisión a través de los distintos usos que se hacen de los recursos naturales extraídos de potreros inundables. La información se recopiló por medio de la aplicación de cuestionarios a 70 personas de las localidades La Matamba, El Piñonal, El Yagual y La Zapilla. Con los resultados se da un valor de importancia a los potreros (según estas personas de la comunidad), ya no solo como lugares para el desarrollo del ganado, sino agregando los distintos beneficios que obtienen del uso diversificado de las plantas que hay en los terrenos ganaderos como remanentes de vegetación natural.

El capítulo III presenta la estimación del valor monetario del servicio ambiental que proveen los recursos naturales identificados por los participantes en el cuestionario aplicado en el capítulo II. El valor monetario se traducen en el beneficio que las personas obtienen, ya sea al poseer estos recursos o al hacer uso de ellos. Con lo anterior se evidencia que los recursos vegetales de los potreros (no solo pastos) son importantes en el desarrollo individual, en la economía familiar y en la comunidad en general.

Por último, y a manera de conclusión, se diseña una propuesta de “Taller de servicios ambientales”. Los distintos temas buscarán mejorar la información que las personas de las comunidades tienen acerca de lo que es su comunidad como parte de un todo (comunidad-municipio-cuenca), que son los servicios ambientales y la importancia de los recursos naturales, así como medios o herramientas aplicadas

para mejorar tanto la economía, como su entorno natural (pago por servicios ambientales).

2. Marco conceptual

Como se mencionó, este trabajo se encuentra inmerso en proyectos que buscan identificar la viabilidad de la implementación de mecanismos, que incentiven a las personas a realizar acciones de conservación y uso sustentable de los recursos. Para ello se consideró necesario que todas las personas cuenten con la información base acerca de sus recursos naturales y conozcan los beneficios ambientales que se pueden obtener, tanto de los usos directos como indirectos. Todo esto para buscar la posibilidad de aplicar a esquemas o mecanismos de pagos por servicios ambientales (Fig. 1).

Con esta idea el marco conceptual toma como referencia el concepto de servicios ambientales y usos directos e indirectos, los cuales se explican a continuación.



Figura 1. Modelo conceptual.

2.1. Definición de servicios ambientales

En la literatura internacional no existe un claro consenso entre la diferencia conceptual de los términos servicios ambientales y servicios ecosistémicos y tampoco se refleja explícitamente el origen de uno y otro (Mora Vega *et al.* 2012). Aunque en la literatura, se usan indistintamente ambos términos, en este trabajo elegimos el término de “servicios ambientales” ya que es común entre tomadores de decisiones (Balvanera & Cotler, 2007). Lo importante para éstos es proteger los recursos naturales y demostrar la relación entre el bienestar humano y los ecosistemas (Mora-Vega *et al.*, 2012).

Para este trabajo se consideran los servicios ambientales como los beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas, incluyendo los directos y los indirectos (MEA, 2005; Avila-Foucat, 2007), es decir, son los procesos que mantienen los bienes y servicios que la gente considera importantes (Chee, 2004; Avila-Foucat, 2007). Los servicios ambientales, de acuerdo con Millennium Ecosystem Assessment (2005), se clasifican en: provisión, regulación, culturales, espirituales, recreativos o educacionales y los de sustento. Los primeros son los más fáciles de identificar, pues son los productos obtenidos del ecosistema, son los que proporcionan el sustento básico de la vida humana. Los servicios de regulación, son los beneficios obtenidos de la regulación de los procesos del ecosistema en que los seres humanos realizan sus actividades. Los servicios culturales, espirituales, recreativos o educacionales, pueden ser materiales o no materiales, tangibles o intangibles y son producto de la percepción colectiva que los humanos tienen acerca del ecosistema y sus componentes. Y por último, los servicios de soporte, los cuales son necesarios para la producción de todos los demás servicios ambientales (Tabla I) (Balvanera *et al.*, 2009; Valdez & Ruiz, 2012). Sobre los servicios de provisión se desarrolla el presente trabajo.

Tabla I. Clasificación de los servicios ambientales.

Servicios			
Provisión	Regulación	Culturales	Soporte
Productos obtenidos de los ecosistemas.	Beneficios obtenidos de la regulación de procesos de los ecosistemas.	Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas.	Servicios necesarios para la producción de otros servicios de los ecosistemas.
Alimentos	Regulación del clima	Espiritual y religioso	Formación de suelos
Agua dulce	Regulación de enfermedades	Recreativo y turístico	Reciclaje de nutrientes
Leña	Regulación y saneamiento del agua	Estético	Producción primaria
Fibras	Polinización	Inspirativo	
Bioquímicos		Educativo	
Recursos genéticos		Identidad de sitio	
		Herencia cultural	

Fuente: modificado de MEA, 2005

2.2. Usos directos e indirectos

La diferenciación en cuanto a los tipos de uso se basó en la clasificación desde el punto económico de los usos directos e indirectos, los cuales permiten identificar un valor económico de un recurso, servicio ambiental, ecosistema, entre otros.

Por tanto, los usos directos son los que se hacen a través del consumo del recurso y/o disfrute de un servicio, por ejemplo la explotación de madera, extracción de flora y fauna para alimentación, entre otros (CONABIO, 1998; Sanjurjo-Rivera, 2001). Para la economía, éste uso y por tanto su valor, se reconocen de manera inmediata, tiene un fundamento teórico sólido y es sobre el que existe menos discusión.

El uso indirecto hace referencia al beneficio que recibe una persona, o la sociedad, a través de los servicios ambientales y de las funciones de los ecosistemas (Sanjurjo-Rivera, 2001). El valor de este uso se obtiene a través de las funciones ambientales que otorgan los ecosistemas como son protección costera, retención de nutrientes, entre otros (Field & Azqueta-Oyarzun, 1995).

Si bien en la teoría económica se identifican los valores de opción, de existencia y de legado, estos no son establecidos en el presente trabajo. La Tabla II

muestra los distintos usos y valores económicos por los cuales se establece un valor económico total. En este trabajo se estimaron los valores de uso directos e indirectos.

Tabla II. Valores de recursos naturales de acuerdo con el tipo de uso.

VALOR ECONÓMICO TOTAL				
VALOR DE USO			VALOR DE NO USO	
Valor de uso directo	Valor de uso indirecto	Valor de opción	Valor de existencia	Valor de legado
Bienes de consumo directo y servicios: agua, madera, agricultura, frutos, materias primas, pasto para ganado, pesca, transporte, etc.	Funciones ecológicas de valor estético: recarga de acuíferos, control de inundaciones, depuración de aguas, protección costera, recreación, etc.	Continuidad del sistema. Obtención de nueva materia prima. Nuevos conocimientos.	Conocimiento de la existencia continua: hábitat, especies en peligro, patrimonio cultural, etc.	Preservación de los recursos para generaciones futuras.

Modificado de Field & Azqueta-Oyarzun (1995); Barbier & Strand (1997); Daily, *et al.* (1997); Enríquez Andrade (2008).

3. Planteamiento del problema

En los últimos años, diversos autores han señalado la pérdida de los servicios ecosistémicos y los recursos naturales que brindan, debido al uso directo para la producción de bienes y servicios que demanda la sociedad y el consumo humano. México no ha sido la excepción y, por ejemplo, ha perdido el 62% de sus humedales. En éste sentido, el estado de Veracruz es un estado que reporta una pérdida de 58% de sus humedales (Landgrave & Moreno-Casasola, 2010).

Para revertir éstas tendencias, el Gobierno Federal otorgó poco mas de 975 millones de pesos al Estado de Veracruz, para el ejercicio 2010-2011, quien a través de la Secretaría de Desarrollo, Agropecuario, Rural, Forestal y Pesca estatal desarrolló un total de 49 programas. De ellos 27 estuvieron orientados a Desarrollo Agropecuario, tres mas al Desarrollo Social y Medio Ambiente. El primero denominado Programa de Desarrollo Forestal en Apoyo a Municipios con Alto Grado de Marginación y Pobreza cuyo objetivo fue apoyar la reforestación de

municipios con alto grado de marginación y pobreza, el segundo denominado Programa de Atención a Zonas Prioritarias con el fin de contribuir a la reducción de las desigualdades sociales. Apoyados con 13 y 6.8 millones de pesos respectivamente (CONEVAL,2011).

En especial, se selecciona el municipio de Jamapa porque se encuentra dentro de los más afectados debido a la presión de actividades económicas como, potrerización de la zona, deforestación y el crecimiento de la mancha urbana. En cuatro localidades de este municipio se ha visto que quedan remanentes de selvas-palmares inundables dentro de los potreros cuyos recursos vegetales todavía son utilizados por la población local. Por lo anterior, es importante la búsqueda de herramientas que rescaten el conocimiento que los pobladores tienen de los recursos naturales para reforzar la importancia de los mismos en esquemas que revaloren y reviertan dicho conocimiento a la gente de las comunidades que no conoce lo mismo que algunos miembros de su comunidad. En cuanto a esto, la identificación de los recursos vegetales, la documentación del conocimiento sobre ellos y la valoración económica, son herramientas que permiten analizar la viabilidad desde diversos puntos de vista (ambientales, culturales y económicos) del uso de los recursos naturales. Las hipótesis de trabajo que guían esta tesis son que: 1)los residentes que tienen más tiempo en las comunidades reconocen el cambio de uso de suelo; 2)los dueños y usuarios de potreros inundables reconocen el uso directo e indirecto de las plantas asociadas a éstos; 3)se puede asignar un valor monetario a las plantas que reconocen los usuarios o dueños del potrero.

4. Objetivo general

Valorar el servicio ambiental de provisión de los recursos naturales que se obtienen de un potrero derivado de selva-palmar inundable en cuatro localidades del municipio de Jamapa, Veracruz, México.

4.1. Objetivos específicos

1. Identificación del cambio de uso de suelo por parte de representantes de la población con más edad en dos comunidades.

2. Caracterizar el servicio ambiental de provisión y los usos de los recursos naturales en cuatro comunidades.
3. Estimar el valor monetario del servicio ambiental que proveen los recursos naturales identificados en el objetivo anterior.

5. Justificación

Las distintas actividades humanas se basan en el uso de los recursos naturales y por consecuencia la modificación de los ecosistemas. En específico, las selvas inundables de Jamapa se han modificado a lo largo del tiempo para ser utilizadas en actividades agrícolas y/o ganaderas. Pese a las transformaciones que han sufrido estos ecosistemas, actualmente las personas usuarias de selvas-palmares inundables y potreros inundables reconocen los distintos usos, directos e indirectos, que hacen de los recursos naturales. Sin embargo, a menudo estos usos no son percibidos como beneficios, en cierta medida por ser parte de un cotidiano, en el cual las cosas comunes van perdiendo valor. Es en este punto donde se dá la importancia del presente trabajo, el cual no solo caracteriza los distintos usos y recursos empleados por comunidades rurales, sino que incluye los beneficios monetarios desde un punto de vista del uso potencial de los recursos, pero sobretodo como insumo para el pago por servicios ambientales. Para ello, se ejemplifican las perdidas o ganancias que obtienen las personas en el caso de que eligieran vender su terreno, comparado con los beneficios monetarios que obtienen por el conjunto de usos, a través de una proyección a 5, 10, 15 y 20 años.

Con la información presentada se pueden establecer las bases para futuras decisiones enfocadas a la viabilidad de mecanismos que beneficien la conservación y mantenimiento de los recursos naturales.

6. Metodología general

6.1 Área de estudio: El Municipio de Jamapa y la planicie costera veracruzana: sociedad, geografía y economía

Las zonas costeras cuentan con una gran diversidad de ecosistemas, que son considerados de alto valor natural y económico. Debido en parte a la alta

concentración de asentamientos humanos sobre éstas, entre el 40% y 77% del valor de todos los ecosistemas del planeta se concentra allí (Costanza *et al.*, 1997). Un caso particular en México es el estado de Veracruz, el cual está dominado por un litoral con longitud de 745km, lo que representa el 6.42% de la línea costera nacional (INEGI, 2010). Veracruz cuenta con una amplia planicie costera de norte a sur, caracterizada por la gran productividad derivada de los sedimentos acarreados por ríos y cuencas, a las zonas bajas y a la plataforma costera (SEFIPLAN, 2005). De esta productividad se ven beneficiados directa e indirectamente los 7,643,194 habitantes de Veracruz, ya sea en las montaña, planicies o valles. Su gran diversidad permite a la población el desarrollo de actividades económicas, entre los cuales destacan la agricultura, la ganadería y el turismo.

Descripción geográfica y ecológica

El presente trabajo se desarrolló en las comunidades La Matamba (19°02'N y 96°30'O), El Piñonal (19°01'N y 96°29'O), El Yagual (18°99'N y 96°29'O) y La Zapilla (19°00'N y 96°28'O), las cuales pertenecen al municipio de Jamapa (Fig. 2). El municipio se encuentra en la zona centro del estado de Veracruz, en la región conocida como Sotavento, en los 19°03'N y 96°14'O, a una altura de 57msnm. Limita al noroeste con Manlio Fabio Altamirano, al noroste con Medellín; al sur con Cotaxtla y al oeste con Soledad de Doblado (INAFED y SEGOB, 2010). Jamapa es un municipio pequeño ya que solo abarca el 0.8% del territorio estatal (SNIM, 2010). Su nombre deriva del náhuatl Xam a pan; “en el río de los adobes”.

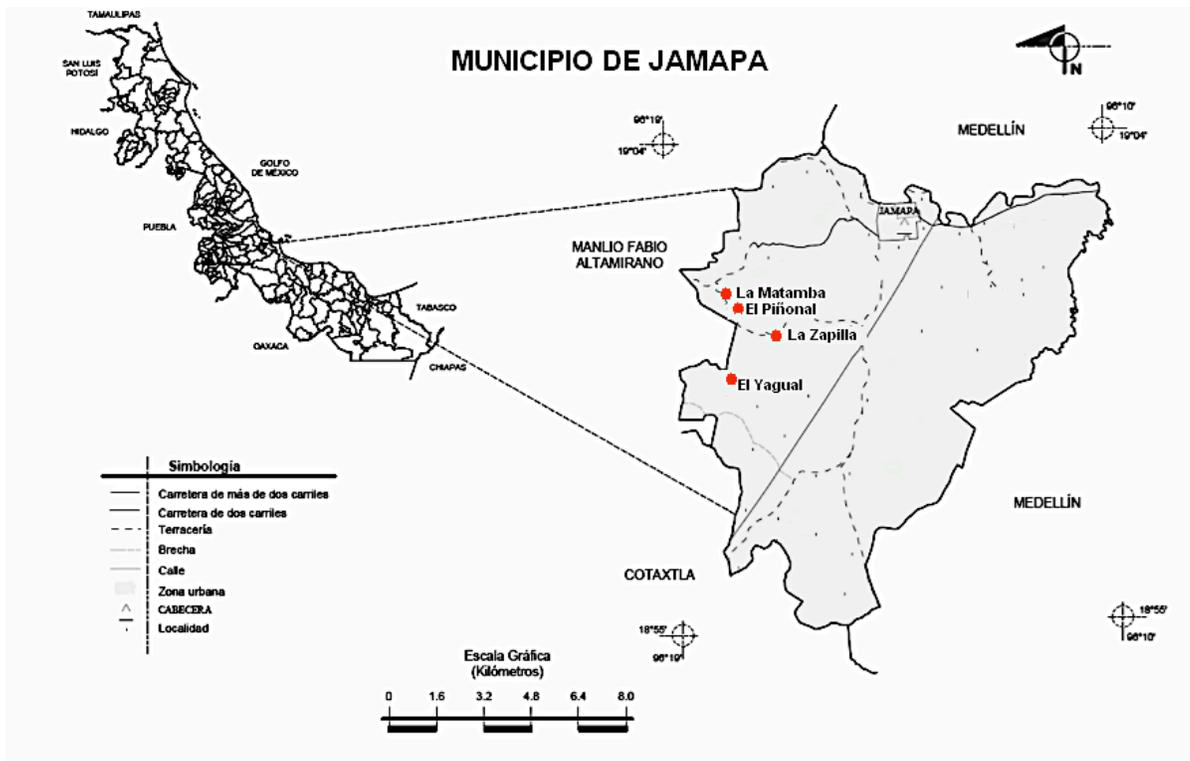


Figura 2. Área de estudio mostrando el municipio de Jamapa y las cuatro poblaciones donde se trabajó.

Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos (2009).

El clima del municipio es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con temperaturas que oscilan entre 24-26°C. El rango de precipitación es de 1100 a 1300mm (INEGI, 2009). El municipio, así como todo el estado, son azotados por masas de aire tropicales en verano y polares en invierno, las cuales suelen ser las causas de los innumerables fenómenos tropicales (nortes, depresiones, tormentas y ciclones tropicales o incluso huracanes), que azotan la región (Pereyra-Díaz & Agustín-Pérez Sesma, 2006).

En cuanto a hidrografía, el municipio se encuentra en la región hidrológica Papaloapan, dentro de la cual se halla la cuenca del río Jamapa, con la presencia del río del mismo nombre, Paso Grande y Soyolapa (INEGI, 2009). La cuenca del río Jamapa se encuentra ubicada entre los 18°45' y 19°14' latitud norte y entre 95°56' y 97°17' longitud oeste (CONAGUA, 2005). Su área aproximada es de 3,912 km² (Pereyra-Díaz & Agustín-Pérez Sesma, 2006), con una superficie de aportación de 19,761km²

El río Jamapa está formado por dos corrientes conocidas con los nombres de río Cotaxtla y río Jamapa. Este río fluye a través de terrenos planos cultivados, formando meandros, para finalmente desembocar en el Golfo de México en la población de Boca del Río, Veracruz. Los aprovechamientos hidráulicos que se hacen de esta cuenca, son específicamente en el río Atoyac, donde se estableció la presa derivadora Santa Anita, la cual abastece el sistema de riego El Potrero. Además, está presente el acueducto Veracruz-El Tejar, el cual conduce agua desde el lugar denominado El Tejar, sobre el río Jamapa, a la ciudad de Veracruz para uso doméstico (Pereyra-Díaz & Agustín-Pérez Sesma, 2006).

El uso de suelo y la vegetación presente hasta 2005 era de 61% agricultura, 35% pastizal, 3% vegetación secundaria y 1% áreas urbanas (SEFIPLAN, 2005). El área de selva inundable remanente es tan pequeña que ni siquiera se menciona, pues se ha convertido en campos agrícolas y ganaderos. Es una selva inundable de *Pachira aquatica* (apompo) con abundantes palmas de *Roystonea dunlapiana* y *Attalea liebmanii*, de ahí que se le denomine en este trabajo selva-palmar. Se establece en los alrededores de la Laguna El Apompal, la cual se encuentra en 19°01'19.39"N y 96°17'6.61"O. Además de las palmas, la laguna presenta marismas inundadas, pastos y cultivos de mango. La especies dominantes, además de las mencionadas arriba, son *Hippocratea celastroides*, *Dalbergia brownei* y *Hasseltia laxiflora* (Infante Mata *et al.* 2011).

Sociedad y educación

Dentro del municipio existen 39 localidades, de las cuales solo la cabecera municipal es considerada urbana (SNIM, 2010). La población total del municipio es de 10,376 personas, de estas 5,085 son hombres y 5,291 mujeres (INEGI, 2010). La población que conforma las localidades estudiadas no sobrepasa los cientos, y de compararla con la población del municipio, La Matamba tiene 6.7% (702 personas), El Piñonal 3.7% (384 personas), La Zapilla 1.6% (174 personas) y El Yagual 1.1% (114 personas) de la población total.

Más del 90% de las personas que habitan el municipio, así como en las localidades estudiadas, nacieron en la entidad; el resto proviene de estados como

Puebla, Oaxaca, Tabasco y el Distrito Federal. Solo 18 personas hablan alguna lengua indígena en todo el municipio, de las cuales una habita en El Piñonal (INEGI, 2010) (Tabla III)

En cuanto al nivel educativo, tanto en el municipio como en las comunidades, el grado promedio oscila entre los cuatro y seis años, lo que corresponde a personas con primaria terminada o sin finalizar (INEGI, 2010). En la Tabla IV se muestra el número para habitantes de 15 años y más, que corresponde al nivel educativo, alfabetas o sin estudios.

De infraestructura escolar, el municipio cuenta con 19 escuelas de preescolar, 22 primarias, cuatro secundarias y tres escuelas para nivel bachillerato. De las localidades estudiadas, El Piñonal, El Yagual y La Zapilla cuentan con escuelas a nivel preescolar y primaria. En La Matamba, además de las anteriores, se encuentra una telesecundaria y un telebachillerato, el cual satisface la demanda de las localidades cercanas.

En todo el municipio solo hay dos bibliotecas públicas, tres bibliotecas en educación básica, media y superior. Solo uno de cada diez personas realizan consultas en estas bibliotecas (1,719 consultas).

Tabla III. Datos de población para el municipio y las localidades estudiadas. J, Jamapa; M, La Matamba; P, El Piñonal; Y, El Yagual y Z, La Zapilla.

	J	M	P	Y	Z
Población total	10376	702	384	114	174
Masculina	5085	344	192	52	84
Femenina	5291	358	192	62	90
Relación hombre-mujer	96.11	96.09	100	83.87	93.33
Población de 0 a 14 años	2610	200	79	27	39
Población de 15 a 64 años	6830	421	266	66	119
Población de 65 años y más	904	79	39	21	16
Fecundidad	2.52	2.88	2.76	3.07	2.65
Población nacida en la entidad	10037	698	381	114	174
Población nacida en otra entidad	274	4	2	0	0
Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena	18	0	1	0	0

Fuente: Censo de población y vivienda 2010, INEGI.

Tabla IV. Habitantes con 15 años y más en los distintos niveles educativos para el municipio y las localidades estudiadas. J, Jamapa; M, La Matamba; P, El Piñonal; Y, El Yagual y Z, La Zapilla.

	J	M	P	Y	Z
Grado promedio de escolaridad	6.6	5.77	6.07	4.43	5.53
Analfabetas	876	90	40	20	23
Sin escolaridad	774	49	30	20	21
Primaria incompleta	1917	157	87	27	36
Primaria completa	1398	99	59	18	35
Secundaria incompleta	428	22	20	4	7
Secundaria completa	1631	93	62	9	19
Educación pos-básica	1374	55	36	8	14

Fuente: Censo de población y vivienda 2010, INEGI.

Economía

La población económicamente activa (PEA) del municipio es de 4,094 personas, en La Matamba 234, en El Piñonal 144, en El Yagual 38 y el La Zapilla 66 personas, valores que en porcentaje corresponden al 39%, 33%, 38%, 33% y 38% respectivamente, de su población. La PEA de mujeres y hombres es muy distinta; el porcentaje en hombres trabajadores es mayor en comparación con las mujeres, mientras que los hombres tienen de 26 a 34%, las mujeres solo están en un rango de 2 a 10%. La PEA inactiva es de 4,129, de los cuales 1,178 son estudiantes, 2,519 se dedican a quehaceres del hogar, 49 son jubilados y pensionados y 203 incapacitados permanentes (SEFIPLAN, 2005).

En cuanto a actividades primarias, la región desarrolla agricultura y ganadería. Del total de la superficie municipal, se siembran 1,995ha, con maíz, pasto, mango y frijol (Fig. 3). El maíz es de mayor volumen de producción con 12,500 toneladas hasta el 2010. El valor de la producción agrícola del municipio es de \$39,982 miles de pesos, de los cuales los pastos aportan \$10,000, la mayor cantidad (INEGI, 2010).

La ganadería tiene como principal objetivo la obtención de carne de origen bovino (555 ton) y leche (1,896 miles de litros). También se produce carne porcina (228 ton), gallinácea (157 ton), ovina (6 ton), de guajolotes (5 ton) y en mucha menor medida caprina (1 ton) (INEGI, 2010).

Otra actividad primaria es la extracción maderable de la cual el volumen de producción en metros cúbicos de rollo es de 200.

En cuanto a las actividades secundarias, en el municipio existe manufactura, dentro de la cual solo se ocupa a 54 personas, en 20 unidades económicas hasta 2008. De actividades terciarias, en la cabecera municipal hay un tianguis, tres oficinas postales y 12 camiones de pasajeros (INEGI, 2010).

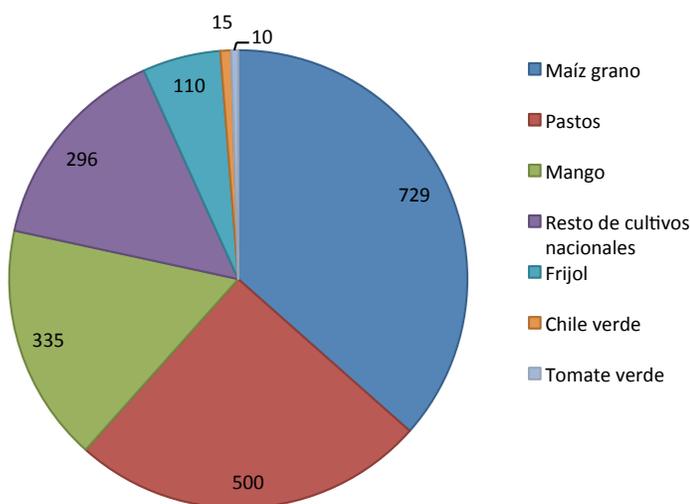


Figura 3. Superficie sembrada (ha) de los principales productos en el municipio de Jamapa. Datos INEGI 2010.

Salud

Del total de los habitantes poco más del 50% cuentan con derechohabencia a algún sistema de salud (5793 personas). El sistema de salud con mayor uso es el Seguro Popular, seguido del IMSS. La figura 4 ilustra lo anterior, donde el mayor porcentaje de habitantes están adscritos al Seguro Popular, mientras que el ISSTE y el ISSTE estatal son los de menor uso. La misma tendencia se observa para cada localidad, con valores muy opuestos entre el Seguro Popular y el IMSS en la localidad de El Yagual.

En cuanto a la infraestructura con las que cuenta el municipio son tres unidades médicas en la Secretaría de Salud del Estado. En La Matamba en particular, existe un Centro de Salud, dentro del cual se dispone de un doctor y enfermeras que brindan los servicios de consultas generales, curaciones,

aplicación de medicamentos y, una de las características más importantes es que se realiza el seguimiento de pacientes con enfermedades como diabetes e hipertensión, siendo estas enfermedades las que más afligen a las comunidades de interés (com. per. Caridad Tronco-López).

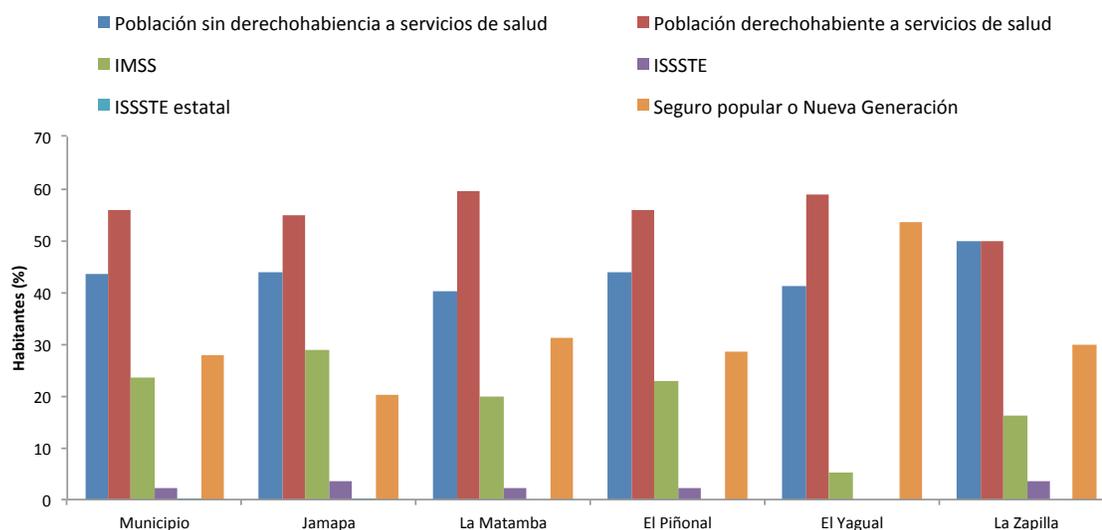


Figura 4. Porcentaje de población adscrita a algún servicio de salud. El porcentaje esta en función de la población total de cada localidad. Datos INEGI 2010.

Vivienda

El número total de viviendas en el municipio que cuentan con los tres servicios básicos de agua potable, luz y drenaje son muy pocas, en La Matamba solo hay 27.7%, en El Piñonal 47%, en La Zapilla 10% (INEGI, 2010) y específicamente en El Yagual los datos del censo registran que no hay viviendas con los tres servicios básicos, aunque si hay un gran número que tienen luz. La Tabla V muestra las principales características de las viviendas en el municipio y en las localidades de interés.

Tabla V. Características de las viviendas en el municipio y en las localidades. J, Jamapa; M, La Matamba; P, El Piñonal y, El Yagual y Z, La Zapilla

	J	M	P	Y	Z
Viviendas totales	3671	277	144	42	66
Habitadas	3024	211	116	35	57
Particulares	3664	277	144	42	66
Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas	3.43	3.33	3.31	3.26	3.05
Piso de material	2733	199	96	32	48
Piso de tierra	276	12	18	3	9
Disponen de luz eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje	1585	77	68	0	7
Sin bienes	79	7	0	2	4
Con radio	2150	150	85	21	36
Con TV	2762	196	110	32	50
Con refrigerador	2541	177	98	29	47
Con lavadora	2019	140	78	23	31
Con automóvil	852	51	18	10	14
Con PC	260	12	3	0	3
Con teléfono	436	74	28	3	2
Con celular	2041	68	35	14	37
Con internet	132	2	1	0	0

Fuente: Censo de población y vivienda, INEGI 2010.

6.2. Marco metodológico

La siguiente tabla muestra los métodos resumidos, utilizados para cada objetivo.

Capítulo I. Identificación del cambio de uso de suelo.	<p>Objetivo específico 1.</p> <p>Identificar del cambio en el uso de suelo por medio de cinco entrevistas a informantes clave de dos comunidades. Los informantes fueron seleccionados mediante el cuestionario aplicado para el objetivo 2 y su tiempo de residencia en la comunidad.</p>
Capítulo II. Caracterización del servicio ambiental de provisión y los usos de los recursos naturales	<p>Objetivo específico 2.</p> <p>Aplicar 70 cuestionarios en cuatro comunidades. El acercamiento con las personas fue a través del método Bola</p>

de nieve.

Capítulo III.

Estimación del valor monetario del servicio ambiental que proveen los principales recursos utilizados en cinco comunidades

Objetivo específico 3.

Estimar el Precio de mercado de los productos de mayor uso en las cuatro comunidades.

7. Resultados

Capítulo I. Identificación del cambio de uso de suelo

I. Introducción

En los últimos 50 años, los seres humanos han transformado los ecosistemas más rápida y extensamente que en ningún otro período de tiempo de la historia humana, en gran medida para resolver las demandas de alimentos, agua dulce, madera, fibra y combustibles (Reild *et al.*, 2004). Esta transformación implica un uso de suelo ligado a las necesidades humanas, sin embargo, la forma e intensidad en que se modifica la cubierta vegetal determina la persistencia de los ecosistemas y por ende, de los recursos y servicios que éstos proporcionan (SEMARNAT, 2009).

La transformación acelerada de los ecosistemas en áreas de uso agropecuario o urbano ha sido uno de los procesos más comunes en varias regiones del país durante los últimos 30 años (Velázquez *et al.*, 2002; Castelán-Vega *et al.*, 2007). Los estudios sobre estos cambios en la cobertura y uso del suelo son primordiales por las implicaciones que éstos conllevan en relación con la pérdida de hábitat, de diversidad biológica, servicios ambientales y la capacidad productiva de los ecosistemas (Rosete-Vergés *et al.*, 2008).

En general, han sido las selvas los ecosistemas terrestres del país que, a través de la historia, han sufrido las mayores transformaciones y afectaciones por las actividades humanas, tanto en la extensión como en los factores de perturbación (SEMARNAT, 2009). En el estado de Veracruz, la ganadería y la expansión de la mancha urbana han tenido una fuerte dinámica, las selvas han quedado reducidas a porciones insignificantes del territorio, la mayor parte siendo sustituida por pastizales, potreros inundables y cultivos de caña de azúcar (SEFIPLAN, 2005; Mendoza-González, 2009), por ello se considera que la ganadería es la principal causa de deforestación en el trópico húmedo (Toledo, 1990).

La disminución de la vegetación (asociada frecuentemente con la sobreexplotación) puede ocasionar diversas alteraciones en una región, tales como la reducción de la recarga de mantos acuíferos, tomando en cuenta resultados como los de Campos *et al.* (2011) quienes estimaron la capacidad de retención de agua en el suelo de humedales arbóreos y herbáceos entre 556 a 834 lm^2 y 687 a 880 lm^2 respectivamente. Otras afectaciones incluyen el incremento de la tasa de erosión, el aumento de la tasa de azolve de presas y lagos, el aumento de inundaciones causadas por el desbordamiento de ríos y el cambio de las condiciones climáticas locales (Ordóñez *et al.*, 2000).

En el caso específico de las selvas inundables, al modificarse estos ecosistemas se pierden dos de los servicios más importantes que ofrecen, siendo captura de carbono como carbón orgánico en el suelo y retención de agua (Travieso-Bello *et al.*, 2005; Campos *et al.*, 2011), lo cual ayuda al aumento de los gases de invernadero, como CO_2 (González-Marín *et al.*, 2012a).

Ya que las constantes transformaciones de los ecosistemas naturales conllevan pérdidas grandes para la humanidad, es importante parar y dar una mirada al proceso que a través de la historia se a dado, a fin de eliminar o disminuir los principales factores negativos y no repetirlos en un futuro. Es fundamental entender en detalle los procesos de cambio de uso del suelo y sus efectos (SEMARNAT, 2009), para poder frenar las perdidas de los ecosistemas que sirven de base para un gran número de actividades humanas.

El objetivo del presente capítulo es identificar el cambio de uso de suelo por medio de la información proporcionada en entrevistas a algunos personajes clave y fuentes bibliográficas, a fin de conocer el proceso de cambio de uso de suelo y los factores que han propiciado el uso de suelo actual.

II. Metodología

La identificación del cambio de uso de suelo que se presenta a continuación se formuló a través de la información brindada por cinco personajes clave de las comunidades de La Matamba y El Piñonal, quienes fueron entrevistados durante el mes de noviembre de 2012.

La idea de recopilar relatos personales es dar cuenta de las experiencias de los cinco entrevistados y conocer su punto de vista del desarrollo de los poblados y la vegetación natural, así como su participación en los acontecimientos que ellos marcan como fundamentales para el proceso de cambio de uso de suelo. Aunque este no es un estudio formal de la historia oral tal como Guadarrama Olivera (1990) y Álvarez-Goyou Jurgenson (2009) describen, el análisis de los relatos obtenidos en las cinco entrevistas abiertas, en donde el foco era identificar los cambios de uso de suelo, permiten reconocer partes de su vida cotidiana, de sus costumbres con respecto al uso de suelo y recursos naturales, los valores que dan a los recursos naturales, sus aspiraciones y decepciones así como rescatar su visión de su realidad.

Para las entrevistas se seleccionaron a cinco personajes clave. Los cinco entrevistados fueron elegidos después de aplicar un cuestionario (Capítulo II) en el cual, se identificaba el conocimiento sobre los distintos usos de suelo y de los recursos vegetales, el uso directo de los potreros y por el tiempo de residencia en la comunidad. Las cinco entrevistas abiertas (Hernández Sampieri *et al.*, 2006), se realizaron in situ por separado, y por la autora de esta tesis. Las entrevistas fueron grabadas, previa autorización de los participantes. La duración de las entrevistas varió de acuerdo a la fluidez de la conversación y a la disposición de las personas (entre 20min a una hora). Se eligió este tipo de entrevista porque permite que los participantes expresen de la mejor manera sus experiencias, sin ser influidos por perspectivas ajenas (Creswell, 2005). Las entrevistas se transcribieron (nombradas con la letra "E" y el número de entrevista), en fichas en Word. Las respuestas se analizaron con base en el objetivo de identificar el cambio de uso de suelo. Se seleccionaron fragmentos de entrevistas que dejaran evidenciar este proceso, para posteriormente identificar posibles etapas en el cambio.

Por otro lado, se buscó información bibliográfica para contextualizar los resultados de las entrevistas. La información documental se basó en artículos científicos, libros e información proveniente del propio gobierno del municipio de Jamapa o en su caso del Estado de Veracruz. Esta información complementó y/o confirmó lo mencionado por estos cinco informantes clave. Esto es importante

hacerlo porque de acuerdo con Guadarrama Olivera (1990) en la memoria, tanto individual como colectiva, caben los recuerdos y los olvidos. Es decir, no se puede interpretar el olvido como una falla de la memoria y el recuerdo como una prueba inequívoca de la verdad de una realidad pasada. La complementación de lo oral con lo escrito permite hacer coincidir el discurso del informante, o bien, revela hasta dónde éste es producto de vivencias o de la adopción de la historia oficial o, por lo menos, de la historia aceptada por una comunidad

III. Resultados

Etapa 1: Vegetación natural-ganadería

El estado de Veracruz presentaba una privilegiada ubicación entre la costa del mar y la Sierra Madre Oriental, con distintas elevaciones del terreno cubiertas siempre de vegetación, clima cálido, lluvias abundantes y ríos caudalosos, características que permitieron el desarrollo de grupos humanos (Sol, 2013); culturas como las de los Huastecos, Totonacas, Olmecas y Las Remojadas se desarrollaron en el territorio veracruzano.

La vegetación de la zona se vio transformada durante el desarrollo de las culturas antes mencionadas, por las actividades agrícolas milperas, que satisfacían las necesidades de autoconsumo y pago de tributos. Su sistema agrícola se basaba en el sistema roza, tumba y quema, y sin embargo fue una perturbación en menor escala (Arellano-Gómez, 2006). También se ha encontrado presencia de terrazas elevadas donde por ser humedales, se construían camas elevadas que permitían cultivar en la parte alta durante las lluvias y en la parte baja durante las secas (Siemens,; Moreno-Casasola & Infante, 2010).

A partir de la llegada de Cortés comienza la “experiencia” ganadera en las planicies de la región central del estado de Veracruz (Arellano-Gómez, 2006). Fue en esta región donde arribaron las primeras reses a la Nueva España, e inclusive se conoce el nombre del primer y aventurado propietario que desembarcó sus ungulados: Gregorio de Villalobos (Barrera-Bassols, 1996). En la época colonial se otorgaron a los españoles y sus descendientes “mercedes” de tierra para la cría de ganado mayor (Arellano-Gómez, 2006).

Para el año de 1550, el territorio de Jamapa era conocido como la Hacienda de Santa María Jamapa, la cual se consideraba dentro de los límites de Medellín. En esos años la tierra se mantenía en manos de unos cuantos, entre los que destacan Diego Ludueña, quien contaba con el mayor sitio para estancia de ganado (Melgarejo, 1980 in Hoffmann & Velázquez, 1994). Según Barrera Bassols (1996) el súbito despoblamiento de sus paisajes, de gran fragilidad ecológica, riqueza biológica y alta productividad alimentaria, resultó la base original para la llegada y establecimiento de los nuevos rumiantes. La apertura de caminos y el pisoteo constante y masivo del ganado sobre la vegetación, junto con la quema de pastos y el ramoneo selectivo de los rumiantes, constituyeron los factores que debieron provocar las modificaciones naturales más acentuadas, alrededor de 1831 aproximadamente. Otra consecuencia ecológica directa pero vinculada con las prácticas ganaderas lo fue la extracción forestal. El comercio de maderas preciosas, la utilización de leña, los requerimientos de otra naturaleza que proveían las diversas especies de la selva. El último aspecto que indujo una transformación aún mayor fue el arribo de pastos y otras gramíneas exóticas para el consumo de estos animales. El pasto privilegio (*Panicum maximum*) arribó en primer término y venía como el colchón o cama de los esclavos africanos que se transportaban masivamente por mar durante el comercio de esclavos a América.

Etapa 2: Agricultura (ajonjolí, frijol y maíz)

Los siguientes 40 años en el municipio, al igual que en el país, la tierra se mantuvo en propiedad de unos cuantos, a través de haciendas o ranchos, con un solo cambio dado por el decreto de los límites entre Medellín y Jamapa en 1870, conformándose el municipio como actualmente se conoce (Municipio de Jamapa, 2011). Durante estos años los principales cultivos eran maíz, frijol, algodón y ajonjolí. Estos eran empleados por las personas como forma de pago en las tiendas que abastecían a la región. Algunos recuerdos acerca de los cultivos vienen a la memoria de los entrevistados:

E5: El maíz, frijol y ajonjolí, sobre todo el ajonjolí, servían como moneda en aquellos tiempos ya fuera en la tienda local como la tienda que tenía Don Nico Malpica.

E3: Cuando era chamaca, en aquellos años se sembraba maíz, frijol, ajonjolí, yo me acuerdo que mi abuelito sembraba hasta algodón, y nos llevaba, estábamos todos niños y nos llevaba a cortar el algodón. Veníamos contentos porque nos cortábamos bolsas así y nos las pagaba mi abuelito. Algunas veces lo vendíamos luego, o sea por decir, mi mamá o mi papá me decía, lleva a la tienda una bolsita de ajonjolí y ya nos lo pagaban y ya de allí, comprábamos lo que íbamos a comprar, allí mismo en la tienda.

E1: En aquel tiempo se acostumbraba que iba a la tienda, pedías, puro pedir y puro pedir, y comiendo pues comiendo lo que se agarraba, ya en tiempo de cosecha caían las burradas, las carretas llevando las semillas a la tienda, llevaban mucho maíz, frijol o ajonjolí para pagar, y así fue, así fue la cosa.

Para 1900 en el estado se desarrolló en gran medida la explotación de maderas, plátano y chile, caracterizada por un aprovechamiento de recursos naturales y extracción predatoria (Hoffmann & Velázquez, 1994).

Etapa 3: Ejido y mango

La propiedad de tierra cambio en 1910 con el establecimiento de la Reforma Agraria. Es en éste año cuando el estado de Veracruz pasa por una etapa aparentemente exitosa de entrega de tierras como consecuencia de demandas realizadas por grupos campesinos (Hoffmann & Velázquez, 1994). Se desarrolla la Secretaría de Fomento, la cual de 1914 a 1917 se estableció como Secretaría de Agricultura y Fomento, así mismo se establece la Comisión Nacional Agraria Mixta. Éste proceso movió la estructura social y modificó patrones de conducta, de ideología, de gobierno, pero no la tenencia de la tierra. Es hasta 1930 cuando se ven los cambios de la reforma y se da por terminada, hablando de un nuevo México, logrado con base de la pequeña propiedad (Martínez-Saldaña, 1983).

En esos años los ejidatarios se dirigían a la Comisión Nacional Agraria Mixta para solicitar la dotación de tierras, comenzando así la formación de ejidos; algunos poblados, entre ellos, Higuera de las Raíces (La Matamba) solicitaron ante esta comisión, la dote de tierra en el año 1932. En esta época, con las solicitudes y el

paso del tiempo, se formaron los ejidos de La Matamba, El Piñonal, El Yagual y La Zapilla. En el caso de El Piñonal, un entrevistado cuenta que:

E5: Por ahí de los 30 se formaron los ejidos, por ejemplo El Piñonal: se estableció en 1936 gracias a mi tío José Utrera. Él mandó un escrito pidiendo que se hiciera el ejido. Muchos no querían y se negaron a firmar la solicitud, pero otros pues sí la firmaron. Luego él la mando pero pues los que no querían lo emboscaron, como antes era puro monte el camino de Jamapa para El Piñonal, le tendieron varias emboscadas y en una de esas cayó y lo mataron. Pero él ya había mandado el escrito desde antes, así que ya después de que lo mataron, pues ya habían dicho que si se iba a formar el ejido.

Posterior a la formación de los ejidos, las personas tenían acceso a las tierras a través de una asamblea ejidal, sobre la cual recaían las decisiones con respecto al espacio a utilizar. Al respecto uno de los entrevistados comenta:

E1: Antes se tenía que pedir permiso ante la asamblea, así al ejido, al consejo ejidal, y ya tenías que pedir. Pero a veces los del ejido no querían darte bien las cosas.

E3: Antes nadie era dueño, y nadie decía nada. No podían decir nada si alguien sembraba, si lo pensaba y pues ya veía que estaba sembrado pues ya no podían decir nada, pero si había algunos que si se agarraban mucho terreno...

En 1948 la tierra era ejidal y poco a poco su control volvió a quedar en manos privadas con el viraje que dio el presidente Alemán, en 1950. En este periodo se desarrollaron los sistemas de riego y la apertura de grandes extensiones de tierras para cultivo. El sistema de haciendas se transformó donde pudo en la llamada pequeña propiedad, las cuales invirtieron en zonas ganaderas ganadas al monte o a la agricultura, y surgieron los ranchos lecheros y de caña (Martínez-Saldaña, 1983).

En el municipio de Jamapa específicamente, se desarrolló el cultivo de mangos, los cuales eran vendidos a compradores que llegaban a la zona. Al respecto los entrevistados comentan que:

E4: Para esos años se comenzó a desarrollar el cultivo y venta de mangos, aquí llegaban los camiones y pues los compradores decían: te doy tanto dinero por

esa área...o te compraban el mango por cajas o por extensión de terreno. Venían por muchas muchas cajas y se las llevaban al puerto o pa Xalapa y allá lo vendía en más. Pero sí se vendía mucho el mango, y lo compraban bien, por eso muchas personas tenían mango, de allí saque para hacerme mi casita, de allí es donde pagamos todo esto.

Para 1965 se llevo a cabo el proceso de división de las tierras con un titulo de propiedad, el cual estuvo a cargo de autoridades estatales y asambleas ejidales. Este proceso dio la oportunidad de que las personas adquirirán el titulo de propiedad y que el reparto de tierras fuera equitativo, como lo comentan los entrevistados:

E2: Ya después cuando este chamaco nació, y ya tiene 40 años, fue cuando estaban comenzando a emparcelar, dijo ya van a venir a emparcelar pero estaba barato en aquel tiempo. Pagamos el título en \$50 pesos. Vino el ingeniero, luego vino aquí y lo midieron y nos dieron los terrenos, el lote de la casa también.

Si bien hasta antes de obtener el titulo de propiedad, las personas ya tenían extensiones de terreno “limpio¹” para cultivar, la adquisición de los títulos intensificó la tala y quema de la vegetación en terrenos donde habían árboles, palmares y herbáceas, con la finalidad de tener una buena extensión de terreno acondicionado para cultivo. Uno de los entrevistados expuso:

E1: ...Incluso antes de que se parcelara, había unas personas que ya tenían su terreno limpio, como la parte que me tocó a mi, ya estaba limpio casi toda, ya lo tenían así los abuelitos con algunos arbolitos, estaban unos cocos. Pero cuando se emparceló algunos vendieron y tumbaron el monte parejo, para tener más terreno para sembrar... No les gusta el monte porque hay mucho animalito, mucha iguana...

Etapa 4: Especies forrajeras-caña

En gran parte de las comunidades del municipio de Jamapa es común ver amplios terrenos con más del 70% de zacate sembrado. Lo anterior se vio aun más favorecido en el año 2012, con la regulación de la renta de terrenos como zona

¹ Proceso que implica el corte de palmas, árboles, herbáceas y todo lo existente dentro de la propiedad a cultivar

para alimentación de ganado, por medio de la cual se estableció que las personas deben pagar \$10 pesos por cada animal que meten a los terrenos a alimentarse con el zacate sembrado.

Si bien en el estado de Veracruz se da una de las más grandes actividades azucareras, es hasta la fecha que estos sistemas están presentándose como una opción para comunidades como La Matamba, El Yagual y El Piñonal, pese a que las personas identifican los efectos negativos que este tipo de cultivo tiene sobre la tierra:

E3: Pero pues ya muchos que tienen su parcela se han dedicado a sembrar zacate, y las parcelas que tienen eso ya no se puede sembrar nada, porque el zacate se trenza en la tierra. Y ahorita pus ya en la caña, aquí hay varios que ya se metieron a la caña. O sea que ya entre poco pus ya no van a sembrar nada, si se dedican por decir ahorita lo de la caña ya no podrán sembrar nada.

IV. Discusión

Pese a que los entrevistados no suelen tener las fechas específicas de los cambios que percibieron o les tocó ser partícipes, se pueden relacionar estos acontecimientos con los datos en el contexto nacional.

Retomar los conocimientos de las comunidades locales es tener una fuente confiables, pues ellos fueron partícipes u observadores de los procesos de los cuales la historia escrita no puede tener detalle. Tengo (2012) establece que el conocimiento de las comunidades locales se ha visto como uno de los principales para entender la conexión con los ecosistemas, el reto ahora es hacer que sea reconocido de manera que se respeten los derechos y cosmovisiones de los dueños de este conocimiento, creando la comprensión de que son legítimos y útiles a múltiples escalas, para las comunidades locales y científicos por igual.

A través de sus relatos se deduce que en Jamapa el cambio de uso de suelo se dió en cuatro etapas y en función del cambio de propiedad, como lo comentan al decir que al obtener sus títulos de tierra la gente comenzó a eliminar la vegetación para tener los terrenos para cultivo; pero sobre todo por la demanda de los distintos productos, como ejemplo el aumento en la producción de caña en Veracruz, el cual es el principal estado con cerca de 36% de la cosecha a nivel

nacional en un periodo de 1990 a 2001 (Colegio de Posgraduados y FUNPROVER, 2013). Los ecosistemas del área de estudio pasaron de ser una zona de selva inundable y palmares a tierras de cultivo, primero de maíz, frijol y ajonjolí, luego de mango, el cual dio paso a la ganadería y cultivos de pastos y actualmente se observa una tendencia de cambio hacia el cultivo de caña.

Desde los años 90 hasta la fecha los terrenos han cambiado en gran parte por la introducción de especies forrajeras. Lo que se dejó y hasta ahora se mantiene es la vegetación que de alguna manera era y es empleada por la comunidad; un claro ejemplo de esto son los árboles que son utilizados como cerca viva, los palmares que sirven como límites de terrenos y plantas medicinales. En el caso de estas últimas, cuentan los entrevistados que antes era común encontrar en los terrenos las plantas que las personas dedicaban para curarse:

E3: Antes si ahorita ya menos, pero todavía, muchas personas así. Al menos yo también....Mi mamá también usaba las hierbitas, ella de hecho con eso nos curaba... Luego iba mi papá, por decir si hacia falta una hierba que no la había así en el terreno se iba a la orilla de los caños, la laguna y ahí las encontraba y las traía para que mi mamá las hirviera.

Si bien a la fecha no hay estudios de este tipo para las comunidades estudiadas, el proceso de cambio de uso de suelo es similar a otras zonas, como en el caso de Hidalgotitlan donde las selvas tropicales fueron eliminadas, se quemó la madera y maleza para tener terrenos limpios dedicados primero a cultivos y luego para la ganadería (Nahmad Molinari 2011).

Asimismo, tanto en Jamapa como en Hidalgotitlan un factor de cambio fue la propiedad de tierra, donde el parcelado ejidal permitió que las personas tuvieran porciones de tierra equitativas y se eliminaron los acaparadores (Nahmad Molinari, 2011). En cuanto a esto uno de los entrevistados menciona que:

E3: antes por decir, algunas personas se agarraban mucho más terreno y otras personas pus muy poquito no mas, ya cuando ya parcelaron pues ya todo fueron partes iguales, ya todos tenían su parcela de 9ha, todos iguales.

De acuerdo con Márquez *et al.* (2005) el mercado es un factor determinante en la decisión del uso del suelo que realizan los campesinos, en Tabasco, al igual que en Jamapa, Veracruz, las personas consideran la demanda de los productos, para decidir lo que producirán en sus terrenos. De acuerdo con el mismo autor, la actividad ganadera se ha considerado una actividad tradicionalmente redituable, de bajo riesgo, con poca inversión en el sentido de alimento para el ganado y por la posibilidad de llevarse a cabo en la mayor parte de los terrenos, tal vez sea estas características lo que haga que en Jamapa se halla dejado un tanto de lado la agricultura y se opte por la ganadería.

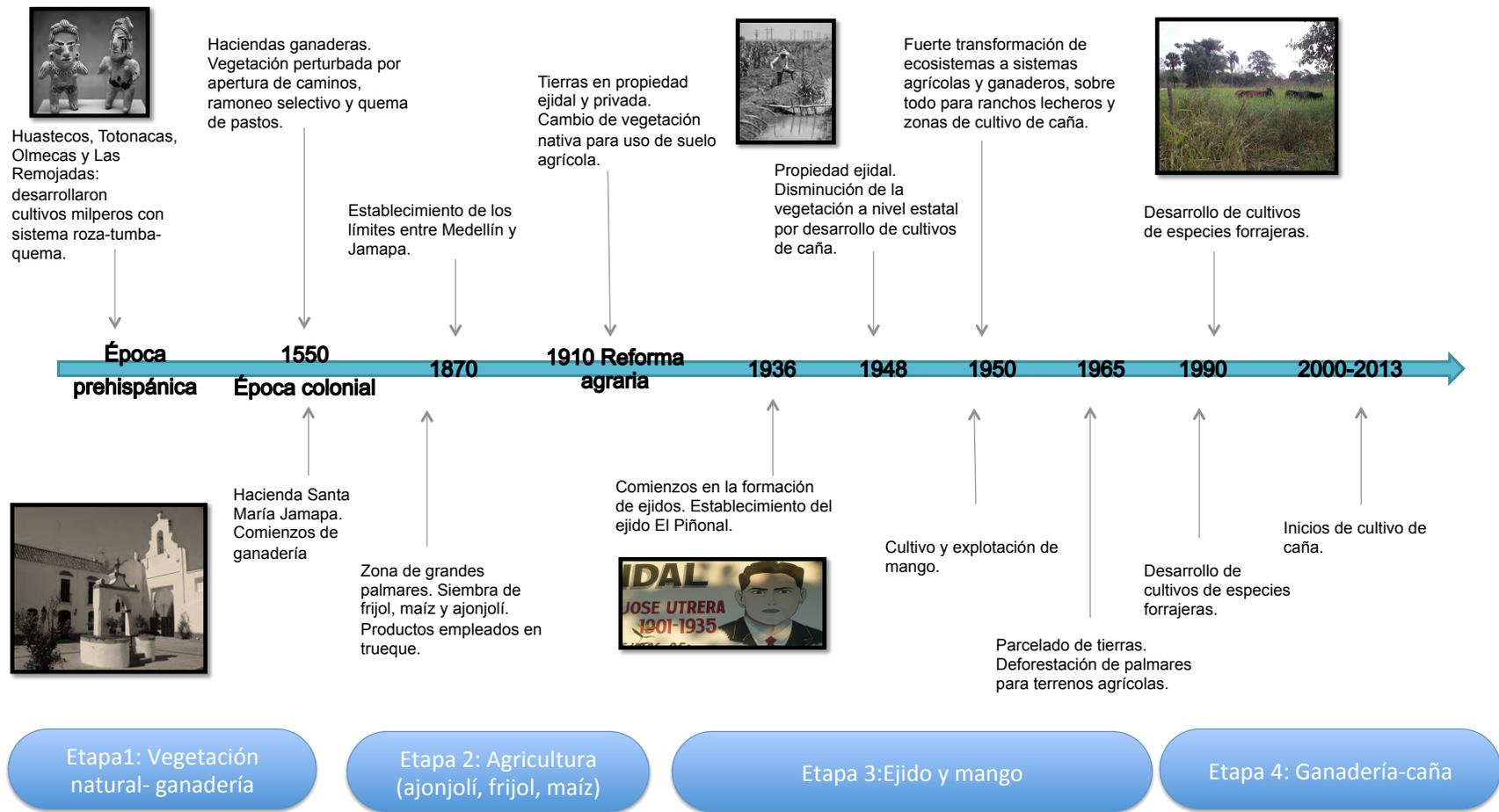
Por otro lado, al colocar los hechos narrados dentro del contexto de las fuentes bibliográficas, se puede observar que los eventos que pasan a nivel nacional y estatal, no se presentan en la misma medida a nivel local. Esta situación no se puede tachar de buena o mala pero tiene impactos distintos en función de donde se desarrolla. Es decir un evento que se da en la economía y en el mercado no necesariamente es el adecuado en una región por sus características ambientales. Ejemplo de ello es el desarrollo de cultivos cañeros por el daño ecológico que provocan y la gran demanda de agua que representan, en una zona donde la ganadería puede mantenerse aún bajo condiciones de inundación, sin dañar los servicios ambientales (Rodríguez & Moreno-Casasola, 2013).

Si bien la mayor parte de las selvas húmedas en el estado se han visto afectadas por la deforestación debida a la expansión de la frontera agrícola y ganadera, y por el crecimiento de la mancha urbana en los últimos 33 años (Cuevas *et al.*), es importante hacer un esfuerzo por mitigar estos procesos. Las inundaciones ocurridas en Jamapa, a través de los años (2010 por ejemplo), se deben en gran medida a la pérdida de la cobertura vegetal de las selvas inundables y a la reducción de su capacidad de proporcionar servicios ambientales. El cambio de uso del suelo origina que haya poca infiltración hacia los mantos freáticos y, por lo tanto, mayor escurrimiento hacia las partes bajas, generando desbordamientos de ríos (Pereyra-Díaz & Agustín-Pérez Sesma, 2006) con las subsecuentes pérdidas económicas y humanas.

La tenencia de la tierra y la demanda de los productos en el mercado fueron y continúan siendo unos de los principales factores en el cambio de uso de suelo, su identificación juega un papel importante en la actualidad. No se pueden cambiar los hechos pasados, pero se puede evitar repetir procesos que afectaron en gran medida a los recursos naturales y servicios ambientales de los cuales dependemos.

V. Conclusión

Según los relatos de cinco personas entrevistadas se identificaron cuatro etapas en el cambio de uso de suelo. Primera etapa, cuando la vegetación de selvas-palmares inundables coincide con los cultivos de maíz, frijol y ajonjolí. Segunda etapa, caracterizada por la formación de ejidos y la explotación de mango. Tercera etapa, donde la ganadería deja de lado a la agricultura y se desarrollan cultivos de especies forrajeras. Y la cuarta etapa o actual, donde la caña esta sustituyendo a los potreros (Fig. 5).



Capítulo II. Caracterización de los usos y recursos extraídos de potreros inundables

I. Introducción

El desarrollo de las sociedades humanas se basa en múltiples bienes extraídos de los ecosistemas naturales, como productos de alimentación, materiales de construcción e inclusive productos farmacéuticos. Sin embargo, con el paso del tiempo y el intento de un desarrollo rápido, es menos apreciado el soporte que brinda la naturaleza a éstas. En este contexto se torna importante mantener y promover el conocimiento de los usos que las comunidades hacen de sus recursos naturales de manera tradicional.

El conocimiento tradicional es un conjunto acumulativo de conocimientos, experiencias, prácticas y representaciones mantenidas y desarrolladas por los pueblos con extensas historias de entendimientos, interpretaciones y significados son parte de un complejo cultural que abarca los sistemas de lenguaje, nomenclatura, clasificaciones y prácticas de uso de los recursos, rituales, espiritualidad y cosmovisión (CSU, 2002).

El conocimiento tradicional ambiental es, a su vez acumulativo y dinámico, y se ha construido sobre la experiencia de las comunidades a través de los siglos, adaptándose a necesidades, culturas, ambientes y cambios tecnológicos, así como socioeconómicos del presente (Johnson, 1992; CONABIO, 2008; Lagos-Witte *et al.*, 2011). Por lo tanto, se puede establecer que el conocimiento tradicional se refiere al conocimiento, las innovaciones y las prácticas de las comunidades indígenas y locales relacionadas con los recursos genéticos (CONABIO, 2008).

Los recursos naturales utilizados de manera tradicional, son la base de la identidad cultural, la manera en que se manifiesta la relación del hombre con la naturaleza, y en consecuencia se reflejan en los valores sagrados y espirituales que el hombre les da (Lagos-Witte *et al.*, 2011). El conocimiento tradicional es una fuente vital de información para identificar los usos de los recursos de los cuales la humanidad puede beneficiarse en su conjunto. El ejemplo más evidente se da en la industria farmacéutica, pues por medio de éstos llegan a las plantas, animales y

microbios que se sabe tienen propiedades útiles. Sin estos conocimientos, muchas especies utilizadas en la actualidad en investigación y productos comercializados nunca podrían haber sido identificadas (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010).

Recientemente se ha empezado a reconocer que gracias al conocimiento tradicional asociado al uso y manejo de la naturaleza durante siglos, se han preservado y mejorado especies vegetales y animales, enriqueciendo la oferta de bienes útiles en la alimentación, la construcción, la medicina, la farmacología, la cosmética, el vestuario, así como los bienes ambientales (Lagos-Witte *et al.*, 2011).

Además, y debido a que los recursos naturales a menudo se encuentran en lugares alejados de las comunidades urbanas, la extracción de los recursos de manera tradicional es una de las cuestiones que en muchas comunidades, como en las estudiadas en el presente trabajo, ha garantizado el cubrir las necesidades básicas. La alimentación por ejemplo, constituye una prioridad fundamental en las comunidades rurales que a menudo presentan un nivel de bajos ingresos económicos, una escasa o en algunas ocasiones nula producción agrícola para comercio, poca ayuda de parte de gobiernos y una creciente migración de su población a zonas urbanas.

Dada la importancia del conocimiento tradicional, a menudo se han desarrollado numerosos estudios, muchos de los cuales se han enfocado en comunidades indígenas, especies específicas e incluso sobre ecosistemas modificados para actividades como la agrícola. Algunos estudios han documentado diversos usos de más de 1300 especies, entre los que destacan sus usos en comida y remedios medicinales (Toledo *et al.*, 1995), artesanal y de construcción (Pavón *et al.*, 2006), especies forrajeras (Ascencio-Rojas *et al.*, 2013), construcción de casas, postes, cercas vivas (Moreno-Casasola & Paradowska, 2009), fauna de humedales (González-Marín 2012). De éstos, destaca el hecho de que al ser de gran utilidad, muchas especies han sido adaptadas a los huertos familiares o terrenos aledaños a las viviendas de las poblaciones (Toledo *et al.*, 1995) e incluso en zonas modificadas como las agrícolas.

Para la zona de trabajo destacan los estudios realizados por González-Marín *et al.* (2012a y 2012b) en los cuales se menciona el uso tradicional de palmas de selvas inundables, como elementos de construcción, alimentación para el ganado, comida, artesanías e incluso medicinal. En dichos estudios se hace énfasis en que si bien en Jamapa aun se conocen los usos tradicionales de las palmas, este conocimiento se está perdiendo por factores como la eliminación de la especie para mantener potreros “limpios”, incremento en su costo para construcción y cambios culturales.

Históricamente la pérdida del conocimiento tradicional se ha dado por flujos migratorios del campo a la ciudad cortando el intercambio generacional (Ruiz-Florindez, 2012); también por la llegada de nuevos grupos sociales a las zonas rurales que por lo general, traen consigo prácticas no sustentables y una visión distinta del desarrollo y del medio ambiente (Oviedo *et al.*, 2007); la desigualdad económica en zonas rurales, pues esta se ve reflejada en la disminución de la capacidad de los individuos de realizar sus actividades normales (Oviedo *et al.*, 2007; Reyes-García, 2009); las nuevas tecnologías utilizadas en la agricultura que han causado impactos en las comunidades y su medio ambiente, ya que en ocasiones degradan los suelos, las aguas, y la fauna de la zona, lo que ocasiona la pérdida de practicas tradicionales (Oviedo *et al.*, 2007; Ruiz-Florindez, 2012); la aculturación lleva a un cambio en las relaciones sociales y formas de relacionarse con la naturaleza (por ejemplo de cultivar) que alteran de forma profunda las bases del conocimiento tradicional (Stepp *et al.*, 2002; Reyes-García, 2009). Como ejemplo de lo anterior esta lo estipulado por Saynes-Vasquez *et al.* (2013), quienes reconocen que cambios culturales, tales como actividades ocupacionales, nivel de escolaridad y competencia en el lenguaje indígena están negativamente asociados con la perdida del conocimiento etnobotánico Zapoteco.

Dada la gran importancia que este tipo de conocimiento ha tenido para mantener y conservar la diversidad biológica en muchas zonas y los distintos factores que provocan la pérdida de éste, hoy en día es primordial identificarlo, determinarlo y conservarlo, a fin de mantener un uso adecuado de los recursos. En este estudio se muestran los diversos usos (incluidos en el servicios de provisión

descrito por MEA 2005) que las personas que contestaron un cuestionario hacen de las especies presentes en los potreros inundables en cuatro localidades del municipio de Jamapa, Veracruz.

II. Metodología

Durante los meses de septiembre a diciembre de 2012 se realizaron visitas de reconocimiento y aplicación de cuestionarios a cuatro comunidades del municipio de Jamapa en Veracruz (La Matamba, El Piñonal, El Yagual y La Zapilla). Se efectuó un primer acercamiento por medio de la asamblea ejidal de las localidades de La Matamba y El Piñonal, así como con el grupo “Mujeres del Vivero”, para hacer de su conocimiento los objetivos del proyecto, así como describir las actividades a realizar en las comunidades. Como resultado de este primer acercamiento se estableció al informante clave que era necesario para este estudio, el cual tenía como características ser parte de la comunidad, ejidatario y dedicarse al campo. Con ayuda de este primer informante, se localizaron a las personas con características similares a quienes se les preguntó si querían contestar un cuestionario de 51 preguntas. Para elegir otros informantes a los cuales aplicar el cuestionario, se utilizó el método “bola de nieve”, el cual consiste en que una persona o grupo de personas entrevistados recomienden a otras personas que poseen información sobre el tema y así sucesivamente (Taylor & Bodgan, 1984) para producir datos descriptivos. Se aplicaron 70 cuestionarios de los cuales, 32 fueron en El Piñonal, 20 en La Matamba, diez en La Zapilla y ocho en El Yagual. El cuestionario fue aplicado en el domicilio de cada participante y la duración aproximada fue de 30 minutos.

El cuestionario se formuló con tres grandes temas: a) datos generales, donde se indagaba acerca de la edad, origen, número de personas dependientes, salario, entre otras; b) preguntas sobre su conocimiento del cambio de uso de suelo, con preguntas sobre la flora y fauna anterior al uso de los terrenos como potreros; c) y por último, cuestiones acerca del ganado y el manejo que se realiza en la zona (Anexo 3).

Paralelamente a las visitas, se colectaron ejemplares de herbario de las especies mencionadas, y se registró el nombre con el que la nombran, así como la manera en que se emplea. Todas las especies colectadas se prensaron y se identificaron en el herbario del Instituto de Ecología A.C. (XAL).

III. Resultados

Datos generales

En general en las cuatro localidades, la mayor parte del cuestionario fue aplicada a hombres (79%) y el resto a mujeres (21%) (Fig. 6), siendo en el Yagual y La Zapilla donde casi no hubo mujeres que lo respondieran.

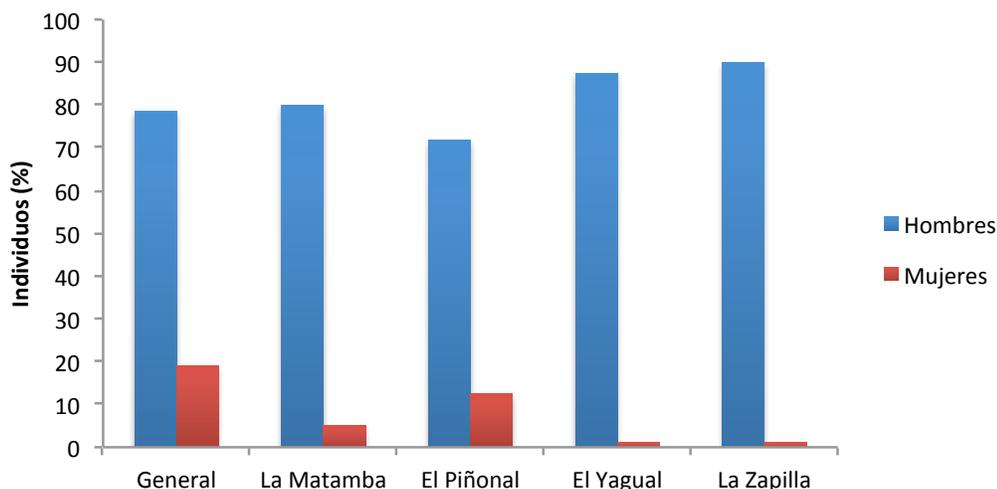


Figura 6. Porcentaje de representación de hombres y mujeres, para cada localidad y en general.

En las cuatro comunidades más del 70% de las personas declararon haber nacido allí. Las personas que no son originarios pertenecen en su mayoría a las comunidades cercanas, por ejemplo, los entrevistados de La Matamba que no eran originarios, provenían de comunidades como El Yagual o del Aguatal.

El intervalo de edad para las cuatro comunidades fue de 31 a 87 años con un promedio de 59 años; en El Piñonal el promedio de edad fue de 59 años, 61 para La Matamba, 52 para El Yagual y 58 en La Zapilla.

La figura 7 muestra el nivel de escolaridad de los participantes. Se observa que más del 70% solo estudiaron los niveles básicos, es decir primaria y secundaria. Destaca el hecho de que el mayor número de personas no terminaron la primaria (primaria truncada); de éstos, cerca del 70% estudiaron solo hasta el tercer año. Además se observa que solo cinco por ciento del total lograron acceder a un nivel medio superior o superior.

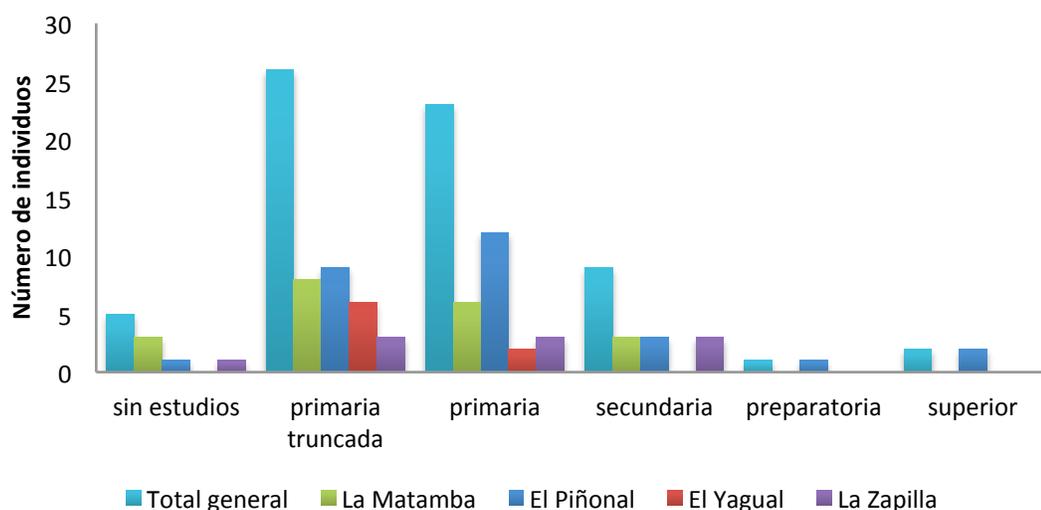


Figura 7. Nivel de escolaridad, en general y para cada localidad.

En cuanto a la ocupación de los participantes el 67% de los participantes mencionó dedicarse al campo, 17% al hogar y el resto a diversas actividades (comercio, presidente municipal, trabajar en el recinto portuario o desempleado). De acuerdo con los participantes, la actividad “campo” engloba a la ganadería y agricultura; sin embargo algunas personas declararon dedicarse solo a una de estas actividades (7% ganadería y 4% agricultura) (Fig. 8).

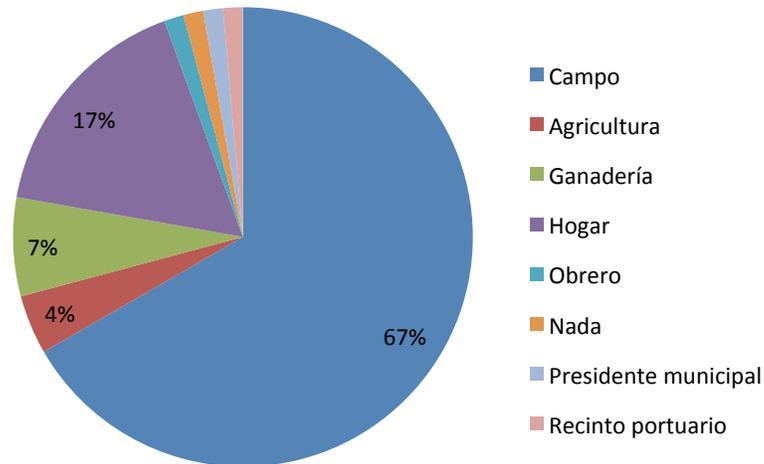
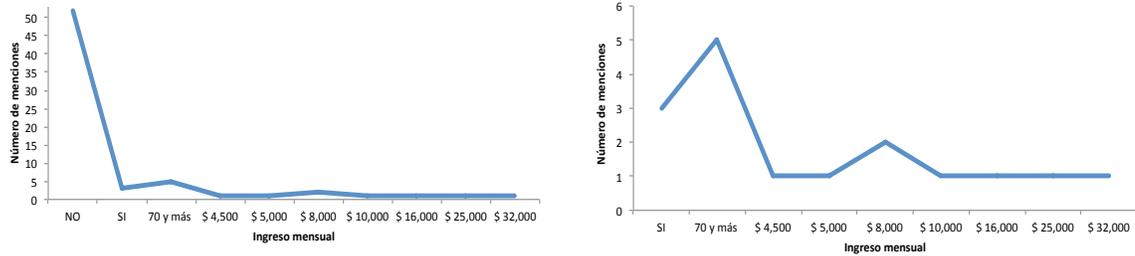


Figura 8. Distribución porcentual de la ocupación para las cuatro localidades.

Las personas dedicadas al campo emplean aproximadamente seis horas al día, repartidas entre la mañana y la tarde y su trabajo radica en el cuidado del terreno o del ganado.

El 76% de las personas mencionaron no contar con un salario o con un monto mensual fijo (Fig.9a), el 7% cuenta con el apoyo del programa de pensión denominado “70 y más”, lo que equivale a \$500 pesos mensuales, que se les entregan de manera bimestral (SEDESOL, 2012). El resto que mencionaron dedicarse a cuestiones diferentes al campo indicaron percibir montos desde \$4,500 hasta \$32,000 pesos, siendo éste último un valor alto en comparación con los demás por ser del presidente municipal (Fig. 9b).

Una de las alternativas de ingreso para las personas es el que provee emplearse para actividades como limpieza del terreno (chapeo), cultivo y/o cuidado del ganado. Dichas actividades son pagadas en jornales que van de \$140 a \$300 pesos en ocasiones excepcionales.



a. No cuentan con salario o ingreso fijo b. Si cuentan con un salario o ingreso fijo
 Figura 9. Ingresos mensuales percibidos por los participantes. La figura a muestra las respuestas de todos los participantes, en la figura b, solo los que si tienen un ingreso.

Los participantes tienen de uno a seis dependientes, siendo en su mayoría dos personas, comúnmente la esposa y un hijo.

Se estimó que en promedio los 70 participantes poseen seis hectáreas cada uno, y que la posesión de estas es a través de la herencia. En su mayoría son dueños desde hace más de 20 años.

Usos y recursos extraídos de los potreros inundables

Según las preguntas del cuestionario referentes a la historia del potrero y del ganado, se encontró que hay dos actividad que se realizan en torno a ellos. Casi la mitad (47%) mantiene a los animales, menos de la otra mitad (42%) combina entre potreros y cultivo (42%), y solo 9% son usados exclusivamente para cultivo.

De acuerdo con las respuestas al cuestionario, los usos que los participantes hacen de los recursos naturales son tanto directos (lugar para los animales, alimento para el ganado, extraen madera, comida, plantas medicinales, materiales para construcción, materiales para decoración) como indirectos (obtener leche, al vender el ganado -en pie o rastro-, aprovechar la sombra de los árboles y para retención de agua) (Fig. 10).



Figura 10. Principales usos de los recursos extraídos de un potrero.

Lugar para ganado

Como se mencionó anteriormente, la principal actividad que se realiza sobre los terrenos es como potrero o lugar para mantener a los animales. El número de cabezas de ganado que poseen los participantes varía en gran medida desde una hasta 60, con un promedio de diez. El número de cabezas de ganado, depende del tamaño del terreno y el presupuesto para mantenerlas. El ganado que poseen en su mayoría es una cruce entre razas suiza y cebú (64%) y el resto con holandesas; la mayoría son empleados para ordeña (66%) y en menor grado como sementales (11%).

Algunas de las actividades que se realizan de manera indirecta son con base en el ganado, siendo la ordeña y/o la venta del ganado, ya sea en pie o en rastro. Los litros de leche obtenidos dependen de la calidad del alimento dado al ganado, así como la calidad de éste, pero en promedio las personas coinciden que se obtienen de 3 o 4 litros por cada ordeña. La leche obtenida suele ser vendida a pequeños productores de queso de zonas cercanas como Soledad de Doblado, en \$4.5 pesos el litro. La venta de ganado se hace en mayor medida en pie que en rastro, y el precio es de \$24.3 pesos por kilogramo de becerro, \$23 por kilogramo de becerra y por cada animal llegan a obtener cerca de \$3,750 pesos.

Forraje

Dado que la mayor actividad realizada en los terrenos es mantener un potrero, también una de las principales actividades es la siembra de pastos que sirven de alimento para el ganado. Los participantes mencionaron 19 nombres distintos aplicados a los zacates o pastos que tienen en sus terrenos (Tabla VI), de los cuales los más empleados son: pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), paral (*Brachiaria mutica*), alemán (*Echinochloa pyramidalis*), insurgente (*Panicum sp.*), privilegio (*Urochloa máxima*) y mombaza (*Panicum maximum* cv Mombaza). El tipo de pasto cultivado depende de las características del terreno y el tipo de suelo, por ejemplo en zonas planas que se inundan en periodos cortos de tiempo, las personas siembran pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) dado que “es el más aguantador”, “es más duro para las secas” y “porque no se pierde con la crecida” y,

en zonas donde la inundación es estacional, el tipo de pasto que mayormente se siembra es el alemán (*Echinochloa pyramidalis*), que “se desarrolla mejor con la crecida”.

Si bien los participantes identifican cual es el tipo de pasto que se desarrolla mejor en sus terrenos, mencionaron querer otro tipo de pasto, esto por las recomendaciones de amigos, vecinos o parientes que les dicen que otro tipo de pasto como el Señal (*Brachiaria decumbens*) ayudan a tener mayor producción de leche o mejor capacidad de engorda. Sin embargo, de acuerdo con lo mencionado, no los tienen por que “son muy chiquiones” o “son muy caros”.

Tabla VI. Tipos de pastos mencionados. Las líneas indican que no se encontró la especie a la que corresponde este nombre común.

Nombre común	Nombre Científico
Alemán	<i>Echinochloa pyramidalis</i>
Arrocillo	-----
Criollo	-----
Estrella	<i>Cynodon plectostachyus</i>
Gramina nativa	-----
Humidicola	<i>Brachiaria humidicola</i>
Insurgente o toledo	<i>Panicum sp.</i>
Jaragua	<i>Hyparrhenia rufa</i>
King grass	<i>Pennisetum sp</i>
Llanero	<i>Andropogon gerardii</i>
Mombaza	<i>Panicum maximum cv Mombaza</i>
Nativo	-----
Pangola	<i>Digitaria decumbens</i>
Paral	<i>Brachiaria mutica</i>
Privilegio, maralfalfa o tanzania	<i>Urochloa maxima</i>
Señal	<i>Brachiaria decumbens</i>
Taner	<i>Brachiaria arrecta</i>
Zacate chino	<i>Cynodon dactylon</i>
Zacate gigante	<i>Pennisetum purpureum</i>

Fuente: elaboración propia.

Maderas

Otro uso que hacen de los recursos del potrero es la extracción de maderas de 24 especies de árboles y son destinadas para: obtención de estantes para la cerca viva, leña, estantes o postes (Fig. 11), muebles y en algunas ocasiones para uso medicinal. Las comunidades que más variedad de árboles emplean son El Piñonal y La Matamba (18 y 16 especies respectivamente), seguidas de La Zapilla (8 especies), y por último El Yagual (4 especies). De los árboles mencionados roble (*Tabebuia rosea*), cedro (*Cedrela odorata*) y cocuite (*Gliricidia sepium*) son los más empleados por las personas. La figura 12 muestra los árboles empleados para cada uso mencionado. El uso de leña es a través de especies como cocuite (*G. Sepium*), guácimo (*G. ulmifolia*), mulato (*B. simaruba*) y melina (*G. arborea*).



Figura 11. Uso de árboles como cerca viva, leña y estantes.

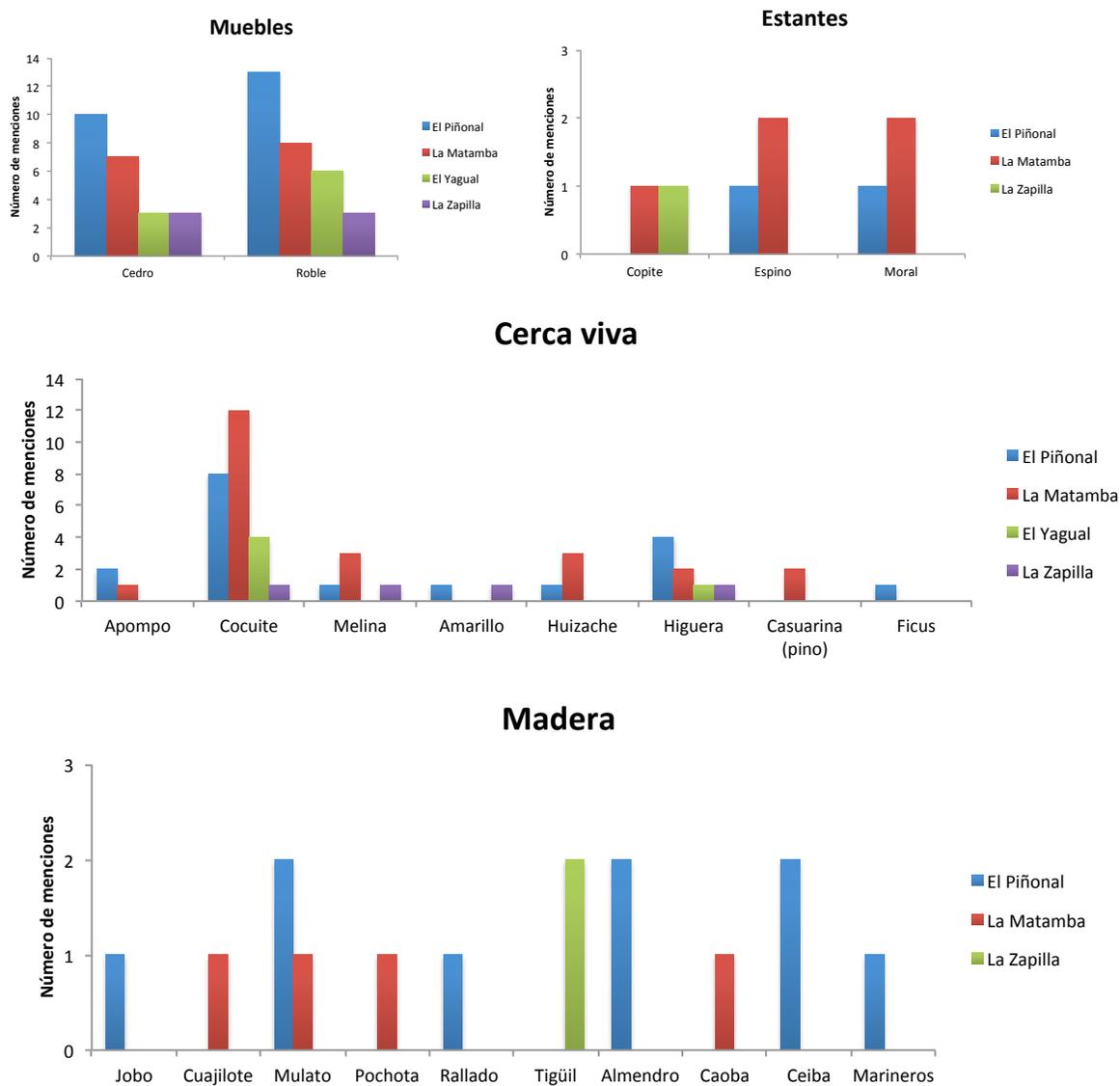


Figura 12. Frecuencias y uso de árboles empleados en cada comunidad.

Comida

En la tabla VII se enlistan las especies utilizadas para fines alimenticios. Con un total de 48 especies reconocidas por su nombre común, el 85.42% son extraídas del potrero y un 25% de los huertos, se reconocen que cerca del 37.5% son extraídos de ambos sitios. De los recursos que las personas extraen de los potreros un 62% son utilizadas en la comunidad El Piñonal, 82% en La Matamba, 36% en El Yagual y 24% en La Zapilla. Las especies más nombradas fueron: mango

(*Mangifera indica*), naranja en variedades llamadas comúnmente cucha y reyna (*Citrus sp.*), nanche (*Byrsonima crassifolia*), limón con variedades de persa y dulce (*Citrus sp.*), tamarindo (*Tamarindus indica*) y guanábana (*Annona muricata*).

Especies como maíz (*Zea mays*), jitomate (*Lycopersicum esculentum*) y frijol (*Phaseolus sp.*) desde siempre han sido utilizadas como alimento de las personas y a pesar de ser cultivados en menor medida aun se mantienen. Algunas de las especies mostradas en la Tabla VII son cultivadas y algunas no son extraídas directamente del potrero, con el paso del tiempo y con su uso constante, las fueron cultivando en su jardín o en un huerto familiar. Además, algunas no son nativas de la zona, sin embargo por su uso, las personas las incluyen en sus terrenos.

Tabla VII. Especies utilizadas como comida. Las líneas indican que no se encontró el nombre científico de la especie a la que corresponde el nombre común. Las columnas potrero y huerto hacen referencia al lugar del que son extraídas las especies.

Nombre común	Nombre científico	Potrero	Huerto
Acuyo	<i>Piper auritum</i>		*
Aguacate	<i>Persea americana</i>	*	*
Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i>		*
Almendro	<i>Terminalia catappa</i>	*	
Belladona	<i>Kalanchoe pinnata</i>	*	
Berenjena	-----	*	*
Caña agria	<i>Costus sp.</i>	*	
Castaña	-----	*	
Chícharo	-----	*	
Chilpaya	<i>Capsicum annum</i>	*	*
Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>		*
Cilantro de rancho	<i>Eryngium foetidum</i>	*	*
Ciruela	<i>Spondias mombin</i>	*	*
Ciruelo	<i>Spondias purpurea</i>	*	*
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	*	
Cruceta	<i>Acanthocereus pentagonus</i>	*	*
Epazote	<i>Teloxys ambrosioides</i>	*	*
Frijol	<i>Phaseolus sp.</i>	*	
Guanábana (Anono)	<i>Annona muricata</i>	*	*
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	*	
Hierba buena	<i>Mentha sativa</i>	*	*
Hierba mora	-----	*	
llama	<i>Annona purpurea</i>	*	*
Limón (dulce y persa)	<i>Citrus sp.</i>	*	*
Maíz	<i>Zea sp.</i>	*	

Malanga	-----	*	
Mamey morado	-----	*	
Mango	<i>Mangifera indica</i>	*	
Manzanilla	-----		*
Marañón	<i>Anacardium occidentale</i>	*	
Menta	<i>Mentha</i>		*
Mora	<i>Chlorophora tinctoria</i>	*	
Nanche	<i>Byrsonima crassifolia</i>	*	*
Naranja (Cucha y Reyna)	<i>Citrus sp.</i>	*	*
Noni	<i>Morinda citrifolia</i>		*
Nopales	<i>Opuntia sp.</i>	*	
Orégano	<i>Lippia graveolens</i>		*
Palma Coyol	<i>Attalea liebmannii</i>	*	
Papayo	<i>Carica papaya</i>	*	
Pepino	-----	*	
Plátano	<i>Musa sp.</i>	*	*
Quelite	<i>Amaranthus hybridus</i>	*	
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	*	*
Vainilla	<i>Vanilla planifolia</i>	*	
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>	*	
Yual	<i>Genipa americana</i>	*	
Zacate Limón	<i>Cymbopogon citratus</i>	*	*
Zapote	<i>Diospyros nigra</i>	*	*

Fuente: elaboración propia.

Aunado a las plantas y árboles ocupados para la alimentación, algunos participantes mencionaron el uso de especies animales de manera esporádica, como iguana (*Iguana iguana*), algunas especies de tortugas entre las que destacan la jicotera (*Trachemys venusta*) y almizclera (*Claudius angustatus*), así como armadillo (*Dasypus novemcinctus*) y mapache (*Procyon lotor*). En la figura 13 se muestra el maíz, la palma de coyoles y una de las especies de iguana que son alimento de las personas.



Figura 13. A) *Maíz de mi milpa* por Gregorio Tronco Morales. B) *Coyoles* por Ricardo Utrera. C) *Iguanita* por Ricardo Utrera

Materiales de construcción

En cuanto a los materiales para construcción, éstos suelen ser comúnmente las palmas y árboles, entre las que se encuentran: palma de apachite (*Sabal mexicana*), palma de yagua (*Roystonea dunlapiana*), palma real o de coyol (*Attalea liebmanni*), cedro (*Cedrela odorata*), cocuite (*Gliricidia sepium*) y mango (*Mangifera indica*). Dichas especies son utilizadas para construcción de techos y en menor medida para muebles de la casa.

La construcción de los techos es de manera tradicional, es decir, las hojas de la palma son tejidas sobre troncos de los árboles arriba mencionados y son sujetas con una cinta obtenida de la misma especie de palma o de otra especie. Los techos son para las viviendas, cocinas y baños. Actualmente es común encontrar este tipo de construcción a un costado de una construcción con materiales como cemento y ladrillo; sin embargo, el tiempo de estancia en las primeras es mayor en comparación con el tiempo que pasan en las de material. De acuerdo con los participantes este tipo de estructura “*es mucho más fresca en época de calor*” y “*más barata que las de material*”. La figura 14 muestra ejemplos de techos de casas y el tejido de la palma para estas construcciones.



Figura 14. Tipos de tejido de en techos de palma. Lugares de cocina con techo de palma.

Materiales para ornamentación, creencias populares, ...

Algunos usos que los participantes hacen de los recursos son la extracción de materiales para decoración, como lo es el coco (*Cocos nucifera*), el cual es empleado por el grupo de “Mujeres Artesanas Manos Creativas de la Matamba”, quienes lo procesan para la elaboración de pulseras, collares, aretes, lámparas, entre otras cosas (Fig. 15).

En cuestión de creencias populares algunas especies son utilizadas por las personas llamadas “brujos o chamanes”, en procesos denominados “*limpias*” y para “*la buena suerte de los negocios*”. Ejemplo de estas especies son: albahaca (*Ocimum basilicum*), berenjena morada (*Solanum* sp.), frijolillo morado (*Senna floribunda*), frutillo rallado, hierba del espanto (*Lantana canescens*), espino blanco (*Acacia macracantha*) y la chirimoya (*Anona* sp.).

Otro ejemplo, si bien ya no es empleado en su momento fue muy importante para la comunidad, es la utilización del espacio bajo un árbol, representativo en la comunidad, para el desarrollo de ceremonias religiosas tales como bautizos, bodas y misas dominicales. De esto en uno de los cuestionarios se comentó que: “era el árbol de las misas porque era uno de los más grandes en ese momento y porque estaba cerca para todos; allí bautice a mi hija” (Fig. 16).



Figura 15. De izquierda a derecha: pulseras, collares y aretes elaborados por el grupo de mujeres artesanas de la Matamba; Árbol donde se llevaban a cabo las ceremonias religiosas. Por Catalina Orea Utrera.

Medicinal

El conocimiento de la medicina tradicional aun se mantiene vivo en estas comunidades, dentro de las cuales las personas indicaron utilizar 62 especies diferentes de plantas. De éstas, el 82% fueron mencionadas en El Piñonal, 25% en La Matamba, 21% en La Zapilla y el resto en El Yagual. Las plantas suelen ser empleadas para malestares como: dolores de tipo muscular, cólicos y de huesos, para aliviar el riñón, anemia, asma y cálculos renales; y algunas en enfermedades de filiación cultural, tales como mal de aire, espantos y mal de ojo. Las hojas son la principal parte de las plantas que las personas utilizan como medicamentos, seguida del fruto (Fig. 16).

La manera más común de preparación de plantas medicinales es la infusión o té, por ende, la manera de proporcionarlas a los pacientes es tomada o en algunos casos untadas. En el anexo 5 se muestra el catálogo de plantas medicinales con su nombre científico y la manera que de acuerdo con los participantes se debe emplear.

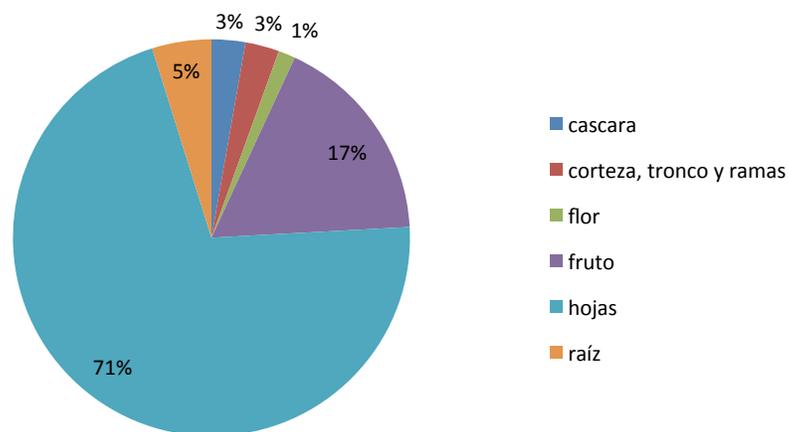


Figura 16. Distribución porcentual de las partes utilizadas de plantas medicinales.

IV. Discusión

Al aplicar la técnica de muestreo bola de nieve se logró tener a personas con un perfil muy similar al del primer informante clave, lo cual es un factor que juega un papel a favor y en contra de la presente investigación. A favor al llevarnos con personas usuarias del potrero, con más tiempo en unión con sus tierras y por ello con los conocimientos presentados a través de los distintos usos. En contra, desde el punto de vista que se excluyen a personas de menor edad, que si bien en el momento no hacían uso de los recursos naturales, si podrían tener conocimiento acerca de los distintos beneficios que obtienen de los potreros o los remanentes de selvas inundables.

Se recomienda para futuras investigaciones hacer un cambio en el acercamiento con las personas, a fin de poder tener acceso al conocimiento que tienen las de menor edad y poder contrarrestarlo con los mayores, lo cual podría dar una referencia de si el conocimiento acerca de los usos de los recursos se está perdiendo.

Lugar para ganado

Es el principal uso sobre los terrenos y un indicio del desarrollo de actividades ganaderas, con la disminución de agrícolas. Esto también se refleja en la menor

cantidad de participantes dedicados exclusivamente a la agricultura (4%), y al cultivo de especies diferentes a las forrajeras. Si bien, también se hace uso indirecto del potrero mediante la obtención de leche, este beneficio no es igual para todos los participantes. En gran medida se da por la diferencia en el número de cabezas de ganado, que a su vez depende del tamaño del terreno y del presupuesto para mantenerlas y el pequeño mercado para su venta.

Forraje

Actualmente el mantenimiento de especies forrajeras es esencial para los participantes, para mantener al ganado, pero la zona tienen una ventaja por su complejo hidrológico compuesto por una red de corrientes de aguas fijas y estacionales (Hoffmann & Velázquez, 1994), lo que permite el desarrollo de tierras bajas inundables y en ellas el desarrollo de pastos ya sea en épocas de secas o lluvias, reduciendo los costos de alimentación del ganado ya que se asegura la obtención del alimento en ambas temporadas. Las especies de pastos más utilizadas son *Urochloa maxima* (pasto privilegio, cuyo nombre científico anterior era *Panicum maximum*) y *Cynodon plectostachyus* (estrella), al igual que en la zona de Actopan (Travieso Bello & Moreno Casasola, 2011), porque presentan mejor desarrollo y aguantan la época de lluvias en la que la mayor parte de los terrenos se anegan. Se sabe que hay otro tipo de pastos que solo algunos propietarios han cultivado pero su desarrollo en la zona no es mayor por los bajos recursos monetarios por parte de los agricultores y ganaderos, y la poca o nula capacitación (Galindo, 2001).

Además de las especies de pastos los participantes pueden echar mano de especies arbóreas como el guácimo e inclusive de palmas de coyol, que ayudan a la alimentación del ganado y benefician en la disminución de los costos por alimentación. Los datos mostrados por Casasola, *et al.* (2005) donde mencionan que el coyol de palma tiene 5.5% de proteína y 66.4% mayor digestibilidad, en comparación con el pasto jaragua que posee 4.5% de proteína y 40% de digestibilidad, son una manera de demostrar a los dueños de potreros la

importancia de mantener estos recursos, además de que los árboles mejoran los ingresos de las personas, al brindar la opción de la venta de frutos y leña.

Maderas

La presencia de árboles empleados para la obtención de cercas vivas, postes, leña, alimentos, entre otros, es importante por la gran participación en la economía de las familias sobre todo por sus productos como leña y madera (Bautista-Tolentino, 2011). Moreno-Casasola y Paradowska (2009) mencionan que el bajo costo de los postes para cercado con respecto a los de cemento es una de las principales razones en el mantenimiento de los árboles en las parcelas, pues a menudo es necesario reemplazar piezas podridas por nuevas.

Por medio de las respuestas de los participantes se estableció que las distintas especies arbóreas conservadas en sus potreros obedece a criterios selectivos por parte de los dueños (Guevara *et al.*, 1994) y a los distintos usos que se hace de estas.

Avendaño-Reyes & Acosta-Rosado (2000) establecen que los dueños de terrenos que utilizan cercas vivas, han seleccionado las especies preferentemente para satisfacer otras necesidades, por lo cual es común identificar distintos usos en estas especies. Como los usos registrados en el presente trabajo, donde emplean los árboles para la obtención de leña, madera, medicinales, comida y sombra.

El uso de cercas vivas es una de las practicas que se deben seguir implusando, ya que contituyen una fuente alternativa de obtención de diversos satisfactores, como los mencionados anteriormente, aunado a la rentabilidad a largo plazo, en comparación con las cercas de otros materiales (Avendaño Reyes & Acosta Rosado, 2000), y a menudo son corredores biológicos.

Comida

En cuanto a los productos alimenticios, la mayoría de las especies mencionadas son de amplia distribución, sin embargo, las pocas especies de la zona se están perdiendo por el intento de los campesinos de tener un terreno "limpio," para el

desarrollo de especies forrajeras. Las personas han suplantado la alimentación de especies como los chompipes, ilamas (*Annona purpurea*), chivitas, entre otras, por especies de amplia distribución como naranjas, aguacates, y en los peores caso por productos procesados. De Groot *et al.* (2002) mencionan que, pese a que actualmente la gran mayoría de los productos comestibles se derivan de plantas cultivadas y animales de granja, una porción de la comida proviene de plantas nativas, sobre todo en las zonas rurales, por lo que el conocimiento tradicional local es vital para el desarrollo de estas comunidades.

Muchas de las plantas mencionadas ya han sido cultivadas en los huertos personales y/o familiares, por ser importantes para su alimentación lo cual desfavorece la implementación de estas especies en los potreros, y reafirma el uso de los terrenos solo para el mantenimiento del ganado.

Materiales de construcción

El uso de estos recursos es en mayoría para el techado de viviendas, los participantes mencionaron que en años anteriores el uso de palmas para construcción era mayor, situación que se fue transformando por la implementación de materiales como láminas, cemento y ladrillo. Sin embargo aún se emplean especies como *Attalea liebmannii*, *Roystonea dunlapiana* y *Sabal mexicana* lo cual concuerda con lo obtenido para Jamapa por González-Marín (2012a) y para Yucatán, específicamente *S. mexicana* por Caballero y Cortés (2001). Pese a que las personas identifican que los techos de palma son “*más frescos en época de calor*”, “*más agradables para estar*”, se están cambiando por distintos materiales, y el conocimiento de los procesos empleados para hacer los techos se está dejando de lado (tejido de la palma).

La disminución en el uso de los techos de palma, podrían ser el reflejo de la pérdida de los recursos naturales en los potreros y en mayor medida, los cambios en el interés por las construcciones de casas de concreto. Dejar de lado estas construcciones también ha fomentado el consumo de gas.

Materiales para ornamentación, creencias populares...

El grupo de mujeres artesanas de La Matamba, es un ejemplo claro de los beneficios que las personas pueden hacer mediante el uso de los recursos, no solo explotando el recurso, como esta naturalmente, para su venta, sino a través de un proceso de transformación, obtienen productos comerciales. Al usar la cascara de los cocos, las mujeres están asegurando el uso de lo que para otras personas puede ser solo un desecho. Son usos que benefician al ambiente y a la vez, benefician a la comunidad.

De acuerdo con de Groot *et al.* (2002) los elementos naturales como por ejemplo árboles viejos, cascadas de agua, proveen una sensación de continuidad y de entendimiento de cual es el lugar de los humanos en el universo, el cual es expresado a través de la ética, valores de herencia y religiosos. Esto se puede observar en la comunidad El Piñonal, la cual aun mantiene el árbol donde se llevaban a cabo las ceremonias religiosas anterior a la construcción de la iglesia.

Medicinales

De las más de 150 especies nombradas por los participantes, un poco más de 60 son empleadas en el uso medicinal, lo cual corresponde a un tercio del total de las especies. Esto podría ser considerado como bajo, si se compara con estudios realizados sobre el conocimiento que tienen comunidades indígenas, las cuales poseen un legado mayor de conexión directa con sus recursos. Sin embargo, al igual que en el estudio realizado por Moreno-Casasola y Paradowska (2009), en los hogares aún se emplean remedios caseros para malestares como dolor de estómago, calentura, para el control de azúcar en la sangre, entre otras.

El desuso de las plantas medicinales se da a menudo por la comodidad de encontrar en los medicamentos las sustancias activas, específicas, dosis y concentraciones adecuadas y por propaganda comercial (Berlin *et al.*, 2001; Hernández Rodríguez, 2001), lo cual ha permitido que cada día sean menos las personas que reconocen la importancia de las plantas en la medicina tradicional y su poder curativo. En zonas rurales como las comunidades estudiadas los servicios médicos suelen estar alejados. La aplicación de remedios basados en plantas

medicinales permite el control de malestares y enfermedades, en algunos casos la eliminación de efectos por veneno de especies como arañas y serpientes (ej. crucetillo -*Randia sp.*), como una acción rápida a la poca disponibilidad de servicios médicos y que permite abrir un espacio de tiempo para poder llegar a un centro de salud. En Belice por ejemplo, el uso tradicional de plantas medicinales provee el 75% de los primeros cuidados de salud en población rural (Balick & Mendelsohn, 1992).

A pesar de todo, es importante considerar la especie utilizada, la vía de administración, la cantidad ingerida, el conocimiento de las sustancias que contiene, entre otras, pues algunas plantas pueden tener sustancias que en lugar de ayudar pueden repercutir negativamente en la salud humana. Un ejemplo de esto es la belladona (*Atropa belladonna*), que es una planta que contiene al mismo tiempo un veneno letal y un medicamento útil. Es sumamente tóxica, incluso una dosis relativamente baja puede producir estados de coma o incluso la muerte (Hernández Rodríguez, 2001).

Si bien el número de plantas usadas como remedios medicinales podría considerarse bajo, al igual que en el estudio realizado por Moreno-Casasola y Paradowska (2009), en los hogares aún se emplean remedios caseros para malestares como dolor de estómago, calentura, para el control de azúcar en la sangre, entre otras. Es importante recordar que la zona de trabajo no incluye comunidades indígenas, sino más bien mestizas.

Cabrera Aguilar (2010) realizó un estudio en el municipio de Tlalnelhuayocan en Veracruz, donde registró un total de 163 especies utilizadas de diferentes maneras. Al igual que en el presente trabajo, establece que el conocimiento tradicional se mantienen en el estado, pese a las pérdidas que se han tenido de la vegetación primaria. Lo anterior deja entrever la necesidad de continuar con el registro del conocimiento tradicional, así como de la difusión de la información en las comunidades, primeramente, en el estado y a nivel país, a fin de mantenerlo.

Por otro lado, el conocimiento de las distintas especies de los potreros, puede contribuir a valorar el rendimiento e incrementar la eficiencia de su manejo. Pero se necesita determinar las características ecológicas, su papel en los

remanentes de selvas inundables para entender la dinámica del paisaje actual y con ello estimar las posibilidades de conservación (Guevara *et al.* 1994), de los remanentes de selvas inundables.

El trabajo presentó los diversos usos y recursos que la población extrae de los potreros y por ende los beneficios que perciben de ellos. Sin embargo, actualmente se están perdiendo por cuestiones como el establecimiento de plantaciones de caña de azúcar que afectan la productividad del suelo, lo satura de herbicida y reduce la vegetación nativa (Moreno-Casasola *et al.*, 2006; González-Marín *et al.*, 2012b) y con ello se pierden todos los beneficios de los potreros inundables.

V. Conclusión

A través de las respuestas de los participantes se logró caracterizar el servicio ambiental de provisión, el cual está dado por el empleo de más de 160 especies utilizadas para usos y consumo, tales como fuente de alimentos, materiales de construcción, ornamentación, medicinales, espirituales y maderas. Así como algunos sus indirectos del potrero como lugar para el ganado y el cultivo de especies forrajeras.

Capítulo III. Estimación del valor monetario de los recursos naturales

I. Introducción

Los recursos naturales son la fuente principal de las actividades humanas, además de proveer de las condiciones y los procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los forman, mantienen y satisfacen la vida del ser humano (servicios ambientales) (Daily, 1997). Estos servicios incluyen el mantenimiento de todas las especies de plantas y animales, así como la producción de los bienes de los ecosistemas como la pesca, frutos, madera, fibra natural, farmacéuticos, entre otros que representan una parte importante en el cotidiano familiar y en la economía humana. El hombre generalmente extrae estos bienes o recursos de la naturaleza (Moreno-Casasola *et al.*, 2006), tal es el caso de los humedales costeros en Veracruz, donde algunas especies de palmas son utilizadas como materiales de construcción, alimentación e incluso para remedios medicinales (González-Marín *et al.* 2012a y 2012b).

La pérdida y/o degradación constante de los recursos naturales vuelve necesario la implementación de acciones y estrategias como la conservación y/o restauración. Una de estas estrategias es la valoración económica de los recursos naturales, la cual permite asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por los recursos ambientales, los cuales son derivados del uso directo o indirecto de los recursos; y son asignados independientemente de si existen o no precios de mercado que ayuden a hacerlo (Barbier *et al.*, 1997; CONABIO, 1998).

En la teoría económica, los recursos naturales son considerados bienes públicos, lo cual les brinda características especiales en cuanto a su uso. Por ejemplo una persona puede disfrutar de los beneficios, aunque no pague, lo que le permite actuar como “gorrón” (SEMARNAT, 2004) o *free rider* (usuario no contribuyente) (Enríquez Andrade, 2008). Los bienes públicos tienen dos características básicas, no exclusión y no rivalidad en el consumo. La primera establece que una vez provistos no se puede excluir a nadie de su consumo. La segunda hace referencia a que el consumo del bien por parte de un individuo, no

disminuye la capacidad de otras personas para consumir el mismo bien (Pere-Riera, 2005; Enríquez Andrade, 2008).

El uso indiscriminado y la nula valoración de los servicios que la naturaleza provee, por parte de la sociedad, son las razones principales por las cuales se requiere determinar/calcular un valor a los recursos naturales, al igual que los bienes privados; ello pretende hacer un uso más eficiente de los mismos cuando dichos bienes muestran un precio (del Saz-Salazar & Suárez-Burguet, 1998). Por lo tanto, los principales puntos de importancia en la valoración de los recursos naturales radican en el hecho de incluir sus beneficios ambientales y sus características en la toma de decisiones para su manejo y conservación (Enríquez Andrade, 2008). A través de la valoración económica de los servicios ambientales se calcula su valor potencial, como una herramienta que ayuda a los tomadores de decisiones a analizar la relación costo/beneficio antes de tomar una decisión y transformar los ecosistemas, como es el caso del uso de suelo y su conversión a zonas urbanas. Es importante aclarar que la valoración es sólo un aspecto de los esfuerzos por mejorar el manejo y la gestión de los recursos ambientales (Barbier *et al.*, 1997), y los valores asignados no pertenecen en sí a los entes biológicos, sino que son generados por las personas que los valoran (Figuroa, 2003).

La valoración económica se lleva a cabo a través de los valores que las personas le dan a los recursos y a los servicios ambientales, sin embargo el valor depende del cristal con que se mira. El presente trabajo se enfocó a obtener al valor económico, el cual es el valor relativo o instrumental establecido como se mencionó anteriormente, a través de unidades monetarias y determinado en función de las preferencias individuales de los seres humanos, la cantidad que éstos están dispuestos a pagar por el bien o servicio, o por la pérdida de ellos (Barbier & Strand, 1997; CONABIO, 1998; Enríquez-Andrade, 2008; Farber *et al.*, 2002).

Conceptualmente el valor económico total (VET) de un recurso consiste en la suma de todos los valores dados por los beneficios que un sistema o recurso proporcionan, mediante el valor de uso y el valor de no uso. El primero puede ser dividido en el valor de uso directo, el valor de uso indirecto y el valor de opción

(Munasinghe, 1993). En el valor de no uso se pueden distinguir las categorías de valor de existencia y el valor de legado (Enríquez Andrade, 2008).

Existen distintos métodos que permiten la identificación de los usos de recursos naturales, pero la idea motriz de todos es demostrar que a partir del mantenimiento de las funciones naturales del ecosistema se puede obtener un beneficio económico. Los métodos de valoración de mayor uso son: precio de mercado, costo del daño evitado, costo de reemplazo o costo sustituto, costo del viaje, precio hedónico, valoración contingente, de productividad, entre otros (Barbier *et al.*, 1997; Lambert, 2003; Enríquez Andrade, 2008). La aplicación de estos métodos depende en primera, del bien a evaluar, en segundo lugar a la existencia de un mercado y en tercera a los objetivos de investigación.

Valorar los bienes y recursos naturales es una tarea difícil ya que normalmente no existen valores de mercado definidos; incluso, muchas veces los datos sobre beneficios y costos son hipotéticos o muy difíciles de obtener (SEMARNAT, 2004). Sin embargo, no es imposible y a menudo las aproximaciones que se hacen de los recursos son de gran ayuda para la toma de decisiones.

Existe una amplia diversidad de estudios de valoración en distintas partes del mundo de los cuales, de acuerdo con Haro-Martínez & Taddei-Bringas (2010), predominan los de orden regional y local debido a que la toma de decisiones se da generalmente a esa escala.

Para el caso específico de humedales, es bien sabido que se encuentran entre los ecosistemas más productivos, tanto por sus componentes como por sus funciones, pese a ello, su valor no es ampliamente reconocido, pues algunos de los bienes y servicios que brindan si podrían ser medidos en términos monetarios (Sanjurjo-Rivera, 2001). Algunos estudios sobre humedales en México se basan en el funcionamiento de los manglares, describiendo los usos y valores económicos, usos que hacen de los recursos las poblaciones residentes y el valor de mercado de las pesquerías (Barbier & Strand, 1997; Lara-Dominguez *et al.*, 1998).

Dada la importancia de los recursos y la necesidad de mostrarla a la sociedad, en términos que todos entienden (económicos), el objetivo del presente capítulo es cuantificar en términos monetarios los principales bienes que brindan

los potreros inundables y selvas inundables, por medio de los usos más importantes de los recursos naturales mencionados en el capítulo II.

II. Metodología

De acuerdo con la caracterización de los usos y recursos establecidos en el capítulo anterior, se determinaron los de mayor importancia, a través de la frecuencia con la que fueron mencionados por los participantes que contestaron el cuestionario. De estos usos y recursos se buscaron sus precios en el mercado para asignarles un valor monetario para relacionarlo como servicio ambiental de provisión. Esta metodología es conocida como precio de mercado, y consiste en identificar aquellos bienes y servicios provistos por la naturaleza que son comercializados en mercados locales o internacionales. Estos precios de mercado y las cantidades producidas y comercializadas pueden permitir la estimación tanto de los costos como de los beneficios de las alternativas de uso de la tierra (Motto, 2008). La información de precios en el mercado se obtuvo por medio de preguntas a personas de cuatro localidades del municipio de Jamapa, en mercados locales y nacionales, así como información bibliográfica. Los valores de materiales para construcción se obtuvieron de González-Marín *et al.* (2012a), y los valores de los productos para comida se establecieron por medio de Sistema Nacional de Información de Mercados del año 2012.

Los valores anuales se estimaron por medio de la probabilidad mínima de uso en el año por una persona y en algunos casos como en los alimentos, este valor se multiplicó por cuatro, siendo éste el número promedio de integrantes de familia en las comunidades.

Asimismo, se realizó un análisis de comparación de ingresos entre los distintos usos, tomando como base el año 2013. Para esto se empleó el valor actual neto (VAN), el cual es la suma de los beneficios netos, equivalentes a lo que valdrían en el presente, de un acción a lo largo de un horizonte temporal específico (T) (Enríquez-Andrade, 2008). Establecido a través de la fórmula:

$$VAN = S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

Donde:

“ S_0 ” es la inversión original, considerada para este ejercicio como el valor comercial del potrero, establecida por medio de las respuestas al cuestionario del capítulo II en \$200,000.

“ St ” es el flujo de efectivo neto del periodo t , en este caso el ingreso por actividad del potrero definido por los precios de mercado

“ n ” es el número de periodos de vida de la alternativa o proyecto (5, 10, 15 y 20 años).

“ i ” es la tasas de descuento (12% fijada por el Gobierno Federal para la evaluación de proyectos, y es definida como el interés que se puede obtener del dinero en inversiones sin riesgo).

Nota, en el presente trabajo no se resto el ingreso del año 0, como comúnmente lo hacen los analistas de inversión, por el contrario se sumó ($S_0=0$), debido a que en el presente análisis el rendimiento de año 0 es percibido el mismo año que se usa el potrero, no al final del año. Lo anterior porque el ingreso por uso es la decisión que se deja de hacer por vender el potrero.

Por su parte el beneficio económico (BE) se estableció por medio del valor actual neto, menos el valor comercial del potrero.

$$BE = VAN - Valor\ comercial\ del\ potrero$$

Esta técnica de evaluación económica permite concluir que si el resultado de VAN es positivo, se deberá aceptar la alternativa; si el resultado de VAN es negativo, se debe rechazar la alternativa (Gallardo, 1998), la cual en este caso es la posibilidad de vender el potrero.

La principal ventaja de este método es que al homogeneizar los flujos netos a un mismo tiempo, se reduce a una unidad de medida común cantidades de dinero generadas en momentos de tiempo diferentes. Además, admite introducir en los cálculos flujos de signo positivos y negativos (entradas y salidas) en los diferentes momentos del horizonte temporal de la inversión, sin que por ello se distorsione el significado del resultado final (Enríquez Andrade, 2008). La aplicación de este modelo permitirá ver si a largo plazo, una posible venta del terreno (potrero), beneficia en comparación con los beneficios obtenidos por todos los usos que se hacen de los recursos naturales extraídos de éste.

Cabe mencionar que en el presente estudio solo se considera el valor del bien final, es decir, solo los beneficios, más no los costos. Además de que los valores presentados solo corresponden a los valores de uso directo de estos recursos, no se han considerado valores de opción y de no uso. Los resultados obtenidos corresponden a una estimación referencial, donde el valor final es en algunas situaciones un valor potencial. La información en esta primera estimación, debe ser utilizada como un indicador que no significa el valor del bien, por lo tanto su uso deberá ser con cautela, ya que no se desarrolló por medio de una valoración minuciosa, donde se incluyan valores del resto de los servicios ambientales y los recursos utilizados en menor medida.

III. Resultados

Lugar para el ganado

De acuerdo con algunos participantes que respondieron el cuestionario el valor de una hectárea de potrero oscila entre \$200,000 y \$300,000 pesos. Si se considera que en promedio poseen seis hectáreas de terreno, el valor por este sería de \$1,200,000 a \$1,800,000 pesos.

Para colocar la cerca de sus terrenos requieren dos tamaños de estantes uno llamado comúnmente madrina, de 40cm y otro de menor tamaño, 20cm (Fig. 17). Las madrinas son colocadas cinco en cien metros y los otros son colocados cada dos metros. La venta de la madera para estantes puede ser en tronco o por medio de los estantes. Un árbol para estantes (normalmente de cocuite-*Gliricidia sepium*, guácimo-*Guazuma ulmifolia*, mulato-*Bursera simaruba*, melina-*Gmelina arborea*) llega a valer de \$700 a \$800 pesos, del cual obtienen 40 o 50 estantes, y por estante el costo es de \$70 y \$20 pesos, dependiendo el tamaño. Estableciendo una hectárea como el mínimo terreno que poseen las personas, con base en los requerimientos arriba mencionados de estantes y madrinas, una persona puede adquirir por la venta de estos estantes cerca de \$5,400.00 o en su caso al hacer uso de los recursos que tiene en su terreno para la elaboración de la cerca, se puede ahorrar esa cantidad.



Figura 17. Ejemplo de distribución de los estantes en las cercas de potreros.

Madera

De acuerdo con los participantes, la leña es un producto muy utilizado, ya que con ésta preparan los alimentos. Algunos mencionaron que venden la leña por “tareas”, lo que equivale a 2m por 1.5m de madera, con un ingreso de \$350 pesos. Las especies más vendidas y utilizadas fueron: cocuite (*Gliricidia sepium*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), mulato (*Bursera simaruba*) y melina (*Gmelina arborea*). En algunas ocasiones venden troncos para construcción de muebles de especies como roble (*Tabebuia rosea*) y cedro (*Cedrela odorata*); éste último tienen un valor de \$2,000.00 pesos por tronco. La Tabla VIII muestra el valor estimado al año por la venta potencial mínima.

Tabla VIII. Valor anual estimado por la venta de maderas

Uso	Uso potencial	Precio unitario (estantes/árbol completo)	Valor estimado/año
Maderas comunes tropicales para leña combinado con gas	una tarea (2m x 1.5m)	\$ 350.00	\$ 4,200.00
Maderas comunes tropicales para leña	una tarea (2m x 1.5m)	\$ 350.00	\$ 8,400.00
Maderas comunes tropicales, tronco entero	Tronco entero como madera para 50 estantes	\$ 750.00	\$ 3,000.00
Maderas comunes tropicales para postes de 40cm	Estantes de 40cm (madrinas)	\$ 70.00	\$ 1,400.00
Maderas comunes tropicales para postes de 20cm	Estantes de 20cm (poste)	\$ 20.00	\$ 4,000.00

Cedro (<i>Cedrela odorata</i>) (peso/m3r)	pesos/m3r	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
Cedro (<i>Cedrela odorata</i>) árbol entero	Árbol entero	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Cocuile (<i>Gliricidia sepium</i>) (horcón de 10 pies y 8 pulgadas)	Horcón pieza de 10 pies y 8 pulgadas	\$ 60.00	\$ 60.00
Palma de coco (<i>Cocos nucifera</i>) (tronco)	Tronco	\$ 50.00	\$ 50.00
		Total	\$ 24,910.00

Nota: en maderas comunes tropicales se incluyeron las especies de cocuile, guácimo, mulato y melina.

De la siembra de pastos, que sirven de alimento para el ganado, las personas pueden obtener un ingreso monetario, ya sea arrendando su terreno para pastoreo o vendiendo por kilogramo el pasto. El primero consiste en rentar un terreno con pasto, para que las personas dedicadas a la ganadería metan el ganado a pastar; la renta es de \$10 pesos por día, por cada animal que entre en el terreno. La renta del terreno suele ser por siete veces al año, una vez que el ganado pasta en el terreno, se da un tiempo para el crecimiento del pasto y se puede volver a arrendar. Tomando en cuenta que el mínimo de ganado que una persona puede tener es una cabeza, al rentar a una persona el terreno para ese animal, el valor de arrendamiento que puede obtener una persona es de \$70 pesos al año, sin embargo, los resultados del presente trabajo muestran que las personas tienen en promedio diez cabezas de ganado (véase Capítulo II). Si se considera esta cifra, la cantidad que una persona puede obtener por la renta de un terreno es de \$700 pesos al año.

$$10_{\text{cabezas de ganado}} * \$10_{\text{por cabeza de ganado}} * 7_{\text{veces al año}} = \$700_{\text{anuales}}$$

En el caso de venta de pasto por kilogramo el precio es de \$0.8 pesos. Considerando las diez cabezas de ganado y que el requerimiento de alimento por organismo es de 80Kg, la cantidad que una persona puede adquirir por la venta del pasto es de \$640 pesos por día.

$$10_{\text{cabezas de ganado}} * 80_{\text{k por cabeza de ganado}} * \$0.8_{\text{pesos por kilogramo}} = \$640_{\text{por día}}$$

Ganado

Los productores de leche venden este recurso en \$4.5 pesos el litro. Si se considera que obtienen entre 3 o 4 litros por ordeña y que una vaca produce leche mínimo seis meses al año, los ingresos anuales potenciales por la venta de este recurso son de \$2,430.00 por vaca por año. La venta de ganado se hace en mayor medida en pie que en rastro, y el precio es de \$24.30 pesos por kilogramo de becerro, \$23 por kilogramo de becerra y por cada animal llegan a obtener cerca de \$3,750 pesos (Tabla IX).

Tabla IX. Valor estimado por la venta de ganado y leche.

Uso	Cantidad	Uso potencial	Precio unitario (kg, litro)	Valor estimado (cabeza/año)
Ganado para rastro	Peso promedio 200kg	Venta de 1 cabeza por año	\$ 16.30	\$ 3,260.00
En pie	Peso promedio 250kg	Venta de 1 cabeza por año	\$ 3,750.00	\$ 3,750.00
Becerro	Peso promedio 235kg	Venta de 1 cabeza por año	\$ 24.30	\$ 5,710.50
Becerra	Peso promedio 235kg	Venta de 1 cabeza por año	\$ 23.00	\$ 5,405.00
Para cría	1 vaca	Venta de 1 cabeza por año	\$ 19,000.00	\$ 19,000.00
Venta de leche	3 a 4 l/cabeza/día	Mínimo 1 vaca lechera	\$ 4.50	\$ 2,430.00
Venta de carne de cerdo	Peso promedio 70kg	1 puerco al año	\$ 23.00	\$ 1,610.00
			Total	\$ 41,165.50

Comida

De las especies utilizadas para alimentación de las personas, los frutales fueron los más mencionados. Algunas personas establecieron que *“las mantienen en su potrero porque así no tienen que estar comprando en la tienda o cuando no hay y algún vecino tiene, solo es cuestión de pedir permiso para cortarlas”*. La situación

es similar con algunas especies animales utilizadas en la alimentación. De esto, el precio que existe en el mercado es un valor que potencialmente las personas se ahorran por mantener las especies, o en algunas ocasiones son ingresos por su venta. La Tabla X muestra los valores estimados para las principales especies utilizadas en la alimentación de las localidades. Se observa que el valor de uso potencial en un año por familia es cercano a \$7,000 pesos, valor que las personas se ahorran o adquieren de estas especies.

Tabla X. Valor estimado por productos para alimentación.

Especie	Uso potencial	\$ frecuente	Valor estimado/año/familia
Nanche (<i>Byrsonima crassifolia</i>)	5kg/persona/año	\$ 12.00	\$ 240.00
Limón (<i>Citrus sp.</i>)	5kg/persona/año	\$ 5.00	\$ 100.00
Mango (<i>Mangifera indica</i>)	5kg/persona/año	\$ 10.83	\$ 216.60
Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i>)	5kg/persona/año	\$ 20.00	\$ 400.00
Tomate verde	5kg/persona/año	\$ 4.94	\$ 98.80
Naranja (<i>Citrus sp.</i>)	40kg/persona/año	\$ 3.42	\$ 547.20
Frijol (<i>Phaseolus sp.</i>)	6kg/persona/año	\$ 20.50	\$ 492.00
Chile verde	16kg/persona/año	\$ 19.00	\$ 1,216.00
Papaya	5kg/persona/año	\$ 10.20	\$ 204.00
Plátano	5kg/persona/año	\$ 5.90	\$ 118.00
Maíz (<i>Zea mays</i>)	104kg/persona/año	\$ 5.00	\$ 2,080.00
Aguacate (<i>Persea americana</i>)	5kg/persona/año	\$ 12.41	\$ 248.20
Palma de coco (<i>Cocos nucifera</i>)	5piez/persona/año	\$ 5.30	\$ 106.00
Iguana (<i>Iguana iguana</i>)	1pieza		\$ 189.54
Tortugas	1 docena		\$ 216.58
		Total	\$ 6,472.92

Materiales de construcción

En cuanto a los materiales para construcción, suelen ser comúnmente las palmas, entre las que destacan palma de apachita (*Sabal mexicana*) y palma real o de coyol (*Attalea liebmanni*). El precio por hoja es de \$0.54 y \$5.46, respectivamente. González-Marín *et al.* (2012a) establecieron los requerimientos de estas palmas para la construcción de techos de cocinas y casas. A través de su estudio se

establece que por la venta de palmas una persona puede obtener \$1,239 pesos por *S. mexicana* y \$5,460 pesos por *A. liebmannii*, para la construcción de un techo de 50m².

Medicinales

En cuanto a las plantas medicinales, el Centro de Salud de La Matamba, mencionó que las enfermedades más frecuentes en la zona son gripa, diarrea, diabetes e hipertensión. Para estas enfermedades las personas de las localidades utilizan algunas plantas como remedio, las cuales en algunos casos como diarrea y gripa sustituyen los medicamentos de origen farmacéutico, por lo que el valor de éstos, es un ahorro para las personas y por tanto el valor potencial de las plantas medicinales. En la tabla XI, se muestran las principales especies utilizadas para estas enfermedades, el precio del producto farmacéutico y el valor potencial de la especie.

Tabla XI. Especies medicinales utilizadas en cuatro localidades de Jamapa y su valor potencial.

	Especie	Producto farmacéutico	Farmacia similares	Uso potencial	Valor potencial del recurso
Gripa	Hierba del zorrillo (<i>Petiveria alliacea</i>)	Ambroxol (0.300g/100ml)	\$ 30	2 veces por año	\$ 60
		Clorfenamina (500mg/100ml)	\$ 10	2 veces por año	\$ 20
	Neem (<i>Azadirachta indica</i>)	Metamizol sódico, butilioscina amp	\$ 12	2 o 3 veces en temporada de calor	\$ 24
Diarrea	<i>Canastilla</i> (<i>Elytraria imbricata</i>)	Trimetroprima, sulfametaxazol (80mg/400mg)	\$ 13	2 o 3 veces en temporada de calor	\$ 26
	Hierba del burro (<i>Ballota suaveolens</i>)	Trimetroprima, sulfametaxazol (160/800mg)	\$ 24	2 o 3 veces en temporada de calor	\$ 48
	Guaco (<i>Pentalinon andrieuxii</i>)			2 o 3 veces en temporada de calor	
Diabetes	Aguacate (<i>Persea americana</i>)	Metformina Tab 850mg	\$ 30	Diario	\$ 720

Apompo (<i>Pachira aquatica</i>)	Glibenclamida 5mg	\$ 10	Diario	\$ 240
Estafiate (<i>Artemisia mexicana</i>)	Metformida, glibenclamida (500/2.5mg)	\$ 45	Diario	\$ 1,080
Guaco (<i>Pentalinon andrieuxii</i>)	Metformida, glibenclamida (500/5mg)	\$ 55	Diario	\$ 1,320
Neem (<i>Azadirachta indica</i>)	Captopril 25mg	\$ 25	Diario	\$ 600
	Captopril 50mg	\$ 40	Diario	\$ 960

Otros

Un recurso utilizado por las personas es la escoba (*Sida acuta*), empleada para barrer los patios de las casas. Este recurso es vendido a las amas de casa en \$10 pesos el rollo de aproximadamente 47cm de circunferencia. De acuerdo con las amas de casa para la elaboración de una escoba necesitan de uno a dos rollos, los cuales son cambiados cada semana; por lo tanto el costo que se ahorran las amas de casa que poseen en sus terrenos escoba durante un año es de \$240 pesos.

Temporalidad de los recursos

En general, el uso de los recursos no es diario, la temporalidad está dada por los tiempos de producción de los productos de alimentación, y por temporadas climáticas en el caso de materiales de construcción (ej. temporada de nortes, los cuales son vientos que dañan la estructura de los techos de casas y fomenta el uso de palmas para la restauración de estos). La Tabla XII muestra la temporalidad de algunos de los recursos utilizados.

Tabla XII. Temporalidad de uso de los principales recursos naturales registrados en cuatro localidades del municipio de Jamapa.

Recurso	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Potrero												
Vacas												
Cerdos												



Valor actual neto

Al comparar los beneficios que se obtienen a través de los distintos usos con los obtenidos por la posible venta del terreno a largo plazo, se estableció que a lo largo de 5, 10, 15 y 20 años no se obtienen beneficios económicos al considerar los usos de los recursos naturales de manera aislada (números rojos), no así, cuando se consideran en conjunto y excluyendo tan solo el uso de lugar para el ganado (Tabla XIV, Anexo 6). Los beneficios al considerar los usos, sin el lugar para ganado, se observan hasta los 10 años siguientes, al incluir todos los usos, los beneficios son desde los primeros 5 años. La figura 18 muestra este comportamiento de los beneficios económicos para cada uso y en su conjunto.

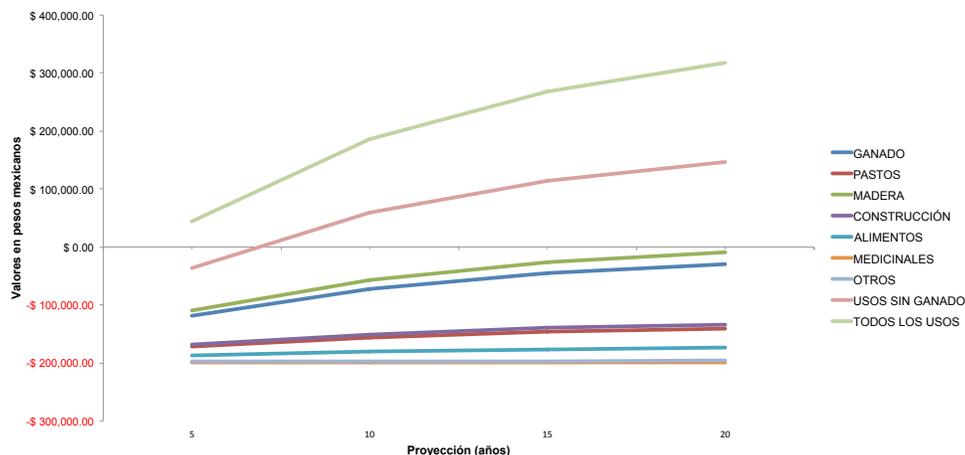


Figura 18. Beneficio económico obtenido en cada tipo de uso y en conjunto.

Los beneficios económicos de cada uso son negativos, es decir, son pérdidas comparando con la posible venta del potrero, aun cuando son negativos, se observa una tendencia a incrementar, la cual se vería reflejada a través de una proyección a más tiempo. Sin embargo, las ganancias por el conjunto de usos son mayores en comparación con la sola venta y se dan desde los primeros cinco años, con su incremento en años siguientes.

IV. Discusión

Dado que en los resultados falta considerar valores como los de servicios ambientales generados en la región, no se puede considerar la suma de los valores como un valor económico total. Las cifras aquí presentadas son valores de uso potencial y la ventaja de contar con éstos radica en que algunas veces los propietarios o las personas de la comunidad no valoran económicamente (monetariamente) los productos y servicios proporcionados por los recursos naturales, hasta que les proporcionan ingresos económicos ya sea vendiéndolos o evitando comprarlos (Bautista-Tolentino, 2011). Se espera que al mostrarles las cifras establecidas por medio de este trabajo, perciban lo importante que son para el desarrollo tanto familiar como para la comunidad.

Los diversos usos y recursos que la población extrae de los potreros es un reflejo de la importancia económica asignada por los productores, aunque tienen

límites en su potencial productivo pues son escasamente manejadas (Bautista-Tolentino, 2011). Muchas de las especies sobre todo plantas medicinales, materiales de construcción y decoración no son utilizadas diariamente, pero su disponibilidad en el momento adecuado permite la reducción de gastos que repercuten en la economía familiar, beneficiando a estas comunidades, donde las principales fuentes de ingresos son inseguras y escasas.

En la presente investigación y en el estudio realizado por Moreno-Casasola y Paradowska (2009) se observó que la mayoría de los pobladores no comercializan con las plantas útiles o lo hacen de manera ocasional. Solo algunas especies tienen un valor de venta y la gran mayoría no tienen mercado, y su distribución es a manera de regalo entre parientes o conocidos. Por ello, es importante fomentar el uso de los recursos, así como su incursión en un mercado, con una fuerte campaña de comunicación por parte de las comunidades. De acuerdo con González-Quirós este es el argumento decisivo para la circulación de los productos y para que se desarrolle una demanda efectiva, lo cual diversificaría las fuentes de ingresos de la economía familiar. Como ejemplo se puede citar lo mencionado por Hersch y Fierro-Alvarez (2001), del flujo de plantas medicinales desde la zona de abasto hacia Estados Unidos. En el proceso el recolección de la hierba dormilona (*Calea zacatechichi*), el productor recibía \$1.5 pesos por kilo, la cual del otro lado de la frontera, vendida en paquetes bien presentados de 14g, en un salón de belleza en California, tiene un precio de un dólar. Lo que equivale a un incremento de \$1.5 a \$536.7 pesos. Es un proceso en el cual los recolectores, su entorno natural e incluso los acopiadores regionales, se encuentran favoreciendo a mayoristas.

Otra ventaja en la determinación de los valores económicos de los recursos naturales se puede observar en el hecho de que sirve de medio de comparación entre los diferentes recursos utilizados. Por ejemplo el contraste entre la construcción de una casa con palmas y materiales como cemento, deja entre ver que la primera es más económica que la segunda (González-Marín *et al.*, 2012a, 2012b), y sin embargo su uso está decayendo.

Por otro lado, Veracruz es uno de los principales estados con actividad agropecuaria y el principal productor de ganadería de doble propósito, ocupando el

sexto lugar en producción de leche (Colegio de Posgraduados, 2003) con aproximadamente 6.86% del total nacional entre 2001-2012 (SAGARPA, 2012). En este contexto se esperaría que los productores de las comunidades se vieran verdaderamente beneficiados, sin embargo esta situación no es igual en todos los municipios del estado. En el caso de las comunidades de Jamapa, los productores de leche de la zona de estudio, la venden en poca cantidad y a un precio bajo (\$4.5) y solo en mercados locales. Muy pocas personas procesan la leche para la elaboración de quesos (baja producción), por lo que no se convierte en una alternativa viable para la economía familiar (Travieso Bello & Moreno Casasola, 2011).

Es importante señalar que la suma total de los distintos valores de uso no es un valor total del potrero, pues falta información del valor de todos los recursos utilizados incluyendo los de bajo uso y servicios ambientales, pero si es un indicador que proporciona el que muestra la importancia de los recursos en la economía familiar, y en los diversos beneficios que obtienen las personas al hacer uso de éstos o, simplemente al tenerlos como una opción de uso.

Aunque la ganadería a través de los años a fomentado la pérdida de los recursos, a por la deforestación de los terrenos y la invasión de especies forrajeras, no se puede dejar de lado que en zonas rurales como las estudiadas, la ganadería es un medio de ahorro, por medio del valor del ganado, disponible para situaciones adversas. Lo ideal sería que este manera de ver al ganado sea aplicable al resto de los recursos.

Por medio del análisis del valor actual neto y los beneficios a largo plazo, se determina que los diferentes usos que se hacen de los recursos naturales extraídos del potrero brindan mayores beneficios, en comparación con los beneficios que puede obtener una persona en el supuesto de venta de su potrero. Éste análisis muestra que al considerar los usos como cuestiones separadas, o por si solos, existiría una posible pérdida, en comparación con el beneficio de la venta del terreno, sin embargo, al considerarlos como un todo, por ser usos directos del mismo lugar, los beneficios son positivos, aun cuando se excluye el beneficio obtenido por el ganado y solo se consideran los de alimento, plantas medicinales,

maderas, materiales de construcción, y otros (escobas). Por lo tanto es importante brindar esta información a los usuarios directos del potrero, pues es el reflejo de los múltiples beneficios que adquieren desde sus potreros, no solo por ser lugares para el ganado.

La información obtenida tiene la ventaja de estar generada con base en tasas establecidas desde el Gobierno Federal, las cuales son empleadas para la evaluación de proyectos. Si se considera que el fin último del proyecto en el cual esta inmerso la presente tesis es la formación de mecanismos que ayuden a la conservación de los recursos, la información generada puede ser la base para el desarrollo de estos mecanismos, no solo desde la parte de la iniciativa privada, sino desde el gobierno (planeación desde arriba hacia abajo o top-bottom)

La diversidad de usos identificados sugiere que la protección de los remanentes de selvas inundables y la vegetación presente en los potreros esta justificada tanto económicamente como por los beneficios directos. La combinación con los valores actual neto, proveen un confiable y cuantificable argumento para la conservación y el manejo de las selvas inundables y los potreros.

De acuerdo con Farley & Costanza (2010) y de Groot *et al.* (2012), expresar los servicios ambientales en unidades monetarias provee una guía para entender las preferencias de uso. Este valor ayuda en la toma de decisiones acerca de las afectaciones de los recursos para distintos usos. De la misma manera, los valores de los servicios ambientales en términos monetarios son una base para la implementación de incentivos para la conservación y el uso sustentable, como los pagos por servicios ambientales.

Es importante dejar claro que los valores monetarios expresados para los recursos naturales y por tanto el servicios ambiental de provisión, no deben ser considerados como la base que determine precios en mercados privados. Estos bienes y servicios son públicos y no deben ser privatizados. Pero si deben ser tratados como el reflejo de la importancia de estos para las comunidades.

Por último, la valoración es un complemento para la toma de decisiones acerca de las distintas actividades realizadas sobre los recursos, ayuda a reconocer posibles costos en la pérdida de los recursos naturales. Pero no asegura

por si sola, que se tomen las mejores decisiones en el manejo, pues éstas son establecidas no sólo por la información, sino por las distintas instituciones, y por los tomadores de decisiones, sobre los cuales se debe hacer una tarea fuerte de educación y concientización al respeto del medio ambiente y sus servicios.

V. Conclusión

La estimación monetaria del servicio ambiental de provisión muestra los múltiples beneficios que las personas adquieren por hacer uso de sus recursos naturales como están actualmente. Las cantidades ayudan a la idea de tratar de mantener y mejorar los recursos naturales, para tener los beneficios en conjunto, pues los usos por separado no son competencia ante la posible venta del terreno, y menos a la opción del cultivo de caña.

8. Conclusión general y recomendación

- Las personas de mayor edad y con mayor tiempo de residencia en las comunidades identifican un cambio en el uso de suelo y las etapas en las que se puede establecer este cambio son cuatro. La primer etapa donde existía una relación vegetación natural y cultivos de maíz, frijol y ajonjolí. La segunda etapa en la formación del ejido y la explotación de mangos. La tercer etapa que se caracterizó por el desarrollo de ganadería y el cultivo de especies forrajeras. La ultima etapa que se extiende hasta la actualidad donde en la que comienza el desarrollo de cultivo de caña.
- Las respuestas al cuestionario mostraron que los participantes reconocen los usos tanto directos como indirectos que hacen de los recursos naturales del potrero. Los usos fueron lugar para ganado, alimento para el ganado, maderas, alimento para las personas, materiales de construcción, materiales para decoración, creencias y medicinales.
- Los valores monetarios son un indicador de la importancia que los recursos naturales tienen para la economía familiar y de la comunidad. A través de estos valores se puede establecer que el beneficio de los recursos naturales no es solo por el ganado, sino es un aporte a la economía familiar por los usos directos o indirectos.

Estrategia para regresar información a la comunidad

Dado que el proyecto en el cual esta inmerso el presente trabajo tiene como finalidad determinar la viabilidad de un mecanismo de pago por servicios ambientales, y con los resultados obtenidos en el presente trabajo se detectó que los participantes reconocen los beneficios que los recursos naturales les proveen; lo esperado sería que, como aun seguirán haciendo uso de los recursos, las comunidades y no solo los participantes en el trabajo, tengan de igual manera conocimientos acerca de la fragilidad de los recursos naturales y los valores y servicios que proporciona la naturaleza, que identifiquen lo que es el medio ambiente y los servicios ambientales, desde el punto de vista de las organizaciones

implicadas en el manejo de los recursos naturales, a fin de observar los distintos mecanismos que son para el beneficio de la comunidad, así como para el ambiente (pago por servicios ambientales).

Para tener una idea de lo que los participantes consideran como servicios ambientales y medio ambiente se les preguntó, a manera de censo, si conocían a qué hacían referencia estas palabras (preguntas aplicadas al finalizar el cuestionario). 42 personas mencionaron si conocer el medio ambiente (Fig. 19) y al pedirles que lo explicaran mencionaron cuestiones como: *“lo que dicen en la tele, de no contaminar”, “cuidar y conservar los árboles”, “no contaminar”, “no quemar”, “la vida de los árboles”, “que el aire esté puro”,* entre otras.

De servicios ambientales, solo diez personas dijeron que si, y las repuestas al pedir que explicaran fueron: *“la gente contribuya a no contaminar”, “lo que nos ayuda en el campo”, “no destruir, no tirar árboles”, “son los servicios que mejoran la vida para acá”,* entre otras. Pese a que no saben lo que son los servicios ambientales y el medio ambiente, o al menos no con esas palabras, las personas perciben que los árboles les benefician en la sombra, y que gracias a ellos *“hay mucha agua”, “sin ellos no hay vida”*.

Al cuestionarles sobre éstos, 63 personas mencionaron que era MUCHA la importancia que ellos le daban a los árboles (en escala de mucho, regular, poco, nada) (Fig. 20).

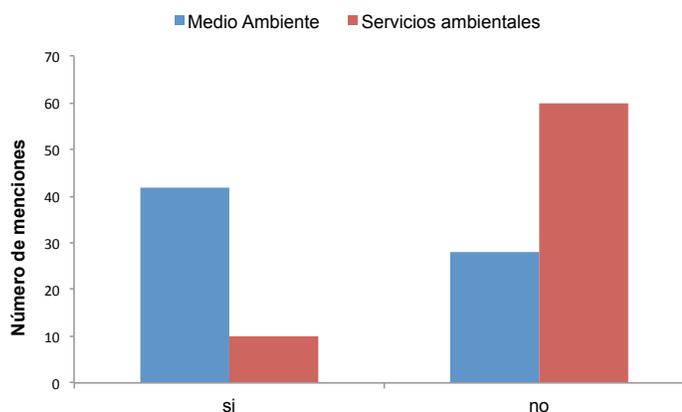


Figura 19. Conocimiento de las palabras medio ambiente y servicios ambientales.

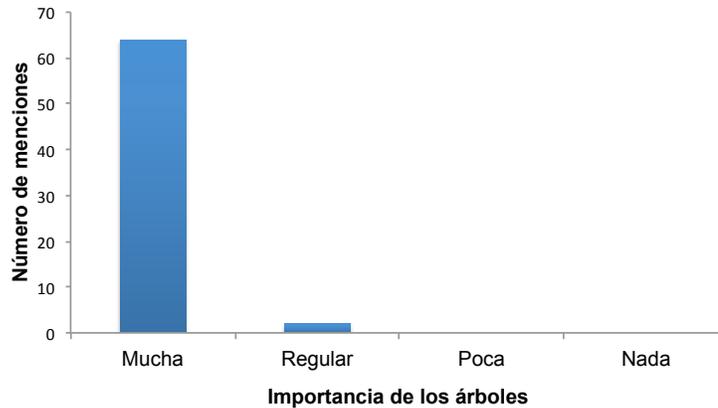


Figura 20. Importancia que las personas le asignan a los árboles.

Así mismo, se les preguntó si habían notado algún cambio en la naturaleza y las respuestas fueron muy diversas, entre las que se pueden mencionar está:

“Mucha gente está sembrando caña y esto está afectando en lo global. La ganadería beneficia más al ambiente porque hay más árboles”.

“Antes estaba más limpio que ahora, una zona donde se nadaba ya no se puede. Ahorita es para que estuviera mejor y ahora está muy feo”.

“Cada año con año se va haciendo más caluroso. Los lugares donde derrumban más árboles hace más calor”.

“Pésimos, en la infancia había más agua todo se va reduciendo en los humedales”

“Antes había muchos árboles de mango, muchos pájaros de colores muy bonitos, fueron tirando los árboles. Mucha gente tira los árboles y están viendo que demora en llover, mucha gente ha hecho muchos desastres”

Las respuestas muestran una posible unión de las palabras medio ambiente y servicios ambientales a cuestiones de contaminación ambiental. Sin embargo, a pesar de que no han escuchado los términos anteriores, reconocen la importancia de los recursos naturales.

Por todo lo anterior, se propone un taller de difusión (Fig. 21), el cual tiene como finalidad concientizar a las comunidades sobre la importancia de sus recursos naturales y los servicios ambientales que les proporciona los recursos de los potreros derivados de selvas y palmares. El interés de este programa se basa en el hecho de que al lograr que las comunidades conozcan su medio y el valor de

este, puedan desarrollar a corto y largo plazo actividades en pro del ambiente. Se proponen sesiones teórico-prácticas en los distintos terrenos, para tener los ejemplos de la propia zona.

Para evaluar si los objetivos del taller se cumplieron, se propone hacer una comparación de un momento antes (resultados de este trabajo) con un posterior a la aplicación del taller. Para obtener el posterior se aplicará un cuestionario donde se indague de igual manera los conocimientos acerca de los que es el medio ambiente y los servicios ambientales.

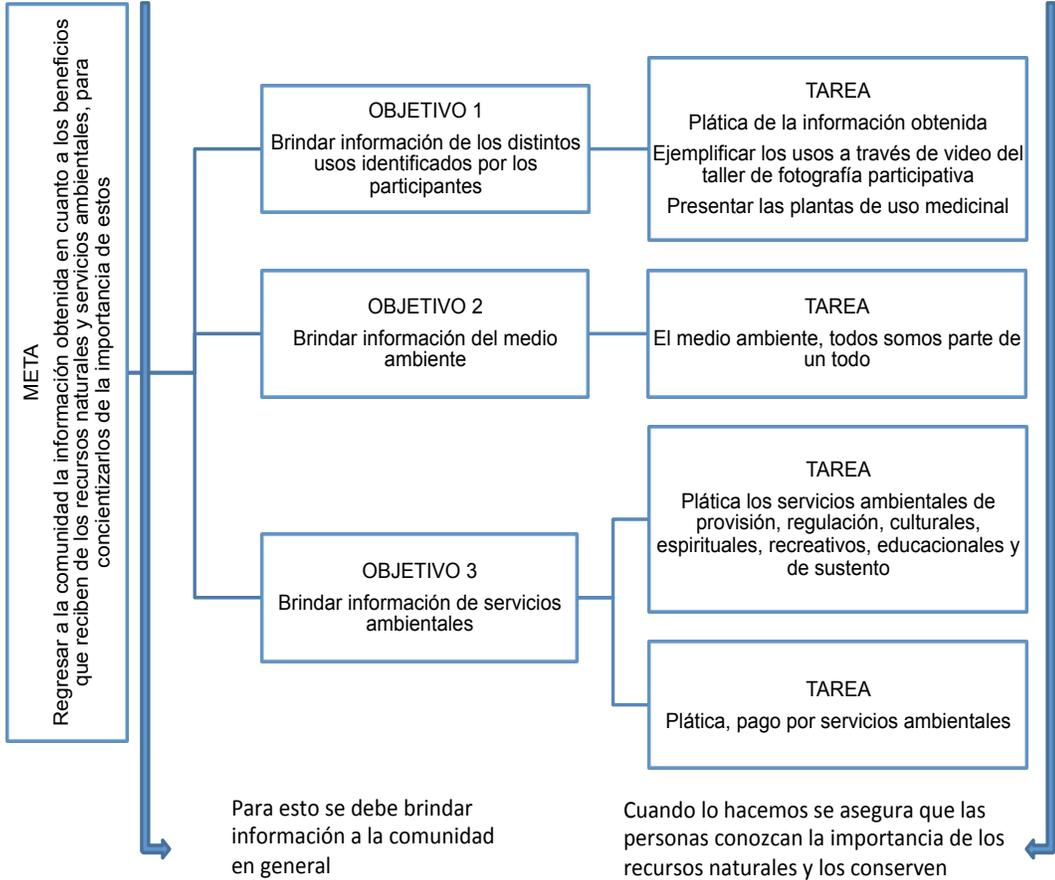


Figura 21. Diagrama del taller de divulgación.

A continuación se presenta el programa de taller.

Tema	Subtema	Introducción	Descripción
La importancia de mi terreno	Lo que tengo, lo que no veo	La vida que se lleva en las comunidades rurales comunmente implica una relación fuerte con los recursos naturales. Éstas dependen de los recursos para cubrir sus necesidades básicas. El problema es que al ser tan comunes, no suelen identificar todos los usos que hacen, hasta que no tienen la base que cubre la necesidad	Pedir a las personas que escriban o dibujen las cosas que para ellos son importantes de sus terrenos, mediante una dinámica de grupos. Compararlo con los distintos usos que las personas ajenas a la comunidad identifican (ponentes o organizadores)
Los distintos usos que hacemos de los recursos	Usos directos Usos indirectos	Usos directos son los que se hacen a través del consumo del recurso y/o disfrute de un servicio, por ejemplo la explotación de madera, extracción de flora y fauna para alimentación, entre otros (CONABIO, 1998; Sanjurjo-Rivera, 2001). El uso indirecto hace referencia al beneficio que recibe una persona, o la sociedad, a través de los servicios ambientales y de las funciones de los ecosistemas (Sanjurjo-Rivera, 2001).	Plática acerca de los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario y los distintos usos directos e indirectos que las persona hacen de los recursos naturales. Se les proporcionará el catálogo de plantas medicinales y al finalizar la plática se presentara el video obtenido mediante un taller de fotografía participativa llevado a cabo durante el mes de diciembre de 2012.
En la naturaleza todo esta relacionado	Recursos naturales	Concepto de recursos naturales: cada bien Concepto de medio ambiente: el ambiente es un conjunto de elementos naturales o	Las plática se llevaran a cabo en potreros con características diferentes

		<p>inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinado. El ambiente es todo lo que nos rodea, la fauna, flora, así como el agua, aire, tierra y todo cuanto existe en la naturaleza, incluidas las personas.</p>	<p>(cercaos a la laguna, con pastos y con acahuals) a fin de tener a la mano todos los ejemplos posibles de recursos naturales y los servicios ambientales.</p>
	<p>El medio ambiente y sus servicios</p>	<p>Las sociedades humanas se benefician de las funciones de estos ecosistemas, directa o indirectamente, y es precisamente a estos beneficios a los que se les llama servicios ambientales o servicios ambientales. Dependiendo del tipo de servicio se les nombra de distintas maneras (Carabias, 2011). Están los servicios ambientales de provisión, regulación, culturales, espirituales, recreativos o educativos y los de sustento.</p> <p>Los servicios ambientales son la base natural para la sobrevivencia y el desarrollo de la humanidad y, además, todos son interdependientes (Carabias, 2011)</p>	
<p>valores económicos</p>	<p>Pago por servicios ambientales (PAS)</p>	<p>Si bien los agentes económicos y comunidades que conservan sus recursos proporcionan ciertos servicios a la sociedad, los beneficios de estos servicios a menudo se manifiestan en ubicaciones remotas y benefician a grupos de personas distintos de quienes lo generan, sin que exista una compensación por parte de los beneficiarios hacia quienes conservan (Enríquez Andrade, 2008). Para esto se desarrolló el pago por servicios ambientales (PSA), el cual es</p>	<p>Plática donde se establezca en términos básicos los mecanismos que ayudan a la economía familiar y al mantenimiento del medio ambiente.</p>

		<p>un sistema de compensación económica por los servicios que los ecosistemas brindan a la sociedad, incluyendo el mantenimiento de la composición de gases de la atmosfera, la conservación de la biodiversidad, protección de agua y suelo, entre otros (Pangiola <i>et al.</i> 2008).</p> <p>Se espera que los estímulos entregados a los productores generen una modificación en el uso del suelo a formas sustentables y se asegure un flujo permanente de servicios ambientales (CONAFOR, 2006).</p>	
Conclusión	<p>¿Lo que no se conoce no se aprecia y no se cuida...?</p> <p>Que pasa si se pierde mi terreno y su vegetación?</p>	<p>Plantear que pasa con el ambiente, las costumbres y la economía familiar al perder los recursos en su totalidad.</p> <p>Las siguientes generaciones de que podrán alimentarse o vivir.</p>	

9. Referencias

- Álvarez-Gayou Jurgenson, J.L. 2009. Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología. México, Paidós Mexicana, S.A. 222.
- Arellano-Gámez, L. 2006. Paisajes veracruzanos: breve historia de manejo. Obtenido de La Ciencia y el Hombre. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana. XIX (2). En línea: <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol19num2/articulos/paisajes/>
- Ascencio-Rojas, L., B. Valles-de la Mora, M. Ibrahim & E. Castillo-Gallegos. 2013. Use and management of tree fodder resources on farms in central Veracruz, Mexico. *Avances en Investigación Agropecuaria* , 17 (1), 95-117.
- Avendaño Reyes, S. & I. Acosta Rosado. 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. *Madera y Bosques* , 6 (1), 55-71.
- Avila-Foucat, V. 2007. Los modelos de la economía ecológica: una herramienta metodológica para el estudio de los servicios ambientales. *Gaceta ecológica (número especial)*, 84-85.
- Balick, M. & R. Mendelsohn. 1992. Assessing the economic value of traditional medicines from tropical rain forests. *Conservation Biology* , 6 (1), 128-130.
- Balvanera, P. & H. Cotler. 2007. Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta ecológica (84-85)*, 8-15.
- Balvanera, P., Cotler, H., & al., e. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos en Capital natural de México, vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio. *CONABIO* , 185-245.
- Barbier, E. & I. Strand. 1997. Valuing mangrove-fishery linkages: a case study of Campeche, Mexico. Paper prepared for the 8th Annual Conference of European Association of Environmental and Resource Economics (EAERE) , 29.
- Barbier, E., M. Acreman, & D. Knowler. 1997. Valoración económica de los humedales-Guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención de Ramsar, Gland , 155.
- Barrera-Bassols, N. 1996. Los orígenes de la ganadería en México. *Ciencias (44)*, 14-27.
- Bautista-Tolentino, M., S. López-Ortiz, P. Pérez-Hernández, M. Vargas-Mendoza, F. Gallardo-López & F.C. Gómez-Merino. 2011. Sistemas agro y silvopastoriles en la comunidad el Limón, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* , 14, 63-76.
- Berlin, B., E. Berlin, L. García, M. González, D. Puett & R. Nash. 2001. Etnobotánica médica y desarrollo sustentable: el caso del ICBG-Maya en los altos de Chiapas. En B. Rendón Aguilar, S. Rebolgar Domínguez, J. Caballero Nieto, & M. Martínez Alfaro, *Plantas cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI.* (pág. 317). México, México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Caballero , J. & L. Cortés. 2001. Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. En B. Rendón Aguilar, S. Rebolgar Domínguez, J. Caballero Nieto, & M. Martínez Alfaro, *Plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI.* (pág. 317). México, México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Campos, A., M. Hernández, P. Moreno-Casasola, E. Cejudo Espinosa, A. Robledo & D. Infante Mata. 2011. Sol water retention and carbon pools in tropical forested wetlands and marshes of the Gulf of Mexico. *Hydrological Sciences Journal* , 56 (8), 1388-1406.

- Carabias, J. 2011. Servicios ambientales. Las Tres y Un Cuarto, el rincón para compartir. En línea: <http://lastresyuncuarto.wordpress.com/2011/06/25/servicios-ambientales-o-ecosistemas-%C2%BFque-significa/>
- Casasola, F., I. Muhammad & J. Barrantes. 2005. Los árboles en los potreros. Serie Cuaderno de Campo. INPASA. 20.
- Castelán-Vega, R., J. Ruiz-Careaga, G. Linares-Fleittes, R. Pérez-Avilés & V. Tamariz-Flores. 2007. Dinámica de cambio espacio-temporal de uso del suelo de la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM , 64, 75-89.
- Chee, Y. 2004. An ecological perspective on the valuation of ecosystem services. *Biological Conservation* (120), 549-565.
- Colegio de Posgraduados. 2003. Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Cadena de Bovinos de Doble Propósito en el estado de Veracruz. CP, FUNPROVER y SAGARPA, Ver. 131.
- CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: estudio de país. . Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad , 281.
- CONABIO. 2008. Conocimiento tradicional. Artículo 8(J). En línea: http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/con_trad_a_8.html
- CONAGUA. 2005. Mapa Hidrológico, escala 1:1000000. Sistema de Información Geográfica del Agua, Subgerencia de Programación de la Gerencia Regional Golfo Centro de la Comisión Nacional del Agua.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2010. Convenio sobre la Diversidad Biológica: ABS. Tema Conocimiento tradicional. Convenio sobre la Diversidad Biológica. PNUMA. Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. gef, Montreal, Canadá.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, S. Naeem, R.V. Oneil, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton & M. Van de Belt. 1997. the value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* , 387 (6630), 253-260.
- Colegio de Posgraduados y FUNPROVER. (2013). AZUCAR. Colegio de Posgraduados y Fundación Produce Veracruz. 137
- Creswell, J. (2005). Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative Research (Vol. 2a. ed.). Upper Saddle River: Pearson Education Inc.
- CSU. 2002. La ciencia y los conocimientos tradicionales. Informe del Grupo de Estudio sobre la Ciencia del ICSU y los conocimientos tradicionales, Consejo internacional para la Ciencia.
- Cuevas, M., A. Garrido, J. Pérez-Damián & D. Laura-González. (s.f.). Procesos de cambio de uso de suelo y degradación de la vegetación natural. Las cuencas hidrográficas de México , 96-103.
- Daily, G. 1997. Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems. Island Press , 392.
- Daily, G., S. Alexander, P. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P. Matson, H.A. Moonet, S. Postel, S.H. Schneider, D. Tilman & G.M. Woodwell. 1997. Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. *Issues in Ecology* (2), 18.
- de Groot, R., L. Brander, S. van der Ploeg, R. Costanza, F. Bernard, L. Braat, M. Christie, N. Crossman, A. Ghermandi, L. Hein, S. Hussain, P. Kumar, A. McVittie, R. Purtele, L.C. Rodríguez, P. Ten Brink & P. vanBeuketing. 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1, 50-61.

- De Groot, R., M. Wilson & R. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation economic of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* , 41, 393-408.
- del Saz-Salazar, S. & C. Suárez-Burguet. 1998. El valor de uso recreativo de espacios naturales protegidos: aplicación del método de valoración contingente al Parque Natural L'Albufera. *Economía agraria* (182), 239-272.
- Enríquez Andrade, R. 2008. Introducción al análisis económico de los recursos naturales y del ambiente. Mexicali, Baja California, México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Farber, S., R. Costanza & M. Wilson. 2002. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics* , 41 (3), 375-392.
- Farley, J. & R. Costanza. 2010. Payments for ecosystem services: from local to global. *Ecological Economics* , 69, 2060-2068.
- Field, B. & D. Azqueta-Oyarzun. 1995. *Economía & Medio Ambiente*. Colombia: Mc. Graw Hill.
- Figueroa, J. 2003. ¿Puede la valoración económica de la diversidad biológica dar respuesta a su gestión sostenible? Obtenido de www.ambiente-ecologico.com
- Galindo, G. 2001. Uso de innovaciones en el grupo de ganaderos para la validación y transferencia de tecnología `Joachi´, Veracruz, México. *Terra* (19), 385-392.
- Gallardo, J. 1998. Preparación y evaluación de proyectos. México: McGraw Hill.
- González-Marín, R., P. Moreno-Casasola, R. Orellana & A. Castillo. 2012a. Palms uses and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, México. *Environment, Development and Sustainability* .
- González-Marín, R., P. Moreno-Casasola, R. Orellana & A. Castillo. 2012b. Traditional wetland palm uses in construcción and cooking in Veracruz Gulf of Mexico. *Indian Journal of Traditional Knowledge* , 11 (13), 408-413.
- González-Quirós, J. Sospechas sobre el mercado: los intelectuales, la comunicación y la creación de valor económico. *Revista Empresa y Humanismo* , VII (1/04), 37-59.
- Guadarrama Olivera, H. 1990. Historia oral: usos y abusos. *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas* , III (009), 69-76.
- Guevara, S., J. Meave, P. Moreno-Casasola, J. Laborde & S. Castillo. 1994. Vegetación y flora de potreros en al sierra de los Tuxtlas, México. *Acta Botánica Mexicana* , 028, 1-27.
- Haro-Martínez, A. & C. Taddei-Bringas. 2010. Valoración ambiental: aportaciones, alcances y limitaciones. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía* , 41 (160), 209-221.
- Hernández Sampieri, C. Fernández-Collado & P. Baptista Lucio. 2006. Metodología de la investigación (Vol. 4). D.F., México: McGraw-Hill/ Interamericana.
- Hersch Martínez, P. & A. Fierro Álvarez. 2001. El comercio de plantas medicinales. Algunos rasgos significativos en el centro de México. En B. Rendón Aguilar, S. Rebollar Domínguez, J. Caballero Nieto, & M. Martínez Alfaro, *Plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI* (pág. 317). México, México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Hoffmann, O. & E. Velázquez. 1994. *Las llanuras costeras de Veracruz la lenta construcción de regiones*. Xalapa, Veracruz, México: OSRTOM.
- INEGI. 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Jamapa, Veracruz de Ignacio de la Llave. INEGI.
- INEGI. 2010. *Información Nacional, por Entidad Federativa y Municipios*. Jamapa, Veracruz de Ignacio de la Llave. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. En línea: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=30>

- Municipio de Jamapa. 2011. Plan municipal de desarrollo Jamapa. Resumen ejecutivo, Municipio de Jamapa, Veracruz.
- Johnson, M. 1992. LORE. Capturing Traditional Environmental Knowledge. Ottawa, Ont., CA.: Dene Cultural Institute and IDRC. .
- Lagos-Witte, S., O. Sanabria-Diago, P. Chacón & R. García. 2011. Manual de Herramientas Etnobotánicas relativas a la Conservación y el Uso Sostenible de los Recursos Vegetales. Una contribución de la Red Latinoamericana de Botánica a la Implementación de la Estrategia Global para la Conservación de las especies Vegetales hacia el logro de las Metas 13 y 15. Red Latinoamericana de Botánica , 138.
- Lambert, A. 2003. Valoración económica de los humedales: un componente importante de las estrategias de gestión de los humedales a nivel de las cuencas fluviales. Asesor principal de la Convención de Ramsar.
- Landgrave, R. & P. Moreno-Casasola. 2010. Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. Investigación ambiental , 4 (11), 19-35.
- Márquez, R., B. de Jong, A. Eastmond, S. Ochoa-Gaona, S. Hernández & D. Kantún. 2005. Estrategias productivas campesinas: un análisis de los factores condicionantes del uso del suelo en el oriente de Tabasco, México. Universidad y Ciencia , 21 (042), 57-73.
- Martínez-Saldaña, T. 1983. Historia de la Agricultura en México. 31. Xalapa, Ver., México.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and water. Synthesis. UNEP-UN , 68.
- Melgarejo, V. 1980. Historia de la ganadería en Veracruz. Xalapa , Veracruz, México: Gobierno del estado de Veracruz.
- Mendoza-González, G. 2009. Análisis de cambio de uso de suelo y sus implicaciones en la prestación de servicios ecosistémicos en la costa de Veracruz. Xalapa, Veracruz, México: INECOL.
- Mora Vega, R., F. Sáenz Segura & J. Francois Le Coq. 2012. Servicios ambientales y ecosistémicos: conceptos y aplicaciones en Costa Rica. International Centre for Trade and Sustainable Development , 13(2). En línea: ictsd.org/i/news/puentes/132486
- Moreno Casasola, P. 2010. Veracruz. Mar de arena. México: Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Comisión del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para la Conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y del Centenario de la Revolución.
- Moreno-Casasola, P. (s.f.). Los humedales en México: tendencias y oportunidades. Cuadernos de Biodiversidad , 9.
- Moreno-Casasola, P. & D.M. Infante-Mata. 2010. Manglares y selvas inundables. 150.
- Moreno-Casasola, P. & K. Paradowska. 2009. Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. Madera y Bosques , 15 (3), 21-44.
- Moreno-Casasola, P., R. Peresbarbosa & A. Travieso-Bello. 2006. Estrategia para el manejo costero integral: el enfoque municipal (Vol. 1). Xalapa, Veracruz, México: Instituto de Ecología, A.C., CONANP y Gobierno del Estado de Veracruz Llave.
- Motto, P. 2008. Valoración económica del Bosque Seco. Proyecto Gestión Concertada para el Control de la Desertificación y la Regeneración del Bosque Seco en los Cantones de Zapotillo y Macará, Unión Europea. COSV. Universidad Nacional de Loja.
- Munasinghe, M. 1993. World Bank Environment Paper Number 3: Environmental economics and sustainable development. The world Bank .

- Nahmad Molinari, D. 2011. Factores socio-culturales en los agroecosistemas del municipio de Hidalgotitlan Veracruz. Tepetates, Manlio Fabio, Veracruz, México: Colegio de Postgraduados. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas.
- Ordóñez, F., O. Rosete, B. Maserá & F. Jong. 2000. Dinámica de cambio en la cobertura forestal y uso del suelo asociada a los almacenes y emisiones de carbono: el caso de Santiago Tingambato, Michoacán. Morelia, Mich., México: UNAM.
- Oviedo, G., F. Noejovich & T. Zamudio. 2007. Desafíos para el Mantenimiento de los Conocimientos Tradicionales en América Latina.
- Pangiola, S., A. Ríos & Arcenas. 2008. Can the poor participate in payments for environmental services? Lessons from the Silvopastoral Project in Nicaragua. *Environment & Development Economics* , 13 (3), 299-325.
- Pavón, N.P., R. Escobar & R. Ortíz-Pulido. 2006. Extracción de hojas de palma *Brahea dulcis* en una comunidad otomí en Hidalgo, México: efecto sobre algunos parámetros poblacionales. *Interciencia* , 31, 57-61.
- Pere-Riera, M., D. García-Pérez, B. Kriström & R. Brannlund. 2005. Manual de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales. España: Thomson.
- Pereyra-Díaz, D. & J. Agustín-Pérez Sesma. 2006. Hidrología de superficie y precipitación intensas 2005 en el estado de Veracruz. Inundaciones 2005 en el Estado de Veracruz , 81-99.
- Reild, W., H. Money, A. Cropper, D. Capistrano, S. Carpenter, K. Chopra, P. Dasgupta, T. Dietz, R. Duralappah, R. Hassan, R. Karperson, R. Leemans, R.M. May, T.(AJ). McMichael, P. Pingall, C. Samper, R. Scholes, R.T. Watson, A.H. Zakri, Z. Shidong, N.J. Ash, E. Bennett, P. Kummar, M.J. Lee, C. Raudsepp-Hearne, H. Simons. J. Thonell & M.B. Zurek. 2004. Evaluación de los ecosistemas del milenio. Informe de síntesis.
- Reyes-García, V. 2009. Conocimiento ecológico tradicional para la conservación: dinámicas y conflictos. *PAPELES* (107), 39-55.
- Rosete-Vergés, F., J. Pérez-Damián & G. Bocco. 2008. Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* (67), 39-58.
- Ruiz-Florindez, C. 2012. Conocimientos tradicionales. Plantas medicinales de Cajamarca. CREAR'T S.R.L. 51.
- Sanjurjo-Rivera, E. 2001. Valoración Económica de Servicios Ambientales Prestados por Ecosistemas: Humedales en México. Instituto Nacional de Ecología. 45
- SEFIPLAN. 2005. Plan Veracruzano de desarrollo 2005-2010. México: Veracruz-Ignacio de la Llave.
- SEMARNAT. 2004. Introducción a los servicios ambientales. SEMARNAT Hombre Naturaleza , 73.
- SEMARNAT. 2009. El medio ambiente en México. En línea: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/introduccion/presentacion.html
- SNIM. 2010. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Sistema Nacional de Información Municipal. En línea: <http://www.snim.rami.gob.mx/>
- Sol, F. 2013. México desconocido. México desconocido. En Línea: <http://www.mexicodesconocido.com.mx/el-arte-ceramico-de-la-cultura-remojadas.html>
- Stapp, J., F. Wyndham & R. Zarger. 2002. Ethnobiology and Biocultural Diversity. *International Society of Ethnobiology* , 585-592.
- Taylor, S. & R. Bodgan. 1984. Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados. México: Paidós. 343.
- Tengo, M. 2012. Un diálogo sobre el conocimiento para el Siglo 21: Los saberes Indígena, el Conocimiento Tradicional, la Ciencia y la conexión entre diversos sistemas de

- saberes. El Programa de Desarrollo y Resiliencia (SwedBio) , Centro de Resiliencia de Estocolmo (SRC), Universidad de Estocolmo y NAPTEK del Centro Sueco para la Biodiversidad , 38.
- Toledo, M. 1990. El proceso de ganaderización y la destrucción biológica y ecología de México.
- Toledo, V., A. Batiz, R. Becerra, E. Martínez & H. Ramos. 1995. La selva útil: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia* , 20 (4), 177-187.
- Travieso Bello, A. & P. Moreno Casasola. 2011. Sustentabilidad de la Ganadería Bovina: el caso de la costa de Actopan, Veracruz, México. En S. G. M.J., *La encrucijada del México rural. Contrastes regionales en un mundo desigual* (pág. 340). México: Asociación Mexicana de Estudios Rurales. Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM. 340
- Travieso-Bello, A., P. Moreno-Casasola & A. Campos. 2005. Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales. *INTERCIENCIA* , 30 (1), 12-18.
- Valdez, C. & L. Ruiz. 2012. Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Bio ciencias* , 1 (4), 3-15.
- Velázquez, A., J. Mas, J. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra & L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta ecológica* , 62, 21-37.

10. Anexos

Anexo 1. Guión de entrevista abierta

Guía de entrevista

El motivo de la entrevista es conocer los cambios por los que han pasado los terrenos de la comunidad en cuanto al uso que las personas les dan. La finalidad de este es desarrollar por medio de lo que me cuente una breve historia, que formara parte del proyecto: Aprovechamiento de los recursos en un potrero donde había selva inundable y su valor económico, en Jamapa, Veracruz.

Datos del informante

Localidad _____ Fecha: _____
Nombre _____

1. Paisaje de la comunidad antes y ahora (palmares)
2. Uso del terreno antes de ser ejido
3. Cultivos antes y ahora
4. Formación del ejido
5. Cambio en los recursos utilizados: comida, plantas medicinales, árboles
6. Condiciones de vida antes y ahora
7. Interes por las personas jóvenes en los cultivos

Anexo 2. Entrevistas

Datos del informante

Localidad: El Piñonal Fecha: 10/11/2012 Nombre: Entrevista 01 y 02

Cambio en la vegetación

E2: Sembrábamos arbolitos Muchos dueños de los terrenos empezaron a cortarla y a quemarla, quemaron muchas. Por que aquí la señora del vivero pa allá tenía un palmar cerradito, cerradito, allí no podía ni entrar la gente porque no se podía ni meter, porque estaba así de pura palma, tanto grande como chica, de esas que le dicen apachite y de reales, todo todo estaba llenísimo, pues todos los terrenos estaban inundados de puras palmas

Mucho mango, tanto corriente como de clase, como manila.

El día en el campo

E1: Si pues sembré un poquito de maíz, pero como ya está dado como ahorita que tengo maíz, ya subieron los mapaches, las cotorras, los pichos, están fregando, por eso tengo que estar cuidando, no tanto por la gente, por los bichos que andan allá.

E2: Antes él pasaba allá todo el día hasta en la tarde ya venía, ya de noche. Verdad que te mandaba yo temprano bebida y ya si se podía pus también el almuerzo. Venía ya tarde se

la pasaba allá trabajando. Cuando no piscando el maíz, cuando no doblando la milpa, porque la milpa la dobla, y una vez que la dobla la deja un tiempo verdad, hay un poco de tiempo ya que se seque y ya después lo pisan. Y una vez que lo pisan ya lo pisan sin hoja todo verdad, y ya cuando terminan de pisarlo pues van a buscar un aparato una desgranadora y ya lo desgrana allá en el monte.

E1: Ahorita ya no porque ya es poco y es más el gasto.

E2: Antes si sembraba mucho, le salían bastante dos o hasta tres toneladas de maíz llenábamos unos tanques grandes de esos de 800k, pero si para desgranar todo ese maicero pues tenía que venir la máquina a desgranar. Le van echando a una persona la mazorca y por un lado va sacando el maíz y por otro lado sale el olote. Mucha gente usa el olote para la lumbre.

Que recuerda del terreno

E1: Pues ya te digo antes de que se emparcelara había unas personas que ya tenían su terreno limpio, como la parte que me tocó a mi ya estaba limpio casi toda, ya lo tenían así los abuelitos con algunos arbolitos, estaban unos cocos. Pero cuando se emparceló algunos vendieron y tumbaron el monte parejo, para tener más terreno para sembrar.

E2: Pero cuando nosotros, cuando yo me vine con él yo tenía 18 años, pero no teníamos nada. Yo me vine con el pero no teníamos ni había parcelas ni nada, ya después toda la gente sembraba así, tenían tierras pero las chapeaban y sembraban aquí y sembraban acá. Ya después cuando este chamaco nació, y ya tiene 40 años, fue cuando empezaron a emparcelar las parcelas. Nosotros, pues yo tenía unos borregos que los había conseguido yo a medias en aquel tiempo. Cuando dice él, van a venir a emparcelar pero era barato en aquel tiempo, nos vendían el título. Pero pues ya vendimos un borrego y pagamos el título en \$50 pesos y ya nos dieron el título.

E1: Antes todo era barato. En vida mi abuelo dijo en una asamblea que eso me tocaba a mi. Lo que pagamos fue el trabajo del ingeniero no el terreno, porque él dijo en vida que era para mi el terreno. Las tierras eran monte, había unos palmares que daban miedo, porque eran unos palmares bien cerraditos, luego se perdía uno.

E2: Y ya pues este vino el ingeniero, luego vino aquí y lo midieron y nos dieron los terrenos, el lote de la casa también. Estaba el chiquito y tiene cuantos, 48, y pues ya tiene bastantes años.

E1: En el palmar chambeábamos cortando palma, y degollándola, para las casitas que hacíamos. Yo les enseñe a mis hijos a hacerlas y luego andábamos chambeando haciendo palapa. Cuando se emparceló algunos vendieron y muchos tumbaron el monte parejo. y hasta horita están tirando, al parecer quieren sembrar caña y muchos están tumban. No les gusta el monte porque hay mucho animalito mucha iguana.

E2: los árboles de mango que están en el terreno los sembramos cuando él estaba chiquito. Él me trajo un montón de litros de lata, así, y ya yo los llene de tierra y me trajo los huesos y se los metía y ya se los llevo al terreno cuando ya estaban naciditos así.

E1: ahorita tengo muchas palmas, está todo empalmadito.

Antes sembrábamos ajonjolí, frijol y

E1: Antes sembraba maíz, frijol y ajonjolí. El maíz era muy bueno porque me sacaba de pobre.

Uso de los recursos

E1: En aquel tiempo se acostumbraba que iba a la tienda, pedías, puro pedir y puro pedir, y comiendo pues comiendo lo que se agarraba, ya en tiempo de cosecha caían las burradas, las carretas llevando las semillas a la tienda, llevaban mucho maíz, frijol o ajonjolí para pagar, y así fue la cosa, en la tienda que estaba aquí abajito. Las cosas se daban en abundancia y al menos uno tenía para pasarla. Y así fue, así fue la cosa, antes así era pues yo te daba mercancía y ya luego las semillas para pagar, ahora un comerciante ya no te da fiado nada. Pues antes si se daba todo.

E2: llevaban muchos costales muy grandes y muchas cosas. También mi papá le hacía así.

Uso de tierra antes de ejido

E1: Antes se tenía que pedir permiso ante la asamblea, así al ejido, al consejo ejidal, y ya tenías que pedir. Pero a veces los del ejido no querían darte bien las cosas. Ya cuando emparcelaron pues ya cada quien lo suyo, ya cada quien hacía las cosas que quería en su terreno.

E2: a veces el problema era que si los animales se meten a una siembra pues se lo tenían que pagar.

Cambios en la vida del campo

E1: a mi me gusta mucho el monte, me gusta mucho andar por allá. Pero ahorita se acabo la siembra, hasta la gente dejo de sembrar, la gente está muy floja, ya no quieren echar tortillas, ya no quieren hacer nada. Antes hacían con el metate, pero ya ahorita no quieren trabajar, ya solo las echan con el pisa tortillas. Se está perdiendo mucho la siembra por eso.

Y la ganadería

E1: Pues si pero eso cuesta, ahorita estaría muy bien, pero tener un animal ahorita cuesta, ellos comen mucho y si vendo el terreno solo alcanzaría para dos o tres bichitos pero pues no se puede es mucho gasto.

Perdida de vegetación

E1: La gente que sembramos todos queremos tener los terrenos limpios, en estos tiempos que hay agua, es necesario tener limpio el caño, los barbechos para aprovechar el agua.

E1: Antes era más bonito porque antes tenían muchos animales y los soltaban aquí para pastar se veía un animalero, por diciembre los soltaban.

E2: De por allá arriba, de si has oído mentar Paso del Macho venía un señor y le pagaba a tesorería del ejido porque traía esos animales, pues aquí andaban todos sueltos, a mi me daba miedo porque estos chamacos andaban afuera. Pero esas si andaban libres. Pero él decía si quieren agarran una vaca la que les guste para leche tómenla, y ya pues la agarraban y la cuidaban. Pero también eso se acabó, por la emparcelada seguro.

E2: Allá el cachito que tengo por allá pues a veces se atascaban los animales pero pues ya decía el dueño si se la quieren comer pues cómanselas, eso era lo mejor.

E1: A veces se atascaban con el coyol, allá donde ves esas casa había mucha mucha palma, y pues era cuando no las comíamos, les decían vacas encoyoladas.

Uso de los recursos

E2: Antes también usábamos mucho el coyol, en atole. La mamá de él como hacia atole de coyol, que bueno lo hacía, le echaba leche de vaca y canela.

E1: Antes tomábamos la leche de vaca. A veces si tomamos.

E2: Ya no les gusta por la leche que hay horita. Yo, la leche de vaca yo me compraba de dos a tres litros de vaca, pero desde que tomé la otra pues no ya no me gusta mucho. Pero pues mira te compras un litro de esta de caja, te comprar casi tres litros de vaca por lo de la otra.

E1: Antes usábamos muchos remedios, ahora están tomando mucha para la diabetes. Antes teníamos muchos aceites de almendra, de palos, para el dolor de pecho, por eso nadie se nos murió, todos están vivos. Hay un palo de uvero, que se usa pal remedio. El mulato también es muy medicinal.

E2: La hoja de naranjo sirve para los nervios. El chirimoyo es muy bueno para la diabetes.

E1: hay muchas hierbas medicinales pero luego no los conocen, luego están aquí en el patio y ni sabemos.

E2: A veces vamos a ver a unos que saben de las hierbas y ya ellos son los que nos dicen tómense esto o lo otro. La mamá de el también sabe mucho de hierbas.

Datos del informante		
Localidad: <u>El Piñonal</u>	Fecha: <u>10/11/2012</u>	Nombre: <u>Entrevista 03</u>

Recuerdos de siembra

Sembrábamos arbolitos de mango y pues eso era a lo que se dedicaban nada más

Desde que recuerda su papá ya tenía el terreno para cultivo

No pues mire, antes como no estaba parcelado, este mi papá tenía así un pedazo de terreno, que el allí era donde el sembraba, en esos años no estaba parcelado

Que recuerda de la vegetación

Pues de eso si también, eso si mucha ahorita ya destruyeron muchos palmares, mucha pero la verdad si antes el pueblo pues la verdad si antes era más bonito, existían muchos palmares, árboles de mango. Ahorita si han destruido mucho

Uso de la laguna y arroyo

Antes íbamos a lavar al arroyo, bonito porque estaba todo muy bonito, ahorita todo ya como que ha cambiado, ya casi no voy.

Y por decir a la laguna yo antes viví hacia allá rumbo a la laguna que está por allá, yo allá viví y si muchas ocasiones fuimos a ver

Se metía a la laguna

No, no me metía no nada más veía de la orilla, me daba miedo luego pisa uno así y como que se va uno a hundir. Pero yo nomás veía a los que se metían luego y yo nomás me quedaba en la orilla

A que se metían

A andar viendo. Muchos cortaban éste, por decir mi suegra, se metían a cortar una planta que le dicen anea, que es como lana. La usaban para hacer almohadas, ya casi no hay. Te digo que todo se ha acabado ya

Infancia en el potrero

Pues no en eso no, porque antes mi mamá era, como que las mamás eran muy estrictas a que no nos dejaban, ora si que les decíamos vamos a tal lugar y no nos dejaban, casi yo al campo no, en la casa

Recuerda las cosas que comían del potrero

Si por decir había esas que supuestamente son este, que les dicen chivitas y había otros que les dicen chompipes, es más grande la bola. También luego los poníamos asar en, como cocinábamos con leña, pues en la, quedaba lo que le nombra uno brazas hay los poníamos asar, si nos lo comíamos de niños. Y de frutas pues solamente mangos, guayabas, nanches.

Usaba o usa remedios

Antes si ahorita ya menos, pero todavía!! muchas personas así. Al menos yo también luego que se cortan mis nietos o mis hijos les hiervo una poquita de agua con esa hierbita cancerina, y les lavo la herida.

Su mamá usaba hierbas, aprendió de ella

Si mi mamá también, ella de hecho con eso nos curaba. Pues si aprendí mucho de ella, las cosas que ella pus nos enseñaba o que veíamos que hacia, nosotros aprendimos.

Mi mamá como fuimos muchos hermanos, pus ya ves que entre muchos hermanos luego uno que se corta, el otro que..., y mi mamá era con lo que nos curaba, con hierbas. Luego iba mi papá así a la orilla de..., por decir si hacia falta una hierba que no la había así en el terreno se iba a la orilla de los caños, la laguna y ahí las encontraba y las traía para que mi mamá las hirviera.

Mis hijos nacieron allá cerca de la laguna y cuando se enfermaban pues se encargaba mi suegra, ella luego les hervía una hierbita que le decían del tapo, y les daba y se les quitaba la diarrea, no comprábamos medicamentos, ella les hacia té de manzanilla. Por lo regular los curaba con hierba cuando tenían calentura, por ejemplo les ponía una plantita que le llamamos ninfa, y si se les quitaba. Antes era muy diferente ahorita necesitan de médicos antes no.

Usted iba al campo

Iba con mi hermano a dejarle la comida a mi papá. Es más hasta ayudábamos a mi papá a veces a trabajar en el campo; cuando ya el ajonjolí estaba ya bueno de cortarlo, mi papá lo cortaba y lo hacia en puros rollitos, y luego esos rollitos los paraba así paraditos, con lo que tiene de la patita esa para abajo y el rollito para arriba, a modo de que el ajonjolí no se saliera cuando ya estaba seco, este, luego nos llevaba a acarrear los rollos, porque hacia

mi papa así por decir en el terreno un cuadro, lo limpiaba bien limpio y ahí paraba los rollitos, les nombraba casillas, porque los hacia como casitas.

Pago con ajonjolí

Lo vendíamos luego, o sea por decir, mi mamá o mi papá me decía, lleva a la tienda una bolsita de ajonjolí y ya nos lo pagaban y ya de allí, comprábamos lo que íbamos a comprar, allí mismo en la tienda. Quien sabe por que se perdió, ahora es muy poco lo que la gente ya siembra, ya mero ni maíz y frijol. Ahorita ya veo que muchos están sembrando caña.

Como ve lo de la caña

Pues lo veo bien porque ya ves que tiene que haber pues mucha cosecha de caña, luego se nos pone muy cara la azúcar por la escases de la caña. Yo si lo veo bien, pues digo ya que no se pierda. Pero aquí no sembraban, aquí hasta apenas ahorita.

Siembra de algodón

Cuando era chamaca, en aquellos años se sembraba maíz, frijol, ajonjolí, yo me acuerdo que mi abuelito sembraba hasta algodón, y nos llevaba, estábamos todos niños y nos llevaba a cortar el algodón y veníamos contentos porque nos cortábamos bolsas así y nos las pagaba mi abuelito. Pero ya ahorita ya se acabo todo todo, la gente ya no siembra.

La gente ya no siembra

Es que ahorita para sembrar por decir así maíz y eso lleva mucho fertilizante por decir, necesitan abono y todo está muy caro ya la gente dice que no les da para hacer el sembradío de maíz y frijol. No, antes el maíz se daba así sin abono sin nada, mi papá sembraba y no les ponía abono. Las tierras yo creo que estaban más fértiles.

Repartición de tierras

Lo veo bien, porque mire pues antes por decir, algunas personas se agarraban mucho más terreno y otras personas pus muy poquito no mas, ya cuando ya parcelaron pues ya todo fueron partes iguales, ya todos tienen su parcela de 9ha, todos iguales. Antes nadie era dueño, y nadie decía nada. No podían decir nada si alguien sembraba, si lo pensaba y pues ya veía que estaba sembrado pues ya no podían decir nada, pero si había algunos que si se agarraban mucho terreno, sí así mero.

Palmares

Palmares pus eran muy bonitos, mi mamá nos mandaba a buscar coyoles porque mi mamá le gustaba tener animales, puercos, gallinas, como éramos un resto de hermanos. Nos mandaba a buscar coyoles y los ponía a secar y se los partíamos bien machacados y se los echaba a las gallinas con eso las mantenía, con eso nada más y a veces un poquito de maíz.

Y a veces hacíamos las tortillas y el atole. No pues antes la masa era de puro maíz que cosechaban, ahorita ya va uno al molino y le ponen MINSA y ya no es igual. Pero pues es raro el molino donde venden la masa que es pura del maíz, en los molinos ya no la venden así de puro maíz

Ayuda en el potrero

Antes iba yo más, ahorita ya voy poco, antes si me iba luego con él a ayudarlo. Luego iba a arreglar lo de la cerca y luego me decía vamos para que me..., como agarran como si fuera una horqueta para estirar lo del alambre, y luego me decía vamos para que me ayudes a detener la horqueta mientras yo clavo y pues me iba yo con él.

En el cultivo poco le ayudaba yo, casi siempre el lo hacia con los hijos que tenemos, el se llevaba a mis hijos y ellos le ayudaban en la siembra, mis tres hijos.

La situación de sus hijos

Ellos viven en Veracruz, pues es que mi hija se casó y luego su esposo se la llevó a Veracruz. Luego pues mi hijo el mayor se fue a trabajar y ya por allá le dieron una casita de esas y ya pues se quedo allá. Y el otro está soltero, ese todavía no se casa, y el más chico está casado pero ese vive en Estados Unidos.

Migración

Muchos se han ido a allá a los Estados Unidos, por falta de trabajo, que no hay mucho trabajo y por decir pos el que tienen un parcela pos hay se va más o menos, este algunos tienen pasto lo rentan y ya pues de ahí se van sobre llevando. Pero pues algunos no tienen nada, hay mucha gente que no tienen nada y por eso tienen que migrar. Se han ido a veces familias completas, se va por decir a veces el señor, luego manda por la esposa, los hijos y se van, por falta de trabajo.

Algunos si trabajaban en el campo, por decir en las ordeñas, que muchos que tienen ganado pues los buscan para.., pero es un sueldo que ellos llevan muy bajo, no les alcanzaba por decir, algunos chavos que ya tienen sus esposas o hijos no les alcanzaba el dinero, ya lo que pensaban es irse. Y aunque ahorita yo a veces he oído varios así, porque mi hijo también esta allá, mi hijo dice que no es como antes, está duro por allá. Yo a veces le digo a mi hijo, le digo bueno, pues que si no hay trabajo, o ya no tienen un trabajo seguro, pues júntate un dinero y vente, aquí nadie se va a morir de hambre. Le digo que en un rancho sale uno a buscar por decir aquí la hierba mora, cruceta, nopales, todo eso se da y pues lo come uno.

Yo tengo crucetas, tengo unas matas de nopal.

Leche

Es que aquí muchas veces han agarrado miedo, porque ha habido muchas personas de los que tienen vacas, que por tomar la leche se han enfermado, porque la vaca tiene alguna enfermedad, por decir, a veces tiene alguna enfermedad, por decir fiebre. Un señor de aquí del Yagual ese se vio muy mal, porque le pegó una fiebre que la vaca la tenía, tomó leche pero la tomo cruda no hervida y hay fue cuando la daño. Porque pues yo siento, nosotros tomamos mucho tiempo la leche de vaca, pero la hervía y no pasó nada. Si mucha gente te digo no la toman ya porque tienen ese temor de que les pase su enfermedad, pero pues ya te digo depende de cómo la tomes, si la hierve uno le mata todo.

Cambio en el uso

Muchos que tienen su parcela se han dedicado a sembrar zacate, pus ya el terreno donde hay zacate ya no se puede sembrar nada. Pus por decir pues ya hay ya no sirve para maíz, porque está el zacate, ya no se puede, ni maíz ni frijol ya nada, pues porque el zacate se trenza en la tierra.

Por decir, mi esposo si tienen una parte que sembró zacate pero el tiene árboles de mango, pero pues como el árbol del mango se va arriba, pues no le daña en nada el zacate abajo y el si hay tiene mangos.

Cultivos de caña

Pero pues ya muchos que tienen su parcela se han dedicado a sembrar zacate, y las parcelas que tienen eso ya no se puede sembrar nada, porque el zacate se trenza en la tierra. Y ahorita pus ya en la caña, aquí hay varios que ya se metieron a la caña. O sea que

ya entre poco pus ya no van a sembrar nada, si se dedican por decir ahorita lo de la caña ya no podrán sembrar nada.

Instrumentos de juego

Si muy antes había unas rueditas que nosotros le decimos aquí, las de javilla, para hacer carretones, casi casi nada más los varones. Hay se andaban contentos con sus carretones, algunos le ponían hasta dos rueditas, una hacia acá otra hacia acá, y hay andaba, hay luego acarreaban leña que sus mamás los mandaban.

Las rueditas son de un árbol, la ruedita esta así, nomás que luego le hacen un hoyito y ya por hay le meten el palo y ya rueda bonito, pero ya casi no hay. Los tumbaron a lo mejor por eso le pusieron así a la Javilla porque había muchos árboles y aquí ya no hay, los trozaron, pues quien sabe porque.

Aquí le pusieron Piñonal porque si había mucho de piñón, si un arbolito que le dicen piñón, pero no se come.

Cambio en su vida

Yo vivía antes allá todo orilla de pura laguna, y pues era muy bonito. En el tiempo de calor era rebonito, porque allá era todo era una frescura, pero pues ya, cuando me vine aquí pues ya si extraña mucho. Pero así es la vida tiene uno que caminar donde lo lleva.

Yo extrañaba que yo me salía, nos íbamos hacia el bajo, había uno, por decir, uno que nosotros le decimos caño, que es como una lagunita, nosotros hay nos íbamos, hasta nos bañábamos estaba el agua bien bonita, clarita, hasta lavábamos allí y yo todo eso extrañaba, pero cuando me vine aquí pues ya donde.

Notaron los cambios

Antes veía el agua como más limpia, ahorita ya como que ya... también porque luego todo tiran al agua, si tiran un árbol, pues echan todo el pedacerío de hoja y todo ahí a la orilla y pues el agua se va poniendo como amarilla. Acá había el arroyo que estaba bien ancho, ahorita ya no hay. Tomábamos agua del pozo, allá donde te decía que vivía primerito, aquí ya no pues ya aquí pasan los carros que dejan el agua.

Es más ahorita mucha gente no compran de garrafón, toman la agua así de la llave. Lo que pasa es que horita el agua de la llave no está muy contaminada aquí, porque el pozo que hicieron esta muy profundo y es un pozo que lo acaba de hacer hace poco tiempo, el agua no esta contaminada, allá en la Matamba si dicen que estaba contaminada, porque la gente tuvo la culpa de que se contaminara el agua del pozo, porque empezaron a, agarrar los pozos que había antes, como ya pusieron el agua potable, ya los pozos que había pues los sellaron y mucha gente los agarró para fosa, entonces el agua se contaminó, y la verdad que el agua de allá si estaba contaminada o está contaminada.

El pozo de La Matamba y El Piñonal no es el mismo.

Datos del informante		
Localidad: <u>El Piñonal</u>	Fecha: <u>10/11/2012</u>	Nombre: <u>Entrevista 04</u>

Cultivos en el potrero

Yo me acuerdo que mi papá sembraba mucho maíz, frijol y ajonjolí. El frijol lo cosechaban y a veces lo guardaban para semilla o para comer. Ahorita volvió a sembrar un poco de maíz y se le dio bien la cosecha. Yo sembré un poquito de frijol y también se me dio, el maíz también, ese lo voy a guardar para poder sembrar después y para alimentar a los puercos.

Usos de los recurso

Recuerdo que antes el ajonjolí valía mucho, porque por ejemplo el ajonjolí lo cosechaban del 15 al 20 de diciembre y lo vendían en Soledad de Doblado, en las tiendas de Los Yunes y Los Secada, en estas tiendas vendían las cosas, maíz y frijol. Y pues de eso podías agarrar las cosas de la tienda para comer. Pero era en Soledad de Doblado donde estaba la estación del tren y de allí lo mandaban todo a otras partes, por eso es donde vendían más. Unos años después dejaron de comprar las cosas y por eso dejaron de sembrar mucho.

También antes usábamos los huevos de gallina para pagar en la molida del maíz, pero ya casi no. Digo que eso estaba bien porque pues las dos partes ganaban, tanto ya el que molía porque podía comer un huevo rico, como la que podía tener su maíz molido listo para sus tortillas.

Y no pues antes también teníamos muchas cosas para remedios cuando alguien se enfermaba, por ejemplo, mamita sabe de muchas hierbas, que si nos cortábamos nos limpiaba con cancerina, que si la diarrea la hierba del tapón, que si los granos, así muchas cosas que nos ayudaban. Y ahora toda la gente quiere correr por los medicamentos, aunque solo sea una simple gripita. Por eso cuando veo a los chamacos enfermos pues les doy algo que recuerdo que mamita me daba y mira luego se componen.

Desinterés en la siembra

Pues ahora ya no quieren sembrar mucho, menos sembrar maíz, porque hay que echar abono y se gastan como \$4,000 en eso, y para mucha gente es mucho dinero. Y luego venden sus poquitos de cosecha bien barato.

Cuando había mucho mango por ejemplo, venían los intermediarios y ellos pagaban la caja bien barata, y ya luego la vendían en otros lados más cara, yo digo que por eso mucha gente también ya no quiere tener nada de cosechas. Son los intermediarios los que más dañan los precios de los productos, es lo que baja las gana de trabajar en el campo.

Migración de los jóvenes

Pues como te digo, como ya casi no siembran, pues no hay de donde sacar el poquito de dinero que sacaban y pues los jóvenes se desesperan. Pero si le echaran ganas con los terrenos de sus papás igual podrían tener algo, por que a veces si hay trabajo, como por ejemplo en temporadas, como cuando se tiene que cosechar el nanche, pues se necesita de gente que trabaje. Pero a veces pues ya no quieren hacer nada. Muchos solo piensan en irse a Estados Unidos.

Modo de vida

Recuerdo que cuando era joven pues mi papá siempre sembraba maíz y pues nunca nos hacia falta en la casa, por lo menos las tortillas. También pues luego íbamos al monte y comíamos muchas cosas, como las chivitas, los chompipes, las ilamas, o recogíamos los coyoles y mamita nos hacia un atole bien rico, no hacia falta comprar y comprar, como ahora.

También tomábamos la leche de la vaca, mi mami la hervía y no las daba, no que ahora prefieren la de cartón y ya casi no quieren la otra, porque les da flojera hervirla. Pero también porque mucha gente que tienen vacas las inyecta para que den más leche y pues eso les da miedo a la gente, creen que se van a enfermar.

Pues yo digo que como mujeres tenemos todo para hacer de comer y no necesitamos comprar nada, por ejemplo tenemos pollos, fruta, y maíz, en realidad no deberíamos estar sufriendo por nada.

Datos del informante		
Localidad: <u>El Piñonal</u>	Fecha: <u>10/11/2012</u>	Nombre: <u>Entrevista 05</u>

Fundación del ejido

Por hay de los 30 se formaron los ejidos, por ejemplo El Piñonal: se estableció en 1936 gracias a mi tío José Utrera. El mando un escrito pidiendo que se hiciera el ejido. Muchos no querían y se negaron a firmar la solicitud, pero otros pues si la firmaron. Luego él la mando pero pues los que no querían lo emboscaron, como antes era puro monte el camino de Jamapa para El Piñonal, le tendieron varias emboscadas y en una de esas cayo y lo mataron. Pero el ya había mandado el escrito desde antes, así que ya después de que lo mataron pues ya habían dicho que si se iba a formar el ejido.

Años más tarde de la fundación fue cuando vinieron los ingenieros a emparcelar.

Siembras antes

En las secas que no se hunde el terreno, se sembraba tomate, chile pero estaba muy barato, como a \$0.2 centavos el chile, muy muy barato, por eso casi no lo sembraban.

Después de unos años se sembró el mango ya que toda la gente estaba sembrando árboles de mango.

Para esos años se comenzó a desarrollar el cultivo y venta de mangos, aquí llegaban los camiones y pues los compradores decía: te doy tanto dinero por esa área...o te compraban el mango por cajas o por extensión de terreno. Venían por muchas muchas cajas y se las llevaban al puerto o pa Xalapa y allá lo vendía en más. Pero si se vendía mucho el mango, y lo compraban bien, por eso muchas personas tenían mango, de allí saque para hacerme mi casita, de allí es donde pagamos todo esto.

Pero después al igual que como paso con el ajonjolí, dejo de venderse el mango y pues mucha gente comenzó a tirar los árboles para poder tener otro tipo de cosas en sus terrenos.

Uso de los recursos

Antes nos fiaban las cosas en la tienda, el maíz, frijol y ajonjolí, sobre todo el ajonjolí, servían como moneda en aquellos tiempos ya fuera en la tienda local como "la tienda que tenia Don Nico Malpica tenia la tienda donde se fiaba a las personas. También se fiaba en la tienda cuando se cultivo mucho mango.

Antes estaba muy bien eso de fiar las cosas a cambio de la cosecha, pero ahora somos puro pago, pagar la luz, predial, todo todo es pago.

Anexo 3. Cuestionario

HISTORIA DE POTREROS Y ESPECIES UTILIZADAS

Formato A

Introducción

El presente cuestionario forma parte del proyecto desarrollado por el Instituto de Ecología, A.C., el cual tiene como finalidad recuperar la historia en el cambio de las selvas inundables a potreros, así como establecer los distintos beneficios que se obtienen por su uso y el de las distintas especies.

Datos del informante

Localidad _____ Fecha: _____

1. Nombre _____

2. Edad _____

3. Sexo: F__ M__

4. Procedencia _____

5. Nivel educativo _____

6. Ocupación (marcar uno o más)

a) Hogar

e) Estudiante

b) Pescador

f) Profesionista

c) Agricultura

g) Campo

d) Ganadería

h) Otro _____

7. ¿Tiene un ingreso mensual fijo o recibe un ingreso aparte de su actividad en el campo?

a) SI b) NO c) ¿Cuánto? _____

8. ¿Cuántas personas dependen económicamente de usted? _____

9. ¿Cuántas horas al día dedica al ganado y/o al cultivo? _____

10. ¿Con usted trabajan más personas?, de ser así: ¿En qué proceso (chapeo, ordeña, cultivo, otro)? _____ ¿Cuántas? _____

11. ¿Aproximadamente de cuánto es el jornal en la zona? _____

12. ¿Pertenece a alguna asociación ganadera? _____

Historia del potrero

13. ¿Cuál es el tamaño del terreno (ha)? _____

14. ¿Es usted el dueño del terreno? SI__ NO__ Otro _____

15. ¿Desde cuándo es el dueño? (años) _____

16. Ocupa el terreno para:

a) Potrero

b) Cultivo

c) Ambos

17. ¿Realiza alguna otra actividad a parte del cultivo y/o ganado en su terreno?, superficie:

a) Cultivo _____

d) Turismo _____

b) Ganado _____

e) Otro _____

c) Conservación _____

18. ¿Hace cuánto desmontó su terreno para convertirlo en potrero?

1

c) Jaragua_____

f) Pasto de corte, ¿Cuál?_____

d) Alemán_____

g) Otro, ¿Cuál?_____

e) Grama nativa_____

25. ¿Le gustaría tener otro tipo de pasto? SI___ NO___ ¿Cuál?_____

26. ¿Qué tipo de pasto le parece el más adecuado para este tipo de tierra?, ¿porqué?

27. ¿Qué tipo de cerco tiene en su terreno?

a) Postes de cemento

d) Cerca eléctrica

b) Postes vivos

e) Otro_____

c) Postes de madera

28. En caso de tener postes vivos, ¿Cuáles son las especies o tipos que tiene?

29. ¿Tiene árboles aislados en su terreno?, a) SI b)NO

¿Cuáles?_____

30. ¿Cuándo maneja su potrero cuida que las plantas se mantengan? SI_____ NO -_____

¿Porqué?_____

31. ¿Antes había plantas que si usaba de alguna manera? SI _____ NO_____

¿Cuáles?_____

32. En lo que va del año, ¿ha cortado árboles? a) SI b) NO

¿Cuáles?_____

33. En caso de cortar árboles, ¿Qué parte utiliza y para qué?

34. Si se muere un árbol o se corta, ¿acostumbra sembrar otro u otros? a)SI b)NO

¿Cuáles?_____

Ganado

35. ¿Cuántas cabezas de ganado tiene?_____

36. ¿Cuántas cabezas por hectárea? _____

37. ¿Qué raza es su ganado? _____

38. ¿Rota su ganado?

39. Del ganado cuantas son:

a) Sementales _____

c) Para ordeñar _____

b) De tiro o yunta _____

d) Para cría _____

40. Si ordeña, ¿cuánta leche obtiene? _____ y cuanto destina para:

a) Autoconsumo _____

c) Venta _____

b) Elabora queso _____

d) Otros _____

41. Acostumbra:

	SI	NO	NOMBRE DEL PRODUCTO	Cantidad x día, mes o año	Precio estimado
Vacunar o desparasitarlos					
Darles sales					
Darles alimento comprado					
Darles alimento propio, aparte de los pastos del potrero					
Darles medicamento					

42. Vende o ha vendido ganado:

a) En pie SI___ NO___ Precio _____

b) Carne SI___ NO___ Precio _____

43. ¿Usted cultiva algo en su potrero? ¿Qué?

44. ¿Cada cuanto cultiva en el año? _____

45. Para el control de hierbas usted:

a) chapea

b) aplica herbicida

46. Si usa herbicidas

HISTORIA DE POTREROS Y ESPECIES UTILIZADAS

Formato A

Herbicida (nombre)	Contra que	Cantidad	Precio estimado

47. Para la temporada seca, ¿utiliza algún tipo de riego para sus pastos o cultivos? (bomba al río, bomba a la laguna, pozo, olla de agua).

48. Si usa bombeo, ¿periodos de uso por día, gasto por luz o bomba?

49. ¿Alguna vez ha vendido el pasto o lo que cultiva?, ¿aproximadamente en cuánto?

50. ¿Si tienen otro tipo de cultivo, lo emplea para uso doméstico?

51. De los árboles, plantas o hierbas, si se los comprarán o en el supuesto de que tuviera que pagar por ellos, ¿en cuánto estima el precio?

HISTORIA DE POTREROS Y ESPECIES UTILIZADAS

Formato A

Servicios ambientales

1. ¿Conoce o a escuchado hablar del término medio ambiente? a)SI b)NO

Explique: _____

2. ¿Conoce el término servicios ambientales? a)SI b)NO

Explique: _____

3. Desde su infancia hasta la fecha, ¿ha observado cambios en el ambiente?, ¿Cuáles?

4. De las siguientes opciones podría decirme cual es el grado de importancia que para usted tienen los árboles

MUCHA	REGULAR	POCA	NADA
-------	---------	------	------

Anexo 4. Listado de especies.

Las categorías de uso son: CVE- cerca viva y estantes (postes), Co- comida, Cons- construcción, E- estantes (postes), Fo- forraje, Ma- madera, Me- medicinal, Leñ- lena. Las localidades son: 1- El Piñonal, 2- La Matamba, 3- El Yagual y 4- La Zapilla.

Familia	Nombre común	Nombre científico	Forma biológica	Uso	Localidad	Potro	Huerto
	anillo	<i>Blechum brownei</i> Juss.	herbácea	Me	1,2,3,4	*	*
Acanthaceae	canastilla	<i>Elytraria imbricata</i> (Vahl) Pers.		Me	1	*	*
Amaranthaceae	quelite	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	herbácea	Co	1,2,3	*	
Anacardiaceae	ciruelo	<i>Spondias purpurea</i> L.	árbol	Co	1,2,3	*	*
	mango	<i>Mangifera indica</i> L.	árbol	Co	1,2,3,4	*	
	anono	<i>Annona reticulata</i> L.	árbol	Co	1,2,4	*	*
	Chirimoya	<i>Annona cherimola</i> Mill.	árbol	Co		*	
	Guanábana	<i>Annona</i> sp.	árbol	Me	2	*	*
Annonaceae	llama	<i>Annona purpurea</i> Moç. & Sessé ex Dunal	árbol	Co	1	*	
	cilantro	<i>Coriandrum sativum</i> L.	herbácea	Co	1,2,3,4		*
	cilantro de rancho	<i>Eryngium foetidum</i> L.	herbácea	Co	1	*	*
Apiaceae	hinojo	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	herbácea	Me	1		*
	guaco	<i>Pentalinon andrieuxii</i> (Müll. Arg.) B.F. Hansen & Wunderlin	árbol	Me	1	*	*
	hierba cancerina	<i>Rauvolfia tetraphylla</i> L.	herbácea	Me	1,2,4	*	*
Apocynaceae	lecherillo	<i>Stemmadenia</i> sp.	árbol	Me			
	palma de apachite	<i>Sabal mexicana</i> Mart.	palma	Cons	1	*	
	palma de coco	<i>Cocos nucifera</i> L.	palma	Co Me y	1,2	*	
	Palma de coyol o real	<i>Attalea Liebmannii</i> (Becc.) Zona	palma	Co	1,2	*	
	Palma de coyol o redonda	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. Ex Mart.	palma	Cons	1	*	
Arecaceae	palma de yagua	<i>Roystonea dunlapiana</i> P.H. Allen	palma	Cons	1	*	
Asclepiadaceae	hierba del sapo	<i>Asclepias curassavica</i> L.	herbácea	Me	1,3	*	*
	árnica	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray	herbácea	Me	1,2		*
	Estafiate	<i>Artemisia mexicana</i> Willd	herbácea	Me	1	*	*
	hierba amarosa	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	herbácea	Me	1	*	

	cuajilote	<i>Parmentiera aculeata</i> (Kunth) Seem.	árbol	Me y Ma	2,4	*	
	jícara	<i>Crescentia cujete</i> L.	árbol	Me		1 *	*
Bignoniaceae	roble	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	árbol	Mu	1,2,3,4	*	
	alacrancillo	<i>Heliotropium indicum</i> L.	herbácea	Me	1,2	*	*
	cópite	<i>Cordia dodecandra</i> A.DC.	árbol	E	2,4	*	
Boraginaceae	frutillo rallado	<i>Ehretia tinifolia</i> L.	árbol			1	
Burseraceae	mulato	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	árbol	Ma	1,2,3,4	*	
	cruceta	<i>Acanthocereus subinermis</i> Britton & Rose	leguminosa	Co		1 *	*
Cactaceae	nopales	<i>Opuntia</i> sp.	cactácea	Co	1,2	*	
Caricaceae	papayo	<i>Carica papaya</i> L.		Co	1,2	*	
Casuarinaceae				Me y			
e	casuarina o pino	<i>Casuarina</i> sp.	árbol	CVE		2 *	
Chenopodiaceae				Me y			
	epazote	<i>Teloxys ambrosioides</i> (L.) Weber	herbácea	Co	1,2,3,4	*	*
Combretaceae							
e	almendro	<i>Terminalia catappa</i> L.	árbol	Ma	1,2	*	
Commelinaceae				Me y			
ae	maguey morado	<i>Rhoeo discolor</i> (L'Hér.) Hance ex Walp.	árbol	Co	1,3,4	*	
Costaceae	caña agria	<i>Costus</i> sp.		Me		1 *	
	belladona	<i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers.	herbácea	Co		1 *	
Crassulaceae	tronadora	<i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers.	herbácea	Me		1 *	*
Cucurbitaceae	cundoamor	<i>Momordica charantia</i> L.	herbácea	Me		*	
				Me y			
Ebenaceae	zapote negro, prieto	<i>Diospyros nigra</i> (J.F.Gmel.) Perrier	árbol	Co	1,2	*	*
Euphorbiaceae	golondrina	<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton	herbácea	Me	1,4	*	*
e	piñón	<i>Jatropha curcas</i> L.	árbol	Me		1 *	
	chícharo	<i>Pisum sativum</i> L.	herbácea	Co		1 *	
	cornisuelo	<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	herbácea	Me		4 *	*
	espinillo blanco	<i>Acacia macracantha</i> Willd.	árbol			*	
	frijol	<i>Phaseolus</i> sp.	herbácea	Co		2 *	
	frijolillo morado	<i>Senna floribunda</i> (Cav.) H.S. Irwin & Barneby	herbácea	Me		1 *	
	palo blanco	<i>Inga</i> sp.				*	
	platanillo	<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	herbácea	Me		1 *	
				Me y			
Fabaceae	vergonzosa	<i>Mimosa pudica</i> L.	herbácea	Co		2	
	hierba del burro	<i>Ballota suaveolens</i> L.	herbácea	Me	1,2,3	*	*
				Me y			
Lamiaceae	albahaca	<i>Ocimum basilicum</i> L.	herbácea	Co	1,2,3		*

	Albahacaron	<i>Ocimum campechianum</i> Mill.	herbácea	Co	1	*	*
	hierbabuena	<i>Mentha sativa</i> L.	herbácea	Co	1,2,3	*	*
	melina	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	árbol	CVE	1,2,4	*	*
	menta	<i>Mentha</i> L.	herbácea	Co	2		*
				Me y			
Lauraceae	aguacate	<i>Persea americana</i> Mill.	árbol	Co	1,2,4	*	*
	amarillo	<i>Diphysa americana</i> (Mill.) M.Sousa	árbol	CVE	1,4	*	
	cocuile	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	árbol	CVE	1,2,3,4	*	*
	huizache	<i>Acacia cochliacantha</i> Willd.	árbol	CVE	1,2	*	
	marinero	<i>Lonchocarpus</i> sp.	árbol	Ma	1	*	*
	nacaxtle	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	árbol			*	
	sangregado	<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	árbol	Me	4	*	
	tamarindo	<i>Tamarindus indica</i> L.	árbol	Co	1,2,3,4	*	*
	tihúil	<i>Caesalpinini</i> sp.	árbol	Ma	1,4	*	
Leguminosae	tinto	<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	árbol	CV	1	*	
Malpighiaceae	nanche	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	árbol	Co	1,2,3	*	*
				Me y			
	apompo	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	árbol	CVE	1,2,4	*	
	ceiba	<i>Ceiba</i> sp.	árbol	Ma	1	*	
	cochito	<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	arbustiva			*	
	escoba	<i>Sida acuta</i> Burm.f.	herbácea			*	
				Me y			
	guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	árbol	Leñ	1,2,4	*	
	malva	<i>Sida rhombifolia</i> L.	herbácea	Me	1,2		
Malvaceae	pochota	<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	árbol	Ma		*	
	caoba	<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	árbol	Ma	2	*	
				Me y			
	cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	árbol	Mu	1,2,3,4	*	
	neem	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	árbol	Me	1,2,4	*	*
Meliaceae	piocha	<i>Melia azedarach</i> L.		Me	1		
	higuera blanca	<i>Ficus costaricana</i> (Liebm.) Miq.	árbol	CVE	1,2,3,4	*	
	higuera negra	<i>Ficus crocata</i> (Miq.) Mart. ex Miq.	árbol	CVE	1,2,3,4	*	
Moraceae	moral	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	árbol	E	1,2,4	*	
Musaceae	plátano	<i>Musa</i> sp.		Co	1,2,3	*	*
				Me y			
Myrtaceae	guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	árbol	Co	1,2	*	
Nyctaginaceae				Me	1		*
	buganvilia morada	<i>Bougainvillea</i> sp.		Me	1		*
Orchidaceae	vainilla	<i>Vanilla planifolia</i> Andrews		Co	1	*	

Phytolaccaceae	hierba del zorrillo	<i>Petiveria alliacea</i> L.	herbácea	Me	1	*	
	uva del pajarillo	<i>Rivina humilis</i> L.	herbácea	Me		*	
Piperaceae	acuyo	<i>Piper auritum</i> Kunth	herbácea	Co	2,3,4		*
Plantaginaceae	hierba de la recaída	<i>Bacopa monnieri</i> (L.) Wettst	herbácea	Me	1	*	
	caña	<i>Saccharum officinarum</i> L.	herbácea	Co	2	*	
	maíz	<i>Zea sp.</i>	herbácea	Co	1,2	*	
	Pasto alemán	<i>Echinochloa pyramidalis</i> (Lam.) Hitchc. & Chase	herbácea	Fo	1,2,4	*	
	Pasto chino	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		Fo	1,4	*	
	Pasto estrella	<i>Cynodon plectostachyus</i> (K. Schum.) Pilg.	herbácea	Fo	1,2,3,4	*	
	Pasto humidicola	<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweick.	herbácea	Fo	1	*	
		<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf		Fo			
	Pasto insurgente o toledo		herbácea	Fo	1,2,3,4	*	
	Pasto jaragua	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	herbácea	Fo	2,3	*	
	Pasto King grass	<i>Pennisetum sp</i>	herbácea	Fo	1	*	
	Pasto llanero	<i>Andropogon gerardii</i> Vitman	herbácea	Fo	2,3,4	*	
	Pasto Mombaza	<i>Panicum maximum cv Mombaza</i>	herbácea	Fo	1,2	*	
	Pasto pangola	<i>Digitaria decumbens</i> Stent	herbácea	Fo	1,2,4	*	
	Pasto paral	<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	herbácea	Fo	1,2,4	*	
	Pasto privilegio, maralfalfa o tanzania	<i>Urochloa maxima</i> (Jacq.) R.D. Webster	herbácea	Fo	1,2,4	*	
	Pasto señal	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf	herbácea	Fo	1,2	*	
		<i>Brachiaria arrecta</i> (Hack. Ex T. Durand & Schinz) Stent		Fo			
	Pasto taner		herbácea	Fo	1	*	
	zacate gigante	<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.	herbácea	Fo	1	*	
Poaceae	zacate limón	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	herbácea	Co	1,2	*	*
Rosaceae	rosa de castilla	<i>Rosa sp.</i>		Me	1		*
	crucetillo	<i>Randia sp.</i>		Me	1,2,3	*	
				Me y			
	noni	<i>Morinda citrifolia</i> L.	arbustiva	Co	1,2	*	
Rubiaceae	yoal	<i>Genipa americana</i> L.	árbol	Co	1	*	
	limón	<i>Citrus sp.</i>	árbol	Co	1,2,3,4	*	*
				Me y			
	naranja	<i>Citrus sp.</i>	árbol	Co	1,2,3,4	*	*
Rutaceae	ruda	<i>Ruta graveolens</i> L.	herbácea	Me	1	*	*
Sapotaceae	zapote chico	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	árbol	Co	1,2	*	*
Scrophulariaceae	tepozán	<i>Buddleia sp.</i>	árbol	Me	1	*	

Smilacaceae	cocol mecate	<i>Smilax mollis</i> Humb. & Bonpl. Ex Willd.	herbácea	Me	1,2	*	
Smilacaceae	zarzaparrilla	<i>Smilax aspera</i> L.	herbácea	Co	1,2	*	*
				Me y			
Solanaceae	berengena morada	<i>Solanum sect. Melongena</i> (Mill.) Dunal	herbácea	Co		2	* *
Solanaceae	chilpaya	<i>Capsicum annuum</i> L.	herbácea	Co	1,2,4	*	*
Urticaceae	chancarro	<i>Cecropia</i> sp.	árbol	Me		4	*
Urticaceae	chelagogue	<i>Myriocarpa yzabalensis</i> (Donn. Sm.) Killip	herbácea	Me		1	* *
Verbenácea	hierba del espanto	<i>Lantana canescens</i> Kunth	herbácea	Me	1,2,3,4	*	*
				Me y			
Verbenácea	orégano	<i>Lippia graveolens</i> Kunth	herbácea	Co	1,2,3,4		*
Xanthorrhoea ceae	sábila	<i>Aloe vera</i> (L.) Burm. f.		Me	1,2,3		*
	7 corazones		herbácea	Me		1	* *
	agame		árbol	CVE		4	*
	barquito		árbol	Me		1	
	bejuco						*
	caña vaquera						*
	castaña			Co		2	*
	chile		herbácea	Co	1,3		*
	ciruela		árbol	Co		1	* *
	espino		árbol	E	1,2		*
	ficus		árbol	CVE		1	*
	hiedra		herbácea	Me	1,4		
	hierba del azúcar		herbácea	Me		3	*
	hierba mora		herbácea	Co	1,2		*
	jobo		árbol	Ma		1	*
	malanga			Co		2	*
	marañón			Co		2	*
	mocachancho		herbácea	Me		1	*
	muchite						
	palo cucharo		árbol			2	
	palo de papa		árbol				*
	palo dulce		árbol		1,2		*
	Pasto arrocillo			Fo		1	*
	Pasto criollo			Fo		4	*
	Pasto grama nativa		herbácea	Fo		1	*
	Pasto nativo		herbácea	Fo		1	*
	pepino			Co		1	*
	pistache		árbol				

rallado	árbol	Ma	1,2	*
solerillo	árbol			
tizguitle	árbol			
tocuil			4	
tres hojas	herbácea			*
uvero	herbácea			
verdolaga	herbácea	Co	1,2,3	*
yuca				
zacate	herbácea	Fo		*



PLANTAS MEDICINALES

De La Matamba, El Piñonal, El Yagual y La
Zapilla, Jamapa, Ver.

M.C. Blanca E. Escamilla Pérez
M.C. Adi Lazos
Dra. Patricia Moreno-Casasola Barceló

PLANTAS MEDICINALES

de La Matamba, El Piñonal, El Yagual y La Zapilla,



**Universidad
Autónoma de
Baja California**
M.C. Blanca Edith
Escamilla Pérez



**Instituto de
Ecología A.C.**
Dra. Patricia Moreno-
Casasola
M.C. Adi Lazos



**Organización
Internacional de las
maderas Tropicales
(OIMT)**

Agosto de 2013, Veracruz, México

PRESENTACIÓN

INTRODUCCIÓN

Actualmente la medicina tradicional es un recurso fundamental para la salud humana. Las plantas y árboles son la base para el desarrollo de la medicina moderna, y en algunos lugares como en zonas rurales e indígenas, se han establecido como el único recurso del que disponen a falta de instituciones médicas y recursos monetarios para la adquisición de medicina moderna

En las comunidades de La Matamba, El Piñonal, El Yagual y La Zapilla aun se mantiene viva la medicina tradicional, sin embargo, las especies empleadas se han modificado a la par de los ecosistemas. En años anteriores las especies utilizadas eran solo nativas, actualmente se emplean también especies de amplia distribución en el país. Sin embargo, los beneficios que obtienen de esta medicina son diversos y de gran importancia.

El presente listado es sólo una muestra del conocimiento que algunas personas de estas comunidades tienen acerca de la medicina tradicional. La difusión de esta información busca que se generalice el conocimiento en las distintas comunidades, a fin de que su uso se difunda y con ello se cree la necesidad de mantener esta diversidad vegetal en los potreros y en los huertos familiares.

Gracias al conocimiento que mantienen estas personas, hoy en día podemos beneficiarnos no solo a través del uso de plantas medicinales, sino para la comida y cercas vivas.

CARACTERÍSTICAS DEL LISTADO

La información presentada fue colectada gracias a la participación de gente de las comunidades de La Matamba, El Piñonal, El Yagual y La Zapilla, en especial por Caridad Tronco López, Bartolo Tronco López, Gregorio Tronco López, Eulalia Pérez Utrera, Alejandra Hernández Zapata.

Al inicio del listado se presenta el índice de las especies con su nombre común, seguido del índice de nombre científico. Para cada especie se presenta el nombre dado por las personas de comunidades (nombre común), el nombre científico, las distintas enfermedades para las que son empleadas y la manera en que son preparadas, en conjunto con la fotografía correspondiente, de las cuales algunas fueron tomadas por integrantes del "Taller de fotografía participativa", desarrollado en la comunidad de El Piñonal. Algunas plantas no fueron identificadas por lo que en el nombre común aparece "s.i" (sin identificación). de igual manera, cuando el proceso de preparación no fue mencionado se muestra "s.m." (sin mención). A pesar de estas ausencias es importante hacer referencia a las distintas plantas mencionadas, pues este listado puede ser una base para el desarrollo de un catálogo de plantas medicinales propio de estas comunidades.

ÍNDICE NOMBRE COMÚN

Aguacate..... 1	Malva.....10
Alacrancillo..... 1	Mango 11
Anilillo..... 1	Mulato 11
Apompo 2	Naranja cucha 11
Árnica..... 2	Neem.....12
Belladona 2	Noni.....12
Buganvilia morada..... 3	Orégano12
Canastilla..... 3	Palma de coco.....13
Cedro 3	Piñón 13
Chancarro..... 4	Platanillo.....13
Chilagogo 4	Rosa de castilla14
Cocol mecate 4	Ruda14
Cornizuelo 5	Sábila.....14
Crucetillo..... 5	Tepozán.....15
Cuajilote..... 5	Vergonzosa.....15
Epazote 6	Zapote prieto.....15
Estafiate 6	Chacuaco16
Golondrina 6	Caña agria.....16
Guácimo..... 7	Casuarina o pino16
Guaco..... 7	7 corazones.....16
Guayaba 7	Barquito.....16
Hierba amargosa 8	Hierba de la recaída16
Hierba cancerina..... 8	
Hierba del burro 8	
Hierba del sapo..... 9	
Hierba del zorrillo 9	
Hierba maestra..... 9	
Hinojo 10	
Jícara..... 10	

ÍNDICE NOMBRE CIENTÍFICO

<i>Persea americana</i>	1	<i>Petiveria alliacea</i>	9
<i>Heliotropium indicum</i>	1	<i>Artemisia absinthium</i>	9
<i>Blechum brownei</i>	1	<i>Foeniculum vulgare</i>	10
<i>Pachira aquatica</i>	2	<i>Crescentia cujete</i>	10
<i>Tithonia diversifolia</i>	2	<i>Sida rhombifolia</i>	10
<i>Kalanchoe pinnata</i>	2	<i>Mangifera indica</i>	11
<i>Bougainvillea</i> sp.	3	<i>Bursera simaruba</i>	11
<i>Elytraria imbricata</i>	3	<i>Citrus</i> sp.	11
<i>Cedrela odorata</i>	3	<i>Azadirachta indica</i>	12
<i>Cecropia</i> sp	4	<i>Lippia graveolens</i>	12
<i>Urera caracasana</i>	4	<i>Morinda citrifolia</i>	12
<i>Acacia cornigera</i>	5	<i>Cocos nucifera</i>	13
<i>Randia monantha</i>	5	<i>Jatropha curcas</i>	13
<i>Parmentiera aculeata</i>	5	<i>Indigofera suffruticosa</i>	13
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	6	<i>Rosa</i> sp	14
<i>Artemisia mexicana</i>	6	<i>Ruta graveolens</i>	14
<i>Euphorbia prostrata</i>	6	<i>Aloe vera</i>	14
<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	<i>Buddleia</i> sp.....	15
<i>Pentalinon andrieuxii</i>	7	<i>Mimosa pudica</i>	15
<i>Psidium guajava</i>	7	<i>Diospyros nigra</i>	15
<i>Parthenium hysterophorus</i>	8	<i>Costus</i> sp.	16
<i>Rauvolfia tetraphylla</i>	8	<i>Bacopa monnieri</i>	16
<i>Ballota suaveolens</i>	8	<i>Casuarina</i> sp.....	16
<i>Asclepias curassavica</i>	9		

Nombre común: **Aguacate**
Nombre científico: *Persea americana*
Para: Colesterol y diabetes
Preparación: para el colesterol hervir 7 hojas en 1 litro de agua y tomar como agua de tiempo.



Nombre común: **Alacrancillo**
Nombre científico: *Heliotropium indicum*
Para: Asma, próstata y granos
Preparación: para los granos se hierve la raíz y se hace un lavado.



Nombre común: **Anilillo**
Nombre científico: *Blechum brownei*
Para: Alferecía, anemia, riñón.
Preparación: para el riñón calentar 1 litro de agua y cuando este hirviendo colocar una ramita por unos segundos y retirarla para que no se pierdan las propiedades. Se toma 1 vaso dos veces por semana.





Nombre común: **Apompo**
Nombre científico: *Pachira aquatica*
Para: diabetes.
Preparación: Remojar la cáscara (corteza) .



Nombre común: **Árnica**
Nombre científico: *Tithonia diversifolia*
Para: curar heridas y dolores.
Preparación: para heridas hervir unas ramas más ramas de cancerina (*R. tetraphylla*) y golondrina (*Euphorbia sp.*) y limpiar la herida con la preparación. Para dolores machacar hojas y untar en la zona de dolor.



Nombre común: **Belladona**
Nombre científico: *Kalanchoe pinnata*
Para: hinchazón de pies.
Preparación: suavizar una hoja con ayuda de calor (pasar por la flama) y colocarla en los pies.

Nombre común: **Buganvillea morada**

Nombre científico: *Bougainvillea sp.*

Para: tos.

Preparación: hervir unas flores en un litro de agua. Tomar como agua de tiempo mientras se presenta la tos.



Nombre común: **Canastilla**

Nombre científico: *Elytraria imbricata*

Para: diarrea.

Preparación: hervir unas hojas o unos pedazos de raíz, en 1 litro de agua y tomar mientras se presenta el malestar.



Nombre común: **Cedro**

Nombre científico: *Cedrela odorata*

Para: quitar hernias, quistes y para "enjutar" la matriz (mujeres en cuarentena).

Preparación: agarrar una tirita de corteza roja y frotar la parte de la hernia, todos los días hasta que disminuya.

Para enjutar la matriz, se hierve corteza en agua y se aplican baños de asiento.





Nombre común: **Chancarro**
Nombre científico: *Cecropia sp.*
Para: anemia y riñón.
Preparación: se usa las hojas y corteza



Nombre común: **Chilagogo**
Nombre científico: *Urera caracasana*
Para: cálculos renales.
Preparación: hervir unas hojas en un litro de agua y tomar como agua de tiempo.



Nombre común: **Cocol mecate**
Nombre científico:
Para: anemia, bazo, dolor estomacal, riñón y primer viernes de marzo.
Preparación: para anemia hervir 1 litro de agua y colocar el camote picado, tomar poquito.
Para dolor estomacal hervir o machacar el camote y untar en el estómago.

Nombre común: **Cornizuelo**
Nombre científico: ***Acacia cornigera***
Para: dolor de muela, reducir el lunar rojo de los recién nacidos
Preparación: para dolor de muela hervir la raíz en un litro de agua y enjuagar la boca o masticar por un momento.
Para el lunar rojo sacar raspadura de la flor y untar con vaselina



Nombre común: **Crucetillo**
Nombre científico: ***Randia monantha***
Para: dolores y picaduras de animales ponzoñosos.
Preparación: para las picaduras preparar en jerez o aguardiente la cascara de los frutos y se toma cuando se es picado por algún animal.



Nombre común: **Cuajilote**
Nombre científico: ***Parmentiera aculeata***
Para: riñón, infección en vías urinarias, mal de orín
Preparación: comer los frutos hervidos cuando hay dolores.





Nombre común: **Epazote**
Nombre científico: *Chenopodium ambrosioides*
Para: desparasitar.
Preparación: hervir unas hojas en agua y tomarla en ayunas por la mañanas durante dos días.



Nombre común: **Estafiate**
Nombre científico: *Artemisia mexicana*
Para: diabetes y dolor.
Preparación: para dolores hervir unas hojas con hojas de hinojo (*F. vulgare*), ruda (*R. graveolens*) y ajo y tomar.



Nombre común: **Golondrina**
Nombre científico: *Euphorbia prostrata*
Para: cálculos renales, cutis, diarrea, limpieza de heridas.
Preparación: para el cutis hervir la planta con hojas de árnica (*T. diversifolia*) y manzanilla (*M. chamomilla*), limpiar el cutis por las noches.
Para la diarrea hervir toda la planta con hojas de guayabo, en un litro de agua y tomar. Para la limpieza de heridas hervir la planta con hojas de árnica y limpiar la herida con el agua.

Nombre común: **Guaco**
Nombre científico: *Pentalinon andrieuxii*

Para: diabetes y diarrea.

Preparación: para la diabetes colocar la raíz cortada en rodajas, 10 hojas de neem (*A. indica*) y fruto de crucetillo (*R. monantha*) en aguardiente, agitar esto por 8 días. Colarlo y colocarlo en frascos. Por las mañanas se colocan de 8 a 10 gotas en medio vaso de agua y tomarlo en ayunas.

Para la diarrea hervir en un litro de agua unas hojas más hojas de hierba del burro y tomar.

Nombre común: **Guayaba**

Nombre científico: *Psidium guajava*

Para: cabello, colitis, diarrea y asma

Preparación: para colitis y diarrea preparar un té con las hojas o el fruto y tomar como agua de tiempo.

Para asma licuado de guayaba.

Para el cabello hervir las hojas y aplicar cuando se baña.

Nombre común: **Guácimo**

Nombre científico: *Guazuma ulmifolia*

Para: dolor de huesos y sarna

Preparación: para el dolor de huesos hervir en agua unas hojas y un pedazo de mulato rojo (*B. simaruba*) y frotar en la zona de dolor.

Para sarna raspar el tronco y sacar un "estropajito", con eso se talla la zona afectada

LA FOTO ESTA EN EL VIDEO DE JAMAPA, LA PREPARACIÓN





Nombre común: **Hierba amargosa**

Nombre científico: *Parthenium hysterophorus*

Para: reumas.

Preparación: hervir 2 matas en 3 litros de agua y untar en las zonas afectadas.



Nombre común: **Hierba cancerina**

Nombre científico: *Rauvolfia tetraphylla*

Para: dolor de muela y limpieza de heridas.

Preparación: para limpiar heridas hervir unas hojas en agua y limpiar la zona afectada.

Para dolor de muelas hacer buches con esta agua.



Nombre común: **Hierba del burro**

Nombre científico: *Ballota suaveolens*

Para: diarrea, dolor de estómago, dolores y primer viernes de marzo.

Preparación: preparar con aguardiente o alcohol, ruda, alba, hierba del zorrillo (*P. alliacea*) y crucetillo (*R. monantha*). Tomar el primer viernes de marzo.

Nombre común: **Hierba del sapo**

Nombre científico: *Asclepias curassavica*

Para: colon inflamado y hemorroides.

Preparación: para las hemorroides hervir unas hojas en agua y tomar baños de asiento.



Nombre común: **Hierba del zorrillo**

Nombre científico: *Petiveria alliacea*

Para: cólicos, gripa y los nacidos (granos).

Preparación: para gripa, machacar dos raíces en 2 latas de vaporub e inhalar vaporizaciones durante 2 días. Para nacidos colocar un pedazo pequeño de hojas y raíz para abrir el grano



Nombre común: **Hierba maestra**

Nombre científico: *Artemisia absinthium*

Para: dolores.

Preparación: hervir unas hojas con hinojo (*F. vulgare*), ruda (*R. graveolens*), Estafiate (*A. mexicana*), manzanilla (*M. chamomilla*) y ajo.





Nombre común: **Hinojo**
Nombre científico: *Foeniculum vulgare*
Para: dolores.
Preparación: hervir unas hojas con hierba maestra (*A. absinthium*), ruda (*R. graveolens*), estafiate (*A. mexicana*), manzanilla (*M. chamomilla*) y ajo.



Nombre común: **Jícara**
Nombre científico: *Crescentia cujete*
Para: asma y acelerar parto
Preparación: Para asma, preparar un té con raíz de alacrancillo (*H. indicum*).



Nombre común: **Malva blanca**
Nombre científico: *Sida rhombifolia*
Para: arreglo hormonal.
Preparación: preparar un té con 5 ramas en un litro de agua y tomar.

Nombre común: **Mango**
Nombre científico: *Mangifera indica*
Para: sangrado de encías.
Preparación: prepara un té de hojas y hacer enjuagues bucales.



Nombre común: **Mulato**
Nombre científico: *Bursera simaruba*
Para: mal de orín.
Preparación: hervir 4 pedazos de corteza en un litro de agua y tomar fresca.



Nombre común: **Naranja cucha**
Nombre científico: *Citrus sp.*
Para: nervios.
Preparación: Hacer un té con las hojas y tomar.





Nombre común: **Neem**
Nombre científico: *Azadirachta indica*
Para: diabetes.
Preparación: hervir en dos litros de agua 10 hojas y tomar como agua de tiempo.



Nombre común: **Noni**
Nombre científico: *Morinda citrifolia*
Para: varias enfermedades y reforzar el cuerpo.
Preparación: licuar el fruto con jugo de uva y tomar por las mañanas.



Nombre común: **Orégano**
Nombre científico: *Lippia graveolens*
Para: dolor de oído.
Preparación: frotar la hoja y exprimir en el oído el agua que sale de la hoja.

Nombre común: **Palma de coco**
Nombre científico: *Cocos nucifera*
Para: cabello y desparasitar.
Preparación: preparar agua de coco con unas hojas de epazote (*C. ambrosioides*) y semillas de calabaza, esto se toma por 3 días en ayunas.



Nombre común: **Piñón**
Nombre científico: *Jatropha curcas*
Para: encías y herpes labial (fuegos).
Preparación: para los fuegos untar savia del piñón en el labio o encía dos veces al día.



Nombre común: **Platanillo**
Nombre científico: *Indigofera suffruticosa*
Para: asma.
Preparación: hervir 3 cogollos en agua y tomar.





Nombre común: **Ruda**
Nombre científico: ***Ruta graveolens***
Para: Dolor de estomago y gastritis.
Preparación: para el dolor de estomago prepara con leche o agua unas ramas más un huevo y batir, tomar mientras se presente el dolor. Para la gastritis preparar un té con unas hojas y tomarlo por las mañanas.



Nombre común: **Rosa de castilla**
Nombre científico: ***Rosa sp.***
Para: limpieza de ojos.
Preparación: hervir dos o tres rosas en agua y lavar los ojos con el agua.

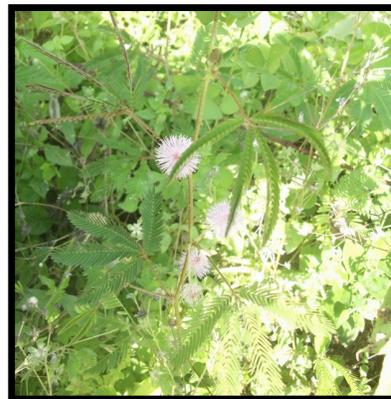


Nombre común: **Sábila**
Nombre científico: ***Aloe vera***
Para: dolores, heridas, desinflamar, contra gastritis
Preparación: para dolores untar en cristalino en la zona de dolor. Contra gastritis moler y tomar el cristalino.

Nombre común: **Tepozán**
Nombre científico: ***Buddleia sp.***
Para: dolores de rodilla, heridas
Preparación: hervir unas hojas en agua con chancarro (*Cecropia sp.*) y tabaco.
Para heridas hervir hojas y lavar la herida



Nombre común: **Vergonzosa**
Nombre científico: ***Mimosa pudica***
Para: riñón, lavar heridas
Preparación: hervir las ramas en agua y tomar como agua de tiempo. Para heridas usar agua para lavar la zona afectada



Nombre común: **Zapote prieto**
Nombre científico: ***Diospyros nigra***
Para: colesterol, mareo y tiroides
Preparación: para el colesterol hervir siete hojas en un litro de agua y tomar como agua de tiempo.
Para tiroides se toma el té de hojas y el fruto licuado.



Nombre común: **7 corazones**

Nombre científico: s.i.

Para: corazón, diabetes y cálculos renales.

Preparación: para cálculos renales cortar un pedazo del tronco de 30cm en cuatro partes y hervirlas en 3 o 4 litros de agua. Se toma como agua de tiempo.

Nombre común: **Barquito**

Nombre científico: s.i.

Para: mal de orín.

Preparación: hervir en un litro de agua unas hojas con anillo (*B. brownei*) y cuajilote (*P. aculeata*).

Nombre común: **Caña agria**

Nombre científico: *Costus sp.*

Para: Riñón.

Preparación: hervir un pedazo de tallo en agua y tomar como agua de tiempo hasta que se quiten los dolores.

Nombre común: **Casuarina o pino**

Nombre científico: *Casuarina sp.*

Para: dolor de pies.

Preparación: colocar una ramita en un litro de agua tibia y untar en los pies.

Nombre común: **Chacuaco**

Nombre científico:

Para: diarrea, disentería

Preparación: licuar 20 hojas en un litro de agua y tomar. Para disentería machacado con jugo de limón

Nombre común: **Hierba de la recaída**

Nombre científico: *Bacopa monnieri*

Para: mujeres que recién pasaron por el parto, lavar heridas.

Preparación: té de la planta hervida para lavar heridas y baño de mujeres en cuarentena

GLOSARIO

Alferecía: padecimiento propio de la población infantil cuyas manifestaciones típicas son el amoratamiento de uñas, labios y párpados, así como las crisis convulsivas.

Disentería: enfermedad infecciosa y específica que tiene por síntomas característicos la diarrea con pujos y alguna mezcla de sangre.

Enjutar: sinónimo de secar.

Lunar rojo de los recién nacidos: son pequeños parches rojos en la frente, los párpados, la nuca o el labio superior del bebé y son causados por la dilatación de los vasos sanguíneos.

Mal de orín: también mal de orina, mal de oriño. Expresión genérica que engloba un complejo de padecimientos cuyas principales manifestaciones son la orina frecuente, dolorosa y con ardor. La causalidad que usualmente se asigna a este conjunto de enfermedades, está relacionada con un desequilibrio corporal frío-calor, desencadenado por simple contacto o por la ingestión excesiva de ciertas bebidas o alimentos.

Nacidos (granos): pequeño tumor o grano inflamatorio de consistencia dura, muy doloroso y con pus, que puede aparecer en cualquier parte del cuerpo.

Primer viernes de marzo: día en el que las personas llamadas brujos, se reúnen para hacer rituales que les permiten aumentar su poder y sanar su alma.

Sarna: término con el que popularmente se conoce a la escabiasis. Se presenta con abundantes ronchas y granos, apareciendo hasta en la cabeza donde se forman costras y el cabello se cae; la comezón es muy intensa y aparecen llagas y costras en todo el cuerpo debido al rascado.

Referencias

UNAM, 2009. Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana. En línea: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx>

Real Academia Española. En línea: <http://lema.rae.es/drae/?val=disenter%C3%ADa>

Enciclopedia Ilustrada de Salud (Health Illustrated Encyclopedia) de A.D.A.M. En línea: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/encyclopedia.html>

Anexo 6. Valor actual neto.

Tabla XIII. Valor actual neto (VNA) para cada tipo de uso, proyección en el tiempo y el beneficio económico (BE).

	Proyección	5 años	10 años	15 años	20 años
Ganado	VNA	\$80,613.98	\$127,511.57	\$154,794.48	\$170,666.46
	BE	-\$ 119,386.02	-\$ 72,488.43	-\$ 45,205.52	-\$ 29,333.54
Alimento para ganado	VNA	\$27,786.01	\$43,950.66	\$53,354.53	\$58,825.28
	BE	-\$ 172,213.99	-\$ 156,049.34	-\$ 146,645.47	-\$ 141,174.72
Madera	VNA	\$90,413.64	\$143,012.23	\$173,611.73	\$191,413.15
	BE	-\$ 109,586.36	-\$ 56,987.77	-\$ 26,388.27	-\$ 8,586.85
Construcción	VNA	\$31,213.07	\$49,371.44	\$59,935.16	\$66,080.65
	BE	-\$ 168,786.93	-\$ 150,628.56	-\$ 140,064.84	-\$ 133,919.35
Alimentos	VNA	\$12,329.57	\$19,502.36	\$23,675.17	\$26,102.72
	BE	-\$ 187,670.43	-\$ 180,497.64	-\$ 176,324.83	-\$ 173,897.28
Medicinales	VNA	\$90.92	\$143.82	\$174.59	\$192.49
	BE	-\$ 199,909.08	-\$ 199,856.18	-\$ 199,825.41	-\$ 199,807.51
Otros	VNA	\$1,745.72	\$2,761.30	\$3,352.12	\$3,695.83
	BE	-\$ 198,254.28	-\$ 197,238.70	-\$ 196,647.88	-\$ 196,304.17
Usos menos el ganado	VNA	\$163,578.93	\$258,741.80	\$314,103.29	\$346,310.12
	BE	-\$ 36,421.07	\$ 58,741.80	114,103.29	146,310.12
Todos los usos	VNA	\$244,192.91	\$386,253.37	\$468,897.77	\$516,976.58
	BE	\$ 44,192.91	186,253.37	268,897.77	316,976.58



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

“Análisis de los servicios de mitigación de impactos por tormentas y huracanes que proporcionan los suelos de humedales de Ciénega del Fuerte, Tecolutla, Veracruz”.

TRABAJO RECEPCIONAL

Que para obtener el título de:

MAESTRA EN
CIENCIAS AMBIENTALES

Presenta:

Alezandra Robledo Ruiz

Asesor interno:

Mtra. Doris G. Castillo Rocha

Asesor externo:

Dra. Patricia Moreno-Casasola Barceló

Xalapa, Ver.

9 de Enero de 2013.

Agradecimientos

Al Instituto de Ecología A.C. y a la Organización Internacional de Maderas Tropicales (Criterios para el ordenamiento de manglares y selvas inundables en la planicie costera central de Veracruz, México: un instrumento de manejo comunitario.ITTO Pd 349/05y Evaluación ambiental y valoración económica delos servicios ecosistémicos proporcionados porlos bosques costeros (manglares, selvasinundables, selvas y matorrales sobre dunas) ysus agrosistemas de reemplazo, en la planiciecostera central de Veracruz, México-ITTO-RED-PD 045/11 Rev.2 (M)por el financiamiento del proyecto del cual forma parte este trabajo.

A la Dra. Patricia Moreno-Casasola: gracias Paty por inspirarme con tu pasión e interés por los humedales, por tu invaluable asesoría, todo tu apoyo, gran comprensión y paciencia.

Al edafólogo Dr. Adolfo Campos Cascardero: gracias por ayudarme a entender los procesos del suelo y por apoyarme en toda la metodología relacionada con éste.

A la Mtra. Doris Castillo por su asesoría interna por parte de la Universidad Veracruzana. A la Dra. Ana Cecilia Travieso-Bello y al Mtro. Joaquín Jiménez Huerta por la revisión del trabajo y sus valiosas observaciones.

Al Dr. Javier Laborde por su apoyo en el análisis estadístico de los datos.

A la físico Rosario Landgrave por su apoyo en la realización de los mapas de vegetación.

A Abraham Juárez, Adi Estela Lazos, Blanca García, Carlos Alberto Ramírez, Dulce Infante, Karla Rodríguez, Krystyna Paradowska, Lorena Sánchez, Nadia Rivera, Rosa María González y Roberto Monroy por su amistad y apoyo moral, y especialmente a Ascensión Capistrán y Eduardo Cejudo por su ayuda en las salidas a campo.

A Lourdes Cruz por su ayuda en la realización de los análisis de densidad real.

A Francisco Landeros por su ayuda en la realización de los análisis de retención de agua en los laboratorios del Colegio de Postgraduados.

A los pescadores y de Flores Magón y Casitas que me ayudaron en el campo. En especial gracias a Cayetano Montes Olaya, Don Ascención, Gelasio Morales Hernández.

Gracias a Alejandro Uscanga Uscanga por todo el gran apoyo en el campo y el cariño.

Gracias a mi madre, María Teresa Ruiz Santillán y mi padre, José Alejandro Robledo Vera. Gracias porque no hay palabras para describir y darle dimensión al amor y agradecimiento que siento hacia ustedes. Gracias Bibi porque simplemente eres otro corazón dentro de mi. Gracias a Luana, Naima, Héctor S., Héctor T., Miriam y Paulo porque son un núcleo de amor para mi vida. Gracias a toda mi familia y mis seres queridos, a los que fueron conmigo al campo, a quienes me apoyaron desde el corazón, a mi gran maestro CKS por sus invaluable enseñanzas, amor y guía. Gracias a todo aquello que me ha hecho ser quien soy y a todo aquello me da vida en su más extenso sentido.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis abuelos, Guadalupe, Luis Felipe, Josefina y Rubén. Por su amor, gran apoyo e inspiración, ¡Gracias!

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2.1 Los humedales, distribución y situación en el mundo.....	4
2.2 Distribución y conservación de los humedales en México.....	6
2.3 Servicios ambientales de mitigación de impactos naturales que proveen los humedales.....	8
2.4 Los suelos de humedales.....	10
2.5 Factores de degradación del suelo.....	12
2.6 Eventos climatológicos e impactos por huracanes y tormentas en los humedales.....	14
2.7. Percepción social.....	28
3. ANTECEDENTES	30
4. La zona de estudio: el Área Natural Protegida de Ciénaga del Fuerte (ANPCF)	33
5. Objetivo general.....	40
6. Objetivos específicos.....	40
7. Hipótesis.....	41
8. METODOLOGÍA	42
8.1 Elaboración del mapa de vegetación del ANPCF y análisis de la cobertura vegetal.....	42
8.2 Observación y registro de los efectos de los huracanes y tormentas en el ANPCF.....	45
8.2.1 Observación y registro de los efectos de los huracanes y tormentas en la estructura arbórea de la selva inundable de <i>Pachira aquatica</i>	45
8.2.2 Registro de plántulas de <i>Pachira aquatica</i> en zonas perturbadas por huracanes y tormentas.....	46
8.3 Muestreo y análisis para conocer las características hídricas del suelo.....	46
8.3.1 Densidad aparente.....	47
8.3.2 Densidad real.....	48
8.3.3 Porosidad.....	49
8.3.4 Retención de agua.....	49
8.3.5 Agua almacenada.....	53
8.3.6 Conductividad hidráulica.....	53
8.4 Encuesta sobre los procesos de transformación que han ocurrido en los humedales del ANPCF y sobre la concepción de éstos como vegetación que mitiga los impactos naturales.....	55
8.5 Matriz de conflictos y potencialidades generada por el equipo proyectual.....	55
8.6 Análisis estadístico.....	59
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
9.1 Análisis de la cobertura vegetal del ANPCF y mapa de vegetación.....	60
9.2 Efectos de los huracanes y tormentas en el ANPCF.....	72
9.2.1 Efectos en la cobertura arbórea de la selva inundable de <i>Pachira aquatica</i> del ANPCF.....	72
9.2.2 Ubicación de plántulas de <i>Pachira aquatica</i>	74
9.2.3 Percepción de los habitantes.....	75
9.2.3.1 Procesos de transformación del ANPCF.....	75
9.2.3.2 Efectos provocados por los huracanes y tormentas en el ANPCF.....	78

9.2.3.3 Percepción social sobre el ANPCF y los huracanes y tormentas que impactan en la zona	87
9.3 Análisis de los conflictos y potencialidades que afectan al ANPCF	93
9.4 Características hídricas del suelo.....	107
9.4.1 Densidad aparente del suelo por tipo de vegetación.....	107
9.4.2 Porosidad	108
9.4.3 Retención de agua.....	110
9.4.4. Agua almacenada.....	116
9.4.5 Conductividad hidráulica.....	119
10. CONSIDERACIONES FINALES	122
11. CONCLUSIONES	125
12. RECOMENDACIONES	127
13. LITERATURA CITADA	133
14. ENLACES DE INTERNET	148
15. ANEXOS	149
15.1 Cuestionario sobre los efectos de huracanes y tormentas en el área urbana y de vegetación:	149
15.2 Cuestionario sobre la percepción de los humedales ante los huracanes y tormentas:	150

“Una nación que destruye sus suelos, se destruye a si misma”

Franklin D. Roosevelt

“Análisis de los servicios de mitigación de impactos por tormentas y huracanes que proporcionan los suelos de humedales de Ciénega del Fuerte, Tecolutla, Veracruz”

1. RESUMEN

Los humedales costeros del estado de Veracruz, han sido transformados principalmente para la conversión a potreros, actividades petroquímicas y urbanización y aquellos de agua dulce se han hecho más escasos como resultado del impacto de actividades humanas (Moreno-Casasola 2008). Muchos de estos, han presentado cambios significativos en su ecología, principalmente en relación a la composición de especies, asolvamiento, contaminación y régimen hidrológico (Travieso-Bello *et al.* 2005, López Rosas *et al.* 2006, Escutia-Lara *et al.* 2009, Moreno-Casasola *et al.* 2009).

Entre las funciones que desempeñan los humedales, destacan como servicios ecosistémicos el mantenimiento de la biodiversidad, mejora de la calidad del agua, mitigación de inundaciones y ciclo del carbono (Greeson *et al.* 1979, Zedler and Kercher 2005). Estas son algunas de las razones por las cuales su estudio es tan importante.

El objetivo principal de este estudio fue analizar los servicios ambientales de mitigación de impactos por huracanes y tormentas que brindan los suelos de los humedales (selva inundable de *Pachira aquatica*, popal de *Thalia geniculata* y *Boehmeria cylindrica* y carrizal de *Cyperus giganteus*) del Área Natural Protegida Ciénega del Fuerte, a través de su comparación con suelos de sitios transformados a un pastizal y a cultivo de cítricos dentro de la misma ANP.

Se colectaron muestras de suelo en el campo y se procesaron en laboratorio para analizar la densidad aparente, porosidad, retención de agua, agua almacenada y conductividad hidráulica. También se muestreó la vegetación de cada sitio. Los suelos correspondientes al cultivo de cítricos y pastizal presentaron una densidad aparente significativamente mayor que los humedales. Las mismas diferencias se reportaron para la porosidad en sentido inverso. Relativo a la retención de agua, los humedales presentaron valores mayores. Las diferencias significativas cambiaron dependiendo de la presión a la cual fue sometido el suelo. La cantidad de agua almacenada en los suelos de humedales, es significativamente mayor que la que almacenan los suelos

del pastizal y el cultivo. La conductividad hidráulica de los suelos de humedales fue mayor que la del suelo del pastizal únicamente. Este trabajo indica que el suelo de un humedal tiene un alto potencial de retención, conductividad y almacenaje de agua, mismos que son alterados cuando la vegetación nativa es transformada. El suelo, al retener el agua, almacenarla y conducirla en los poros y hacia los mantos freáticos mitiga inundaciones y permite la filtración y limpieza del agua.

Adicionalmente se elaboró un mapa del ANPCF que permitió conocer la distribución de los humedales así como observar la proporción del área que ha sufrido cambio de uso de suelo y se determinaron los efectos provocados por huracanes y tormentas recientes tales como la caída de árboles y otros indicadores, incluyendo la percepción de la población ante estos fenómenos y sus impactos.

Se diseñó un esquema de los conflictos y potencialidades en torno al ambiente del ANPCF con el objetivo de proporcionar una perspectiva sobre los factores que influyen dentro del ANP que asista en la toma de decisiones y en la planeación de proyectos. Esto permitirá contar con elementos de manera complementaria a los resultados y conclusiones que se obtuvieron sobre los efectos de huracanes y tormentas en la población y en la vegetación de humedales así como las características hidráulicas de los suelos.

El cambio de uso de suelo a zona de cultivo y potrero ha sido el factor de transformación del ANPCF de mayor impacto a través de la tala y quema de la cobertura vegetal para la introducción de pasto o de plantas de cultivo. Los valores que presentan las propiedades estudiadas en el suelo de los humedales (densidad aparente, porosidad, retención, almacenamiento y conducción de agua), reflejan el aporte y la consecuente pérdida de los servicios ambientales de control de inundaciones (zonas de descarga donde se acumula el agua y se percola lentamente), protección y mantenimiento de los mantos freáticos cuando se transforma el uso del suelo. La modificación de la vegetación en los humedales, es decir, la tala, la quema y la posterior introducción de pasto o cítricos, trae consigo el aumento de la densidad

aparente y la disminución de la porosidad del suelo y una menor capacidad de retener, almacenar, y conducir el agua. Estos cambios muestran que la conversión de un humedal a un sitio de cultivo o un potrero no es una práctica recomendable por la pérdida de dichos servicios, entre otras cosas, y por la vulnerabilidad que los potreros y cultivos del ANP presentan ante el panorama actual del cambio climático.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Los humedales, distribución y situación en el mundo

El concepto de humedal no es fácil de definir debido a la diversidad de tipos de humedales, la variación en tamaño, la localización e influencia humana, el dinamismo y la dificultad de determinar con precisión sus límites (Mitsch y Gosselink, 1993). Existen múltiples definiciones del concepto de humedal, y muchas de ellas incluyen tres componentes importantes. Estos son la hidrología, los organismos que lo habitan y que solo son capaces de vivir bajo estas condiciones y el suelo hídrico (Reddy *et al.*, 2000). Una de las definiciones que mejor lo explican, según los científicos del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos (USFWS por sus siglas en inglés) es aquella desarrollada por Cowardin *et al.* (1979) en su reporte titulado "Clasificación de Humedales y Hábitats de Aguas Profundas de los Estados Unidos". La definición indica que los humedales son áreas en donde la saturación con agua es el factor dominante que determina la naturaleza del desarrollo del suelo y del tipo de comunidades de plantas y animales que viven en el suelo o en su superficie. La característica que todos los humedales comparten es que el suelo o el sustrato está al menos periódicamente saturado o cubierto con agua. Estos ecosistemas se consideran áreas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, en donde el nivel freático usualmente se ubica a nivel de la superficie o cercana a ésta, o la superficie está cubierta por aguas someras. Además, en esta definición es importante resaltar que en estos ecosistemas prevalece una vegetación típicamente adaptada a sobrevivir en condiciones de suelos saturados por agua (Mitsch y Gosselink, 1993).

Según Gosselink y Maltby (1990), los humedales ocupan el 6% de la superficie terrestre y varían de acuerdo a su origen, localización geográfica, régimen hidrológico, características químicas y plantas dominantes. Algunos países han destruido o modificado hasta el 50% de sus humedales (González y de León, 2003). Se calcula que Europa ha perdido alrededor del 90% de sus humedales, Nueva Zelanda 90%, China 60%, Canadá 65-80%, Estados Unidos 53%, Australia 50% (Mitsch y Gosselink, 2000) y México el 62% (Landgrave y

Moreno-Casasola, 2012). Las distintas causas de deterioro y pérdida de éstos son principalmente de origen antropogénico como causa del desarrollo urbano, industrial, turístico y agropecuario (González y de León, 2003, Moreno-Casasola, 2008).

Los cambios que intervienen en la pérdida de estos ecosistemas son: físicos (en la topografía o elevación, en la hidrología local o regional), químicos (en la cantidad de nutrientes, en sustancias tóxicas o contaminantes, en la salinidad, en el pH o en la temperatura), o biológicos (en la biomasa, composición de la comunidad o en el paisaje). Williams (1990) menciona que es difícil pensar en una actividad humana que no tenga un efecto potencial en los humedales y que por lo tanto, no constituya un impacto.

En los últimos años los humedales han obtenido un mayor reconocimiento a nivel mundial debido a los beneficios y funciones que aportan al hombre, sin embargo constituyen un conjunto de ecosistemas entre los más amenazados en el mundo. Existe la opinión de que los humedales son tierras inservibles por lo que se tiende a la reconversión para destinarlos a usos agropecuarios, industriales o urbanos (Barbier *et al.*, 1997). Una respuesta al deterioro y pérdida de estos ecosistemas ha sido la Convención Ramsar realizada en Irán en 1971, con el fin de unir esfuerzos a nivel mundial para conservar estas áreas. La misión de la convención es la conservación y el uso racional de los humedales, a través de la acción a nivel nacional y mediante la cooperación internacional a fin de contribuir al logro de un desarrollo sustentable en todo el mundo. Las Partes Contratantes tienen el deber de llevar a cabo las siguientes acciones: designar humedales a la Lista de Humedales de Importancia Internacional y mantener sus características ecológicas, elaborar políticas nacionales de humedales, promover la conservación de los humedales en territorio nacional estableciendo reservas naturales y celebrar consultas entre las Partes Contratantes respecto a los humedales transfronterizos (Barbier *et al.*, 1997). México se adhirió a la Convención el 4 de Noviembre de 1986 al incluir a la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos como humedal de importancia internacional. Actualmente cuenta con 138 sitios Ramsar en una superficie de

más de nueve millones de hectáreas (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas).

2.2 Distribución y conservación de los humedales en México

México presenta una gran variedad de tipos de humedales (Olmsted, 1993; González y de León, 2003). Estos cubren el 16.8% de la superficie del país (INEGI, 1997) cuya extensión es mayor a lo largo de la costa que tierra adentro (Olmsted, 1993). Conforme van ganando reconocimiento, la superficie registrada cubierta por humedales parece incrementarse más allá de lo que se pensaba originalmente. Existen estados como Sinaloa, Oaxaca, Tamaulipas, Campeche, Veracruz, Tabasco y Quintana Roo que tienen una cantidad significativa de humedales, tanto de agua dulce como salobres y marinos (Warner *et al.*, 2006, Landgrave y Moreno-Casasola, 2012).

Los humedales de México incluyen desde las lagunas costeras someras con sus pastizales marinos, marismas y oasis en los desiertos, manglares y petenes, humedales herbáceos de agua dulce como popales y tulares, palmares y selvas inundables. Esta gran variabilidad conjunta una enorme cantidad de especies de flora y fauna y por tanto una alta biodiversidad, a pesar de que algunos de ellos por sí mismos sean menos diversos, como los manglares (Moreno-Casasola, 2009).

Según Olmsted (1993), en nuestro país existen los sistemas de humedales marinos, estuarinos, lacustres, palustres, riberinos y de tierras altas. Cabe mencionar que este sistema de clasificación está basado en el régimen hidrológico y el tipo de vegetación presente y posee tres categorías que van desde los sistemas, subsistemas, hasta las clases y consiste en una adaptación del sistema de Cowardin *et al.*, (1979) a México. Ya que se les ha considerado como elementos menores del paisaje (Warner *et al.*, 2006), no se han realizado esfuerzos para caracterizar los humedales mexicanos y elaborar sus mapas de distribución (Lot y Novelo, 1990; Olmsted, 1993; Flores-Verdugo *et al.*, 2001; Moreno-Casasola *et al.*, 2001; Contreras y Warner, 2003), lo cual

ha cambiado en los últimos años. Existen pocos ejemplos de mapas como son los de los humedales de Río Palizada (Lot, y Novelo, 1988) y La Mancha (Moreno-Casasola *et al.* 2009) y de los humedales de la cuenca baja del Papaloapan (Proyecto CONAGUA-CONACYT # 48247).

Aunque no se conoce con certeza el grado de pérdida de estos ecosistemas, se ha estimado que un porcentaje importante de los humedales mexicanos ha sufrido algún deterioro, modificación sustancial o pérdida (González y de León, 2003). México ha tenido un gran incremento en el número de sitios Ramsar. Hoy en día México cuenta con 138 humedales prioritarios Ramsar abarcando una superficie mayor de 9 millones de hectáreas. Cabe decir que más de la tercera parte de los sitios Ramsar también cuentan con otra categoría de protección como es Parque Nacional o Reserva de la Biósfera entre otras (Moreno-Casasola, 2009).

Los cambios demográficos y el desarrollo de la zona costera están teniendo un impacto considerable en los humedales mexicanos y la tendencia es al aumento. En los últimos años los asentamientos poblacionales en las costas mexicanas han estado cambiando y en algunas regiones de manera fundamental. Esto tiene repercusiones importantes en la conservación y transformación de los humedales. En 1987 había 126 municipios costeros y 20 años después hay 161. Ello habla de un incremento en el número de pobladores y una densificación, además de un desarrollo económico de la zona costera (Moreno-Casasola *et al.*, 2006).

Entre las principales causas de alteración de los humedales están la desecación y cambio de la hidrología de manera directa e indirecta, el cambio de uso del suelo para actividades productivas o desarrollos turísticos, la canalización del agua, el represamiento de aguas, el dragado de canales, la contaminación, la invasión de especies, la extracción de agua, la sobreexplotación, las obras de infraestructura tales como aeropuertos, red de carreteras, vías férreas y construcciones marítimo-portuarias (Moreno-Casasola 2009).

2.3 Servicios ambientales de mitigación de impactos naturales que proveen los humedales

Daily (1997) define los servicios ambientales como las condiciones y los procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los forman, mantienen y satisfacen la vida del ser humano.

Los humedales son importantes por su belleza, riqueza natural y por su alta productividad. Particularmente los humedales costeros proveen múltiples servicios y funciones (Mitsch y Gosselink, 2000, Manson y Moreno-Casasola, 2006) y se encuentran entre los ecosistemas más productivos (Whittaker y Likens, 1971; Odum, 1979; Day *et al.*, 1989).

Los servicios ambientales que proporcionan son: control de inundaciones (zonas de descarga donde se acumula el agua y se percola lentamente), protección de la zona costera (a través de la estabilización del sustrato por las raíces de las plantas y depósitos de materia vegetal), disipación del oleaje y la energía, barreras contra el viento, protección de los mantos freáticos costeros (las masas de agua dulce que se percolan y acumulan evitan que asciendan las masas de agua salada y salinicen el manto freático), evitan que en ríos y estuarios penetre el agua salada tierra adentro, transporte de personas y materias, actividades acuáticas recreativas y deportivas, dilución de contaminantes y limpieza y filtración del agua, ayudando así a la protección de la calidad de la misma. Son el hábitat de aves y vida silvestre, ayudan a la fertilización del suelo (debido a su alta productividad y a los cambios en el nivel del agua a través de los pulsos), proporcionan incremento en el valor de la propiedad por su importancia estética y otros valores de tipo cultural, ético, anímico y estético (Manson y Moreno-Casasola, 2006).

En relación al servicio de protección contra impactos naturales tales como huracanes, tormentas y maremotos, los humedales proveen protección de la línea costera y control de la erosión gracias a la compactación o estabilización del sustrato por las raíces de las plantas y depósitos de materia vegetal, disipación del oleaje y su energía y sedimentación así como por su papel como

barrera contra los vientos. Según Lamann (1989) los habitantes de Puerto Morazán en el Golfo de Fonseca, Nicaragua, se niegan a cortar los manglares que se encuentran frente a su pueblo ya que éstos los protegen contra las tormentas.

Los humedales actúan como una esponja que controla el flujo de agua e impide que siga escurriendo, disminuye la velocidad del agua, evitando la erosión y la filtra lentamente. Los manglares, junto con los arrecifes, playas y dunas, son muy importantes, también en la protección de la línea costera. Son los primeros en recibir el embate del oleaje y de los vientos, brindando protección contra marejadas, tormentas y vientos. Las playas y dunas funcionan como un almacén de sedimentos que permiten que se mantengan los procesos inherentes a las costas, es decir, juegan un papel primordial en la interfase tierra-mar para la protección de la vida tierra adentro (Manson y Moreno-Casasola, 2006). Las condiciones del relieve en Tecolutla permiten la permanencia de cuerpos de agua para el desarrollo de los manglares, selvas y humedales herbáceos, al tiempo que se genera la suficiente humedad e inundación que permiten la existencia de la selva inundable y los popales-tulares que proveen la materia orgánica para el desarrollo de estos suelos. La cubierta vegetal se encarga de retener un porcentaje de la precipitación y la regresa a la atmósfera a través de la evapotranspiración, por lo que retrasa la saturación del suelo, evitando el crecimiento de los niveles de escurrimiento, además de aportar materia orgánica al suelo. Así mismo, el incremento en la infiltración en los suelos de estos humedales se convierte en un factor fundamental para la ocurrencia de procesos de ladera al acrecentar la saturación y por lo tanto la disminución de la resistencia de los materiales. En conjunto, el relieve, la vegetación de la selva inundable y el manglar y los suelos gleysol, fluvisol y solonchak gléyico, propician las características necesarias para su coexistencia (Garnica, 2004).

2.4 Los suelos de humedales

Los seres humanos dependemos del suelo debido a los bienes materiales esenciales y servicios ambientales que proveen. Representa un componente importante de los bienes nacionales que además toma cientos de cientos de miles de años en formarse y muy pocos años para ser destruido (Oldeman *et al.*, 1990). El suelo es un ecosistema complejo y dinámico que sostiene procesos físicos y transformaciones químicas vitales para la vida terrestre. Como una esponja, éste absorbe la precipitación, permitiendo que llegue a las raíces de las plantas, a los mantos acuíferos y a las corrientes superficiales. A pesar de que una impresionante cantidad de agua -alrededor de 119,000 km³ - es precipitada anualmente sobre la superficie terrestre (Shiklomanov, 1993), las plantas y sus residuos mantienen el suelo y sus servicios, protegiéndolo de la fuerza destructora de las gotas de agua (Daily *et al.*, 1997). El suelo protege a las semillas y provee el soporte físico y los nutrientes para las plantas. En él se descomponen los restos de plantas y animales muertos, haciendo inocuas las toxinas potenciales y los patógenos humanos y reciclando los constituyentes en formas útiles para las plantas. En este proceso, los organismos del suelo regulan los flujos de gases importantes de efecto invernadero como CO₂, CH₄ y N₂O. El suelo juega un papel crítico en el abastecimiento de todas las cadenas alimenticias terrestres y también es un componente importante de los sistemas acuáticos (Daily *et al.*, 1997). Finalmente los servicios que el suelo provee podrían resumirse de la siguiente manera: regulación de los ciclos biogeoquímicos, retención y liberación de nutrientes para las plantas, generación y reestructuración del suelo y su fertilidad, biorremediación de residuos y agentes contaminantes, provisión de agua potable, modificación del ciclo hidrológico (mitigación de inundaciones y sequías y control de la erosión), translocación de los nutrientes, partículas y gases, regulación, producción y consumo de gases atmosféricos (e.g., CO₂, NO_x), modificación de agentes antropogénicos del cambio climático, regulación de las poblaciones animales y vegetales, control de plagas agrícolas potenciales, contribución a la producción de plantas para alimentos, combustibles y fibras, y al ser determinantes en la heterogeneidad del paisaje, son componentes vitales de sitios importantes de

recreación e historia natural (Bengtsson *et al.*, 1997; Daily, 1997; Wall y Virginia, 2000).

Los suelos de humedales representan un amplio espectro de propiedades morfológicas y de clases taxonómicas y pueden estar dominados por materiales orgánicos e inorgánicos (minerales). El término de saturación se refiere a la condición en la cual el agua corre a través de cavidades en el suelo, llenando una gran proporción de los poros del suelo. Esta condición favorece ciertas características físicas, químicas, biológicas y morfológicas que ayudan a distinguir los suelos de los humedales de otros tipos de suelo. Los suelos son uno de los componentes que se utilizan para establecer los límites de un humedal junto con el tipo de vegetación y la hidrología. La consideración del suelo es crítica ya que es el componente más estable de estos tres. La vegetación puede ser rápidamente alterada y la hidrología es altamente sensible a las fluctuaciones en el clima o a intervenciones humanas. La propiedad de una saturación prolongada es el factor determinante en el desarrollo de humedales y en la demarcación o delimitación de los suelos de humedales. Con fines jurisdiccionales, el término de “suelo hídrico” es el más utilizado. La USDA-NRCS en conjunto con el National Technical Committee for Hydric Soils definen los suelos hídricos como suelos formados bajo condiciones de saturación, inundación o estancamiento, durante suficiente tiempo en la temporada de crecimiento de las plantas como para desarrollar condiciones anaeróbicas en las partes superficiales. Los suelos hídricos tienden a estar húmedos o con agua aún en las épocas del año en las que la pérdida por evapotranspiración es máxima. Uno de los indicadores de un suelo de humedal es la acumulación de materia orgánica en la superficie que inmediatamente presenta características redoximórficas u otros indicadores de saturación o anaerobiosis (Reddy *et al.*, 2000).

2.5 Factores de degradación del suelo

La estructura del suelo tiene una gran influencia en la capacidad de éste para soportar el crecimiento de las plantas, el ciclo del C y de los nutrientes, recibir, almacenar y transportar agua así como de resistir la erosión del suelo y la adición de químicos de origen antropogénico. Los factores que determinan dicha estructura son la textura y mineralogía, la materia orgánica, los materiales inorgánicos no cristalinos, la composición del fluido de los poros, los solutos absorbidos o intercambiables, los organismos que lo habitan y la profundidad. La magnitud de tal influencia en la estructura del suelo varía con el clima, las prácticas y manejo que se da a dicho componente (Kay y Angers, 2000).

Las alteraciones por actividades humanas como es la agricultura, reducen los niveles de materia orgánica a un 25% o más y simultáneamente reducen la entrada anual de los residuos provenientes de las plantas, incrementando la descomposición a través de temperaturas elevadas, la ventilación y la humedad (Harrison *et al.*, 1993). La eliminación de las plantas interrumpe la relación de éstas con el ciclo del agua y conlleva a un incremento en el escurrimiento del agua junto con la pérdida del suelo (Bormann *et al.*, 1968). La pérdida de materia orgánica hace que los suelos sean más propensos a la erosión y se reduce su capacidad de retención de agua. La erosión está relacionada a la reducción de la infiltración en más de un 90% y tiende a despojar al suelo de la materia orgánica (Pimentel *et al.*, 1993).

Relativo a la composición y abundancia de muchos grupos de biota en el suelo, éstos son afectados a nivel local y regional por los cambios en la vegetación, en las condiciones químicas y físicas del suelo, en el clima y la presencia de especies invasoras (Bongers, 1990; Ruess, 1995). El cambio de uso de suelo, los altos niveles de CO₂ y los cambios en la biota, tienen impactos profundos en la biodiversidad del suelo, la cual provee múltiples funciones y servicios (e.g., descomposición de la materia orgánica, consumidores y productores de gases elementales, fijadores de N, patógenos, control biológico, contribuyen a la estructura del suelo, entre otras funciones) (Wall *et al.*, 2001).

El pastoreo del ganado impacta de manera directa mediante la herbivoría selectiva de la vegetación, el pisoteo del suelo y la entrada de nutrientes a través de las excretas (Coffin y Lauenroth, 1988, Archer y Smeins, 1991, Collins *et al.*, 1998). El tráfico de ganado sobre el suelo puede provocar la pérdida en la porosidad, un decremento de la continuidad de los poros (Soane, 1975; Angers y Simard, 1986) y de su capacidad para retener la humedad (Travieso-Bello *et al.*, 2005).

El manejo del suelo, agua y plantas influye en la estructura del suelo por medio de la cantidad y forma en que el C entra al suelo así como de su distribución espacial. Las prácticas que en éste se llevan a cabo influyen en las poblaciones de macro y microorganismos y en la tasa de mineralización del C. La cubierta de residuos de plantas o cultivos interviene en la estructura del suelo debido al impacto de las gotas de agua y contenido de agua en éste. Por otro lado el sistema radicular de los cultivos influye en la profundidad de la extracción del agua y por lo tanto en la profundidad en la que el agotamiento ocurre. Aunque los macroporos pueden ser creados por la labranza, la compactación por vehículos o animales puede provocar un detrimento en la estructura del suelo ya que reduce su porosidad e incrementa su fuerza y por lo tanto puede reducir la producción de las cosechas y aumentar el riesgo de erosión del suelo (Kay y Angers, 2000).

Los cambios de uso de suelo alteran la hidrodinámica de los suelos de humedales. Por ejemplo, el arado en humedales de las pampas argentinas puede incrementar los escurrimientos y las descargas hacia los humedales. En suelos desnudos, las lluvias de gran intensidad dan como resultado grandes escurrimientos y la erosión del suelo. El agua y los sedimentos son transportados cuesta abajo hasta ser depositados en zonas de bajo relieve, incluyendo humedales, llenando las depresiones hasta un punto en el que ya no funcionan como humedales. Las funciones relacionadas con el almacenamiento del agua son modificadas por los sedimentos (Richardson *et al.*, 2001). Las fuerzas asociadas a grandes flujos de agua erosionan los canales, disminuyen la calidad del agua y generalmente degradan el hábitat acuático (NRC, 1993). La modificación en la hidrología aumenta el pH, cambia

la disponibilidad de nutrientes y disminuye la capacidad de retención de humedad del suelo, debido a que disminuye el período de inundación y con ello los procesos de mineralización del suelo (Travieso-Bello *et al.*, 2005).

2.6 Eventos climatológicos e impactos por huracanes y tormentas en los humedales.

El cambio climático global es sin duda uno de los problemas ambientales más graves que enfrentará el planeta en el siglo XXI (Maser, 2003). Se espera que éste afecte los patrones de temperatura y precipitación, la circulación oceánica y atmosférica, el nivel del mar y la frecuencia, intensidad, duración y distribución de los huracanes y tormentas tropicales. Emanuel (1987) sugiere que con un incremento del doble de CO₂, el daño potencial de los huracanes aumentará a un 40-50%. La magnitud de estos cambios físicos y los subsecuentes impactos en los humedales costeros variará regionalmente. Las predicciones en relación al cambio climático y sus impactos en los humedales costeros requieren de un mejor entendimiento de la relación entre el humedal, el componente terrestre, acuático, atmosférico, oceánico y humano (Michener *et al.*, 1997), sin embargo el deterioro que han sufrido los humedales los hace más vulnerables a impactos como los que conlleva el cambio climático. Tanto las sequías como el incremento en la cantidad y temporalidad del agua son afectaciones a la hidrología del humedal, que producen trastornos en su funcionamiento. Un humedal degradado tiene menor capacidad de respuesta a modificaciones en su hidrología. Ello tiene como consecuencia una mayor vulnerabilidad de las poblaciones asentadas en las zonas costeras a impactos como tormentas y huracanes (Moreno-Casasola, 2009).

Una de las regiones que se verá más afectada por el cambio climático es el Golfo de México. Ello se debe a que predomina una topografía plana, hay sumersión (hundimiento) regional de tierras; además, los desarrollos urbanos y económicos son extensos a lo largo de sus costas (sobre todo en los Estados Unidos y en Veracruz) y presenta gran vulnerabilidad a tormentas tropicales, nortes y huracanes. Los modelos climáticos predicen un incremento en el nivel

del mar de entre 20 y 50 centímetros durante este siglo. Si se toma la sumersión regional de tierras costeras, el incremento en el nivel del mar durante los próximos 100 años podría ser de 35 centímetros en gran parte del Golfo, y de hasta 110 centímetros en el delta del Mississippi, en Louisiana (Twilley *et al.*, 2001). En una evaluación del potencial de riesgo por ciclones en las costas de los estados costeros en México realizada por Azuz-Adeath (2002), Veracruz fue establecida como zona de riesgo medio a alto. Otro factor de riesgo que presenta el estado de Veracruz, se debe a la gran cantidad de ríos que desembocan en el Golfo formando planicies de inundación que atraviesan al estado, lo que provoca la ocurrencia de inundaciones con lo cual las diferentes localidades ubicadas en las cercanías de las corrientes sufren los efectos ocasionados por los desbordamientos de las mismas (Garnica, 2004). En condiciones normales, la inundación de los humedales costeros del Golfo de México con su aporte de sedimentos, estaría balanceada por un crecimiento hacia arriba producido por la acumulación de materiales orgánicos e inorgánicos que se irían acumulando con el nuevo nivel. Este es el proceso que contrarresta la subsidencia en los humedales. Sin embargo, esto no sucederá debido a que los principales ríos que llegan a las grandes extensiones de humedales han sido represados, razón por la que el sedimento está siendo retenido y no puede llegar hasta los humedales. Por tanto, la combinación de incremento en el nivel del mar y la disminución de la cantidad de sedimentos probablemente reducirá la superficie de humedales provocando subsidencia y llevará a una disminución de la producción primaria de dichos humedales, manglares, estuarios y lagunas. Adicionalmente esto puede tener serias repercusiones en las pesquerías (Ortiz-Pérez, 1994; Ortiz-Pérez *et al.*, 1996) y en la subsidencia de zonas pobladas como la ciudad de Villahermosa.

El municipio de Tecolutla se ve afectado por los desbordamientos de los ríos que se encuentran dentro del mismo debido principalmente a la incidencia que tienen los eventos meteorológicos en la zona, los cuales resultan en precipitaciones extraordinarias que a su vez funcionan como detonante de inundaciones de los ríos que descienden de la Sierra Norte de Puebla. En este municipio han ocurrido inundaciones extraordinarias en 1974, 1981, 1986, 1999

(Garnica, 2004), 2005 (Hernández, 2005; Bravo y Hernández, 2005), 2007 (Hernández y Bravo, 2007) y 2010 (Martínez, 2010).

En materia de eventos meteorológicos, el ANPCF (el Área Natural Protegida de Ciénaga del Fuerte) se ubica en la zona de trayectorias ciclónicas del Golfo de México. Los ciclones que la afectan se originan en el océano Atlántico, en el Caribe o en el Golfo de México. Las distintas modalidades o intensidades con que se presentan estos ciclones, son: depresión tropical, tormenta tropical o huracán, en las cuales pueden existir precipitaciones muy abundantes y prolongadas y varía la intensidad de los vientos. “Los Nortes” representan otro evento meteorológico durante el cual se presentan vientos de hasta 100 km /h, descensos de temperatura, tormentas eléctricas, nieblas y lloviznas (SEDEMA (Secretaría de Medio Ambiente, antes Coordinación Estatal de Medio Ambiente, CEMA, 2002) y se producen cada año durante la temporada de invierno.

En un estudio sobre riesgos por inundación e inestabilidad de laderas en el Municipio de Tecolutla, Garnica (2004) elaboró distintos índices que muestran el nivel de estos riesgos. Por medio de valores relacionados con los niveles de bienestar y basándose en los criterios de educación, empleo y vivienda de la población, Garnica (2004) concluyó que dicho municipio presenta una vulnerabilidad que se encuentra entre media y alta, rangos en los cuales se concentra más del 50% de las localidades de su estudio. Específicamente para algunas de las localidades que conforman el ANPCF, se obtuvo que el asentamiento de Ricardo Flores Magón presenta una vulnerabilidad media mientras que Casitas, Monte Gordo y la Vigüeta presentan una vulnerabilidad baja. Referente a procesos de remoción en masa, las zonas que presentan riesgo alto, se caracterizan por tener un relieve escarpado y con materiales que son poco resistentes. Estas zonas se localizan en lugares con poca densidad de población pero en grandes extensiones de cultivos de naranja (*Citrus sinensis*). Las áreas con riesgo alto de inestabilidad de laderas se ubican principalmente en la parte suroeste del municipio y una fracción pequeña se encuentra al noroeste. Éstas se caracterizan por presentar pendientes mayores a los 12 grados y además están constituidas por roca arenisca. En riesgo

medio se encuentra la mayor parte del municipio. Sin embargo, aparecen zonas que pertenecen a la planicie aluvial y que presentan un nivel de riesgo medio y no es posible que se presenten procesos en áreas prácticamente llanas. El nivel de riesgo bajo comprende la cabecera municipal, Villa de Tecolutla y la porción sureste, donde se encuentran las localidades de Casitas, Guadalupe, Los Esteros, Marbella, Eufrosina, Monte Gordo, entre otras. Estas se caracterizan por ser prácticamente planas por lo que la ocurrencia de procesos de ladera es nula. Por otro lado Garnica (2004) analizó el riesgo por inundaciones tomando en cuenta solamente a las poblaciones ubicadas en la llanura de inundación de Tecolutla. La carretera y las poblaciones ubicadas en las inmediaciones del río se encuentran dentro de una zona de muy alto peligro y las zonas que presentan riesgo medio se localizan en la porción sur de la cabecera municipal y en las proximidades de la localidad de Cruz de los Esteros (al sur del río Tecolutla). Las zonas de riesgo bajo se encuentran en el Municipio de Gutiérrez Zamora. García (2009) consideró las características y condiciones ambientales del paisaje, las actividades humanas y el bienestar humano como factores para determinar que la mayor parte de la población de la cuenca baja del río Tecolutla es vulnerable ante el cambio climático y el incremento de eventos meteorológicos que causan inundaciones como consecuencia del alto grado de transformación ejercido por la actividad rural asociado a una alta susceptibilidad a inundación. Adicionalmente obtuvo que la actividad agroganadera causa un gran deterioro e impacto en el paisaje. En sus análisis incluye factores como la desaparición de las dunas costeras por urbanización y la pérdida de playas.

Entre los huracanes y tormentas que han afectado al municipio de Tecolutla se encuentran: el huracán Eva, 1961, Blanca y Lone, 1966, Connie, Eileen y Kristen, 1970, Bridget y Denise, 1971, Joane, 1972, Berenice, 1973, Francesca y Gretchen, 1974, Carlotta, 1978, Gilberto, 1988, Diana, 1990, Gert, 1993, Roxanne, 1995, Dolly y Josephine, 1996, Bret, 1999 (Huertero, 2000), Stan, 2005, Dean y Lorenzo, 2007, Marco, 2008 y Karl, 2010, Arlene y Nate en 2011 (Comisión Nacional del Agua).

A continuación se presenta un cuadro con los eventos meteorológicos que han tenido impactos importantes en Tecolutla y sus inmediaciones.

Cuadro 1. Cronología y descripción de los últimos eventos meteorológicos que han tenido impactos sobre Tecolutla y sus inmediaciones.

EVENTO METEOROLÓGICO	FECHA	CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS
Depresión tropical número 11	4-6 de octubre de 1999	Esta depresión tropical, aunque parecía poco amenazante, al ser empujada hacia el flanco norte de la Sierra de Misantla por un frente frío, dejó caer 217 l/m ² en 24 horas en Martínez de la Torre (Tejeda, 2007). Los desbordamientos e incluso la formación de ríos en lo que durante años fueron cañadas secas, ocurrió de noche y sorprendió a la población, lo que ocasionó más de 200 muertos oficiales y casi 100 desaparecidos (Tejeda, 2008). Las pérdidas económicas que generó este evento tan sólo para el estado de Veracruz se estimaron en 2,787 millones de pesos de los cuales el 74% correspondieron a la destrucción de los sectores agrícola, pesquero, forestal, industrial, comunicaciones y transportes mientras que el resto se dio en la destrucción de bienes y servicios. Los sectores que sufrieron en mayor medida el impacto fueron la agricultura, la vivienda, la destrucción de transporte y los daños en el sistema hidráulico (Bitrán, 2001). Cabe destacar que el sector que sufrió los daños más severos fue el turístico en especial el corredor turístico del municipio en el cual se encuentra la Villa Tecolutla, Ricardo Flores Magón, La Vigueta y Casitas, sitios en los cuales la inundación dañó seriamente los hoteles y restaurantes. El segundo sector más afectado fue el de la vivienda ya que se perdieron

		<p>104 viviendas en la cabecera municipal, 37 en Casitas y 29 en Costa Esmeralda (Garnica, 2004).</p> <p>En esta inundación la precipitación fue un factor muy importante ya que generó un incremento en el contenido de agua en los poros del suelo, hasta llegar a un estado de infiltración nula, dando como resultado una condición de saturación, lo que provocó que el peso de la ladera excediera al que puede mantener generando un movimiento del terreno. Por otro lado contribuyó el relieve, el cual está constituido principalmente por lomeríos compuestos de roca arenisca y la pendiente (entre 12 y 45 grados) presenta las condiciones idóneas para el movimiento de ladera de los materiales. Finalmente la deforestación ha dado origen a una mayor infiltración y los asentamientos humanos incrementan el peso y la presión sobre los materiales (Garnica, 2004). Durante esta tormenta se formaron dos nuevas bocas al mar en la zona cercana al ANPCF; la Vigüeta y la Guadalupe. Los pobladores mencionan que actualmente éstas se hacen más anchas durante las tormentas o huracanes</p>
<p>Tormenta tropical Bret</p>	<p>28-29 de junio de 2005.</p>	<p>Esta tormenta se originó de una onda tropical y de un área débil de baja presión que cruzó América Central y la Península de Yucatán del 24 al 27 de junio. El día 28, la zona de perturbación se organizó sobre la Bahía de Campeche y el 29 se formó la depresión tropical al norte-noroeste del Puerto de Veracruz. El ciclón rápidamente se intensificó en tormenta tropical y se desplazó hacia el oeste-noroeste e impactó en tierra en la costa de Veracruz, en las inmediaciones de Tuxpan con vientos máximos sostenidos de 65 km/h. Finalmente el sistema se disipó sobre la Sierra Madre Oriental durante la noche del mismo día. Bret propició lluvias intensas, con una acumulación máxima de 266 mm en El</p>

		Raudal, Veracruz, generando inundaciones en el norte de los estados de Veracruz y Puebla (Hernández, 2005). Se registró un solo muerto durante esta tormenta y más de 5,000 familias fueron afectadas por el desbordamiento de ríos, casas bajo el agua, deslaves de cerros y en al menos 66 municipios las comunidades estuvieron incomunicadas (El Universal).
Tormenta tropical José	22-23 de agosto del 2005	A la medianoche del 22 al 23 de agosto, José tocó tierra en las inmediaciones de Vega de Alatorre, Veracruz, con vientos máximos sostenidos de 85 km/h y con rachas de 100 km/h y continuó su desplazamiento hacia el oeste, avanzando sobre los estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, México y norte del Distrito Federal, dando como resultado lluvias de fuertes a intensas a lo largo de su recorrido. A las 7:00 hrs. del día 23, José se debilitó en depresión tropical, cuando su centro se encontraba en tierra sobre la parte central del estado de Puebla. A lo largo de su trayecto, la tormenta tropical afectó con lluvias intensas y vientos fuertes a los estados de Veracruz y Puebla, en donde se registraron importantes daños materiales, inundaciones y deslaves de terreno; posteriormente cruzó el centro del país, afectando con lluvias persistentes en Tlaxcala, Estado de México y Distrito Federal (Bravo y Hernández, 2005).
Huracán Stan	1-5 de octubre de 2005	El primer impacto en tierra del huracán Stan fue el día 2 de octubre a las 04:00 horas, como tormenta tropical en Quintana Roo, 50 km al este de Felipe Carrillo Puerto, con vientos de 75 km/h. El segundo impacto en tierra fue el día 4 de octubre a las 10:00 horas, como huracán, 20 km al Noreste de San Andrés Tuxtla, Ver., con vientos máximos sostenidos de 130 km/h (Bravo y Hernández, 2005). A pesar de perder fuerza rápidamente, causó grandes inundaciones y deslaves en los estados de Veracruz y Chiapas, provocó el

		<p>desbordamiento de ríos y derribó árboles. Decenas de miles de personas tuvieron que abandonar sus hogares y varias plataformas petroleras fueron evacuadas. El 6 de octubre de 2005 el gobernador de Veracruz, Fidel Herrera, confirmó que el huracán dejó siete heridos, 80,000 evacuados, 40 localidades inundadas, y daños a infraestructura y cultivos que superaron los US\$55 millones (BBC).</p>
Huracán Dean	13-23 de agosto 2007	<p>El huracán Dean comenzó como una tormenta tropical el 13 de agosto en el Atlántico, al oeste de las Islas de Cabo Verde. El primer impacto en tierra fue el 21 de agosto a las 3:00 horas, con vientos máximos sostenidos de 260 km/h y rachas de 315 km/h (categoría 5) en Chetumal, Quintana Roo. El segundo impacto fue el 22 de agosto con la categoría 2 y vientos máximos sostenidos que alcanzaron los 155 km/h con rachas de 195 km/h. El centro del huracán se localizó a 10 km al suroeste de la Barra de Tecolutla, Veracruz. Las lluvias que se reportaron para esta entidad fueron de 112 mm (Hernández, 2007). En un comunicado de prensa el gobernador de Veracruz mencionó que el paso del huracán Dean dejó un saldo blanco y que ocasionó la pérdida de hogares y se levantaron árboles y postes (El Universal, 2007).</p>
Huracán Lorenzo	25-28 de septiembre de 2007	<p>El centro del huracán Lorenzo impactó en tierra en las inmediaciones de la Barra de Tecolutla, Veracruz, el día 28 de septiembre, con vientos máximos sostenidos cerca de su centro de 130 Km/h en categoría 1 en la escala de Saffir-Simpson. Las precipitaciones intensas ocasionaron inundaciones y el deslizamiento de tierra, lo cual causó el deceso de 2 personas en Veracruz (Bravo y Hernández, 2007). En la franja costera norte de Veracruz, desde Nautla hasta el Puerto se obligó al desalojo de 100 mil personas de 38 municipios, según el subsecretario de Protección Civil de esa entidad, Ranulfo Márquez (La Jornada, 2007).</p>

<p>Tormenta tropical Marco</p>	<p>6-8 de octubre de 2008</p>	<p>La depresión tropical se generó en el Sur del Golfo de México, iniciándose muy cerca de la costa, a 100 km al nor-noreste de Coatzacoalcos, Ver., con vientos máximos sostenidos de 55 km/h y rachas de 75 km/h. Esta tormenta tropical fue un ciclón de rápida evolución y corta trayectoria; debido a su origen cercano a la costa de Veracruz, apenas se mantuvo unas horas sobre el mar del Golfo de México y después de tocar tierra, avanzó sobre el territorio de Veracruz y Puebla, a los que afectó con lluvias importantes (Bravo, 2008).</p>
<p>Huracán Karl</p>	<p>14-18 de septiembre de 2010</p>	<p>Este huracán comenzó como un área de baja presión alrededor de la costa norte de Venezuela el 11 de septiembre, sin embargo posteriormente ganó suficiente organización y se convirtió en tormenta tropical a 505 km de la Península de Yucatán, tocando tierra en Chetumal durante la mañana del 15 de septiembre con vientos de 100 km/h y emergiendo posteriormente sobre el Golfo de México durante la madrugada del 16 de septiembre. Durante la noche se convirtió en huracán categoría 2 y durante la madrugada del 17 se convirtió en el quinto huracán mayor de la temporada al alcanzar la categoría 3 con vientos de hasta 195 km/h y una presión mínima de 961 hPa cuando se localizaba a tan solo 110 km al este del puerto de Veracruz. Se debilitó ligeramente después de alcanzar su pico máximo, tocando tierra poco antes del mediodía al norte del puerto de Veracruz todavía como un huracán categoría 3 con vientos de 185 km/h, y una presión mínima central de 976 hPa (NOAA, USA).</p> <p>En importantes áreas de los municipios de Veracruz, Boca del Río, La Antigua, Úrsulo Galván, Martínez de la Torre, Nautla, Vega de Alatorre, Tlapacoyán, Atzalán y algunas colonias de la capital del estado, se interrumpió el suministro eléctrico y telefónico ante la</p>

		<p>caída de postes debido a la racha de vientos que alcanzaron hasta 170 kilómetros por hora. Las autoridades de protección civil reportaron cortes de carreteras en regiones montañosas como Misantla y Atzacán debido a deslizamientos y derrumbes de cerros, así como a la crecida de arroyos de respuesta rápida y el derrumbe de árboles. Se decretó alerta en algunos ríos de gran caudal del norte del estado, como el Tuxpan, Tecolutla, Cazones, Pánuco, Nautla, La Antigua y Actopan, así como de la zona centro como el Jamapa y Cotaxtla, cuyas corrientes crecieron. El huracán destruyó viviendas, derribó árboles, postes, afectó puentes y carreteras, dejando incomunicados a diversos municipios y comunidades. La Antigua, Cardel, Veracruz y Boca del Río, fueron algunos de los principales municipios donde los daños fueron cuantiosos debido a las inundaciones que afectaron muchas viviendas al alcanzar hasta un metro de altura. Se dañaron también diversos tramos de la carretera que comunica a Jalapa con Perote y Puebla, donde también quedó interrumpido el tránsito vehicular (Martínez, e-consulta, 2010).</p> <p>Los daños estimados debido al paso del huracán sumaron cerca de 100 mil millones de pesos y más de un millón de personas afectadas de manera directa o indirecta. Un total de 135,101 ha de uso agrícola y pecuario resultaron con siniestros parciales y totales (El Universal, 2010).</p>
<p>Tormenta tropical Arlene</p>	<p>28-31 de Junio de 2011</p>	<p>La tormenta tropical Arlene se formó en el Suroeste del Golfo de México después de una rápida evolución, a partir de una baja presión originada por la onda tropical No. 4, la cual cruzó la península de Yucatán generando amplia actividad de nublados con chubascos y tormentas. Arlene se desarrolló rápidamente a tormenta tropical a 440 km al Este-Sureste</p>

	<p>de Tampico, Tamps., con vientos máximos sostenidos de 65 km/h, rachas de 85 km/h y desplazamiento hacia el Oeste-Noroeste a 11 km/h. Desde su inicio el día 28 de junio a las 19 horas, en coordinación con el Centro Meteorológico Regional Especializado (CMIRE) de la Organización Meteorológica Mundial con sede en Miami, el Servicio Meteorológico Nacional de México estableció la zona de alerta por efectos de tormenta tropical desde Barra de Nautla, Veracruz hasta Bahía Algodones, Tamaulipas. Con una fuerza de vientos máximos sostenidos de 100 km/h y rachas de 120 km/h, Arlene impactó en tierra aproximadamente a las 04:00 horas local del día 30 de junio, en las cercanías de Cabo Rojo, Veracruz, aproximadamente 55 km al Norte de Tuxpan, Veracruz. Después de tocar tierra empezó a perder fuerza y así, cuando se encontraba a 20 km al Noreste de Tantoyuca, Ver., sus vientos máximos sostenidos fueron de 80 km/h con rachas de 100 km/h. Su desplazamiento sobre tierra siguió debilitándolo por lo que a las 19:00 horas local, ya se encontraba a 15 km al Suroeste de Orizatlán, Hgo., como una depresión tropical, con vientos máximos sostenidos de 55 km/h y rachas de 75 km/h. Finalmente, a las 22:00 horas local la depresión tropical Arlene se ubicó a 15 km al Sureste de Jacala, Hgo., con vientos máximos sostenidos de 45 km/h y rachas de 65 km/h, en proceso de disipación.</p> <p>La tormenta tropical Arlene fue un ciclón que afectó con fuerte intensidad de lluvias al territorio nacional, debido a que se inició en el Suroeste del Golfo de México y sus bandas convectivas se extendieron sobre la mayor parte de esa región y varios estados de la República Mexicana, a los que afectó con una fuerte inestabilidad durante todo su período de evolución, tanto en el mar como en tierra y aun después de degradarse a depresión tropical sobre el Noreste del Estado de Hidalgo, sus remanentes permanecieron sobre gran parte del Territorio Nacional, originando una constante lluvia que dio lugar a acumulaciones</p>
--	--

		<p>importantes. La precipitación en Veracruz fue de 231.5 mm (Unzón y Lujano, 2011).</p> <p>El gobernador Javier Duarte de Ochoa aseguró que luego del impacto de la tormenta tropical Arlene en territorio veracruzano, con vientos de 100 kilómetros por hora, el fenómeno no causó mayores afectaciones en el estado (El Zócalo, 2011).</p>
<p>Tormenta tropical Nate</p>	<p>7-11 de Septiembre 2011</p>	<p>La tormenta tropical Nate se originó en el Golfo de México a 200 km al Oeste de Campeche, Camp., con vientos máximos sostenidos de 75 km/h, rachas de 95 km/h y desplazamiento hacia el Este-Sureste 4 km/h.</p> <p>Con este ciclón se dio uno de los fenómenos característicos del periodo de transición en que coexisten sistemas frontales y tropicales, al coincidir la tormenta tropical Nate con el frente frío No. 1 y la masa de aire polar asociada. Durante la mayor parte del día 9, Nate se mantuvo incierto, alternando periodos estacionarios con desplazamientos lentos hacia el Noroeste y Oeste hasta que por fin, a las 22:00 horas, definió su rumbo hacia la costa del estado de Veracruz. En el transcurso del día 10, mientras se desplazaba hacia el Oeste, la tormenta tropical "Nate" estuvo fortaleciéndose y así, en las últimas horas del día se ubicó a 155 km al Noreste de Veracruz, Ver., con vientos máximos sostenidos de 100 km/h y rachas de 120 km/h, fuerza con la que se mantuvo hasta las primeras horas del día 11, pues a partir de ese momento empezó a debilitarse. "Nate" siguió acercándose a la costa de Veracruz y aproximadamente a las 07:00 horas, tiempo del Centro de México, del mismo día 11, tocó tierra a 25 km al Nor-Noroeste del Puerto de Veracruz, con vientos máximos sostenidos de 95 km/h y rachas de 110 km/h. Al avanzar sobre tierra, la fricción empezó a debilitarlo y por la tarde, se degradó a una depresión tropical a 30 km al Este de</p>

		<p>Poza Rica, Ver., con vientos máximos sostenidos de 55 km/h y rachas de 75 km/h.</p> <p>Finalmente, en las últimas horas del día 11, se ubicó en territorio del estado de Hidalgo, a 7 km al Noroeste de la población de Zacualpan, Ver. y a 45 km al Norte de Tulancingo, Hgo., con vientos máximos sostenidos de 45 km/h y rachas de 65 km/h, muy próxima a su disipación. Los registros de lluvia máxima puntual en 24 horas, asociados con la tormenta tropical "Nate" fueron de 106.0 mm en El Raudal, Ver., el día 10 de septiembre.</p> <p>La tormenta tropical dejó daños en tramos carreteros. La secretaria de Protección Civil de Veracruz, Noemí Guzmán Lagunes, dio a conocer que 12 municipios sufrieron daños tras el paso de la tormenta tropical Nate. Los ayuntamientos afectados fueron Colipa, Ixcatepec, Nautla, Pánuco, Papantla, Tecolutla, Vega de Alatorre, Actopan, Las Minas, Las Vigas, Martínez de la Torre y Xalapa. En el municipio de Tecolutla se registraron afectaciones en ocho casas de las comunidades de Hueytepec y Ricardo Flores Magón por lo que 50 personas fueron evacuadas y resguardadas en albergues (Imagen del Golfo, 2011).</p>
--	--	--

Las tormentas, los vientos y los huracanes afectan de diversas formas las funciones y los atributos de los ecosistemas costeros, incluyendo la hidrodinámica (Perez *et al.*, 2000), la calidad del agua (Rybczyk *et al.*, 1995), la cobertura de la vegetación emergente (Doyle *et al.*, 1995; Rybczyk *et al.*, 1995), el flujo de nutrientes (Rybczyk *et al.*, 1995; Paerl *et al.*, 2001), la dinámica de los sedimentos (Childers *et al.*, 1990; Cahoon *et al.*, 1995; Perez *et al.*, 2000) y la estructura de la comunidad biótica (Michener *et al.*, 1997; Cabello-Pasini *et al.*, 2002). Los ciclones tropicales representan el factor abiótico de disturbio más significativo en los ecosistemas costeros tropicales y subtropicales (Lugo *et al.*, 1983).

El impacto en la hidrología y estructura puede ser negativo o positivo y en muchas ocasiones el grado de daño no está directamente relacionado con la magnitud del huracán. Por ejemplo los huracanes pueden provocar la recarga de los cuerpos de agua o provocar una temporada prolongada de secas (Van Dolah y Anderson 1991, NOAA 1993). Las precipitaciones excesivas pueden resultar en inundaciones, deslaves, erosión, depósito de sedimentos, modificación extensiva de valles o canales (Michener, 1997), alteración de la salinidad y de las corrientes (Van Dolah y Anderson 1991, NOAA 1993). El transporte de materia orgánica junto con las inundaciones y la salinidad, contribuyen a que existan condiciones anóxicas en los estuarios después de los huracanes y tormentas tropicales (Tabb y Jones 1962, Jordan 1974, Van Dolah y Anderson 1991). El ciclo de los nutrientes es otro componente que se ve afectado por los huracanes ya que pueden alterar la duración, la cantidad y la calidad de los nutrientes que se integran a los ecosistemas terrestres y de humedales. En los bosques, los huracanes provocan la caída de hojarasca que aporta un gran contenido de nutrientes y carbono orgánico (Blood *et al.*, 1991, Frangi y Lugo, 1991, Lodge y McDowell, 1991, Lodge *et al.*, 1991, Whigham *et al.*, 1991).

Las especies arbóreas exhiben respuestas variables a los vientos provenientes de los huracanes (Boucher *et al.*, 1990). En los manglares los efectos de huracanes y tormentas son de gran magnitud y han sido más estudiados. A lo largo de 50 años las tormentas han causado una pérdida de 10 bosques de

manglar en el Caribe (Jiménez *et al.*, 1985, Armentano *et al.*, 1995). Algunos de los daños que sufren los árboles de humedales son la ruptura de los troncos, el levantamiento de la raíz y la defoliación (Brokaw y Walker, 1991). Los daños directos e indirectos inicialmente reducen la producción primaria e incrementan la traslocación de fotosintatos; sin embargo a través del movimiento incrementado de los nutrientes los huracanes finalmente estimulan la producción primaria neta (Whigham *et al.*, 1991). Por otro lado, se ocasiona el colapso de la turba (capa de materia orgánica en el suelo) que ocurre debido a la disminución en la producción de raíces y el consecuente decremento en la elevación del sedimento (subsistencia), al mismo tiempo que se acumula materia orgánica en continua descomposición (Cahoon *et al.*, 2003).

Las comunidades herbáceas son menos afectadas que las arbóreas (Conner *et al.*, 1989). Por ejemplo las especies *Spartina alterniflora*, *Juncus roemerianus* y *Phragmites communis* fueron mínimamente afectados por el huracán Camilla en el delta del río Mississippi (Chabreck y Palmisano, 1973) al igual que la especie de pasto marino *Thalassia testudinum*, la cual no sufrió ningún disturbio después del huracán Andrew (Ogden 1992). Aunque no existe un efecto a largo plazo en los pantanos de aguas salobres, las macrófitas emergentes frecuentemente sufren daños (Conner *et al.*, 1989) como resultado de inundaciones por agua salada (Chabreck y Palmisano 1973).

2.7. Percepción social

En las últimas décadas el estudio de la percepción social ha sido objeto de creciente interés dentro del campo de la antropología. Una de las principales disciplinas que se ha encargado de su estudio ha sido la psicología (Vargas, 1994). En términos generales, tradicionalmente este campo ha definido a la percepción como el proceso cognitivo de la conciencia que consiste en el reconocimiento, interpretación y significación para la elaboración de juicios en torno a las sensaciones obtenidas del ambiente físico y social, en el que intervienen otros procesos psíquicos entre los que se encuentran el

aprendizaje, la memoria y la simbolización (Allport, 1974) produciéndose conocimiento y experiencia sobre el entorno (Milton, 2002; Ingold, 2000) y teniendo como límites las capacidades biológicas humanas y el desarrollo de la cualidad innata del hombre para la producción de símbolos Vargas (1994).

Recientemente los científicos sociales se han concentrado en revelar cómo se refractan en la conciencia individual los diferentes factores sociales, económicos, culturales e ideológicos que dan pauta a las distintas conductas sociales de los individuos. Esta preocupación no es del todo nueva pero en la actualidad, aumenta el número de conocimientos sobre la naturaleza de los distintos procesos sociales que configuran cualquier sociedad. Parte de esta renovada sensibilidad hacia el estudio de la subjetividad y del papel del entorno de los individuos en su comportamiento social, proviene en primer lugar de las insuficiencias del enfoque hasta ahora dominante – esencialmente positivista-proveniente del análisis cuantitativo y de gran escala (estadístico). En las ciencias sociales con frecuencia los métodos de investigación son cuantitativos o cualitativos. Los primeros se definen por su carácter numérico y por dar prioridad al análisis de la distribución, repetición, generalización o predicción de los hechos sociales. Los segundos, ponen énfasis en la “visión” de los actores y el análisis contextual en el que ésta se desarrolla, concentrándose en el resultado de las relaciones sociales. El desafío de estos desarrollos consiste en tratar de pasar del análisis de tendencias, niveles y asociaciones entre las variables incorporadas en los procesos sociales al entendimiento más completo de las causas más profundas y las consecuencias más directas de dichos procesos. La entrevista es considerada por algunos como instrumento de la investigación. En este sentido la entrevista cualitativa es ante todo un mecanismo controlado donde interactúan personas: un entrevistado que transmite información y un entrevistador que recibe, y entre ellos existe un proceso de intercambio simbólico que retroalimenta este proceso (Vela, 2004). Como técnica en la labor de investigación, la entrevista cualitativa ha sido utilizada por diferentes disciplinas de las ciencias sociales entre las que destacan la psicología, la antropología y la sociología (Shea, 1988). Es un recurso para la reconstrucción de eventos que permiten la comprensión de la dinámica individual en su interacción con el entorno familiar e institucional;

éstos permiten conocer y conferir significados tanto a la subjetividad como al contexto psíquico de las personas bajo estudio. La entrevista cualitativa proporciona una lectura de lo social a través de la reconstrucción del lenguaje en el cual los entrevistados expresan los pensamientos, los deseos y el mismo inconsciente. Es por tanto, una técnica invaluable para el conocimiento de los hechos sociales, para el análisis de los procesos de integración cultural y para el estudio de los procesos presentes en la formación de identidades. En ella se encuentran presentes tiempos y espacios diferentes. En primer lugar, el tiempo del entrevistado, quien acepta “contar sus vivencias, sus intimidades”, para reconstruir sus experiencias pasadas con los ojos del presente; en segundo lugar el tiempo del investigador, quien elabora y sistematiza la información a partir de las hipótesis e interpretaciones orientadoras del proceso de conocimiento, y de su propia percepción. La entrevista cualitativa contiene al mismo tiempo riqueza y limitaciones. Riqueza, porque en ella confluyen las experiencias, sentimientos, subjetividades e interpretaciones que cada persona hace de su vida y de la vida social, fenómeno por naturaleza multidimensional. Limitaciones, porque al tener un carácter único, no siempre puede afirmarse con plena seguridad el descubrimiento de los aspectos claves que conduzcan a un conocimiento generalizable. Con todo ello la entrevista cualitativa tiene un importante papel en la investigación social (Vela, 2004).

3. ANTECEDENTES

La degradación del suelo se ha acelerado globalmente conforme las poblaciones humanas se expanden, amenazando la estabilidad de los ecosistemas de la Tierra (Wall *et al.*, 2001). Por ello el estudio de las propiedades y servicios ambientales que provee el suelo reviste gran importancia. En el caso particular de las propiedades del suelo para retener y conducir el agua, se han realizado diversos trabajos. Un ejemplo lo representa el estudio del efecto de la remoción de la vegetación en los bosques de New Hampshire, EU. La vegetación fue cortada y sacada del lugar; posteriormente se aplicaron herbicidas por tres años. El resultado fue un incremento del 40%

en el escurrimiento promedio (Bormann *et al.*, 1968). Mientras que la remoción de la vegetación incrementa los escurrimientos y reduce la recarga de agua en el suelo, en otros sitios ocurre que se alteran los reservorios del agua subsuperficial conforme las plantas con raíces profundas son removidas. En los humedales de Australia, la sustitución de los cultivos anuales y pastizal por plantas nativas perennes de raíces largas, resultó en el incremento de la tabla de agua o manto freático. Las pérdidas de los servicios ecosistémicos como resultado de la remoción de la vegetación incluyendo la erosión, compactación del suelo e impermeabilidad al agua, promediaron más de 500 millones de dólares por año según se miden las pérdidas en la producción (Lefroy *et al.*, 1993). Los agricultores australianos solicitaron la colaboración de los ecólogos para restaurar la vegetación nativa de los humedales en un esquema diseñado para la producción agrícola y la preservación de los servicios ambientales que provee el suelo y la vegetación (Saunders *et al.*, 1993).

Ming *et al.* (2007) realizaron un estudio en la Reserva Natural de Momoge, Jilin, China, en el cual analizaron la densidad aparente, el contenido de agua y el grado de saturación del suelo para calcular los beneficios de mitigación de inundaciones por parte de los suelos de humedales. La capacidad de mitigación de inundaciones de los suelos de humedales en la reserva, fue de $7.15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2/\text{año}$. Traducido a beneficios económicos se estimaron $5,700 \text{ \$/hm}^2/\text{año}$. El comité Ramsar calculó en un estudio que los humedales pueden almacenar $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ de flujo de agua (Ramsar, 2000). Sin embargo en el análisis de Ming *et al.* (2007) las cifras son mayores para los humedales estudiados. Campos *et al.* (2011) encontraron que los humedales herbáceos de la región costera de Veracruz, presentaron un mayor volumen ($0.79 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), de poros hidráulicamente activos que los humedales compuestos por vegetación arbórea ($0.57 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$). Por otro lado, el agua almacenada por los suelos de los humedales de vegetación herbácea fue de 687 a 880 L m^{-2} y en los humedales con estratos arbóreos fue de 556 a 834 L m^{-2} , sin presentar diferencias significativas. En este sentido, el servicio de almacenamiento de agua es similar en ambos tipos de humedales. Lo mismo ocurrió con la capacidad de retención de agua. Estos suelos pueden absorber siete veces su peso en agua. Esto quiere decir que un gran porcentaje de la precipitación que

reciben puede ser retenida por el suelo. Notohadiprawiro (1993), encontró que el almacenamiento de agua en suelos de turberas tropicales es de 850 L m⁻² a 1 m de profundidad.

Mencionando a México en particular, a pesar de que la frontera ganadera en las últimas décadas se ha ampliado hacia los manglares y los humedales de agua dulce (Moreno-Casasola, 2004), en la actualidad existen muy pocos estudios sobre las implicaciones del manejo ganadero en nuestros humedales (Travieso-Belloet *al.*, 2005). Un primer trabajo sobre el efecto tanto del uso como del abandono de diferentes prácticas de manejo pecuario sobre la vegetación y el suelo en humedales herbáceostransformados a pastizales cultivados, en Veracruz, fue realizado por Travieso-Belloet *al.* (2005). En su estudio, los suelos que mantienen la capa orgánica son los que tienen una mayor capacidad de retención de humedad debido a que contienen poros de diversos tamaños derivados de los residuos de plantas en diferentes estados de descomposición. En los sitios con mayor carga animal (de 2 a 3 cabezas /ha), el pisoteo del ganado modifica la estructura del suelo, destruyendo los agregados. El aumento en la densidad aparente y la disminución de la porosidad provocan la disminución de la capacidad para retener la humedad del suelo (Morris y Jensen, 1998). Rodríguez (2011) encontró que en los humedales potrerizados del Papaloapan, la biomasa aérea, biomasa subterránea, porcentaje de porosidad y materia orgánica, fueron significativamente mayores en los sitios con una menor carga animal sucediendo lo contrario con la densidad aparente. Según Rodríguez (2011), la intensidad de la ganadería y el régimen de inundación son los factores más importantes que están modificando la composición florística y las propiedades fisicoquímicas del suelo en los humedales herbáceos de Alvarado, Veracruz.

Adicionalmente Travieso-Belloet *al.* (2005) sugieren que la modificación de la hidrología aumenta el pH, cambia la disponibilidad de nutrientes y disminuye la capacidad de retención de humedad del suelo.

Referente a la vulnerabilidad de la zona de estudio frente a eventos meteorológicos, en un análisis sobre la condición ambiental del paisaje costero,

las actividades socioeconómicas y el bienestar humano en la cuenca baja del río Tecolutla, García (2009) menciona que la mayor parte de la población en todo el paisaje de estudio es vulnerable ante el cambio climático y el incremento de eventos meteorológicos que causen inundaciones, debido a las características físicas inherentes del paisaje.

4. La zona de estudio: el Área Natural Protegida de Ciénaga del Fuerte (ANPCF)

El Área Natural Protegida Ciénaga del Fuerte fue decretada como tal en 1999. Se ubica en la región hidrográfica Tuxpan–Nautla en la cuenca del río Tecolutla a una altitud de 0 a 100 msnm al norte del estado de Veracruz (ver detalles en la Figura 1) con una superficie de 4,269-50-00 hectáreas y presenta terrenos planos que permanecen inundados la mayor parte del año (cota estimada de 1 a 100 msnm).

El clima es de tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación anual es de 1,490.8 mm con la mayor precipitación en los meses de junio a diciembre y la menor precipitación de enero a mayo (CEMA, 2002).

El ANPCF se localiza en la Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Norte, con dominancia de materiales sedimentarios marinos no consolidados (arcillas, arenas y conglomerados). Las formas del relieve son lomeríos, llanuras abrasivo-acumulativas y denudativa-acumulativas, planas, débilmente disecionadas. Las llanuras fluvio-marinas acumulativas se forman a partir de los complejos depósitos aluviales y marinos estratificados, los cuales han estado sujetos a procesos de acumulación diferenciada de forma estacional. En estas llanuras se encuentran ciénegas, mismas que presentan procesos de acumulación de distinta índole, ya sea orgánico, o geoquímico. En el primero, predomina la acumulación de materia orgánica debido al desarrollo de una vegetación abundante y la existencia de condiciones poco propicias para la descomposición de los restos vegetal. En el proceso geoquímico se observa una clara predominancia en la acumulación de carbonatos provenientes de los

aportes de la fauna marina arrastrada y depositada en estos lugares (CEMA, 2002).



Figura 1. Ubicación, hidrología y vías terrestres de comunicación en el ANP Ciénega del Fuerte, Tecolutla, Veracruz. Escala 1:50,000. Carta topográfica F14D77 La Guadalupe, INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 1999.

Los suelos que se pueden encontrar en esta ANP son: arenosoles, gleysoles, fluvisoles, vertisoles y phaeozems. Algunos complejos como los Arenosol gleico + Histosol terrigleico, Fluvisol eutri-calcarico + Gleysol mollico + Arenosol gleico (CEMA, 2002).

De acuerdo con la clasificación de Lankford (1977), la laguna y los esteros de Tecolutla, de los cuales forma parte la Ciénega del Fuerte, se clasifican por su origen como tipo II B con las características que se describen a continuación. Tipo II: Sedimentación terrígena diferencial. Se caracteriza por estar asociado a sistemas deltáicos fluviales producidos por sedimentación irregular o subsidencias de superficie que causan la compactación de los efectos de carga. Estos sistemas se formaron durante los últimos 5,000 años y varios se han modificado en el mismo período; sin embargo algunos otros son aún más jóvenes geológicamente. Se forman rápidamente a partir de barreras arenosas, las cuales envuelven depresiones marginales o intradeltáicas muy someras; con deltas de insumo de sedimentos bajos que pueden ser someros frecuentemente efímeros y lagunas elongadas entre montículos de playa. Son frecuentes a lo largo de los planos deltaicos de las regiones ubicadas en el Golfo de México.

B: Depresión deltaica con barrera. Son barreras de varios tipos: lodo, arena, manglares, etc. que se forman a partir de escurrimientos, usualmente directos, de ríos y tributarios. Ocurren modificaciones lentas de forma y batimetría, aunque algunas llegan a ser rápidas; la energía típicamente es muy baja, excepto en los canales. La salinidad es muy baja aunque puede variar en la descarga de los ríos.

Los sistemas tropicales inundables se caracterizan por ser un área sujeta a cambios geomorfológicos rápidos, debido a la fuerte energía física que moviliza los sedimentos. Está controlada por las corrientes litorales, el rango de mareas y la descarga de los ríos (Yáñez-Arancibia, 1986).

La hidrología en esta área representa una red de drenaje de tipo desordenada, característica de zonas directamente afectadas por las glaciaciones, donde el drenaje pre-glacial fue borrado y el nuevo drenaje no ha tenido tiempo de desarrollar un grado de integración significativo. Ciénega del Fuerte muestra corrientes irregulares, cuyos cursos corren hacia y a partir de lagos y pantanos, presentando sólo escasos y cortos tributarios. Los interfluvios con pantanos y

las corrientes son meros hilos de agua a través de zonas pantanosas (CEMA, 2002).

Los principales ríos que drenan esta zona son los ríos Solteros y Arroyo Grande; dentro del área, o influyendo en ella, se localizan los esteros Negro, Agua Dulce, Los Arcos, Los Tanques y Larios. La Ciénega forma parte del sistema de bajos inundados situados detrás de la barra arenosa que se encuentra entre la desembocadura del río Bobos y la del Tecolutla. Recibe aguas principalmente de la cuenca del Río Solteros y en menor cantidad de la del Río Bobos (CEMA, 2002).

En época de lluvias predomina la salida de agua dulce continental sobre la entrada del agua marina; en el sistema se va elevando el nivel del espejo de agua por acumulación, hasta que, por efecto de la presión hidrostática, se abren los canales que permiten la salida del agua dulce con energía suficiente para abrir bocanas azolvadas. En secas, debido a la disminución del aporte de agua continental, el flujo y reflujo de las mareas domina la dinámica de la entrada y salida de agua marina, lo que tiende a salinizar el sistema, facilitándose la entrada de especies típicas de agua marina (CEMA, 2002).

El ANPCFes un complejo de humedales. Según el Programa de Manejo de Ciénega del Fuerte realizado en 2002, por la Coordinación Estatal de Medio Ambiente, actualmente SEDEMA. Éstos son bosque de pantano o selva inundable, bosque de mangle, selva baja subperennifolia, herbazales de pantanos y ciénagas, es decir vegetación herbácea emergente -popales y tulares- y comunidades acuáticas. A continuación se presenta una lista de las especies según el tipo de vegetación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tipos de humedal y las especies que se presentan en cada uno según el Programa de Manejo del ANPCF y su respectiva clasificación de los tipos de vegetación según Lot (1991).

Tipo de vegetación según CEMA (2002)	Tipo de vegetación según Lot (1991)	Especies presentes
Selva inundable	Selva alta-mediana riparia	<i>Pachira aquatica</i> , <i>Pithecellobium disciferum</i> , <i>P. erythocarpum</i> , <i>Annona glabra</i> , <i>Ficus insipida</i> , <i>Randia aculeata</i> , <i>Hibiscus tiliaceus</i> y <i>Acrostichum aureum</i>
Bosque de mangle	Manglar	<i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i> y <i>Conocarpus erecta</i>
Selva baja subperennifolia	Selva baja inundable	<i>Crescentia cujete</i> , <i>Trichilia hirta</i> , <i>Coccoloba barbadensis</i> , <i>Curatella americana</i> , <i>Piscidia piscipula</i> y <i>Tabebuia rosea</i>
Herbazales y comunidades acuáticas	Hidrófitas enraizadas emergentes, de hojas flotantes, sumergidas y libremente flotadoras	<i>Cyperus ligularis</i> , <i>C. macrocephalus</i> , <i>C. esculentus</i> , <i>Dichromena colorata</i> , <i>D. ciliata</i> , <i>Panicum spp.</i> , <i>Eleocharis ciliata</i> , <i>E. geniculata</i> , <i>Fimbristylis spadicea</i> , <i>Rhynchospora holoschoenoides</i> , <i>Canna indica</i> , <i>C. glauca</i> , <i>Hydrocotyle bonariensis</i> , <i>H. umbellata</i> , <i>Tripogandra serrulata</i> , <i>Zinnia elegans</i> , <i>Potamogeton illinoensis</i> , <i>P. nodosus</i> , <i>Thalia geniculata</i> , <i>Pontederia sagittata</i> , <i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Nymphaea ampla</i> , <i>Pistia stratiotes</i> , <i>Lemna aequinoctialis</i> , <i>L. minima</i> , <i>Azolla caroliniana</i> y <i>Eichhornea azurea</i> .

Dentro de los predios del Municipio de Tecolutla se localiza una gran proporción de relictos de selva inundable que ha sucumbido al proceso de deforestación originado por la presión de las autoridades gubernamentales ya que estas tierras son consideradas como ociosas e improductivas según la declaración de nativos tecolultenses (Huertero, 2000). Ante esta situación los propietarios prefieren talar estas áreas e incorporarlas a la actividad agropecuaria. En el caso de la ganadería, ésta es principalmente extensiva con ganado bovino de la raza cebú y charoláis. A lo largo de la historia del Municipiolas actividades agropecuarias han ido cambiando en función de la tendencia del mercado nacional e internacional, los subsidios gubernamentales a la actividad, así como de la variación de la productividad del suelo, ésta como consecuencia de la desaparición de los mantos freáticos debido a la destrucción de la cubierta vegetal, la erosión del suelo, el inadecuado manejo de éste y la adición de pesticidas y herbicidas (Huertero, 2000). Según Ramírez

(1981), en el siglo XX gran parte de la superficie del municipio estaba destinada al cultivo del tabaco y la caña de azúcar, así como a la agricultura de ciclo corto de autoconsumo como el maíz, frijol y chile verde. Posteriormente los cultivos de tabaco y caña de azúcar fueron reemplazados por la ganadería extensiva y la agricultura comercial, en particular por el plátano y la naranja. Los cultivos de autoconsumo continuaron mientras los árboles de naranjo lo permitieron ya que eran intercalados por lo que la producción de estos cultivos fue cada vez menor. La actividad forestal es poco significativa. En los extremos noroeste y sureste del municipio se explotan algunas maderas como el cedro (*Cedrela mexicana* y *C. odorata*), temesquite (*Latia thamnia*) y chicozapote (*Achras zapota*). Sin embargo en el extremo suroeste y en la localidad del Fuerte de Anaya, la actividad forestal es nula (Huertero, 2000).

En relación a la fauna que habita la zona, si se consideran las especies de hábitos acuáticos mencionadas por Hall y Dalquest (1963), Howell y Webb (1995), Pelcastre y Flores–Villela (1992) y Ramírez–Pulido *et al.* (1996), la fauna potencialmente presente incluye a 11 especies de anfibios, 29 de reptiles, 166 de aves y 18 mamíferos. Esta ANP representa un sitio indispensable para muchas aves acuáticas migratorias ya que forma parte de la región central de Veracruz, la cual es uno de los sitios más importantes a nivel mundial como ruta de aves migratorias, siendo clasificada como área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's) en México (CEMA, 2002).

El ANPCF comprende tanto propiedades ejidales como predios de propiedad privada. La Colonia Agrícola Plan de San Luis, también conocida como 2 de Octubre es una modalidad de la propiedad privada de uso agropecuario cuya regularización de la tenencia de la tierra y expedición de las escrituras corresponden a la Secretaría de la Reforma Agraria. Su extensión cubre el 32.06% del ANP. El 35.17% lo componen las propiedades ejidales y el 32.77% corresponde a propiedad privada (CEMA, 2002). Los asentamientos humanos que se ubican dentro o en las cercanías del ANPCF se presentan en el cuadro 3. El porcentaje y tipo de propiedad dentro del ANP se pueden observar en el cuadro 4.

Cuadro3. Número de viviendas y población total de las localidades pertenecientes al Municipio de Tecolutla que se ubican dentro o en las cercanías del ANPCF (NA = no aparece en el censo). Datos tomados del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, censo 2005).

Localidad	Población total	Total de viviendas
Casitas	2024	537
Ricardo Flores Magón	969	242
El Fuerte de Anaya	616	160
Monte Gordo	608	161
Dos de Octubre	183	47
Las Palmas	22	5
Los Puentes	11	3
Antonio Martínez	6	1
La Isla	4	1
Cuba	NA	NA
Ejido el Pital	NA	NA

Cuadro 4. Propiedades en el ANP Ciénega del Fuerte. Fuente: S.I.G. PLADEYRA, S.C.1999, CEMA, 2002.

Tipo y nombre de propiedad	% de superficie dentro del ANP	% de superficie fuera del ANP	Composición del Área por tipo de propiedad (%)
Dotación Flores Magón	36.3	63.7	Ejidales 35.17
Dotación El Pital (1)	100	0	
Dotación El Pital (2)	100	0	
Dotación La Vigüeta	5.7	94.3	
Dotación Monte Gordo	26.1	73.9	
Ejido 2 de Octubre	76.6	23.4	
Dotación 2 de Octubre	46.6	53.4	
Col. Agric. Plan de S.Luis	87.9	12.1	Col. Agrícola 32.06
Poligonal (1)	13.2	86.8	Poligonales propiedad privada 32.77
Poligonal (2)	90.7	9.3	
Poligonal (3)	12.9	87.1	

Las principales actividades económicas son la pesca, el turismo y las actividades agropecuarias. La pesca se centra en la captura de camarón, mojarra, jaiba, ostión, huevina y churro entre otras especies. Normalmente las pesquerías están organizadas en Unidades de Producción Pesquera (UPP) y particulares concesionarios. Los volúmenes de captura son comercializados localmente entre los hoteleros, restauranteros y pescaderías de la zona de Costa Esmeralda. Los pescadores dedican sólo una parte de su tiempo a la

pesca, combinando dicha actividad con la siembra, como jornaleros u otros oficios. Los lugares de captura dentro del ANP se encuentran bajo un sistema de parcelado entre los usuarios y las técnicas de pesca son la atarraya, ocasionalmente el anzuelo y la cubeta para el caso del camarón (CEMA, 2002).

Las actividades agrícolas se encuentran enfocadas al cultivo de naranja, sandía y limón. Le siguen los cultivos de maíz y frijol, y finalmente los de coco, toronja, chile, plátano y calabaza. La actividad ganadera es principalmente de bovinos (CEMA, 2002).

La actividad turística en el ANP es incipiente. Actualmente se realizan paseos turísticos por los humedales aunque el principal atractivo turístico de la zona son las playas de Costa Esmeralda. Ésta zona cuenta con 466 habitaciones distribuidas en 23 hoteles y presentan una ocupación promedio anual de 20% siendo las temporadas vacacionales de semana santa, verano y decembrinas los períodos de ocupación total (CEMA, 2002). Actualmente se han organizado grupos de ecoturismo con mayor capacitación y estructuración, que proporcionan este servicio tanto en la propia reserva como en humedales cercanos del propio municipio.

5. Objetivo general

Analizar los servicios ambientales de mitigación de impactos por huracanes y tormentas que brindan los suelos de los humedales de Ciénega del Fuerte para la población del municipio de Tecolutla, Veracruz.

6. Objetivos específicos

a) Conocer la distribución de los humedales y otros tipos de vegetación así como observar la proporción de área que ha sufrido cambio de uso de suelo, mediante la elaboración de un mapa del ANPCF.

- b) Determinar los efectos provocados por huracanes y tormentas recientes en el humedal de Ciénega del Fuerte, Tecolutla, tales como la caída de árboles
- c) Analizar la percepción de la población sobre el impacto de huracanes y tormentas en los humedales y en sus vidas.
- d) Caracterizar los conflictos y potencialidades ambientales y sociales que ocurren en el ANPCF que proporcionen un panorama de la situación actual de la zona y que asistan en la toma de decisiones y/o en la planeación de proyectos productivos.
- e) Establecer una comparación cuantitativa del servicio ambiental de retención de agua y conductividad hidráulica en suelos de zonas transformadas en cultivos de cítricos (*Citrus sinensis*) y pastizales para potreros contra zonas conservadas de distintos tipos de humedales.

7. Hipótesis

Ho: La densidad aparente, porosidad y capacidad del suelo de almacenar, contener y conducir el agua, está relacionada con el tipo de vegetación y el uso de suelo.

H2: La densidad aparente, porosidad y capacidad del suelo de almacenar, contener y conducir el agua, no está relacionada con el tipo de vegetación y el uso de suelo.

Ho: Hay efectos de los huracanes y tormentas en los humedales del ANPCF y en el área urbana de los alrededores.

H3: No hay efectos de los huracanes y tormentas en los humedales del ANPCF y en el área urbana de los alrededores.

8. METODOLOGÍA

8.1 Elaboración del mapa de vegetación del ANPCF y análisis de la cobertura vegetal

El mapa del ANPCF se realizó con la ayuda del programa Arc View (Geographical Information System) 3.2. Se utilizaron dos ortofotos rectificadas de 1995 (f14d77d La Guadalupe y f14d77e La Guadalupe) a escala 1:75,000, proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) que cubren el área de interés. Con esta composición se generaron polígonos de acuerdo a las texturas e intensidad de las imágenes.

En cada tipo de vegetación observado en campo se establecieron al azar cuadros de 10x 10 m (en estrato arbóreo dominante) o de 1x1 m (en el estrato herbáceo dominante) para estudiar la composición, cobertura y abundancia de la vegetación según el método Relevé (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). El sitio para la realización de los cuadros fue elegido aleatoriamente sobre un transecto, asegurando que incluyera el tipo de vegetación que se estaba muestreando. De cada especie observada, se registró el porcentaje de cobertura que cada una abarcaba en el cuadro mediante la escala porcentual visual de Westhoff y van der Maarel (1978). Se registró la cantidad de individuos dentro de los cuadros y en el caso de los árboles, el diámetro a la altura del pecho. Con estos datos se obtuvieron los siguientes parámetros de la vegetación arbórea:

- Densidad: número de individuos de la misma especie en un cuadro.
- Densidad relativa: densidad de la especie / densidad total x 100.
- Dominancia: sumatoria del diámetro de todos los individuos de la misma especie en un solo cuadro.
- Dominancia relativa: dominancia de cada especie / dominancia total X100.
- Cobertura relativa: porcentaje de área cubierta por la especie en cada cuadro.

Parámetros de la vegetación herbácea:

- Cobertura relativa: proporción de área cubierta por la especie en cada cuadro / cobertura total X100.
- Frecuencia relativa: Número de cuadros en los que la especie estuvo presente. Frecuencia de la especie / frecuencia total x 100

Para ambos casos se obtuvo el valor de importancia relativa: frecuencia relativa + dominancia (o cobertura) relativa (VIR).

Las plantas no identificadas fueron guardadas en prensas botánicas y llevadas al laboratorio para su posterior reconocimiento en el herbario del Instituto de Ecología A.C. (XAL).

Se determinaron cuatro tipos de humedales (selva inundable dominada por *Pachira aquatica*, popal de *Commelina* sp. y *Mikania micrantha*, carrizal de *Cyperus giganteus*, popal de *Thalia geniculata*) y dos sitios transformados, uno en cultivo de cítricos (*Citrus sinensis*) y el otro en un pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp.

Se llevaron a cabo expediciones adicionales al ANPCF y se registró el tipo de vegetación observado. En la figura 2 se muestran los sitios de muestreo y registro del tipo de vegetación observada. Se obtuvieron las coordenadas de los cuadros muestreados y de las observaciones, con las cuales se logró ubicar en las ortofotos el tipo de vegetación registrado en dichas expediciones. De esta manera a cada polígono se le asignó un color de acuerdo al tipo de vegetación que se observó en el campo o que se determinó, según su semejanza con otros polígonos ya categorizados. Se registraron las coordenadas correspondientes las cuales fueron obtenidas con un geoposicionador (GPS) marca Garmin Etrex © (Garmin International, Inc., Olathe, KS, USA).

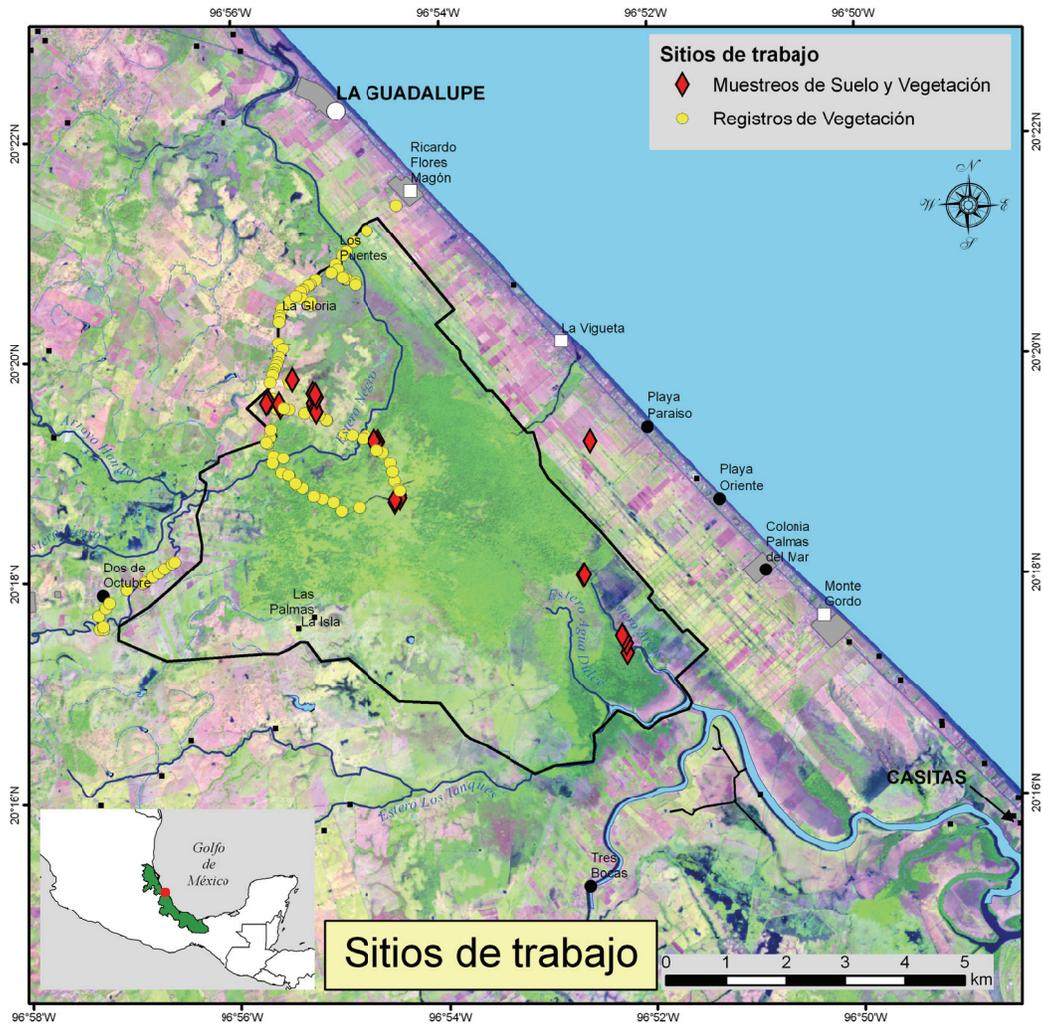


Figura 2. Sitios de trabajo en los cuales se registró el tipo de vegetación y se tomaron muestras de suelo dentro del ANPCF, Tecolutla, Veracruz. Imagen SPOT5 592-309 multiespectral 10m/pix, 12 Marzo 2011. Adquirida a través del proyecto ERMEX (Estación de Recepción México de la constelación SPOT), SEMAR (Secretaría de Marina), INEGI, SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera).

8.2 Observación y registro de los efectos de los huracanes y tormentas en el ANPCF

8.2.1 Observación y registro de los efectos de los huracanes y tormentas en la estructura arbórea de la selva inundable de *Pachira aquatica*

Para realizar una descripción sobre los efectos de los huracanes Dean y Lorenzo se analizaron y cuantificaron los árboles derrumbados. En la mayoría de los casos los guías distinguían los árboles que habían sido derrumbados por los huracanes, y sus observaciones permitieron elegir los sitios de estudio. Se seleccionaron ochopuntos sobre el canal en los cuales se observaron varios árboles derrumbados tierra adentro. Partiendo desde la orilla del estero hasta el punto que se pudiera llegar tierra adentro, debido a que árboles derrumbados impedían el acceso, se realizaron los ocho transectos. Las distintas variables a medir y cuantificar fueron la altura del árbol, el diámetro a la altura del pecho o donde terminaban los contrafuertes, el número de contrafuertes, el número de especies de epífitas, helechos, cactáceas, y enredaderas, y la salud en general (plagas de insectos u hongos presentes, madera húmeda, etc).

Adicionalmente se realizaron cinco transectos de 30 m de largo cada 100 m a lo largo del canal. En algunos casos, donde había obstáculos que impedían el acceso, se reiniciaban y se volvían a contar los 100 m a partir de ese sitio (ver detalles en figura 3).

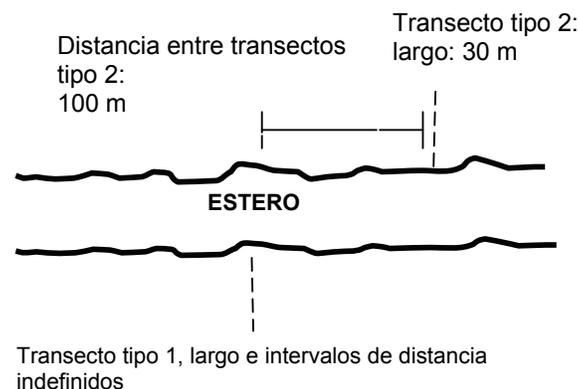


Figura 3. Diagrama que muestra el tipo de transectos que se realizaron para cuantificar el número de árboles derrumbados y de plántulas de *P. aquatica*.

8.2.2 Registro de plántulas de *Pachira aquatica* en zonas perturbadas por huracanes y tormentas

Con el fin de conocer el potencial de regeneración de la selva inundable de *P. aquatica*, se elaboraron cuadros de 1 x 1 m en claros y debajo del dosel de la selva inundable en los cuales se ubicaron plántulas de esta especie. Se registró la cantidad de plántulas por metro cuadrado, la altura, la salud, su ubicación (bajo sombra o en claro) y las coordenadas. Estos cuadros fueron elegidos arbitrariamente. Adicionalmente se realizaron transectos de 30 m de largo que iniciaban desde la orilla del canal hacia tierra adentro. Se registró el número de plántulas por cada metro en el transecto.

8.3 Muestreo y análisis para conocer las características hídricas del suelo

Dentro o cerca del área donde se realizaron los cuadros de cobertura vegetal, se efectuaron y registraron con GPS (Global Positional System) tres transectos de 20 metros en cada tipo de vegetación (selva Inundable de *Pachira aquatica* ubicada en el Estero Negro (EN), selva Inundable de *Pachira aquatica* ubicada en el Estero los Arcos (EA), popal de *Commelina* sp. y *Mikania micrantha*, popal de *Thalia geniculata*, carrizal de *Cyperus giganteus*, cultivo de *Citrus sinensis* y pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp. Cada 10 metros sobre el transecto se colectaron las muestras de suelo para los análisis de densidad aparente, retención de agua y conductividad hidráulica (ver cuadro 5). Para los análisis de densidad aparente (DA) se colectaron dos muestras por punto en el transecto y profundidad (0 y 15 cm) (n por tipo de vegetación = 24). Para los análisis de retención de agua y conductividad hidráulica (RCH) se colectó una sola muestra por punto en el transecto y profundidad (n por tipo de vegetación = 6). Los datos de agua almacenada en la selva inundable de *Pachira aquatica* EN y EA, popal de *Commelina* sp. y *Mikania micrantha*, cultivo de *Citrus sinensis* y pastizal se obtuvieron a partir de muestras de perfiles de suelo de 1 m de profundidad realizados por el investigador Adolfo Campos Cascardero, como parte del mismo proyecto. En ellos se muestra la ubicación

de la toma de muestra a lo largo del transecto y el tipo de análisis realizado para cada tipo de vegetación.

Cuadro 5 Tipo de análisis (densidad aparente (DA) y retención de agua y conductividad hidráulica (RCH)) por cada sitio de muestreo.

Tipo de vegetación	Sitio de muestreo					
	Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
	Punto en cada transecto					
	1	2	1	2	1	2
Selva inundable de <i>Pachira aquatica</i> Estero Negro	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH
Selva inundable de <i>Pachira aquatica</i> Estero Arcos	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH
Popal de <i>Commelina</i> sp.y <i>Mikania micrantha</i>	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH
Popal de <i>Thalia geniculata</i>	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH
Carrizal de <i>Cyperus giganteus</i>	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH
Cultivo de <i>Citrus sinensis</i>	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH
Pastizal de <i>Sporobolus indicus</i> , <i>Oxalis corniculata</i> y <i>Axonopus</i> sp.	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH	DA	DA y RCH

8.3.1 Densidad aparente

La densidad aparente es una propiedad física del suelo que permite cuantificar el estado de compactación y la proporción de poros que éste posee, por medio de la relación entre el volumen y la masa de los sólidos (Skoop, 2000).

$$(\rho_b) = \text{masa del sólido} / \text{volumen}$$

Los poros del suelo pueden contener aire, agua u otro líquido (Skoop, 2000) y los procesos de transporte y almacenamiento del agua ocurren en este sistema de poros (Kutílek y Nielsen, 1994). La densidad aparente cambiará en

respuesta a las transformaciones o prácticas de manejo del suelo. Factores como la presencia de materia orgánica y la historia de compactación tienen una fuerte influencia en esta propiedad del suelo (Skoop, 2000).

La colecta de suelos para el análisis de densidad aparente se realizó con tubos de PVC de 48.35 cm³ de volumen. El tubo se colocó frente a la pared de una excavación para el perfil de suelo de aproximadamente 1 x 1 m en el suelo y con una tabla de por medio, se martilló hasta que el cilindro quedó dentro de la pared. Posteriormente se extrajo el cilindro con mucho cuidado buscando mantener el suelo dentro del tubo. Con una navaja se logró que el suelo quedara al ras del tubo. La porción que permaneció dentro del tubo se envolvió en papel aluminio y en una bolsa con su respectiva etiqueta. Para el análisis de laboratoriolas muestras se colocaron en platos de aluminio de peso conocido. Posteriormente se sometieron a una temperatura de 105°C durante 24 horas y se pesaron. Para conocer la densidad aparente se dividió la masa del suelo sobre su volumen(Campos Cascaredo y Moreno-Casasola, 2009).

8.3.2 Densidad real

La densidad real es aquella de las partículas sólidas en un suelo o roca. Para estimar dicha densidad se utilizó el método del picnómetro en el cual se registró el peso del matraz aforado con agua y el peso del matraz aforado con suelo más agua. El volumen que desplaza al agua sirve para estimar la densidad real. Se utilizó un picnómetro o matraz volumétrico de 50 ml en el cual se pesaron exactamente 5 g de suelo seco y tamizado (malla de 10 ó 2000 micrones). Al matraz de le agregaron 5 g exactos de suelo. Posteriormente se le introdujo agua, se sometió a baño maría con agua hirviendo por 2 horas para remover las burbujas de aire atrapado en el agua, agitándolos manualmente en forma eventual. Después el matraz de aforó, se enfrió y se pesó (matraz con suelo más agua). Finalmente se pesó el mismo matraz solo con agua.

Debido a que los 5 g de suelo fueron exactos y el peso del matraz vacío es constante y la densidad del agua varía en forma mínima, se utilizó la siguiente fórmula.

$$\text{Densidad real (g/cm}^3\text{)} = 5/5 - [(\text{Matraz +suelo+agua} - \text{Matraz+agua})]$$

8.3.3 Porosidad

El término de poro denota una parte del espacio en el suelo que no está llena por el suelo. La forma, el tamaño y el origen de los poros, juega un papel importante en la clasificación detallada del sistema de poros de un suelo, que es donde ocurren todos los procesos de transporte y almacenamiento del agua. El volumen relativo de poros, se conoce como porosidad del suelo.

$$P = V_p / V_t$$

donde V_p es el volumen de poros y V_t es la densidad total del suelo. Cuando el valor de porosidad es multiplicado por 100, se tiene la porosidad en porcentaje (Kutílek y Nielsen, 1994).

8.3.4 Retención de agua

La relación de energía y agua contenida en el suelo es una propiedad muy importante relacionada con la distribución del espacio de los poros (tamaño e interconexión) la cual está fuertemente determinada por la textura y estructura, además de otros factores tales como el contenido de materia orgánica. Esta relación es una propiedad hidráulica primaria requerida para modelar el flujo del agua, planes de riego y muchas otras aplicaciones relacionadas al manejo y predicción del comportamiento del agua en el sistema de poros del suelo (Or y Wraith, 2000).

El potencial hídrico Φ_w que posee el suelo está relacionado con el contenido de agua θ y generalmente se expresa como el potencial de presión h . En el

suelo ocurre la relación funcional $h(\theta)$ bajo condiciones particulares de consolidación, arreglo geométrico o agregación de partículas y otras características físicas y biológicas. Cuando esta función $h(\theta)$ es graficada, se obtiene una curva de retención (Kutílek y Nielsen, 1994). Otros autores utilizan el término curva de presión capilar (Dullien, 1979) o curva de la humedad característica del suelo (Childs, 1969 y Hillel, 1971). El uso de membranas y células de presión permite estimar esta relación bajo condiciones de laboratorio (Or y Wraith, 2000).

Para la realización de la curva de retención de agua se llevaron a cabo colectas de suelo con anillos de PVC de 23.7 cm³. La extracción consistió en colocar el anillo en la superficie y con una tabla de por medio éste se golpeó con un martillo de geólogo (ver Figura 4). Finalmente se extrajo el anillo con ayuda de una pala con el fin de mantener el suelo dentro de éste. Se quitó el exceso de suelo con una navaja dejando todo el anillo relleno de suelo, se cubrió con papel aluminio y se guardó en una bolsa de plástico etiquetada. En todas los tipos de vegetación se tomó una sola muestra por punto en el transecto y por profundidad (0 y 15 cm).

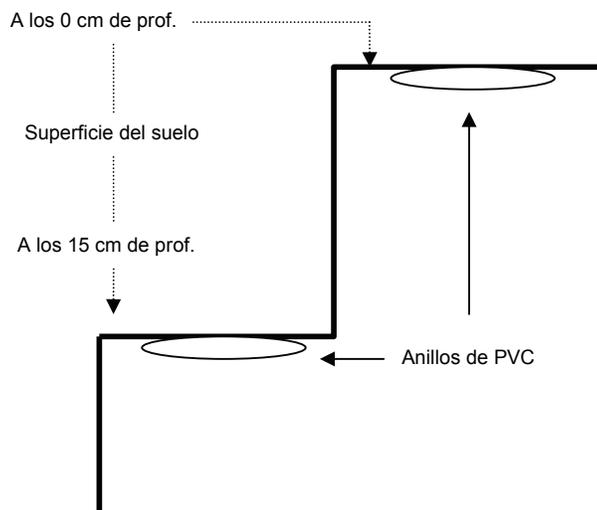


Figura 4. Profundidad de muestreo con los anillos de PVC para la prueba de retención de agua.

Este análisis fue llevado a cabo en el laboratorio de física de suelos del Colegio de Postgraduados. Se utilizaron las muestras de suelo dispuestas en los anillos de 23.7 cm³ para ser sometidas a condiciones de saturación bajo distintas presiones de aire comprimido proveniente de un tanque de 8.84 m³ de volumen marca PRAXAIR. Estas se colocaron en platos de cerámica (o membranas de presión) previamente saturados por 24 horas con agua. Estos platos, al ser porosos permiten que pase el agua sin que ocurran flujos de aire dentro de los poros. Al disponer las muestras sobre los platos se registró la siguiente información: fecha de saturación, número de muestra, enumeración del anillo y bares de presión a los cuales sería sometida. Las muestras sobre el plato permanecieron durante 24 horas en saturación y al siguiente día fueron colocadas en la olla de presión (olla de 5 Bar con plato de presión, extractor cat #1600 15.8 l de volumen, o la olla de 15 Bar con plato de cerámica, extractor cat #1500 de 11 l de volumen. Soil Moisture Equipment Co. Santa Bárbara California). Antes de colocar los platos en las ollas se eliminó el exceso de agua sobre la superficie escurriéndolos ligeramente. Una vez dentro de la olla, ésta se cerró con llaves de tuerca y se suministró aire extraseco proveniente del tanque (ver Figura 5). Las muestras fueron sometidas a las siguientes presiones: 0.1, 0.5 y 1 Bar de presión (colocadas dentro de la olla de presión de 5 Bar y sobre platos que soportan 1 Bar de presión máximo). En la olla de presión de 15 Bar se colocaron las muestras que fueron sometidas a 5 y 15 Bar de presión y sobre platos que soportan los 15 Bar de presión máximo. Las muestras permanecieron un día dentro de la olla. Posteriormente se sacaron y se pesaron sobre un plato de aluminio tarado, contando también el peso del anillo que posteriormente sería restado. Una vez pesadas, las muestras fueron introducidas a una estufa (Estufa Imperial V LAB-LINE, Laboratory OVEN) y sometidas a 105 °C durante 24 horas. Al ser sacadas de la estufa fueron pesadas y el dato registrado de nuevo.

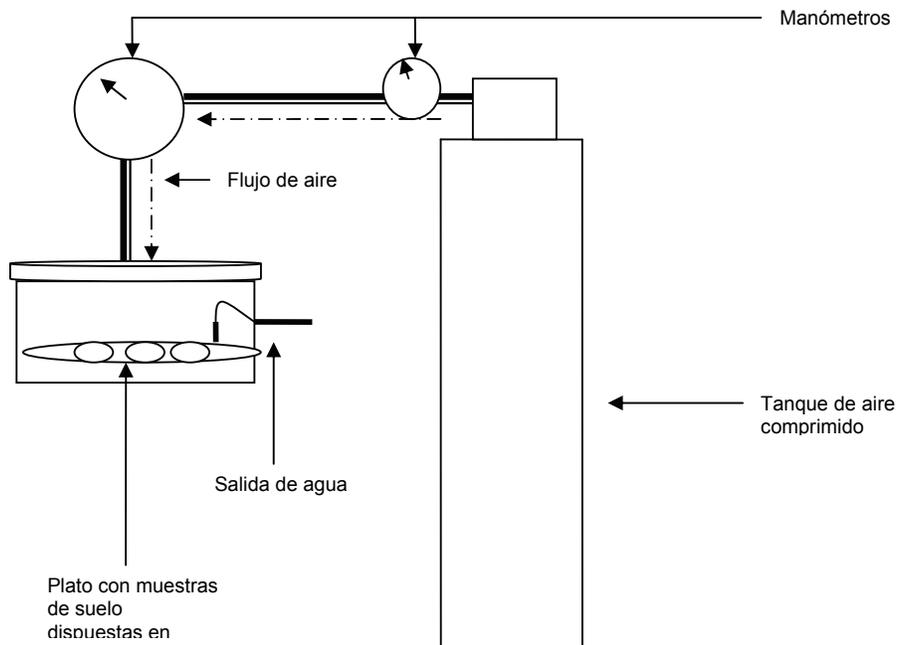


Figura 5. Sistema de flujo de aire a presión para el análisis de retención agua.

La fórmula para obtener la retención de agua es la siguiente:

$$\text{Retención de agua} = \frac{(\text{peso húmedo} - \text{peso seco}) \times 100}{\text{peso seco}}$$

Los resultados de cada muestra fueron multiplicados por su respectiva densidad aparente y posteriormente multiplicados por 100 para obtener los cm^3 de agua que hay por cm^3 de suelo. Posteriormente los resultados se introdujeron al programa RETC® (Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils) para obtener la curva en una escala logarítmica y poder predecir a través de ésta y del modelo de Mualem la curva de conductividad hidráulica. La ecuación de Van Genuchten es la siguiente:

$$Se = \frac{1}{[1 + (\alpha h)^n]^m}$$

donde α , n y m son constantes empíricas que afectan la forma de la curva de retención y S_e es el grado efectivo de saturación ($0 \leq S_e \leq 1$). En este caso el valor de m era de $m = 1 - 1/n$ para ajustar la ecuación al modelo de Mualem.

8.3.5 Agua almacenada

Se estimó el agua almacenada en los suelos de la selva Inundable de *Pachira aquatica* EN y EA, popal de *Commelina* sp. y *Mikania micrantha*, cultivo de *Citrus sinensis* y pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp., donde se realizaron perfiles. A través de los datos de porosidad se calculó el agua almacenada por cada horizonte de perfil de la siguiente manera:

$$\text{Agua almacenada} = \text{porosidad} / 100 \times \text{espesor del horizonte}$$

Posteriormente se sumaron las cifras de agua almacenada de cada horizonte obteniendo el total de agua almacenada en 1 m de profundidad para cada tipo de vegetación.

8.3.6 Conductividad hidráulica

Una de las funciones más importantes del suelo es la de actuar como esponja de agua (Hammer, 1995). La conducción del agua a través del suelo es fundamental de manera que los suelos transportan nutrientes y contaminantes hacia los mantos freáticos (Peat *et al.*, 2000). La porosidad del suelo permite que mucha de la precipitación se infiltre. El agua que no se filtra, se evapora, se estanca o corre a través de las redes de drenaje. El agua infiltrada se transmite verticalmente para recargar las aguas subterráneas o lateralmente para ser liberada a las aguas superficiales por flujo preferencial. En áreas donde cantidades sustanciales de suelo han sido removidas o pavimentadas, la respuesta de los flujos de agua, resulta en un flujo más rápido y grande que el flujo en el suelo original (Hammer, 1995). La infiltración del agua está

estrechamente relacionada con la materia orgánica presente en el suelo (Harrison *et al.*, 1993). La conductividad hidráulica (K) es una función del fluido y las propiedades del suelo (Radcliffe y Rasmussen, 2000), por lo tanto está afectada por la textura y estructura del suelo y será elevada en suelos fracturados o con muchos agregados comparada con aquella de suelos compactados o muy densos. Los valores de conductividad hidráulica dependen del volumen y la continuidad de los poros (Horn, 1990). Dependiendo de la densidad de los agregados y de la continuidad de los poros, K puede ser 4 órdenes de magnitud más baja en los agregados que en todo el suelo, excepto cuando el suelo contiene arena en su mayor parte, en cuyo caso puede no haber diferencia (Gunzelmann *et al.*, 1987).

Los resultados de conductividad hidráulica se obtuvieron a partir de la aplicación del modelo de Mualema los datos de retención de agua por medio del programa RETC ®. El modelo de Mualem predice la conductividad hidráulica relativa K y se escribe de la siguiente manera:

$$K(S_e) = K_s S \left[\frac{f(S_e)}{e f(1)} \right]^2$$

donde

$$f(S_e) = \int_0^{S_e} \frac{1}{h(x)} dx$$

donde K_s es la conductividad hidráulica en condiciones de saturación.

8.4 Encuesta sobre los procesos de transformación que han ocurrido en los humedales del ANPCF y sobre la concepción de éstos como vegetación que mitiga los impactos naturales

Se realizó un sondeo por medio de encuestas de forma directa a 41 personas mayores de edad (0.92% de los pobladores de Flores Magón, La Vigüeta, El Fuerte Anaya, 2 de Octubre y Casitas). Principalmente eran pescadores, agricultores, ganaderos, amas de casa y vendedores. Junto con la encuesta se registraron los siguientes datos: fecha y lugar de aplicación de la encuesta, datos GPS en caso de no estar dentro de una localidad específica, nombre del entrevistador, nombre del entrevistado, su localidad de origen, edad, ocupación y años de residir en la zona. Las preguntas se realizaron cara a cara con las personas con un cuestionario previamente formulado (Ver sección de anexos 13.1 y 13.2) con el objetivo de conocer los eventos de transformación y los efectos por los huracanes y tormentas que los habitantes han observado en la zona urbana y de conservación. Otra parte de la encuesta consistió en conocer la concepción que los habitantes tienen de los humedales con respecto a su valor como vegetación que mitiga los efectos de impactos naturales y como un elemento benefactor en general. Las respuestas se agruparon y se graficaron en Excel para su observación.

8.5 Matriz de conflictos y potencialidades generada por el equipo proyectual

Se generó una matriz que reflejara las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas sociales y ambientales que enfrenta el ANPCF con base en las conversaciones con los pobladores, las visitas de campo, las encuestas y la percepción de un equipo de trabajo (seis personas con experiencias diversas de trabajo e investigación en el ANPCF y sus alrededores: Biól. Abraham Juárez, Biól. Alejandra Robledo, Biól. Eduardo Cejudo, Dra. Dulce Infante, Dra. Patricia Moreno-Casasola, Antropol. Krystyna Paradowska como parte del proyecto de OIMT-Conafor-INECOL (Criterios para el ordenamiento de

manglares y selvas inundables en la planicie costera central de Veracruz, México: un instrumento de manejo comunitario. Pd 349/05).

La fase inicial para la creación de la matriz consistió en la identificación de los conflictos y potencialidades observados por el grupo dentro del campo de estudio. Según Pesci *et al.* (2007) esto permite la explicación del comportamiento complejo del ambiente mediante una síntesis perceptiva de las incompatibilidades entre la necesidad y la realidad, y/o intereses encontrados (conflictos) y las fortalezas y oportunidades existentes (potencialidades). Las matrices son una de las tantas herramientas metodológicas propuestas para el análisis relacional de los conflictos y potencialidades, con vistas a realizar un diagnóstico profundo que nos permita identificar el o los subsistemas decisores (principales conflictos) y el o los temas generadores (principales potencialidades) más apropiados para resolver los subsistemas decisores definidos.

Los conflictos son aquellas situaciones o patrones que encierran una situación no deseada y por tanto apuntan hacia la problemática existente. Las potencialidades son las fortalezas, las bondades, las oportunidades que se presentan, los puntos de leva para producir los cambios y frecuentemente la parte positiva que da ánimo y que une para trabajar conjuntamente en el proyecto. Dentro del conjunto de conflictos, un paso fundamental es descubrir, cuál es el elemento que realmente está provocando el desajuste más evidente, el desajuste más multiplicador, el que mayor influencia tiene. Una vez identificado se le conoce como "subsistema decisor", pues si se aborda, debido a su efecto multiplicador, su solución tendrá un impacto mayor y será decisivo en el éxito del proyecto. Para ello, además de dar un valor a cada conflicto, resulta esencial medir las energías interactivas, las relaciones y dependencias, que desarrollan entre ellos, con la finalidad de definir los más alterantes y los más alterados, siempre dentro del espacio proyectual (Pesci *et al.*, 2007). Las potencialidades permiten definir el "tema generador" (Pesci, 2000). Éste es el punto en el que con una fuerza menor se puede mover un peso mayor, es decir lograr el mayor cambio. Puede haber más de un subsistema decisor y más de un tema generador y suele haberlo (Moreno-Casasola, 2009).

Los pasos para realizar las matrices fueron los siguientes:

1. Generación de un listado sobre los principales conflictos y potencialidades observados observados por el grupo de trabajo.

2. Elaboración de fichas en las cuales se describió cada conflicto y cada potencialidad.

3. Elaboración de dos matrices en Excel, una para conflictos y otra para potencialidades. Respectivamente se desplegó la lista realizada anteriormente tanto en filas como en columnas con el fin de relacionarlas unas con otras. La valoración implicó dos aspectos. Se valoró la existencia de una relación y cuando la había, la intensidad de la relación de un conflicto con otro, e igualmente se hizo con las potencialidades. Para asignar dicho valor en el caso de los conflictos, la pregunta fue: ¿existe una relación entre el conflicto "a" y el "b"? Si no la hay no hay valor que poner en la matriz o es simplemente cero. Si hay relación la pregunta es ¿en cuánto afecta o incide el conflicto "a" al conflicto "b"? En el caso de las potencialidades la pregunta fue: ¿existe una relación entre la potencialidad "a" y la "b"? ¿en cuánto fortalece o refuerza en su carácter positivo la potencialidad "a" a la potencialidad "b"? El valor asignado fue cualitativo con una escala de tres niveles: 0=no existe relación, 1= existe relación pero es poca o baja, 2= existe relación y es media, 3= existe relación y es alta o importante. Para cada par de conflictos se analizó si el conflicto de la columna afecta al de la fila o viceversa. Cuando el conflicto de la columna afecta al de la fila se establece el signo de + y cuando el conflicto de la fila afecta al de la columna se establece el signo de – (ver detalles en cuadro 6). Lo mismo se hizo con las potencialidades. Al final se añadió una columna en la cual se anotó la suma absoluta sin tomar en cuenta los signos – y +, después se añadió una columna en la cual se anotó la suma de todos los valores positivos (los conflictos y potencialidades más alterantes) y otra columna en la cual se anotó la suma de todos los valores negativos (los conflictos y potencialidades más alterados). Los valores más altos de estas columnas fueron los conflictos o potencialidades de mayor importancia.

Cuadro6.Matriz de conflictos. La dirección de la flecha indica cual de los dos conflictos tiene efecto sobre el otro y por lo tanto el signo (+ ó -). Se realizó el mismo tipo de matriz para las potencialidades.

	CONFLICTO a	CONFLICTO b	CONFLICTO c	TOTAL ABSOLUTO	SUMA DE VALORES POSITIVOS	SUMADE VALORES NEGATIVOS
CONFLICTO a	0	+2	-3	5	2	3
CONFLICTO b	+3	0	-1	4	3	1
CONFLICTO c	-1	-1	0	2	0	2

El valor más alto (puede ser más de uno) de los totales absolutos se consideró el “subsistema decisor”, indicando cuál es la relación más importante, el conflicto que tiene mayor número de relaciones. Es el conflicto que al resolverse va a tener mayor impacto y va a reducir la intensidad de la relación con otros conflictos. En el caso de las potencialidades, el valor más alto de los totales absolutos fue el “tema generador” para superar los conflictos hallados anteriormente o incrementar las potencialidades encontradas.

Las matrices reflejan la visión del equipo proyectual sin embargo, ello no es suficiente para generar una participación de la comunidad. Existen varias maneras de incrementar la participación e incluir información sobre la percepción que la comunidad tiene sobre el humedal, sus recursos, problemas y potencialidades. Las encuestas y entrevistas permiten ahondar la información, afinar el conocimiento y la comprensión de esa percepción y por tanto tener mejores bases para asegurar que el proyecto ambiental que se diseñe, ahora tomando en cuenta las matrices resultantes de la inclusión de la visión comunitaria, realmente permita generar cambios, entre ellos mejores pautas de manejo, cambio de actitudes, participación con responsabilidad, etc. En la medida que dichos conflictos y potencialidades representen no solamente la visión del equipo proyectual, sino también de la propia comunidad, este diagnóstico será una película de la problemática que rodea al humedal, de las necesidades que existen y de las oportunidades que hay (Moreno-Casasola, 2009).

8.6 Análisis estadístico

Con el fin de conocer si hay diferencias significativas entre cada tipo de suelo según el agua que retienen y según el agua que almacenan, se realizó un ANOVA de una vía de Kruskal-Wallis usando una $P < 0.050$ a los resultados de retención de agua y agua almacenada con el programa Sigma Plot ®. Los datos de densidad aparente y porosidad fueron analizados con el programa Minitab versión 14, con una prueba múltiple de contraste de Tukey de dos vías, sitio(7) vs porosidad (2) y sitio(7) vs densidad aparente (2) para conocer si hay diferencias entre cada tipo de suelo y según la profundidad a la cual se tomaron las muestras.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Análisis de la cobertura vegetal del ANPCF y mapa de vegetación

A continuación pueden observarse los cuadros de vegetación que se realizaron en cada sitio (cuadros 7 a 13). En el caso de los cuadros de vegetación herbácea se muestran la frecuencia, frecuencia relativa, dominancia relativa y valor de importancia. En los cuadros de vegetación arbórea se proporcionan los datos de cobertura, densidad, densidad relativa, dominancia y dominancia relativa. Infante Mata (2011) realizó un listado florístico y un análisis de la estructura de la vegetación de la selva inundable de esta zona. En dicho estudio se observó que las selvas de planicies son dominadas por *Pachira aquatica*, *Ficus*spp. y palmas (*Attalea liebmanni*y *Roystonea dunlapiana*), así como por las lianas *Dalbergia browneie* *Hippocratea celastroides*, y las selvas localizadas en depresiones de dunas, por *Annona glabray* *Pachira aquatica*.

La región de Tecolutla-San Rafael-Nautla-Gutiérrez Zamora corresponde a amplias extensiones costeras inundables, que van desde humedales arbóreos (manglar, selva inundable, bosque ripario), herbáceos (tulares, popales, planicies de ciperáceas, pastizales inundables) y planicies de inundación de ríos. Son ecosistemas de alta biodiversidad y mucha fragmentación (Infante Mata, 2011).

Cuadro 7. Frecuencia, frecuencia relativa, cobertura relativa (CR) y valor de importancia relativa (VIR) de la cobertura herbácea que conforma el popal de *Commelina* sp. y *Mikania micrantha*por número de cuadro. NI= especie no identificada.

Cuadro	CR y VIR	<i>Hymenachne amplexicaulis</i> Poaceae	<i>Commelina</i> sp. Commelinaceae	<i>Hypsis</i> sp. Labiatae	<i>Mikania micrantha</i> Asteraceae	Cucurbitaceae	<i>Boehmeria cylindrica</i> Urticaceae	<i>Mikania</i> sp. Asteraceae	<i>Panicum</i> sp. Poaceae	<i>Lippia queretarensis</i> Verbenaceae	Polygonaceae	NI1	NI2
1	CR	51.00	41.00	1.00	5.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	VIR	67.67	53.50	5.17	21.67	5.17	13.50	4.17	4.17	4.17	4.17	8.33	8.33
2	CR	1.00	43.00	0.00	53.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	VIR	17.67	55.50	4.17	69.67	4.17	12.50	5.17	5.17	5.17	4.17	8.33	8.33
3	CR	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.00	0.00	0.00
	VIR	16.67	13.50	4.17	16.67	4.17	12.50	4.17	4.17	4.17	103.17	8.33	8.33
4	CR	1.20	0.00	0.00	24.00	0.00	73.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	1.20
	VIR	17.87	12.50	4.17	40.67	4.17	85.50	4.17	4.17	4.17	4.17	8.93	9.53
Frecuencia		4	3	1	4	1	3	1	1	1	1	2	2
Frecuencia relativa		16.67	12.50	4.17	16.67	4.17	12.50	4.17	4.17	4.17	4.17	8.33	8.33

Cuadro 8. Frecuencia, frecuencia relativa, cobertura relativa (CR) y valor de importancia relativa(VIR) de la cobertura herbácea que conforma el popal de *Thalia geniculata*por número de cuadro. NI= especie no identificada.

Cuadro	CR y VIR	<i>Thalia geniculata</i> Marantaceae	NI1	NI2	NI3	<i>Desmodium</i> sp. Fabaceae	NI6	<i>Paspalum</i> sp. Poaceae	<i>Mikania micrantha</i> Asteraceae	Acanthaceae	<i>Ipomoeatiaceae</i> Convolvulaceae	plántula de <i>Pachira aquatica</i> Malvaceae
1	CR	97.00	0.60	1.20	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	VIR	117.00	5.60	6.20	5.60	5.60	5.00	15.00	15.00	5.00	15.00	5.00
2	CR	68.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
	VIR	88.00	5.00	5.00	5.00	5.00	33.00	16.00	16.00	6.00	16.00	5.00
3	CR	96.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.50	0.00	0.50	0.00
	VIR	116.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	18.00	15.50	5.00	15.50	5.00
4	CR	97.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.50	1.00
	VIR	117.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.50	16.00	5.00	15.50	6.00
Frecuencia		4	1	1	1	1	1	3	3	1	3	1
Frecuencia relativa		20.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00	15.00	5.00	15.00	5.00

Cuadro 9. Frecuencia, frecuencia relativa, cobertura relativa (CR) y valor de importancia relativa (VIR) de la cobertura herbácea que conforma el carrizal de *Cyperus giganteus* por número de cuadro. NI= especie no identificada.

Cuadro	CR y VIR	<i>Cyperus giganteus</i> Cyperaceae	NI1	NI2	<i>Hymenachne amplexicaulis</i> Poaceae	<i>Salvinia</i> sp. Salviniaceae	<i>Ipomoea</i> spp. Convolvulaceae	<i>Chamaecrista</i> sp. Fabaceae	<i>Eleocharis interstincta</i> Cyperaceae
1	CR	88.50	1.00	5.20	0.00	0.10	5.20	0.00	0.00
	VIR	113.50	13.50	17.70	18.75	6.35	11.45	12.50	6.25
2	CR	69.00	30.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	VIR	94.00	42.50	12.50	19.75	6.25	6.25	12.50	6.25
3	CR	7.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	1.00	90.00
	VIR	32.00	12.50	12.50	20.75	6.25	6.25	13.50	96.25
4	CR	94.00	0.00	0.50	5.00	0.00	0.00	0.50	0.00
	VIR	119.00	12.50	13.00	23.75	6.25	6.25	13.00	6.25
Frecuencia		4	2	2	3	1	1	2	1
Frecuencia relativa		25.00	12.50	12.50	18.75	6.25	6.25	12.50	6.25

Cuadro 10. Frecuencia, frecuencia relativa, cobertura relativa (CR) y valor de importancia relativa(VIR) de la cobertura herbácea que conforma el pastizal por número de cuadro. NI= especie no identificada.

Cuadro	CR y VIR	<i>Axonopus compressus</i> Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> Poaceae	<i>Sporobolus indicus</i> Poaceae	NI1	<i>Mimosa pudica</i> Fabaceae	<i>Oxalis corniculata</i> Oxalidaceae	<i>Chamaecrista</i> sp. Fabaceae	<i>Hydrocotyle</i> sp. Aplacaeae	NI2	<i>Eugenia capuli</i> Myrtaceae	<i>Lippia queretarensis</i> Verbenaceae
1	CR	86.00	0.00	9.50	1.00	0.50	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	VIR	103.39	4.35	26.89	5.35	9.20	19.39	14.04	4.35	4.35	4.35	4.35
2	CR	89.00	0.00	9.50	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	VIR	106.39	4.35	26.89	4.35	8.70	17.89	14.04	4.35	4.35	4.35	4.35
3	CR	95.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00
	VIR	112.39	5.35	18.39	4.35	8.70	18.39	14.04	4.85	4.85	4.35	4.35
4	CR	58.00	0.00	11.40	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	29.00	0.10
	VIR	75.39	4.35	28.79	4.35	9.20	18.39	13.04	4.35	4.35	33.35	4.45
Frecuencia		4	1	4	1	2	4	3	1	1	1	1
Frecuencia relativa		17.39	4.35	17.39	4.35	8.70	17.39	13.04	4.35	4.35	4.35	4.35

Cuadro 11. Densidad, densidad relativa, dominancia, dominancia relativa, densidad relativa + dominancia relativa y cobertura relativa (%) de dos de las especies dominantes de la selva inundable de *Pachira aquatica* de Estero Negro, por número de cuadro.

Cuadro	Densidad, dominancia y cobertura	<i>Pachira aquatica</i> (Malvaceae)	<i>Pithecellobium latifolium</i> (Fabaceae)
1	Densidad	8.00	0.00
	Densidad relativa	100.00	0.00
	Dominancia	272.60	0.00
	Dominancia relativa	100.00	0.00
	Den. r. + Dom. r.	200.00	0.00
	Cobertura relativa (%)	50.00	0.00
2	Densidad	5.00	1.00
	Densidad relativa	83.33	16.67
	Dominancia	187.60	18.80
	Dominancia relativa	90.89	9.11
	Den. r. + Dom. r.	174.22	25.78
	Cobertura relativa (%)	50.00	20.00
3	Densidad	9.00	0.00
	Densidad relativa	100.00	0.00
	Dominancia	301.60	0.00
	Dominancia relativa	100.00	0.00
	Den. r. + Dom. r.	200.00	0.00
	Cobertura relativa (%)	70.00	0.00

Cuadro 12. Densidad, dominancia, densidad relativa, dominancia relativa, densidad relativa + dominancia relativa y cobertura relativa (%) de los dos de las especies dominantes de la selva inundable de *Pachira aquatica* de Estero Arcos, por número de cuadro. NI = no identificada.

Cuadro	Densidad, dominancia y cobertura	<i>Pachira aquatica</i> (Malvaceae)	<i>Pithecellobium recardii</i> (Fabaceae)	NI
1	Densidad	3.00	2.00	1.00
	Densidad relativa	50.00	33.33	16.67
	Dominancia	152.80	78.00	31.50
	Dominancia relativa	58.25	29.74	12.01
	Den. r. + Dom. r.	108.25	63.07	28.68
	Cobertura relativa (%)	60.00	50.00	10.00
2	Densidad	7.00	0.00	0.00
	Densidad relativa	100.00	0.00	0.00
	Dominancia	85.40	0.00	0.00
	Dominancia relativa	100.00	0.00	0.00
	Den. r. + Dom. r.	200.00	0.00	0.00
	Cobertura relativa (%)	1.00	0.00	0.00
3	Densidad	6.00	0.00	0.00
	Densidad relativa	100.00	0.00	0.00
	Dominancia	173.30	0.00	0.00
	Dominancia relativa	100.00	0.00	0.00
	Den. r. + Dom. r.	200.00	0.00	0.00
	Cobertura relativa (%)	80.00	0.00	0.00

Cuadro 13. Densidad, densidad relativa, dominancia, dominancia relativa, densidad relativa + dominancia relativa y cobertura relativa (%) del cultivo de *Citrus sinensis* por número de cuadro.

Cuadro	Densidad, dominancia y cobertura	<i>Citrus sinensis</i> (Rutaceae)	<i>Coccoloba barbadensis</i> (Polygonaceae)
1	Densidad	2.00	0.00
	Densidad relativa	100.00	0.00
	Dominancia	120.10	0.00
	Dominancia relativa	100.00	0.00
	Den. r. + Dom. r.	200.00	0.00
	Cobertura relativa (%)	30.00	0.00
2	Densidad	1.00	1.00
	Densidad relativa	50.00	50.00
	Dominancia	44.90	33.30
	Dominancia relativa	57.42	42.58
	Den. r. + Dom. r.	107.42	92.58
	Cobertura relativa (%)	15.00	2.50
3	Densidad	2.00	0.00
	Densidad relativa	100.00	0.00
	Dominancia	152.00	0.00
	Dominancia relativa	100.00	0.00
	Den. r. + Dom. r.	200.00	0.00
	Cobertura relativa (%)	40.00	0.00

En el mapa de vegetación (ver Figura 6) se registraron los siguientes tipos de vegetación: selva inundable de *Pachira aquatica*; comunidades hidrófitas herbáceas: popal de *Commelina* sp.y *Mikania micrantha*, popal de *Thalia geniculata* y carrizal de *Cyperus giganteus*; cultivo de cítricos (*Citrus sinensis*) y pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp.

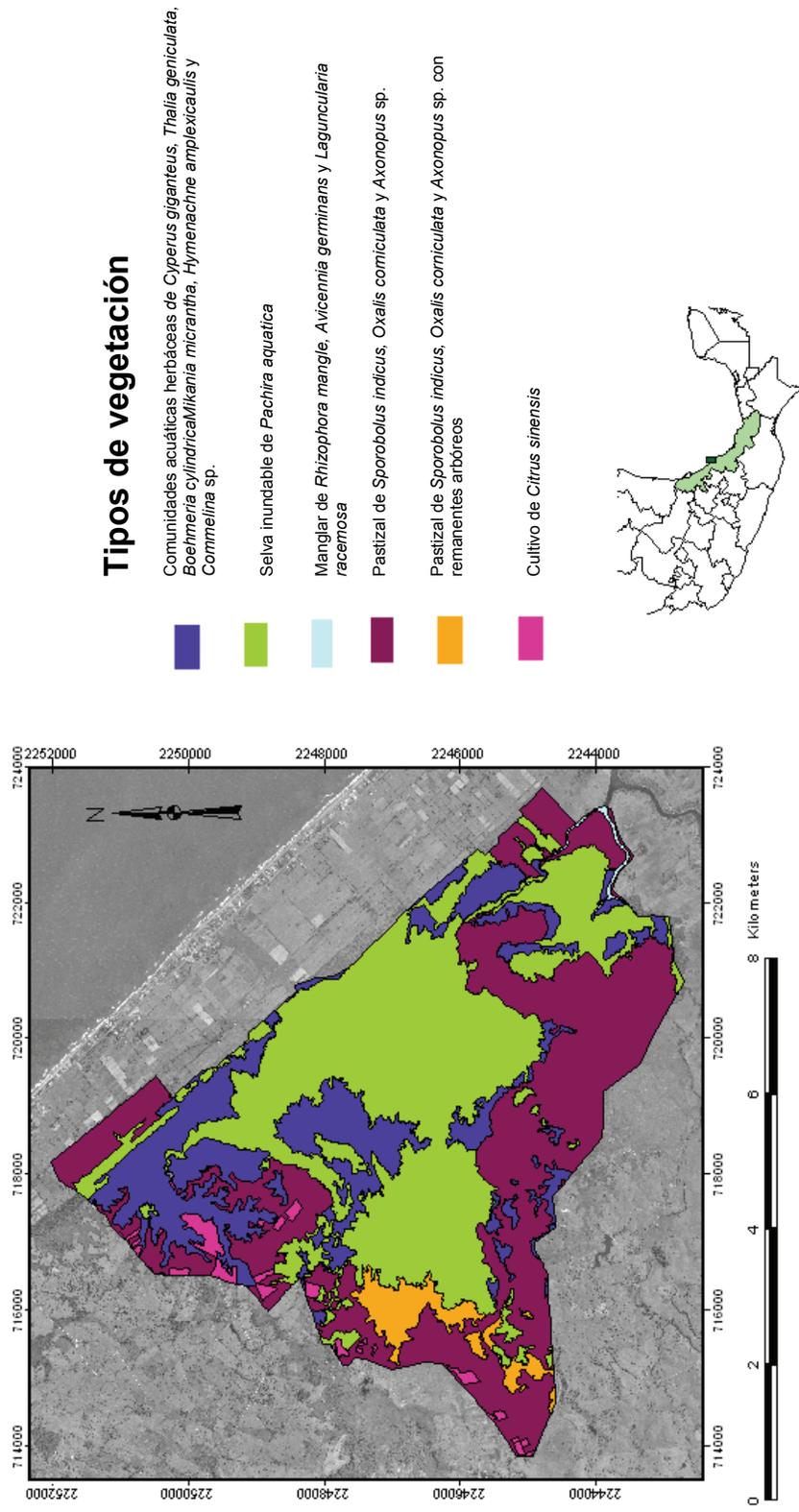


Figura 6. Mapa de vegetación del Área Natural Protegida Ciénega del Fuerte, Tecolutla, Veracruz.

Cuadro 14. Superficie (Ha) y porcentaje del área que cubre cada tipo de vegetación en el ANPCF.

Tipo de vegetación	Superficie (Ha)	Porcentaje (%) de área
Selva inundable de <i>Pachira aquatica</i>	1747.07	40.9
Popal de <i>Commelina</i> sp. y <i>Mikania micrantha</i> y carrizal de <i>Cyperus giganteus</i> y <i>Thalia geniculata</i>	819.21	19.2
Manglar de <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> y <i>Avicennia germinans</i>	15.67	0.4
Cultivo de <i>Citrus sinensis</i>	71.36	1.7
Pastizal de <i>Sporobolus indicus</i> , <i>Oxalis corniculata</i> y <i>Axonopus</i> sp.	1619.26	37.9
Superficie total	4272.57	100

Las áreas de vegetación herbácea incluyen comunidades dominadas por *Thalia geniculata* L. (Marantaceae), *Cyperus giganteus* L. (Cyperaceae), *Eleocharis interstincta* R. Br. (Cyperaceae), *Boehmeria cylindrica* (L.) Sw. (Urticaceae), *Mikania micrantha* Kunth (Asteraceae), *Commelina* sp. L. (Commelinaceae). Este tipo de vegetación ocupa el 19% del ANP (cuadro 14). También se encontraron gramíneas nativas tolerantes a la inundación que forman potreros o pastizales como *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees (Poaceae). En las orillas de estas comunidades se pudo observar que había contacto con ganado si el área estaba rodeada por pastizal. Las áreas de cultivo cuya extensión cubre 71.36ha, son principalmente de naranja *Citrus sinensis* L. (Rutaceae) y limón *Citrus limon* (L.) Burm. F., aunque se observaron en menor superficie cultivos de sandía y maíz.

El manglar, cuya extensión cubre tan solo 15.67 ha, está dominado por *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae), *Avicennia germinans* L. (L.) (Avicenniaceae), y *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn (Combretaceae)

según el mapa del plan de manejo del ANPCF publicado por (CEMA, 2002). A pesar de que estas especies se observaron en el campo, no fueron registradas en los cuadros.

El pastizal cubre el 35% del área de estudio con 1619.26 ha estuvo dominado por *Axonopus* sp. P.Beauv. (Poaceae), *Sporobolus indicus* (L.) R. Br. (Poaceae) y *Oxalis corniculata* L. (Oxalidaceae). En este tipo de vegetación se observaron algunos elementos arbóreos remanentes de los tipos de vegetación que existían anteriormente a la conversión a potreros, especialmente *P. aquatica* y especies pertenecientes a las familias Arecaceae, Bombacaceae, Polygonaceae, Moraceae, entre otras. Ello significa que es un potrero inundable, ya que la hidrología de la zona no muestra indicios de drenaje.

La selva inundable es una comunidad dominada por *Pachira aquatica* Aubl. (Malvaceae) y cubre el 41% del ANPCF. Para este tipo de vegetación se realizaron dos muestreos con 3 cuadros de vegetación en cada uno. Un sitio se ubicó en el estero Arcos (EA), muy cercano al manglar. El otro sitio se ubicó en el estero Negro (EN). No se hicieron más cuadros debido a que no es un estudio de vegetación propiamente, solamente se quería tener certeza del tipo de vegetación presente.

El cambio de uso de suelo a zona de cultivo y potrero ha sido el factor de mayor impacto realizado a través de la tala y quema de la cobertura vegetal para la introducción de pasto o de plantas de cultivo. Otros eventos que han modificado el paisaje son los eventos naturales (i.e., huracanes y tormentas), la contaminación de los cuerpos de agua, y los procesos que conlleva el desarrollo urbano en general. Tomando en cuenta al pastizal y la zona de cultivo, el área que ha sufrido cambios de uso de suelo cubre el 39.6% del ANP y el resto está cubierto por los humedales. El hecho de que más de la mitad de la superficie corresponda a los humedales representa un enorme potencial para su conservación al aportar un importante reservorio genético de los recursos naturales, así como numerosos servicios ambientales. Sin embargo la superficie cuyo uso del suelo ha cambiado a potrero habla de una presión sumamente fuerte y de necesidades de restauración.

9.2 Efectos de los huracanes y tormentas en el ANPCF

9.2.1 Efectos en la cobertura arbórea de la selva inundable de *Pachira aquatica* del ANPCF

Los huracanes producen inundaciones y/o vientos de gran intensidad. Durante el año 2007, en la zona de estudio, el huracán Dean produjo inundación, pero en cambio Lorenzo trajo fuertes vientos que tiraron gran cantidad de árboles de la selva inundable. Para saber cuáles árboles fueron derrumbados por los huracanes se pidió ayuda a los pescadores/campesinos que conocen muy bien la zona y pudieron mostrar los árboles que cayeron con dichos eventos. Uno de los efectos de los huracanes es la actual alternancia de claros y zonas con doseles densos. De forma generalizada los árboles derrumbados estaban rodeados por uno o varios individuos que si permanecían erguidos. En la figura 7 se observa la distancia de la orilla a la cual se encontraban los árboles derrumbados. Se encontraron árboles de *Pachira aquatica*, *Inga vera* y 3 individuos no identificados de diferentes especies.

Se realizaron 5 transectos cada 100 metros y otros 8 transectos arbitrariamente elegidos en función de la accesibilidad. El largo de éstos lo determinaba el último árbol derrumbado encontrado o la accesibilidad de la zona.

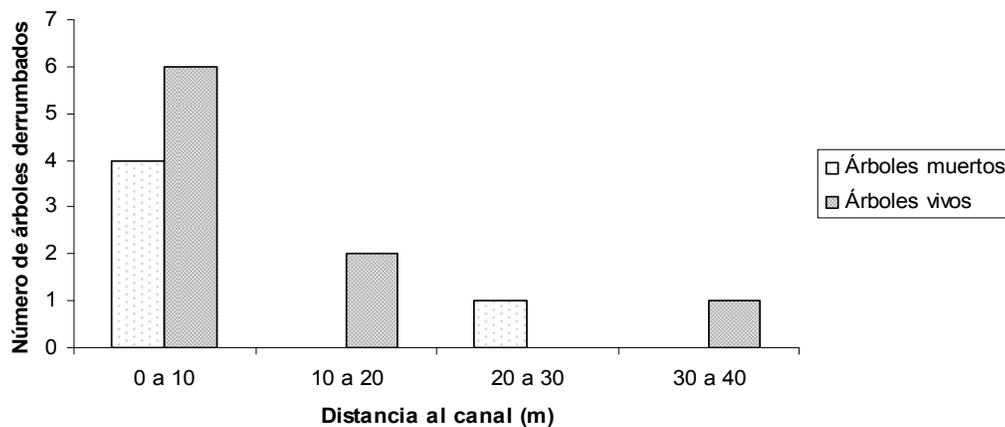


Figura 7. Intervalos de distancia a la cual se encontraron 14 árboles derrumbados en 5 transectos generados cada uno desde la orilla del canal hacia tierra adentro.

Algunos árboles estaban parcialmente cubiertos por lianas, enredaderas u otros árboles. Nueve de los siete árboles vivos fueron encontrados con la raíz fuera del suelo. Los individuos muertos presentaron la madera cubierta por hongos, líquenes, enredaderas, lianas.

El cuadro 15 muestra el número de árboles derrumbados y el intervalo de distancia a la cual se encontraban de la orilla del estero. Para realizar este cuadro se tomaron los datos de los 13 transectos realizados (los 8 transectos que fueron arbitrariamente elegidos y los 5 transectos realizados cada 100 metros).

Cuadro 15. Número de árboles derrumbados cada 5 metros tierra adentro a partir del canal de navegación en 13 transectos (n =28).

Intervalo en m	No. de árboles derrumbados
0 a 5	8
5 a 10	8
10 a 15	1
15 a 20	4
20 a 25	3
25 a 30	4

El 57% de los árboles derrumbados en los transectos de 30 m, estaba en las orillas de los esteros (de 0 a 10 m). Esto sugiere que los árboles que se encuentran en las orillas son más susceptibles a los embates del viento. A pesar de estar derrumbados, algunos individuos (9 de 14) estaban vivos con pequeños retoños por lo que potencialmente podrían reecolonizar ese espacio.

Los huracanes Dean y Lorenzo tuvieron efectos sobre las selvas del ANPCF. Parte de estos daños fueron el derrumbe de una gran cantidad de árboles y la expansión posterior de especies de enredaderas. Ahora se observa una alternancia de claros y zonas con cobertura arbórea. A pesar de que no se realizaron registros sobre los efectos en el manglar, en éste se observaron muchos árboles con las ramas rotas y cubiertos por lianas, las cuales mencionaron los pescadores de la región, son efecto de los huracanes.

9.2.2 Ubicación de plántulas de *Pachira aquatica*

En los cuadros de plántulas de *P. aquatica* se encontró una densidad promedio de 3.23 plántulas/m² (n=71). Algunas presentaban defoliación, herbivoría y manchas por hongos o virus pero las hojas estaban vivas en todos los casos. En el siguiente cuadro se muestra la densidad relativa y altura promedio de las plántulas al encontrarse en claros o bajo la sombra.

Cuadro 16. Densidad relativa y altura promedio de las plántulas de *P.aquatica* registradas en 22 cuadros (10 cuadros ubicados bajo sombra y 12 en claros).

Condición de luz en que se ubico a las plántulas	Densidad relativa	Altura promedio ± ES (cm)
Sombra	43.66	69.36 ± 4.70
Claro	57.75	73.53 ± 7.53

En el cuadro 17 se muestra el número y porcentaje de plántulas registradas por intervalo de distancia en transectos de 30 metros de largo desde la orilla del estero hacia tierra adentro. Se presentaron más plántulas cerca de la orilla, de 0 a 5 m de ésta. A partir de los 15 m aproximadamente, fue disminuyendo el número de plántulas conforme el transecto se dirigía tierra adentro.

Cuadro 17. Número y porcentaje de plántulas de *Pachira aquatica* observadas en intervalos en 8 transectos de 30 m (n = 30).

Intervalo en m	No. de plántulas	Porcentaje de plántulas (%)
0 a 5	12	39
5 a 10	6	20
10 a 15	5	17
15 a 20	2	7
20 a 25	2	7
25 a 30	3	10

Una gran proporción (59%) de las plántulas de *P. aquatica* se encontró entre los 0 y 10 m de la orilla del canal en los transectos de 30 m. Las semillas de *P.aquatica* se dispersan por medio del agua (Infante y Moreno-Casasola,

2005). Ésta puede ser una de las razones por la cual la mayoría de las plántulas germinan en las orillas de los canales. Las plántulas de *P.aquatica* representan un potencial de recuperación visible para la selva inundable. Adicionalmente, en el manglar se pudieron observar numerosas plántulas de *P. aquatica*, *Inga vera* y *R. mangle*.

9.2.3 Percepción de los habitantes

9.2.3.1 Procesos de transformación del ANPCF

Se entrevistó a 41 personas de diferentes edades (ver cuadro 18) y con varias profesiones (ver figura 8). Las principales ocupaciones eran: amas de casa, comerciantes, agricultores y pescadores. Las edades fluctuaron entre los 18 a los 86 años y se entrevistó a 12 mujeres y 29 hombres.

Cuadro 18. Número de personas entrevistadas de acuerdo al rango de edad. n= 41.

Rango de edad	Número de personas
Jóvenes (18-29)	7
Adultos(30-59)	25
Adultos mayores(60-86)	9

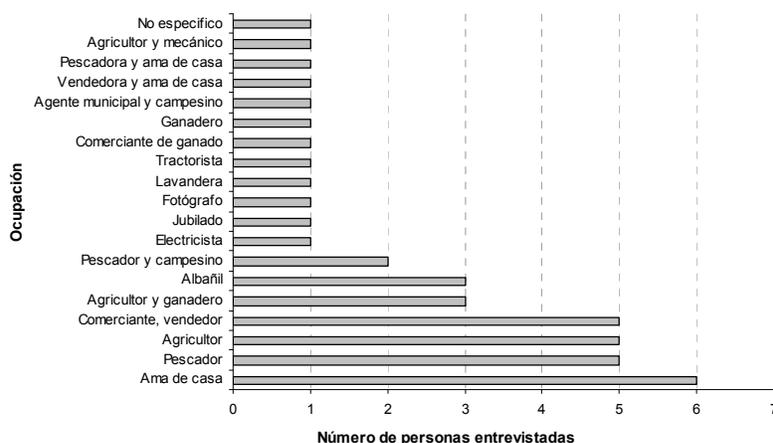


Figura 8. Proporción de las personas entrevistadas de acuerdo a su ocupación. n= 41.

Relativo a los procesos de transformación que han sufrido los humedales del ANPCF, el 48.8% de las personas encuestadas mencionan que los humedales han permanecido. Joaquín Rodríguez, campesino que habita en Flores Magón desde hace 60 años, menciona que: *“desde 1944 se ha ido deforestando, había cantidad de animales, ahora ¿qué van a deforestar? Hace como 20 años tumbaron por aquí como 300 ha”*. Eliodoro Álvarez Castellano, campesino, ganadero y agricultor con 71 años de residir en El Fuerte Anaya mencionó que *“antes de dedicaban a la vainilla, luego al maíz, luego chile, luego naranjo, después sembraron pasto para criar ganado hace como 15 ó 20 años y aumentan los pastizales”*. La figura 9 muestra la proporción de respuestas aportadas a la pregunta que se refiere a eventos de transformación a pastizal o cultivo en Ciénega del Fuerte con respecto al tiempo que los encuestados llevan habitando la zona. La mayor proporción de los entrevistados fluctuó entre los 21 y 40 años de residir cerca o a los alrededores del ANPCF. Aún las personas que tienen pocos años de residir en esta zona, han observado eventos de transformación. Estos cambios se han presenciado desde hace 71 años y hasta por lo menos los últimos 10 años. Del total de los encuestados el 53% ha observado conversión a pastizal o zona de cultivo.

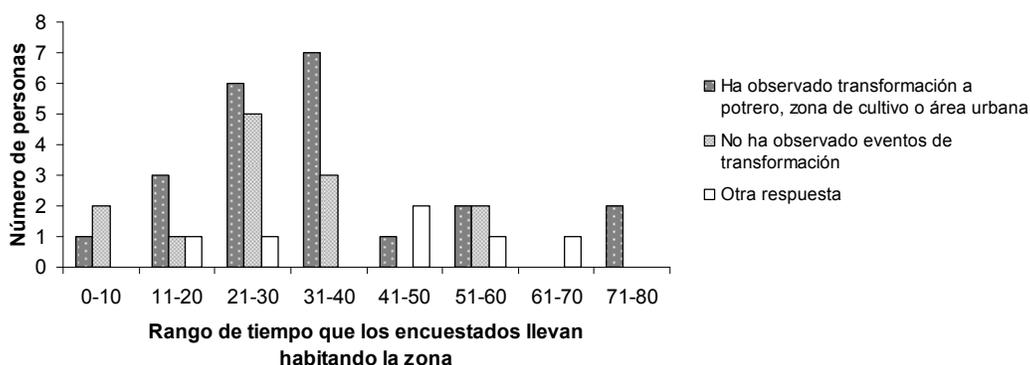


Figura 9. Rango de tiempo que los habitantes llevan habitando la zona y número de personas que respondieron con referencia a la pregunta sobre eventos de transformación de Ciénega del Fuerte (conversión a potrero, zona de cultivo o área urbana). n=41.

Ejemplos de otras respuestas que los entrevistados dieron en torno a si han observado eventos de transformación en el ANPCF, fueron: que “*no se respeta, se ha hecho un basurero*”. Algunas de las personas que no han observado la transformación a potreros o zonas de cultivo mencionaron que se está reforestando la zona y que no se puede convertir a potrero porque el manglar tiene mucha agua.

Cerca del 50% de los entrevistados mencionan que han observado transformaciones en el ANP. Se esperaba que la gente que lleva más años de residir en la zona fuese la que más cambios ha observado, sin embargo fue la población de entre 30 y 40 años. Esta tendencia puede estar relacionada con las actividades que cada persona lleva a cabo y que pueden ser distintas en cuanto al grado de familiarización o contacto con la zona ocupada por los humedales.

Los eventos de transformación del ANPCF se deben a factores naturales y humanos. Los naturales son principalmente eventos meteorológicos que cada vez ocurren con mayor incidencia y que provocan cambios en la vegetación tales como el derrumbe de árboles y con esto una mayor alternancia de claros y zonas con cobertura arbórea así como la formación de bocas al mar o zonas de canalización que cambian la hidrología del humedal. Estos cambios no necesariamente serán negativos o en una dirección contraria a la conservación de estos humedales. Pueden representar parte de su dinámica como ecosistema, sin embargo el aumento en la frecuencia e intensidad de los huracanes, tormentas y grandes inundaciones podrían superar la capacidad de regeneración de los humedales sobre todo si a esta situación se suman alteraciones o eventos de transformación provocados por la actividad humana tales como la contaminación de los cuerpos de agua y del suelo, la tala clandestina, y el cambio de uso de suelo que implica la desecación de los humedales, la pérdida de la cobertura vegetal y de los servicios ambientales que éstos proveen.

9.2.3.2 Efectos provocados por los huracanes y tormentas en el ANPCF

Al preguntar a los pobladores sobre los efectos provocados por los huracanes y tormentas en los diferentes tipos de vegetación del ANPCF, respondieron que el principal impacto en la vegetación de manglares y selvas ha sido la caída y ruptura de árboles además de otros daños que sufre la vegetación como la defoliación y la ruptura de ramas o troncos (Figura 10). Según algunos entrevistados: “Se secan los árboles porque se quedan sin ramas”, “caen las hojas de los árboles y se secan, se va aclarando”. Otros efectos son la contaminación, arrastre de basura, arrastre de químicos, “el manglar huele muy mal”. Un pescador mencionó que “el sol penetra más, se calienta el agua y hay menos camarón”. Otra pescadora respondió que “se tapa la corriente del agua, se pierde la pesca”.

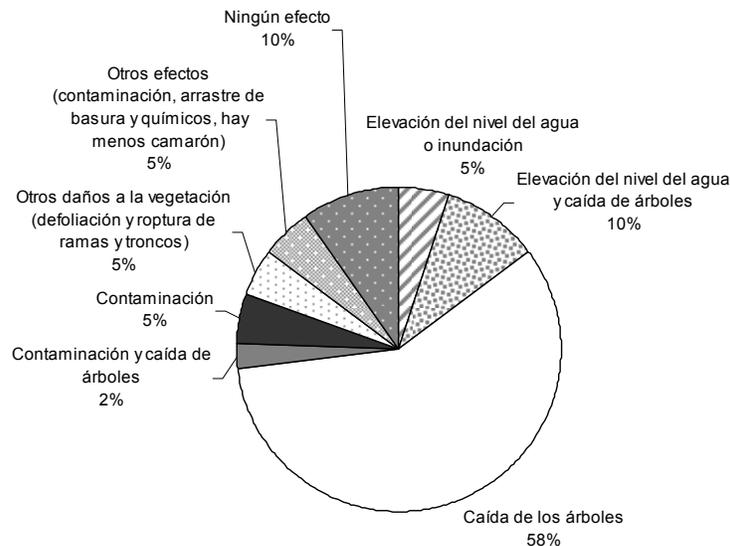


Figura 10. Efectos de los huracanes y tormentas en los manglares y selvas según las personas encuestadas. n= 41.

El 31% de los encuestados (ver figura 11) mencionaron que los popales y tulares permanecen igual. Según otras personas, éstos últimos se pierden por el exceso de agua, el aire o el agua salobre los seca, “se pudren”, “se agrian las

plantas". Algunos respondieron que la corriente del río arrastra la vegetación hasta el mar, "*tapa las salidas al mar*", los pescadores tienen que limpiar de vegetación en las bocas al mar. Otros efectos son que: disminuye o aumenta el nivel del agua, la vegetación comienza a retoñar y "*mantiene más vida*".

Otras respuestas fueron que "*ya no hay popal ni tular*", "*son afectados en sequías, cuando les meten lumbre*".

Los pobladores mencionaron que los popales y tulares son arrastrados por la corriente, son secados por el viento o se inundan. Durante los estudios en la zona no se observaron los efectos en los popales relacionados con los huracanes que se dieron previamente al estudio. Estos tipos de humedales están compuestos por cobertura herbácea con ciclos de vida más cortos que la arbórea y que presentan una gran diversidad en sus adaptaciones para responder a la fuerza de las corrientes del agua o del viento. Aún así es posible que en algunos sitios los huracanes hayan modificado la estructura de la vegetación en estos tipos de humedal o que hayan ocurrido cambios instantáneos y poco perceptibles a largo plazo.

Relativo a la vegetación flotante y sumergida, los pescadores mencionaron que es benéfico el hecho de que la corriente se lleve al mar el lirio acuático *Eichhornia crassipes*, ya que permite el acceso por el estero. La gente de la zona lo usa para alimentar al ganado en las temporadas secas y actualmente las mujeres están elaborando artesanías con esta planta.

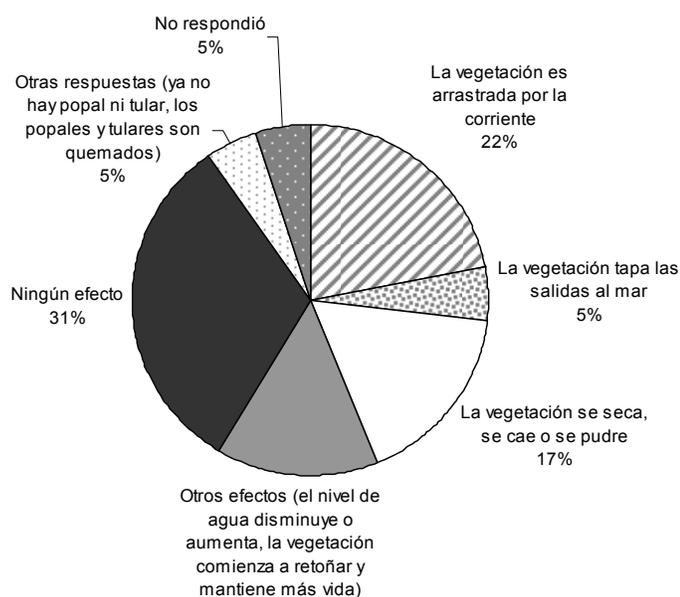


Figura 11. Efectos de los huracanes y tormentas en los popales y tulares según las personas encuestadas. n= 41.

En los ríos sube el nivel del agua, se desbordan y se abren más las bocanas al mar. Las zonas de canalización cambian de posición o se amplían después de los huracanes. El 52% de las personas entrevistadas (ver figura 12) han observado la formación de nuevas bocas al mar o zonas de canalización que ocurrieron por los huracanes y tormentas. Algunos mencionan que *“tan solo han cambiado de posición o se desbordan”* sin embargo después de 1999 se abrieron dos nuevas bocas al mar (ver figura 13). Otros respondieron que al subir el nivel del agua ésta se contamina por los químicos que bajan del estero, *“el agua sube y con crecientes el agua se apesta y no hay camarón, se pudre el zacate”, “se enturbia”, “se inunda y se estanca”, “se contaminan, ahorita está contaminado con la juguera”*(respuesta del día 2 de Octubre de 2009, fecha posterior a días de fuertes lluvias que inundaron gran parte de Casitas y Flores Magón - la juguera se refiere al complejo de procesadoras de cítricos que se encuentran en Martínez de la Torre). Algunos mencionan que el río se lleva el sedimento y los árboles. Una de las personas encuestadas respondió que debido a los huracanes el nivel del agua baja y otra persona mencionó que *“agua no hubo, hubo más aire”*.



Figura 12. Efectos de los huracanes y tormentas en los ríos que forman parte del ANPCF según las personas encuestadas. n= 41.

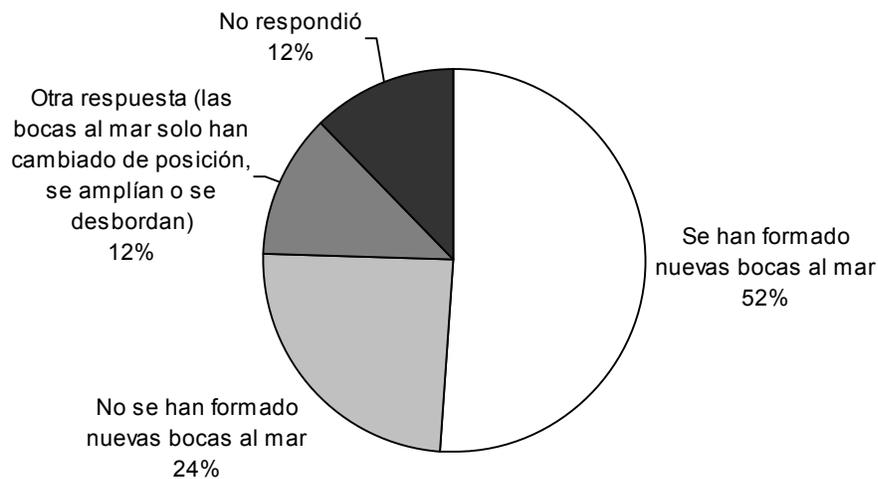


Figura 13. Formación de nuevas bocas al mar o zonas de canalización que ocurrieron por los huracanes y tormentas según las personas encuestadas. n= 41.

Relativo al agua, el 41% ha observado que aquella de los pozos se enturbia, y después hay que limpiar dichos pozos (Figura 14). Hay proliferación de moscos y tienen que fumigar. Al subir el nivel, las aguas negras se salen de las fosas y

los esteros se contaminan y mueren los peces. Otras respuestas son: “cada vez corre más agua”, “hay cambios en el nivel aunque el agua es muy limpia”, “solo crece y baja”, “merma el agua”.

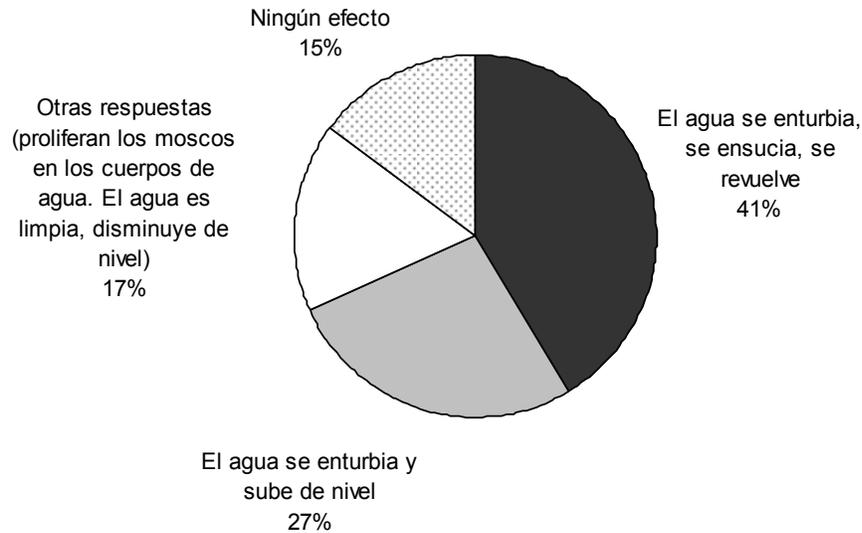


Figura 14. Efectos de los huracanes y tormentas en el agua, según las personas encuestadas. n= 41.

Con respecto al suelo, éste se inunda, se deslava y se forman hoyos (Figura 15). Algunos mencionaron que en el año 1999 éste rebasó el techo o bien que el agua subió a dos metros aproximadamente. Una persona mencionó que se inundó desde Martínez de la Torre y el agua arrastró fertilizantes. Otros efectos son que el suelo queda arenoso, se reblandece y se hace fangoso en parte bajas, se reseca, se cuartea y se pierde.

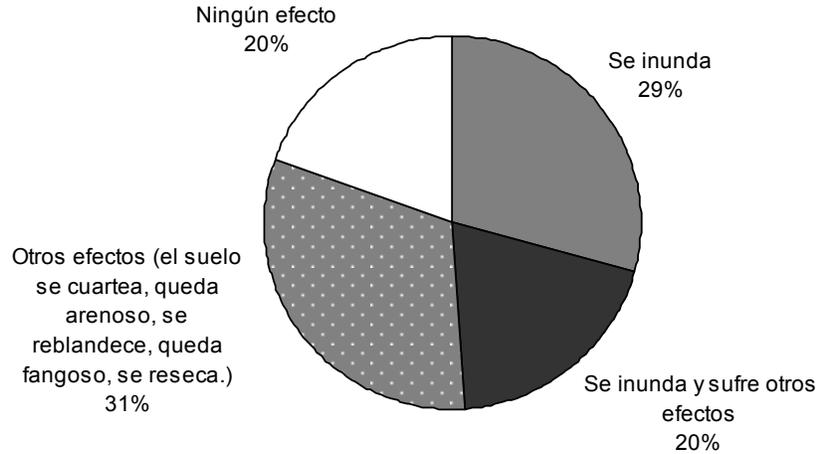


Figura 15. Efectos de los huracanes y tormentas en el suelo según las personas encuestadas. n= 41.

Con los huracanes y las tormentas, los animales son arrastrados por las corrientes, mueren de neumonía o por contaminación del agua (Figura 16). Los encuestados mencionan también que los que tienen ganado necesitan rentar partes altas para que éstos no sean arrastrados por la corriente. *“Ellos buscan los lugares más altos y otros se sacrifican para el alimento para la gente”, “en una ocasión bajamos varias vacas de arriba del mangle”, “los que pueden subir a la loma se salvan”, “los peces y el camarón se mueren”.*

A pesar de que algunas personas tienen ocupaciones relacionadas con los animales como los pescadores, no hubo una tendencia clara a alguna respuesta en particular. En el caso de estos últimos la mitad mencionó que los animales no sufren ningún daño y la otra mitad mencionó que éstos se ahogan. Las 20 personas encuestadas que trabajan en el campo (pescadores, agricultores, ganaderos) mencionaron que los animales se ahogan, enferman, sufren algún accidente, o que los dueños tienen que llevarlos a sitios más elevados a excepción de 4 personas que mencionaron que no les sucede nada a los animales. Las amas de casa tuvieron respuestas muy variadas. Tres de ellas mencionaron que los animales se ahogan o son arrastrados por la

corriente, una mencionó que muere mucho pescado, otra respondió que no les pasa nada y por último una de ellas indicó que mueren por enfermedad.

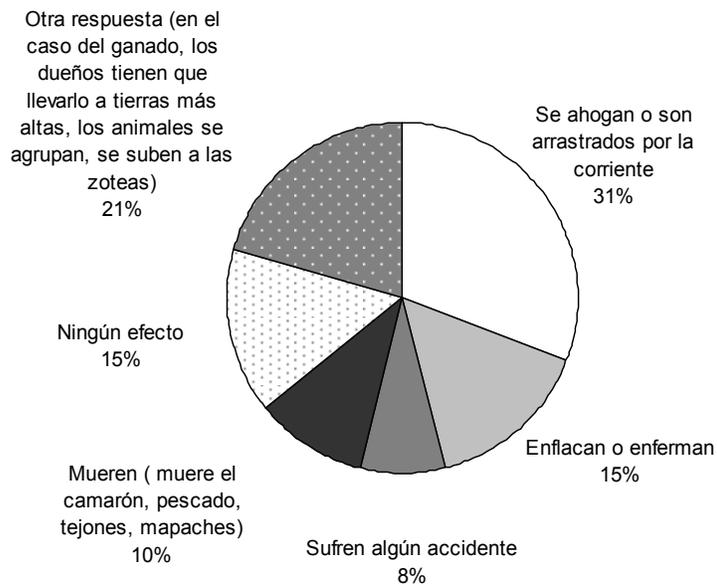


Figura 16. Efectos de los huracanes y tormentas en los animales según las personas encuestadas. n= 41.

Los efectos que los habitantes de la zona han sufrido en sus casas, han sido principalmente la pérdida de las láminas que conforman su techo (ver figura 17). Doce personas mencionaron que las casas son destruidas, algunos reportaron que por inundación y otros porque las casas de láminas vuelan con el viento. En ocasiones las inundaciones se llevan sus casas. En otros casos las casas se deterioran o se quiebran, presentan cuarteaduras debido a que las lluvias mueven el suelo y las ventanas se rompen. Junto con la pérdida de techos algunos encuestados mencionaron que también los tanques de agua, árboles, postes y bardas vuelan con el impacto del viento. Una persona mencionó que no hay albergues a los cuales acceder cuando sus casas se inundan. Teresa Velásquez de 51 años mencionó que en la inundación de 1999 su casa quedó bajo el agua.

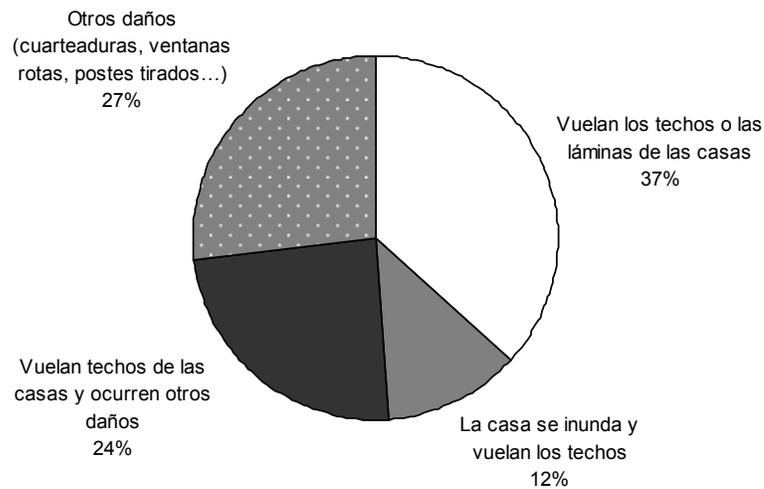


Figura 17. Efectos de los huracanes y tormentas según las personas encuestadas. n= 41.

Los sitios de mayor densidad de población (Flores Magón y Casitas) están asentados en las orillas de la carretera o de áreas extensas de potreros, muchos de éstos inundables ya que eran humedales y presentan una baja densidad arbórea por lo cual son muy susceptibles a los vientos que vienen del mar. Una persona reportó que en ocasiones las inundaciones inclusive se llevan sus casas y una gran proporción de personas (34%) mencionó que el viento se lleva las láminas del techo por lo que quedan desprotegidos. En todas las poblaciones el agua se obtiene de los pozos así que cuando hay inundaciones o fuertes tormentas, el agua se enturbia y no tienen agua limpia disponible. Por otro lado las aguas negras se salen de las fosas y se mezclan con las de los pozos. Estos efectos, entre otras cosas permiten concluir que Flores Magón y Casitas son poblaciones vulnerables a los efectos por huracanes y tormentas debido a la ausencia de barreras que disminuyan la intensidad del viento (la densidad de la cobertura arbórea es baja) y su cercanía con la playa. Por otro lado la inundación de 1999 nos aporta un antecedente sobre las repercusiones que puede tener un evento meteorológico de gran envergadura como lo fue esta inundación, la cual representó grandes pérdidas en todos los sectores. Según Huertero (2000) hubo pérdida de vidas humanas en las áreas urbanas y rurales, grandes daños materiales, la muerte

de ganado y la destrucción de cultivos, además de la modificación del paisaje de las áreas afectadas.

Los potreros o pastizales se ven afectados por diversas causas (Figura 18). Se inundan con lo cual se muere y se pudre el pasto y el ganado hace fangoso el suelo con el agua. “Se anegan”, “el aire quema el pasto”, “el gusano barrenador prolifera y acaba con el zacate”, “el pasto no quiere crecer”. También caen los árboles y rompen los alambrados y la gente tiene que sacar al ganado cuando se inunda.

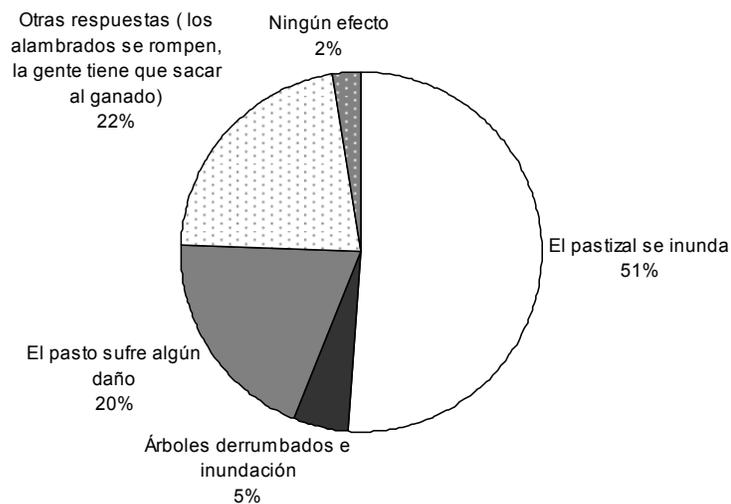


Figura 18. Efectos de los huracanes y tormentas en los potreros según las personas encuestadas. n= 41.

El sector ganadero es afectado por la muerte de los animales por enfermedad o se ahoga. Algunos comentaron que los animales tienen que llevarse a lomas o sitios más elevados para que no les llegue el agua. Con las inundaciones el pasto se muere y no hay alimento para el ganado, y el suelo se hace lodoso y no permite el paso a los animales. A pesar de que existe gran cantidad de agua disponible proveniente de los humedales para el ganado y el pasto que los alimenta, las anteriores situaciones revelan que por la naturaleza del relieve y por el aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos, ésta no es una zona apta para la actividad ganadera. El sector agrícola también es afectado por las intensas lluvias e inundaciones ya que los frutos caen con los vientos o no maduran lo suficiente.

Con Dean y Lorenzo (en el año 2007), los pescadores fueron afectados en cuanto a su labor debido a que varios de los árboles que cayeron obstruyeron el acceso en distintos puntos del canal, por lo cual tuvieron que organizarse para pedir permisos de tala y ellos mismos abrir de nuevo el paso en los canales. Por otro lado, el bejuco cayó junto con los árboles formando una red de ramas que no permitía pasar en muchos sitios y ha seguido creciendo y trepando sobre árboles afectando aún más la selva. Fuera de las encuestas, algunos pescadores comentaron que el frío genera que el camarón se esconda. Adicionalmente, el agua se enturbia y contamina con los fertilizantes y pesticidas que vienen de río arriba (la actividad agrícola de Martínez de la Torre) cuando hay grandes inundaciones, por lo tanto sufren una reducción en su pesca.

Moreno-Casasola *et al.* (2006) mencionan que existen pocos reportes sobre el impacto ambiental, social y económico de huracanes en México y que el proceso de poblamiento del litoral y la presencia de mayores inversiones en la zona costera han hecho que se cobre conciencia de la vulnerabilidad y riesgo que presenta para el hombre y sus actividades, vivir en la zona costera. Los efectos de los huracanes y tormentas antes mencionados representan un panorama de lo que ocurre en muchas zonas costeras.

9.2.3.3 Percepción social sobre el ANPCF y los huracanes y tormentas que impactan en la zona

En torno a cambios en la intensidad de los huracanes el 83% de las personas entrevistadas respondió que ha observado un aumento (Figura 19).

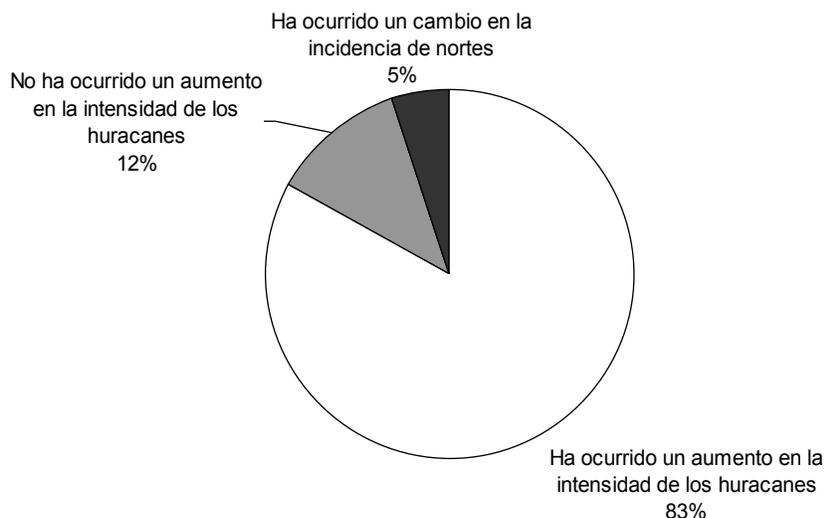


Figura 19. Percepción de la gente respecto a los cambios en la intensidad de los huracanes en los últimos años. n=41.

Adicionalmente algunos mencionaron que *“apenas hace dos años no se metía el huracán a tierra”*, que *“hay más afluencia de agua”*, que son más frecuentes. Inclusive hubo quienes contestaron que es la primera vez que ven un huracán. Algunas respuestas particulares fueron las siguientes: *“antes eran nortes, eran 15 días de norte. Hubo un huracán en los cuarentas, hasta esta fecha. El que nos dio en la torre fue el de hace 4 años. Todo mundo se subió para el Fuerte y el 2 de Octubre. En el 99 andábamos en la lancha entre las calles”*, *“cada vez son más frecuentes, las inundaciones, el mar está subiendo tierra adentro y los calores aumentan”*, *“ésta es la primera vez, siempre nos hemos inundado pero no había tirado los techos”*.

Con respecto a las zonas de inundación, el 35% conformado por personas con diversas ocupaciones en donde destacan por ser mayoría, el total de los comerciantes (5 personas) entrevistados y la mitad de las amas de casa (3 personas), considera que las zonas de potrero se inundan más (Figura 20). Un 29% opina que es en la vegetación nativa donde se observan mayores inundaciones. El 27% respondió que la inundación es igual en la vegetación nativa y potrero. Es importante considerar que el 38% del ANP está

conformada por potreros y un poco más del 60% por la vegetación nativa, por lo tanto las respuestas pudieron haber sido aportadas considerando la superficie que ocupa cada tipo de vegetación y no necesariamente las características intrínsecas (*i.e.* tipo de suelo, elevación, etc.) o uso de suelo que hacen que un tipo de vegetación se inunde más que otro.

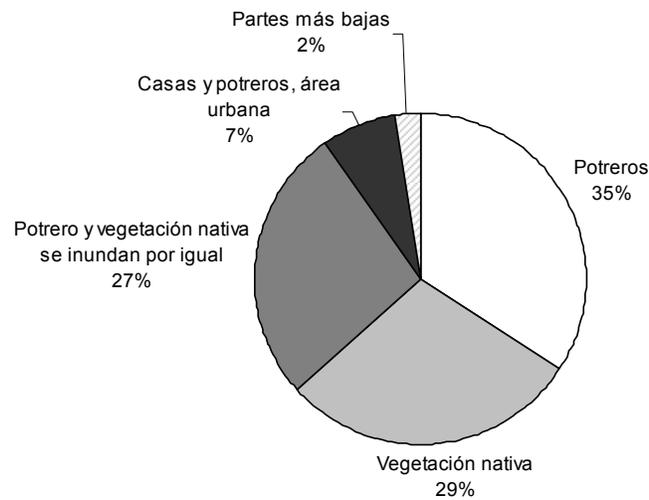


Figura 20. Percepción de los entrevistados respecto a qué zonas son de mayor inundación. n=41.

Relativo a la contribución de los humedales en general, el 12% (dos vendedores, un agricultor/ganadero, un comerciante de ganado y un albañil en un rango de edades de los 28 a los 39 y una persona de 60 años) mencionaron que éstos perjudican debido a que el humedal no permite crecer el pasto (Figura 21). Al inundarse los potreros, el pasto se pudre y no hay comida para el ganado.

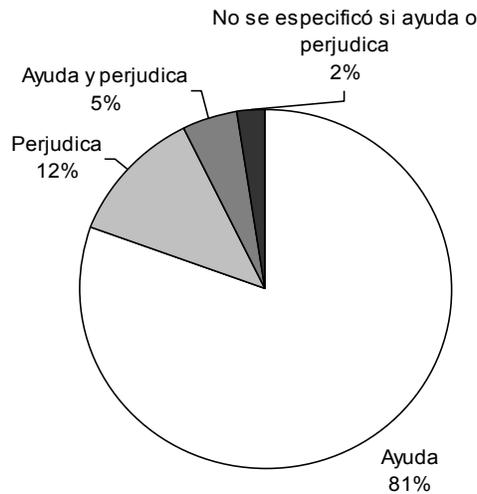


Figura 21. Concepción sobre los humedales como vegetación nativa que ayuda o perjudica. n=41.

Dos personas (un tractorista y un ama de casa) sugieren que ocurren ambas situaciones, es decir que ayudan y perjudican: *“ayudan en que se llevan la madera y perjudican cuando hay palos podridos”*. Un agricultor respondió no estar seguro.

El 81% de los entrevistados respondió que los humedales benefician. Algunos de los beneficios que mencionaron son: protección contra el viento, producción de agua de lluvia, filtración y absorción del agua, mantenimiento de los mantos acuíferos, producción de oxígeno, conservación de la fauna y son sitios que atraen a la acamaya y el camarón. Algunas respuestas al respecto fueron: *“Cuando se convierten a pastizal el suelo se vuelve más pobre”*, *“ayuda, si no hubiera manglares nos inundaríamos más, absorben el agua”*, *“ayuda porque entre más agua más lluvia”*, *“ayuda porque dicen que sino tendríamos agua salada aquí”*, *“ayuda en la protección del medio ambiente, los manglares están protegidos”*, *“ayuda porque produce oxígeno, sino sería un desierto, es un pulmón”*, *“ayuda en tiempo de secas, ahí se queda la tierra”*, *“a nosotros como pescadores ayuda”*.

El hecho de que las personas consideren que los humedales representan un beneficio para ellos y para su entorno y que valoren los servicios ambientales que estos aportan, es un factor que puede potencializar los procesos encaminados a la conservación y uso sustentable de los humedales y sus recursos. Con mayor facilidad, los habitantes estarán interesados en convertirse en actores de dichos procesos en cuyo caso la percepción de que el humedal ayuda o beneficia su entorno sería el primer paso ya emprendido para una gran mayoría de los habitantes.

Se preguntó si de poder decidir aumentarían el área de humedales (Figura 22). El 66% prefiere aumentar el área de dicha área. Una persona mencionó que el problema es del mismo gobierno que está vendiendo áreas a algunas personas y esto inició un proceso de deforestación. Estas son algunas de las respuestas a favor de aumentar el área de vegetación nativa: *“sería lo más bonito”, “entre más vegetación mejor”, “sí, se necesita urgentemente”, “sí, yo siembro árboles para que llamen el agua”, “el problema es la gente, algunos quieren comprar la Ciénega para hacer potreros, se tumbaron 300 hectáreas y en el Fuerte tumbaron 200 hectáreas. En Monte Gordo acabaron con todo el manglar. Sí nos encantaría. Se está reforestando con mangle y zapote reventador”*. Un ganadero y agricultor mencionó que la zona *“no se puede convertir a pasto porque es pura ciénega”*.

Cuatro personas (12%) consideraron que conservarían el área de vegetación nativa así como está. Una de ellas mencionó: *“ya no aumentarla pero sí mantenerla, es un atractivo turístico”*.

Dos personas respondieron que disminuirían la zona de vegetación nativa, uno de ellos argumento que *“disminuiría el área de vegetación nativa para que el ganado tenga espacio”*. Otras respuestas fueron: *“habría que explotarlo productivamente”, “no sé, no hay trabajo cuando crece aquí esta vegetación”, “ya no se podría, nos tendríamos que salir porque ya no cabe”, “mitad y mitad, los árboles cuidan las casas, dan oxígeno y el pasto alimenta a las vacas”*.

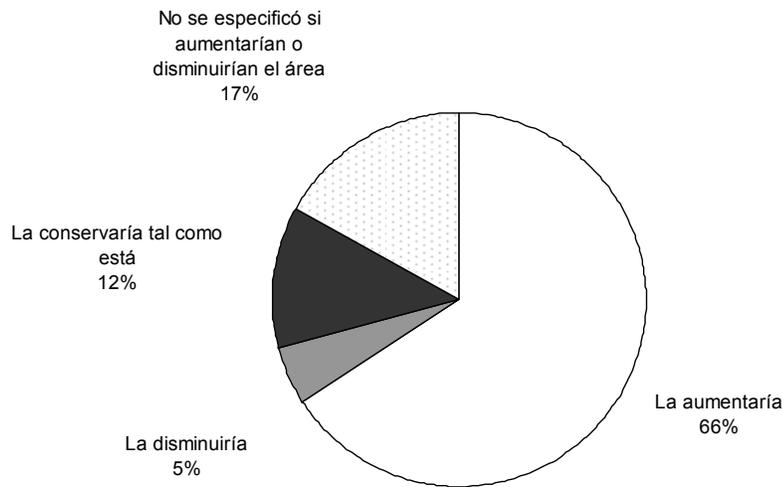


Figura 22. Respuesta a la pregunta sobre aumentar o disminuir el área de vegetación nativa que se inunda. n=41.

En entrevistas con algunos de los pescadores, ellos platican de un conflicto entre éstos y ganaderos-agricultores debido a que los últimos tienen un interés de realizar actividades de ganadería y agricultura que implican la deforestación y la pérdida de los recursos naturales y sus beneficios, mientras que los pescadores, que viven de la pesca de camarón y pescado principalmente, así como del turismo (visitas guiadas a la ciénega), prefieren que se conserve el humedal. La valoración y apreciación de los humedales y los servicios que éstos proveen está dado en gran medida por el grado de familiarización y acercamiento al entorno natural, a los humedales. El caso de los pescadores es un ejemplo de cómo ellos valoran los humedales por lo que éstos aportan a sus vidas y por lo tanto la mayoría de ellos prefiere aumentar el área de vegetación nativa.

9.3 Análisis de los conflictos y potencialidades que afectan al ANPCF

Con base en las conversaciones con los pobladores, las visitas de campo, las encuestas y la percepción del grupo de trabajo, y como parte del proyecto, se conjuntaron diversos factores que se consideró intervienen en el ANPCF y que tienen una influencia en este sistema. Los conflictos observados son los siguientes:

i) Vulnerabilidad del municipio de Tecolutla a huracanes e inundaciones: la mayoría de los poblados del municipio se ubican en la delgada franja arenosa que queda limitada al este por el mar y al oeste por los humedales. La zona costera por naturaleza es vulnerable y en particular la incidencia de huracanes y tormentas invernales en la región y su ubicación en la cuenca baja del río Tecolutla hace de ésta una zona de mayor riesgo. Las tormentas e inundaciones afectan de manera directa los flujos de agua que potencialmente pueden contribuir al asolve de los cuerpos de agua al abrirse nuevas bocas al mar. Adicionalmente, los habitantes, las actividades agropecuarias y el sector turístico están expuestos al riesgo que conllevan eventos meteorológicos de gran intensidad.

ii) Tala y extracción de leña dentro y en los alrededores del ANPCF: se han quemado áreas de manglar y selva inundable para obtener leña y recursos maderables y de manera indirecta, para el establecimiento de pastizales con el fin de extender los potreros.

iii) Prácticas de pesca inadecuadas: en los esteros que se ubican dentro y cuenca arriba del ANPCF las poblaciones de peces y camarones se ven comprometidas por la pesca inmoderada de hembras adultas gestantes y de juveniles. Los langostinos han desaparecido al construirse obstáculos a la migración río arriba. El artículo quinto del decreto dentro del plan de manejo menciona que los interesados en desarrollar alguna de las actividades permitidas deberán presentar los estudios correspondientes, con la descripción de las actividades que pretendan llevar a cabo y que contarán con la orientación de la Dirección General de Asuntos Ecológicos del Estado, de las

demás dependencias competentes y de las autoridades, sin embargo no especifica las normas relativas a la pesca.

iv) Avance de la frontera agropecuaria dentro del ANPCF: existe una fuerte tendencia a la ganadería como medio de producción. Este tipo de actividad conlleva a la desecación de los humedales y la extracción de agua para el consumo del ganado.

v) Alteración de los flujos de agua dentro y a los alrededores del ANPCF: en el artículo tercero del plan de manejo del ANPCF, se prohíbe la desecación y desvío del agua que alimenta la Ciénega, sin embargo el nivel del agua es propenso a descender con el tiempo como respuesta a la pérdida de vegetación nativa que mantiene parte de los escurrimientos pluviales, fluviales y los mantos freáticos, todo ello sumado a procesos de azolve. Adicionalmente, la construcción de carreteras bloquea pasos de agua que se forman de manera natural, cambiando o eliminando los cursos de agua hacia el mar. Así mismo algunos ganaderos taponean y desvían los flujos de agua para secar sus terrenos y convertirlos más fácilmente en potreros.

vi) Contaminación de agua a nivel de cuenca: al desembocar en el mar, los cuerpos de agua que forman parte del ANP, reciben los residuos de cuenca arriba, principalmente los fertilizantes, herbicidas y pesticidas del propio municipio de Tecolutla y de todos aquellos sitios cuyos escurrimientos van a dar al río Tecolutla y río Bobos y por lo tanto a los cuerpos de agua del ANPCF. Los drenajes de una parte de centro de Tecolutla y de otros caseríos desembocan directamente en el mar y en otros cuerpos de agua sin ningún tratamiento, causando contaminación, malos olores y propiciando las condiciones para enfermedades en los usuarios.

Desde el río Bobos se han presentado temporadas en las cuales los pescadores sacan redes con un gran número de peces muertos y llenos de sangre debido a los desechos que se arrojan desde los rastros que se ubican en la región. Cuando hay crecientes en el río Bobos, los desechos son arrastrados por las corrientes río abajo, matando a cientos de peces (El

Demócrata, 2011). Adicionalmente, se observa basura (envases, empaques) dentro de los esteros del ANPCF.

vii) Creciente demanda de agua a nivel municipal: el desarrollo turístico y el crecimiento urbano traen consigo un fuerte incremento en el uso de agua. Ésta se obtiene de los mantos acuíferos que forman parte del humedal y que se recuperan gracias al funcionamiento del propio complejo de humedales. No se está tomando actualmente en cuenta la necesidad de conservar los humedales para recuperar los mantos freáticos.

viii) Escasez de servicios sanitarios dentro y a los alrededores del ANPCF: Huertero (2000) menciona que en Tecolutla el servicio de agua potable es deficiente. De hecho, no hay drenaje, por lo cual la mayoría de las casas tienen fosas sépticas. Cuando hay inundaciones, las aguas negras salen de estas a la superficie.

ix) Presencia de basura en el ANPCF: constantemente se observan envases, envolturas o bolsas tanto en los cuerpos de agua como en tierra. No hay basureros para depositar basura ocasional dentro ni a los alrededores del ANP. Hasta el 2009 solamente existía un relleno sanitario (INEGI, Anuario Estadístico de Veracruz, Ignacio de la Llave) en el municipio y en el año 2011 se inauguró uno nuevo en la zona de Boca de Lima (Orizaba en Vivo, 2011) sin embargo no se cuenta con un servicio de recolección de basura que funcione de manera constante y permanente. La basura es quemada o acumulada en ciertos sitios.

x) Organizaciones sociales en conflicto en el ANPCF: la población de la zona, que se ubica dentro o a los alrededores de ésta ANP, se encuentra ocupada en actividades productivas primarias como la agricultura, ganadería y pesca en un 75%, en el sector secundario (básicamente obreros de la construcción) se encuentra el 14% y en el sector terciario (ubicados en servicios turísticos preponderantemente) el 29% (CEMA, actualmente Secretaría de Medio Ambiente, 2002). Dentro del sector primario, existen grupos de pescadores y de ganaderos que difieren en intereses. Los pescadores quieren conservar los

humedales por ser la fuente de recursos pesqueros que representan y los ganaderos están interesados en secar los humedales para establecer pastizales y utilizar los cuerpos de agua para el consumo del ganado. Este conflicto de intereses ha generado la división y discrepancia de los grupos. Dentro de la población, hay enfrentamientos entre los llamados “ranos” y las cooperativas pesqueras. El grupo de los “ranos” está conformado principalmente por ejidatarios y tiene el objetivo de lotificar las propiedades ejidales para venderlas posteriormente. Los pescadores, por su parte saben que estas acciones llevarían a una pérdida de los recursos naturales de los que depende gran parte de su economía. Algunos de ellos trabajan también como guías turísticos dentro del ANP, por lo tanto aprecian de muchas maneras a los humedales que les aportan actividades productivas y de sustento.

xi) Conflictos por tenencia de la tierra en el ANPCF: se ha propiciado una problemática muy compleja desde finales del decenio de los ochenta entre el ejido de “Ricardo Flores Magón” y la colonia de “2 de Octubre” ya que ambas, al compartir parte del ANP, reclaman el derecho de explotación y aprovechamiento de los recursos naturales de una superficie de 2000 ha. Los gobiernos federal y estatal resolvieron el problema decretando el área como reserva natural el 4 de junio de 1999 (Huertero, 2000). Sin embargo, a pesar del decreto, existen ejidos y propiedades privadas dentro de esta área y hay algunos grupos interesados en la lotificación de los ejidos que se encuentran dentro del ANP, acción a la cual se oponen quienes desean conservar los recursos y servicios que proveen estos humedales. Según el plan de manejo del ANPCF expedido por la CEMA, (actualmente Secretaría de Medio Ambiente), desde los ochenta, parte de lo que fue decretado como ANP mantiene la presión de 170 solicitantes de tierra.

Dentro del ANP convergen distintas entidades estatales y municipales. Relacionadas al decreto y manejo del ANP, están la SEDEMA (antes CMA), la Secretaría de Desarrollo Regional y el Municipio de Tecolutla. La SEDEMA, a través del plan de manejo del ANPCF estableció siete Unidades de Gestión Ambiental para esta área, cuyas estrategias de manejo están enfocadas en la vigilancia, normatividad y proyectos productivos y de conservación. Las

amenazas y problemáticas que éste esquema afronta, es el cambio de uso de suelo que está estrechamente relacionado con la dotación de tierras. Según Huertero (2000), éste reparto comenzó en 1921 como parte del triunfo de la Revolución de 1910. En el caso del ANP el 35.17% es propiedad ejidal, el 32.06% es colonia agrícola y el 32.77% del área es de propiedad privada. Estos tres tipos de tenencia de la tierra no favorecen las expectativas del plan de manejo debido a que la colonia agrícola es una modalidad de propiedad privada en la cual se permite el uso agrícola de temporal y cultivos perennes así como el pecuario extensivo. Relativo a las tierras ejidales el artículo 62 de la Ley Agraria establece que *“a partir de la asignación de parcelas, corresponderán a los ejidatarios beneficiados los derechos sobre uso y usufructo de las mismas, en los términos de esta ley”*.

xii) Generación de asentamientos, rural y urbano dentro y a los alrededores del ANPCF: existen 7 propiedades ejidales, una colonia agraria y 3 propiedades privadas que representan el 32.77% del área del ANP. Esta situación genera una fuerte presión y mayor consumo y demanda de los recursos y servicios que provee el humedal.

xiii) Ausencia de un plan de desarrollo turístico a nivel municipal y en las localidades del ANPCF: el desarrollo turístico se está produciendo de manera desordenada desde el punto de vista urbano y ambiental. El crecimiento de la zona de Costa Esmeralda ha comprometido a los humedales al incrementar el consumo de agua proveniente de los humedales para surtir a los servicios hoteleros, al talarlos para construir infraestructura y al eliminar las dunas costeras que amortiguan el embate del viento debido a la construcción de hoteles costeros, se está cerrando a los pobladores la mayoría de los pasos a las playas, creando de facto playas privadas. La alta demanda de los servicios turísticos durante cortos períodos trae consigo el aumento en el consumo de alimentos como los mariscos y por lo tanto una pesca excesiva y genera enormes cantidades de basura que no tienen una disposición final. Adicionalmente los hoteles de playa, al establecerse en la costa, terminan con las dunas que originalmente mitigan el impacto del viento y las olas. Al ser un turismo de playa y al no haber una campaña que promueva las visitas al

ANPCF, el turismo que visita dicha zona es mínimo y por lo tanto no dirige la atención de los visitantes a la necesidad de cuidar y proteger el lugar que están visitando.

xiv) No observancia del plan de manejo del ANPCF: Existe un plan de manejo del Área Natural Protegida de Ciénega del Fuerte, publicado por la CGMA (ahora Secretaría de Medio Ambiente). Se han realizado algunas acciones como la construcción de un puente, un muelle, letreros que prohíben tirar basura o con información acerca de la flora y fauna, y plantación de plántulas de *Pachira aquatica*. Sin embargo muchas de las actividades propuestas en el plan de manejo, encaminadas a la regulación del uso y aprovechamiento de los recursos naturales, la conservación, la protección y la preservación de la capacidad productiva de los hábitats naturales de la zona, no se han llevado a cabo aún. Por ejemplo: relativo a las actividades que están permitidas o no en el ANPCF, el artículo segundo del “decreto por el que se declara área natural protegida como zona sujeta a conservación ecológica, el lugar conocido como Ciénega del Fuerte, Municipio de Tecolutla, Ver.”, menciona que únicamente podrán realizarse actividades orientadas a la conservación, propagación en viveros y criaderos, restauración, investigación, educación ambiental y ecoturismo. El artículo 2 determina que se prohíbe en lo sucesivo la construcción habitacional o comercial, desecación y desvío del agua que alimenta a la ciénega, así como la descarga en ella de aguas contaminadas. Por otro lado, en el artículo cuarto, se menciona que la presente regulación es limitativa del uso de suelo, por lo cual, los terrenos que incluye quedan en posesión de sus legítimos propietarios quedando en manos de la Secretaría de Desarrollo Regional, a través de la Dirección General de Asuntos Ecológicos (ahora a cargo de la SEDEMA), promover la cooperación entre los propietarios, colonos, ejidatarios y poseedores en la realización de los trabajos o en la ejecución de las obras encaminada a lograr los objetivos marcados en los dos artículos anteriores. Esta disposición, sin una clara y contundente intervención de la SEDEMA en la cual se aplique lo dispuesto en el plan de manejo, no garantiza la conservación de la zona debido a que los propietarios aún realizan actividades productivas como la ganadería y agricultura dentro de la zona.

xv) Capacitación deficiente en los servicios hoteleros y turísticos a nivel municipal: el turismo es una de las principales actividades productivas de Tecolutla, y, siendo principalmente nacional, se divide en un turismo de bajos ingresos (hospedado principalmente en Tecolutla) y uno de mayores ingresos en los hoteles de Costa Esmeralda, en el entorno del ANPCF. Hay una cierta organización gremial de los hoteleros pero no existe un trabajo conjunto para mejorar los problemas ambientales, ni para brindar un mejor servicio al turista. Debido a que el turismo es una de las principales actividades productivas del municipio y de Costa Esmeralda en particular, es un aspecto clave a considerar en torno al mejoramiento de los procesos de desarrollo económico y productivo de la zona y de la conservación de los humedales, de los cuales depende en su totalidad dicho turismo. A pesar del alto número de hoteles (7 hoteles pertenecientes a Casitas, 26 en Costa Esmeralda, 1 en Riachuelos y 53 en Villa de Tecolutla según la Dirección de Turismo del Municipio de Tecolutla, 1999) falta un plan de desarrollo turístico.

xvi) Gestión deficiente de autoridades a nivel municipal: el municipio tiene poco personal, y las actividades primarias siguen teniendo preferencia sobre las ambientales.

xvii) Falta de coordinación entre autoridades a nivel municipal: en el municipio se realizan actividades cuyas políticas resultan contradictorias: ganadería, agricultura, desarrollo turístico, pesca, conservación, protección y otras promovidas por sectores externos como la explotación petrolera. Estas actividades al estar controladas por autoridades federales, estatales y municipales diversas, requieren de una labor coordinada por parte de éstas. Un claro ejemplo de esta falta de coordinación es el decreto de ANP por parte de la Secretaría de Desarrollo Regional (a través de la CEMA, y ahora SEDEMA (Secretaría de Medio Ambiente)) y la Secretaría de la Reforma Agraria. Mientras los decretos establecidos por parte de la SEDEMA en el plan de manejo del ANPCF están enfocados a la conservación y protección de los hábitats naturales de la zona, la Secretaría de la Reforma Agraria expidió previamente escrituras de tierras con la modalidad de propiedad privada de uso agropecuario que se encuentran dentro del ANPCF.

La generación de asentamientos humanos irregulares urbanos (ver cuadro 19), es un subsistema decisor en el sistema dado que está fuertemente relacionado con todos los demás conflictos que confluyen en el área de estudio; es decir, las acciones que se lleven a cabo para regularizar o aplicar un ordenamiento del territorio serán claves para potencializar o dar solución en torno a las otras situaciones que ocurren en el ANP. El hecho de que la generación de asentamientos humanos irregulares urbanos sea decisivo en los procesos dentro del ANP, refleja que existe una gran presión por parte de la población hacia ésta.

El plan de manejo tiene una gran trascendencia dado que en este documento se presenta el estudio de las condiciones físicas, biológicas y sociales del lugar y en respuesta a estas se aportan las bases legales para realizar un buen manejo del ANP. La no observancia de este documento implica que las actividades que en ésta se realizan no necesariamente se están contemplando la legislación y los proyectos propuestos en el plan de manejo, de ahí que sea tan importante y resolutivo para el sistema que conforma el ANPCF. Para llevar a cabo lo establecido en el plan de manejo, se requiere de la participación conjunta del Municipio con las entidades estatales y federales así como organizaciones sociales. En términos de desarrollo sustentable y conservación de los recursos dentro del ANP, es decisivo el que se tomen en cuenta y se lleven a cabo las acciones que promueve el plan de manejo.

La gestión deficiente de las autoridades municipales y la falta de coordinación entre éstas, son conflictos que bien atendidos, iniciarán la inercia necesaria para solucionar todos los demás conflictos ya que sobre las autoridades recae la toma de decisiones y la administración de recursos; son grandes actores de los cuales, en mayor o menor medida, depende casi todo componente físico, biológico y social del ANPCF.

La contaminación del agua a nivel de cuenca es una de las situaciones que sufre un gran efecto por parte de los otros conflictos. La vulnerabilidad a huracanes y tormentas en la zona, la tala inmoderada, el avance de la frontera agropecuaria, las prácticas de pesca inadecuadas, la alteración de los flujos de agua, la creciente demanda de ésta y la presencia de basura dentro y a los

alrededores del ANP, son los factores que se encuentran relacionados con el hecho de que la cuenca esté contaminada y que igualmente afectan en gran medida la presencia de organizaciones sociales en conflicto sin embargo los conflictos que más afectan el sistema en general son: la no observancia del plan de manejo, la gestión deficiente de autoridades a nivel municipal y la falta de coordinación entre éstas, además de ser situaciones claves en la solución de los conflictos o problemas socio-ambientales del ANP, también son los que tienen un mayor efecto sobre las otras situaciones.

En el cuadro 19 se muestran las interacciones de cada conflicto y los valores que resultaron del análisis grupal. Los valores fueron asignados de la siguiente manera: No hay relación entre los componentes = 0, relación baja = 1, relación media = 2, relación alta = 3. Signo positivo: cuando las columnas influyen en las filas. Signo negativo: cuando las filas influyen en las columnas. El rojo indica los valores positivos más altos. El azul indica los valores negativos más altos, las filas amarillas indican los conflictos que constituyen los subsistemas decisores.

Cuadro 19. Conflictos observados en el ANP Ciénega del Fuerte, Tecolutla, Ver. En amarillo se indican aquellos conflictos con el valor absoluto más alto.

	Vulnerabilidad a los impactos por huracanes e inundaciones	Tala y extracción de leña dentro y a los alrededores del ANPCF	Prácticas de pesca inadecuadas	Avance de frontera agropecuaria (cultivos, ganado)	Alteración de flujos de agua (disminución de nivel de agua o desecación de los cuerpos de agua)	Contaminación de agua a nivel de cuenca	Crecente demanda de agua	Escasez de servicios sanitarios (drenaje y recolección basura)	Presencia de basura dentro del ANPCF	Organizaciones sociales en conflicto por recursos o por intereses	Conflictos por tenencia de tierra	Generación de asentamientos irregulares rurales y urbanos	Ausencia de un plan de desarrollo turístico	No observancia de plan de manejo del ANPCF	Capacitación deficiente en servicios hoteleros turísticos	Gestión deficiente de autoridades a nivel municipal	Falta de coordinación entre autoridades a nivel municipal	SUMA DE VALORES ABSOLUTOS	SUMA DE VALORES NEGATIVOS	SUMA DE VALORES POSITIVOS
	3	3	0	3	3	-2	-1	0	0	-3	-1	3	3	2	2	3	2	31	7	24
	3	3	0	3	-3	-1	0	0	0	-3	-1	3	0	3	0	2	3	25	8	17
	3	3	0	3	-3	-3	-3	0	-1	-3	-3	3	1	3	0	3	3	35	16	19
	3	-3	0	-3	3	-3	3	0	0	-3	-2	2	2	3	1	2	2	32	14	18
	-2	-1	-2	-3	-3	3	-3	3	-1	-3	0	3	2	3	3	3	3	38	18	20
	-1	0	0	-3	3	-3	2	2	0	-3	-3	3	3	2	3	3	2	34	13	21
	0	0	0	0	0	3	2	2	-2	0	0	2	2	2	2	2	3	20	2	18
	0	0	0	-1	0	-1	0	-2	3	0	0	3	1	3	2	2	2	17	4	13
	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	0	0	3	3	3	0	3	2	3	3	38	21	17
	-1	-1	0	-3	-2	0	-3	0	0	3	3	3	2	3	0	3	3	27	10	17
	-3	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	0	3	3	42	3	39
	3	0	2	1	2	2	3	2	1	0	2	3	3	3	3	3	3	33	0	33
	2	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	-3	3	3	45	3	42
	2	0	2	0	1	3	3	2	2	2	0	0	3	-3	3	2	3	28	3	25
	3	2	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	3	-3	43	3	40
	2	3	3	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	44	3	41

Las potencialidades obtenidas fueron las siguientes:

i) Zona decretada como ANP: el hecho de que esta extensión de humedales que conforman Ciénega del Fuerte está decretada como ANP, representa un enorme potencial para la conservación debido a las políticas que se establecen a nivel federal y estatal para su protección, conservación y manejo sustentable así como por el apoyo de instituciones y organizaciones privadas o públicas que puede existir. Los artículos 2, 3 y 4 del plan de manejo del ANPCF decretan que ésta es una zona sujeta a conservación ecológica en la cual se prohíbe la colecta, extracción, destrucción o captura de cualquier espécimen sin los permisos de las autoridades correspondientes, la construcción habitacional o comercial, la desecación, desvío del agua de la ciénega y la descarga de aguas contaminadas. Las actividades permitidas son aquellas orientadas a la conservación, propagación en viveros, criaderos, restauración, investigación, educación ambiental y ecoturismo. Estos artículos debieran regir en gran medida, la condición del ANP.

ii) Humedales conservados: el ANP cuenta con una extensión de humedales conservados que mantienen los servicios y recursos naturales propios de la zona.

iii) Actividad turística: la existencia de este sector en la zona potencia la generación de empleos y una mayor demanda de servicios de ecoturismo, aumentando así el interés por la conservación de los recursos por parte de los habitantes y beneficiarios de la zona.

iv) Interés de grupos sociales por generar proyectos productivos y conservar la zona: en torno al ANP convergen distintas organizaciones y cooperativas con el interés de realizar proyectos productivos incorporando a la comunidad. Algunos de los proyectos son los siguientes: Organización y capacitación para la formación del grupo de ecoturismo "Río Soteros" de Ciénega del Fuerte, con apoyo del Instituto de Ecología A.C.(INECOL), apoyo con el equipamiento de la Casa de Salud Comunitaria de Ricardo Flores Magón y lona promocional para el grupo de

ecoturismo Ciénaga del Fuerte (Fundación ZICARO A.C), elaboración e instalación de señalamientos informativos de protección y cuidado (flora y fauna) en Ciénaga del Fuerte (PEMEX, SEDEMA, H. Ayuntamiento de Tecolutla, U.V). La disposición de las autoridades ha ayudado a que se lleven a cabo todos estos proyectos.

v) Servicios ambientales: al contar con los recursos naturales propios de los humedales, la zona provee numerosos servicios ambientales tales como la recarga de mantos acuíferos, limpieza y mantenimiento del agua, captura de carbono, producción de oxígeno, mitigación de impactos naturales, recursos para la pesca y aprovechamiento forestal y representa un área de aprendizaje y esparcimiento. Al existir distintos tipos de humedales (manglar, selva inundable, herbáceas hidrófitas) dentro del ANP, la biodiversidad de ésta es muy variada y constituye hábitats importantes para la fauna. Estos servicios, además de propiciar que los humedales se sigan manteniendo como un ecosistema, representan un factor decisivo en las políticas de conservación.

Las principales potencialidades o subsistemas generadores para incrementar y fortalecer un proceso de desarrollo sustentable en el ANPCF son el hecho de que la zona esté decretada como un ANP y que ésta aún cuenta con una gran proporción de humedales conservados. En el cuadro 20 se presenta la matriz de potencialidades, donde se pueden observar los valores positivos y negativos más altos. El valor absoluto más alto representa el tema generador, es decir el que mayor peso tiene como leva para propiciar un cambio. Los valores negativos más altos representan las potencialidades que son más afectadas por las otras condiciones, y aquellas que tienen un mayor efecto en el sistema son las que tienen los valores positivos más altos.

El hecho de que la zona está decretada como ANP implica que idealmente las políticas y normas establecidas para esta zona estén encaminadas a su protección además de que en el mejor de los casos, garantiza que los humedales serán conservados y aportarán las potencialidades productivas y de aprovechamiento

que pueden aportar. Adicionalmente el hecho de que haya humedales conservados que proveen numerosos servicios ambientales en la zona, tiene un gran efecto sobre las demás potencialidades, es decir, son condiciones que influyen en que haya una alta biodiversidad, que haya actividad turística, disposición por parte de las autoridades e interés de los grupos sociales en las actividades relacionadas con el ANP.

La presencia y desarrollo de actividad turística en la zona, es una situación en la cual recaen todas las demás potencialidades, es decir, éstas tienen un gran efecto sobre el hecho de que haya un desarrollo turístico en la zona. Sin los humedales, y todo lo que conllevan (servicios ambientales, alta biodiversidad), el atractivo turístico sería menor o nulo.

El marco legal que se sustenta en el decreto de Ciénega del Fuerte como ANP y la existencia de una gran extensión de humedales conservados (60% de la superficie del ANP) son las condiciones básicas para emprender acciones de conservación de dichos ecosistemas y potencian cualquier actividad encaminada a su protección. Como consecuencia, existen también numerosos servicios ambientales y una alta biodiversidad que proporcionan una gama de alternativas para el desarrollo de actividades productivas, de restauración, de conservación y protección. Situaciones que contribuyen a la preservación de los humedales son el hecho de que existe una parte del sector turístico y de los pescadores que están interesados en el ANP como sitio recreativo y de conocimiento de la biodiversidad. Dicha situación produce un interés por proteger aquello que puede proveer distintas y nuevas alternativas económicas y de trabajo en general.

Los valores fueron asignados de la siguiente manera: No hay relación entre los componentes = 0, relación baja = 1, relación media = 2, relación alta = 3. Signo positivo: cuando las columnas influyen en las filas. Signo negativo: cuando las filas influyen en las columnas. El rojo indica los valores positivos más altos. El azul indica los valores negativos más altos, las filas amarillas indican las potencialidades que constituyen los subsistemas decisores.

Cuadro 20. Potencialidades en el ANP Ciénega del Fuerte, Tecolutla, Ver. En amarillo se indican aquellos conflictos con el valor absoluto más alto.

POTENCIALIDADES										
POTENCIALIDADES	Servicios ambientales	Alta biodiversidad	Humedales conservados	Zona decretada como ANP	Actividad turística (empleos, demanda para ecoturismo)	Disposición de autoridades	Interés de grupos sociales	SUMA DE VALORES ABSOLUTOS	SUMA DE VALORES NEGATIVOS	SUMA DE VALORES POSITIVOS
Servicios ambientales	0	3	3	3	0	2	2	13	0	13
Alta biodiversidad	3	0	3	3	-2	1	2	14	2	12
Humedales conservados	3	3	0	3	-2	3	2	16	2	14
Zona decretada como ANP	3	3	3	0	-2	2	2	15	2	13
Actividad turística (empleos, demanda para ecoturismo)	0	-2	-2	-2	0	2	2	10	6	4
Disposición de autoridades	2	1	3	2	2	0	0	10	0	10
Interés de grupos sociales	2	2	2	2	2	0	0	10	0	10

9.4 Características hídricas del suelo

9.4.1 Densidad aparente del suelo por tipo de vegetación

Los resultados del análisis de la densidad aparente del suelo a dos profundidades, se presentan en la figura 23 de manera gráfica. El valor se incrementa de manera importante en los suelos del pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp. y de cultivo de *Citrus sinensis*, a ambas profundidades.

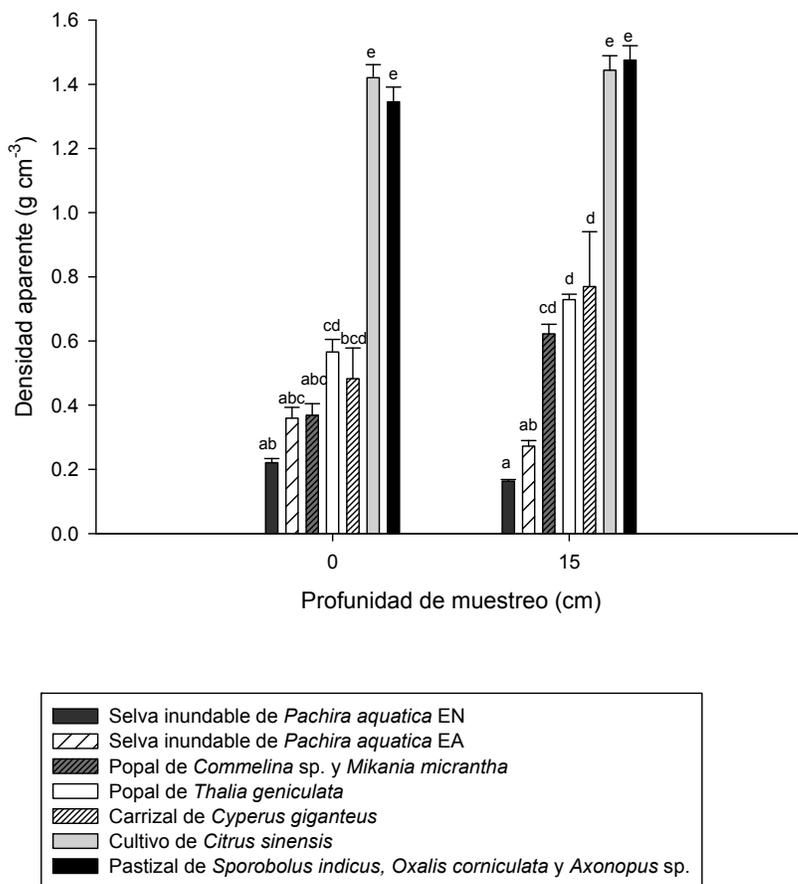


Figura 23. Promedio y error estándar de la densidad aparente en g cm^{-3} del suelo con respecto al tipo de vegetación y la profundidad de muestreo (n por tipo de vegetación y profundidad = 12). ANOVA de dos vías, prueba de Tukey. Sitio: significativamente distinto $F(6,154)=134.04$; $P < 0.001$. Profundidad: significativamente distinta $F(1,154) = 10.42$; $P = 0.002$. Interacción significativa $F(6,154) = 3.06$; $P = 0.007$.

9.4.2 Porosidad

En la figura 24 se pueden observar los datos de porosidad del suelo dependiendo el tipo de vegetación y la profundidad de muestreo. En ambas profundidades el suelo de cultivo y de pastizal tuvieron una porosidad menor a los humedales teniendo inclusive diferencias significativas con el suelo de todos los humedales excepto el popal de *Thalia geniculata*.

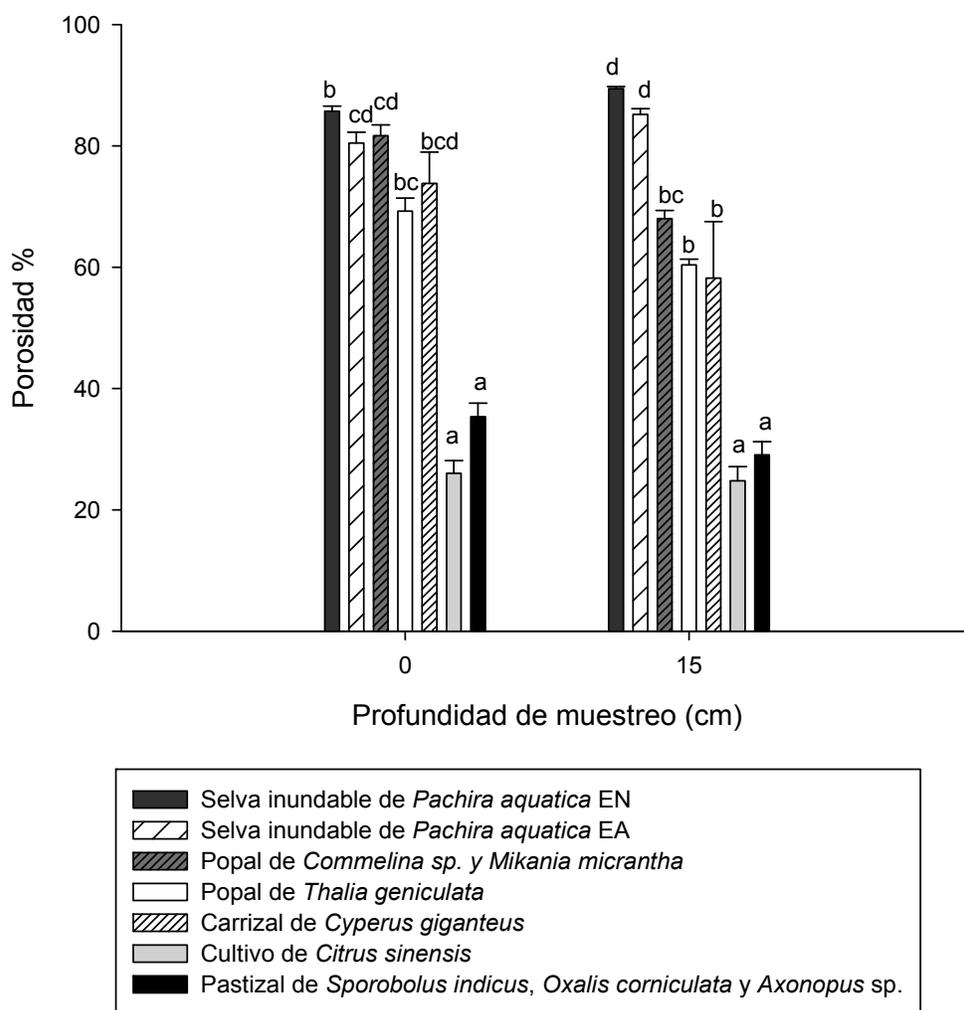


Figura 24. Promedio y error estandar (ES) de la porosidad del suelo (%) con respecto al tipo de vegetación y la profundidad de muestreo (n por tipo de vegetación y profundidad = 12). ANOVA de dos vías, prueba de Tukey. Sitio: significativamente distinto $F(6,154)=110.13$; $P < 0.001$. Profundidad: significativamente distinta $F(1,154) = 9.30$; $P = 0.003$. Interacción significativa $F(6,154) = 3.05$; $P = 0.008$.

Los datos de densidad aparente (DA) permiten observar con mucha claridad, las diferencias entre los suelos pertenecientes a sitios que conservan su estructura original (humedales en general) y sitios que han sufrido un cambio de uso de suelo (cultivo de *Citrus sinensis* y potrero inundable). Estos dos últimos tuvieron una DA promedio significativamente diferente de todos los humedales. Los valores de DA presentaron un comportamiento inverso a los de porosidad. Los valores más altos de esta última, fueron, los de la selva inundable de *Pachira aquatica* EN y EA; y el popal de *Commelina* sp. y *Mikania micrantha*. Los más bajos se reportaron para el cultivo de *Citrus sinensis* y pastizal y tuvieron valores significativamente diferentes de los sitios conservados en general. Al observar la DA y la porosidad en las dos profundidades de muestreo (0 y 15 cm) destaca que en éstas no se presentan diferencias significativas dentro de cada sitio de acuerdo a la profundidad de muestreo. Sin embargo y por dar un ejemplo, la DA de la selva inundable de *Pachira aquatica* EN no presentó diferencias significativas con el popal de *Commelina* sp. y *Mikaniamicrantha* en las muestras de suelo colectadas a los 0 cm. En el muestreo a los 15 cm sí presentan diferencias significativas siendo la selva inundable de *Pachira aquatica* EN la que registró una menor densidad aparente. Esta situación indica la posible presencia de eventos y condiciones, como la compactación del suelo y el porcentaje de materia orgánica que modifican estos parámetros. Estos pueden estar interviniendo de manera diferenciada en las profundidades del suelo y de manera dependiente al tipo de suelo y vegetación.

La porosidad es mayor en suelos orgánicos que aquella de suelos minerales y alcanza su máximo valor en depresiones con alta descomposición. A medida que las sustancias minerales aumentan en los suelos orgánicos, la porosidad disminuye (Kutílek y Nielsen, 1994). Tomando en cuenta datos proporcionados por el edafólogo Adolfo Campos (comunicación personal), la cantidad de materia orgánica en los suelos del pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp. y cultivo de *Citrus sinensis* fue de 1.3 y 1.2 % respectivamente y para la selva inundable de *Pachira aquatica* EN y EA y popal de *Commelina* sp. y *Mikania micrantha* sp. y el porcentaje de materia orgánica fue de 10.4, 10.6, 4.3 %,

respectivamente. Al estar la DA y porosidad relacionadas de manera directa al porcentaje de materia orgánica, se puede considerar que la materia orgánica es uno de los factores determinantes de estas dos propiedades del suelo.

Uno de los factores que determinan la densidad aparente es la actividad humana. Según Kutílek y Nielsen (1994) el uso de maquinaria y la aplicación de fertilizantes en grandes cantidades disminuyen la agregación y provocan la compactación del suelo. Ésta es una de las razones que ayudan a explicar porqué los suelos de cultivo de *Citrus sinensis* (principalmente) y de pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp. tuvieron altos valores de densidad aparente y por lo tanto valores bajos de porosidad. La introducción de ganado en el caso del pastizal (potrero inundable), genera la compactación del suelo y la pérdida de materia orgánica. En el caso del cultivo de *Citrus sinensis*, el suelo se mantiene desnudo en muchas ocasiones y en época de lluvias crece una gran proporción del estrato herbáceo. Sin embargo el constante tráfico de las personas que cosechan los frutos, el chapeo y la adición de fertilizantes ha generado la erosión del suelo.

9.4.3 Retención de agua

En las figuras 25 a 29 se muestra el contenido de agua ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) para cada tipo de suelo: selva inundable de *Pachira aquatica* EN y EA, popal de *Commelina* sp. y *Mikania micrantha*, popal de *Thalia geniculata*, Carrizal de *Cyperus giganteus*, cultivo de *Citrus sinensis* y pastizal de *Axonopus* sp., *Sporobolus indicus* y *Oxalis corniculata* con respecto a la presión atmosférica aplicada. En casi todos los casos la retención de agua disminuyó con respecto al aumento de la presión aplicada.

En la figura 30 se puede observar el conjunto de curvas de retención de agua de cada tipo de vegetación. La curva de retención de agua en el suelo del popal de *Thalia geniculata* destaca por tener mayores valores de retención (de 0.57 a 0.87 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$).

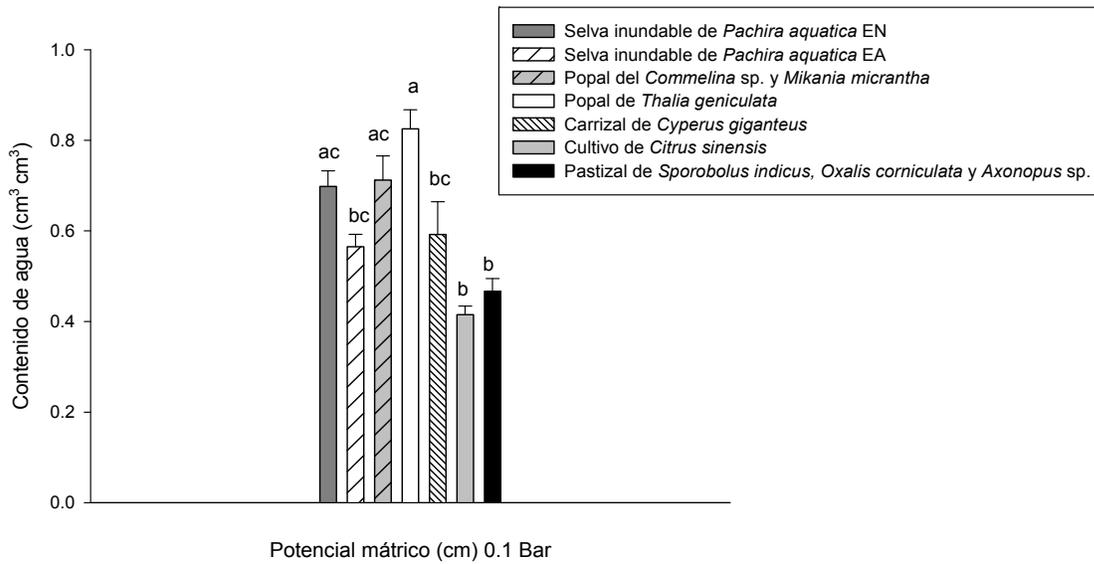


Figura 25. Contenido de agua ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) por cada tipo de vegetación a los 0.1 Bar de tensión aplicada. ANOVA de una vía. $P= 0.050$

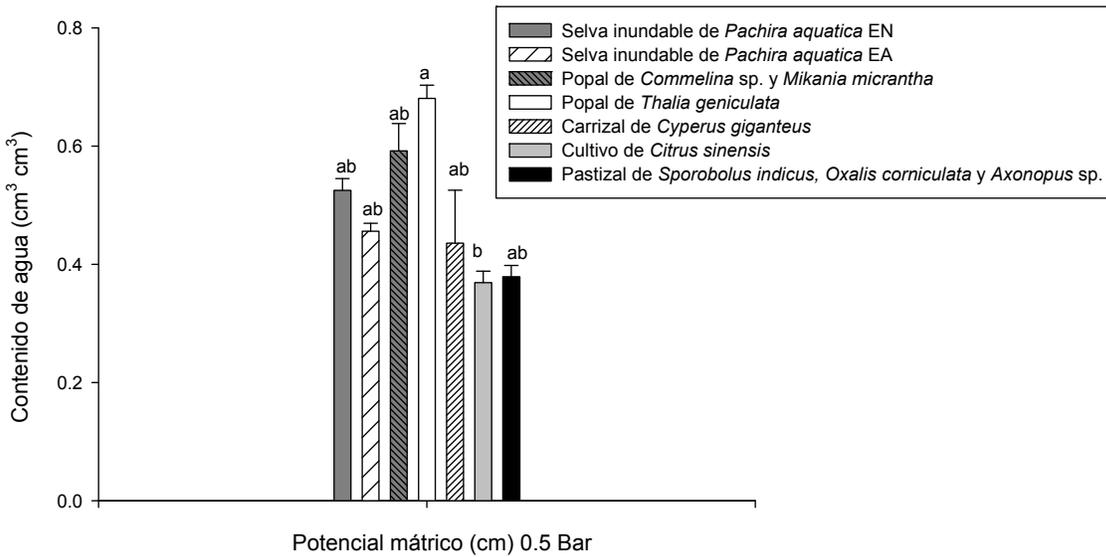


Figura 26. Contenido de agua ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) por cada tipo de vegetación a los 0.5 Bar de tensión aplicada. ANOVA de una vía. $P= 0.050$.

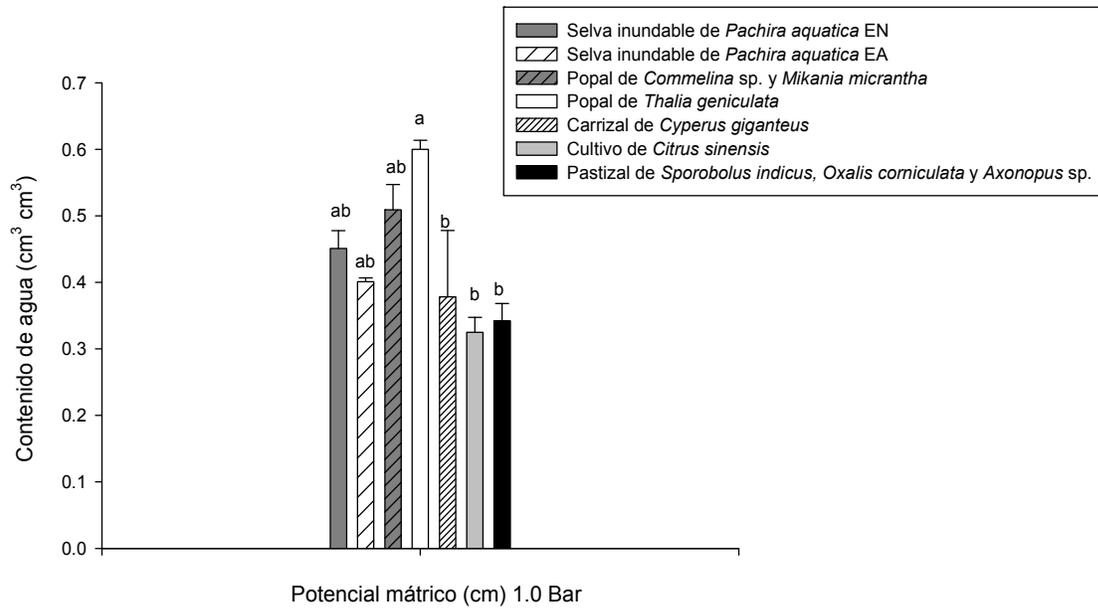


Figura 27. Contenido de agua (cm³ cm⁻³) por cada tipo de vegetación a los 1.0 Bar de tensión aplicada. ANOVA de una vía. P= 0.050.

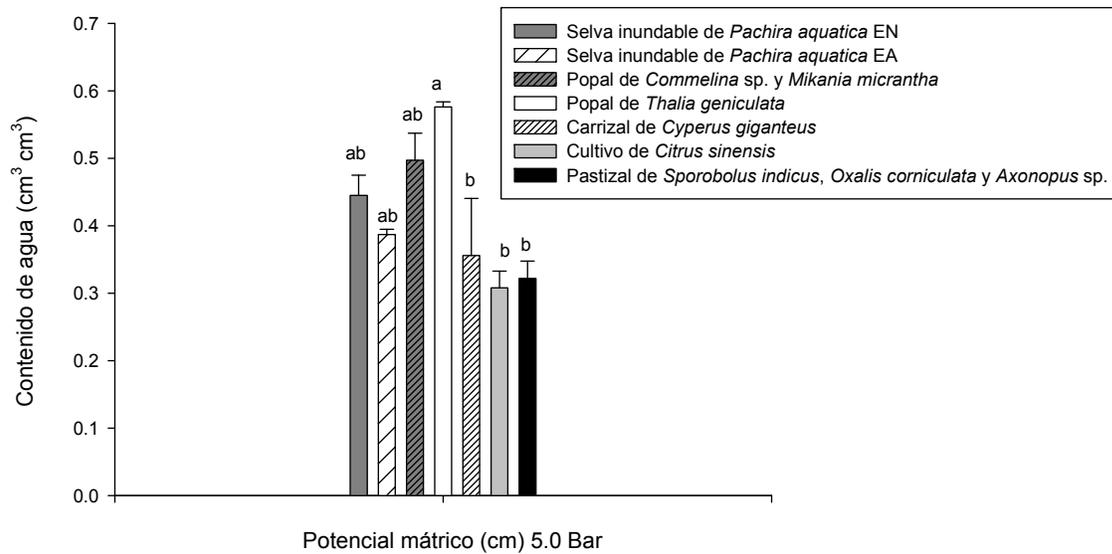


Figura 28. Contenido de agua (cm³ cm⁻³) por cada tipo de vegetación a los 5.0 Bar de tensión aplicada. ANOVA de una vía. P= 0.050.

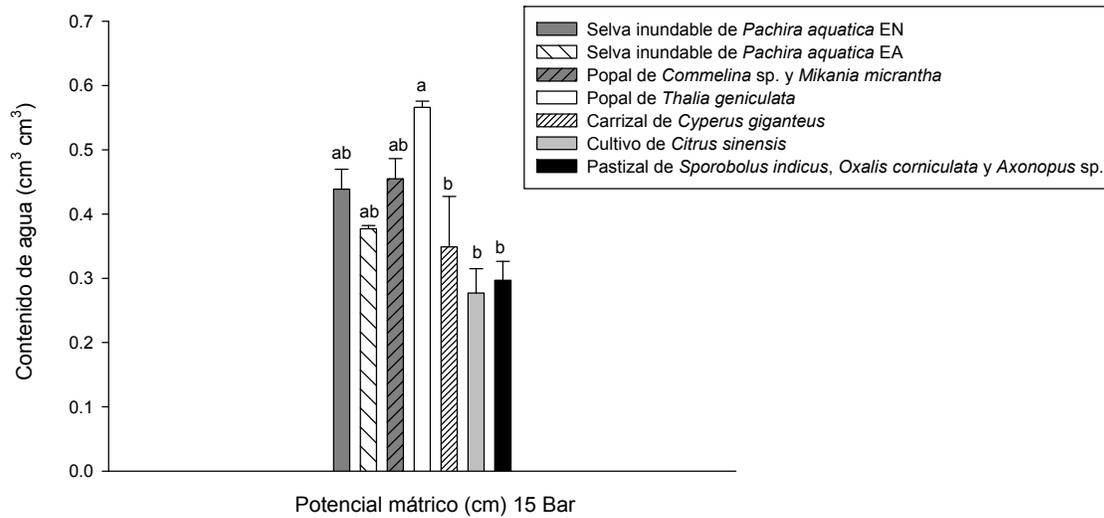


Figura 29. Contenido de agua ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) por cada tipo de vegetación a los 15.0 Bar de tensión aplicada. ANOVA de una vía. $P=0.050$.

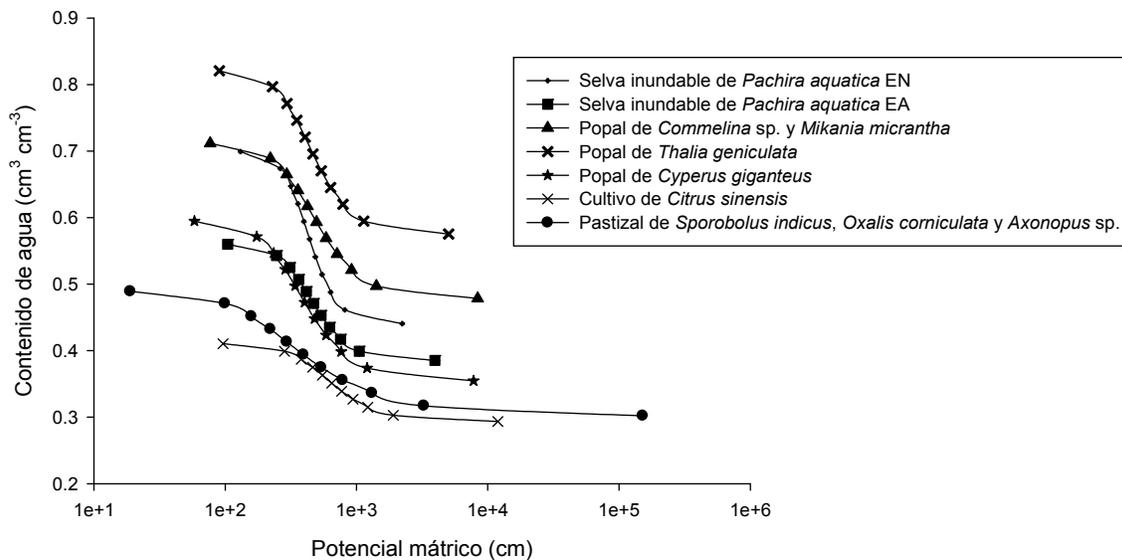


Figura 30. Curvas de retención de agua ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) de los suelos pertenecientes a los siete tipos de vegetación estudiados. n por tipo de vegetación = 6.

Debido a que los poros del suelo pueden contener aire, agua u otro líquido (Skoop, 2000), la densidad aparente y la porosidad nos remiten a la capacidad del

suelo para contener el agua. Los suelos de cultivo de *Citrus sinensis* y pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp. tuvieron una máxima retención de agua ($\text{cm}^{-3} \text{ cm}^{-3}$), de 0.4150 ± 0.0187 y 0.4670 ± 0.0275 respectivamente al ser sometidos a presiones de 0.1 Bar mientras que los valores máximos de retención en los humedales fueron de 0.6980 ± 0.347 , 0.5650 ± 0.0273 , 0.7120 ± 0.0535 , 0.8250 ± 0.0425 , 0.5920 ± 0.0723 todos en $\text{cm}^{-3} \text{ cm}^{-3}$ (selva de *Pachira aquatica* EN y EA, popal de *Commelina* sp. y *Mikania micrantha* sp., popal de *Thalia geniculata*, carrizal de *Cyperus giganteus*, respectivamente). En las figuras 27 a 31 se puede observar que el popal de *Thalia geniculata* fue el único tipo de vegetación cuya retención de agua en el suelo tuvo diferencia significativa con el cultivo de *Citrus sinensis* y el pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp. en todas las presiones a las que fue sometido a excepción de los 0.5 Bar de presión donde solamente tuvo diferencias significativas con el cultivo de *Citrus sinensis*. Esta condición fue única entre los demás humedales que conforme se sometían a presiones mayores iba desapareciendo la diferencia significativa con los sitios transformados. A los 15 Bar el único de los humedales que no presentó diferencia significativa con respecto al cultivo de *Citrus sinensis* y al pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp., fue el popal de *Thalia geniculata*. A pesar de que en general disminuyó la capacidad para retener el agua a medida que la presión iba aumentando, los humedales en general tuvieron siempre mayores retenciones que los sitios en donde la vegetación fue transformada.

Las curvas de retención de agua describen la relación entre el contenido de agua en el suelo y el potencial mátrico, el cual es una característica distintiva de diferentes condiciones y tipos de suelo (Gnatowski *et al.*, 2010). El tipo de vegetación que destaca por tener los valores más altos de retención en todas las tensiones, es el popal de *Thalia geniculata* a pesar de que presentó bajos valores de porosidad con respecto a los demás humedales, y no presentó diferencias significativas con otros humedales, a excepción de la selva inundable de *Paquira aquatica* EN a los 15 Bar de presión.

En la figura 30 se observa que todos los humedales presentaron curvas con mayor retención de agua en comparación con el cultivo de *Citrus sinensis* y pastizal. Al reemplazar la escala del potencial mátrico por el radio de los capilares, en la curva de retención, se obtiene la curva de distribución de los poros siendo los microporos los que retienen a presiones más altas (Kutílek y Nielsen 1994). Entonces, éstos últimos no pueden retener grandes cantidades de agua. En el caso del pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp. (Figura 30) cuya curva es muy amplia, la cantidad de estos poros es mayor que la de los meso y macroporos. Esta es una de las razones por las cuales este tipo de suelo no retuvo grandes cantidades de agua, aún a presiones atmosféricas bajas, sumado a la densidad aparente promedio que presentó (1.34 g cm³ a los 0 cm de muestreo y 1.48 g cm³ a los 15 cm en promedio) lo cual explica que el volumen que ocupan los poros es bajo y por lo tanto el espacio en el cual puede entrar el agua es limitado.

En los poros capilares (mesoporos), la forma de la interfase entre el aire y el agua está determinada por la configuración de los poros y por las fuerzas en ésta interfase. El resultado de la interfase agua-aire es llamado menisco capilar. El flujo de agua en estos poros es considerado laminar y dominante en los suelos (Corey, 1977). En términos generales es en dichos poros donde se encuentran la mayor parte de los puntos de la curva para cada tipo de suelo. En todos los tipos de vegetación una gran fracción de la retención ocurrió gracias a los poros capilares por lo tanto el volumen que éstos ocupan es mayor que los otros tamaños de poros.

Los macroporos o poros no capilares tienen un tamaño tal que el menisco de capilaridad no se forma. La forma de la interfase entre el agua y el aire es considerada planar y por lo tanto la fuerza de capilaridad es nula (Corey, 1977). Adicionalmente a los poros capilares, el suelo contiene estos macroporos que se originan de acuerdo al desarrollo y descomposición de las raíces de las plantas, las actividades de la biota que lo habitan y al encogimiento de los suelos limosos y

arcillosos (Germann y Beven, 1985). En todos los tipos de suelos se observa que es en esta proporción de poros en donde se retiene el agua a presiones atmosféricas más bajas. El pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp. destacó por presentar una gran proporción de macroporos sin embargo no son los suficientes para retener una cantidad de agua mayor a los $0.5 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$.

9.4.4. Agua almacenada

La figura 31 muestra gráficamente la cantidad de agua almacenada en 1 m^2 de suelo, con base en los datos de porosidad de éste, dependiendo del tipo de vegetación y el cuadro 21 muestra la cantidad de agua almacenada con respecto al área que cubre cada tipo de vegetación. No se tienen datos para el popal de *Thalia geniculata* y de *Cyperus giganteus*.

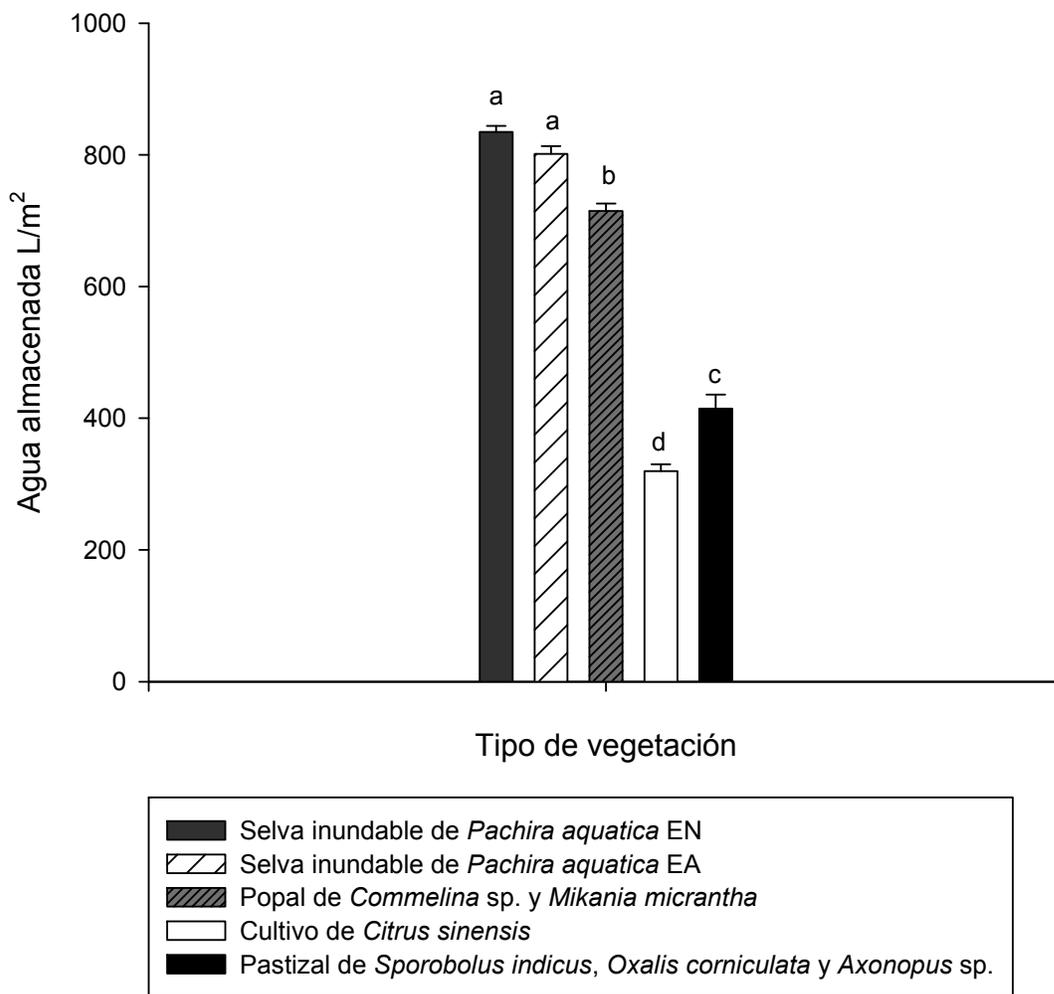


Figura 31. Agua almacenada en el suelo (L/m²) dependiendo el tipo de vegetación. (n por tipo de vegetación =3). P= 0.050. Los datos de agua almacenada aparecen en el cuadro 22.

Cuadro 21. Cantidad de agua almacenada por tipo de vegetación.

Tipo de vegetación	Superficie (Ha)	Porcentaje (%) de área	Cantidad de agua que almacena el suelo de cada tipo de vegetación (l/m ²)	Cantidad de agua almacenada (l/m ²) por la superficie que ocupa cada tipo de vegetación (Ha)
Selva inundable de <i>Pachira aquatica</i>	1,747.07	40.9	818.09	14,292,601.4
Popal de <i>Commelina</i> sp. y <i>Mikania micrantha</i> y carrizal de <i>Cyperus giganteus</i> y <i>Thalia geniculata</i>	819.21	19.2	714.78	5,855,523.6
Manglar de <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> y <i>Avicennia germinans</i> - Selva de <i>P.aquatica</i>	15.676142	0.4	-----	-----
Cultivo de <i>Citrus sinensis</i>	71.36	1.7	319.65	228,099.8
Pastizal de <i>Sporobolus indicus</i> , <i>Oxalis corniculata</i> y <i>Axonopus</i> sp.	1,619.26	37.9	414.88	6,151,527.6
Superficie total	4,272.57	100		

Para calcular el total de agua que almacena el popal de *Commelina* sp. y *Mikania micrantha* se tomó en cuenta el área total que cubre el popal que no solo está cubierta por estas dos especies. También se encontraron *Cyperus giganteus* y *Thalia geniculata* como especies dominantes pero no se realizaron análisis de agua almacenada en estos dos tipos de vegetación. La superficie de manglar-selva cuya cifra fue tomada del mapa de vegetación realizado, requiere una revisión de campo detallada en cuanto a su composición debido a que se encontraron especies de ambos tipos de vegetación. En esta zona no se realizaron análisis de agua almacenada.

En las barras de la figura 31 se observa que los tres humedales estudiados (selva inundable de *Pachira aquatica* EN y EA y el popal de *Commelina* sp. y *Mikania*

micrantha) presentaron diferencias significativas con las zonas que han sufrido un cambio de uso de suelo (cultivo de *Citrus sinensis* y pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp.). Inclusive, los dos sitios de selva inundable de *Pachira aquatica* presentaron diferencias significativas con el popal de *Commelina* sp. y *Mikania micrantha*. A pesar de que el pastizal y las comunidades acuáticas herbáceas presentaron valores similares de agua almacenada en toda su superficie, este último tipo de vegetación tiene una superficie de la mitad de aquella dominada por los pastizales. Con tan solo cerca del 10% más de cobertura que los pastizales en la superficie del ANP, la selva inundable es capaz de almacenar más de la mitad de agua que el pastizal. El cultivo de *Citrus sinensis* fue el tipo de vegetación con el suelo que almacena menos agua. Estas comparaciones nos permiten observar con mayor precisión la pérdida de los servicios de almacenamiento de agua en eventos como la transformación de un humedal a pastizal o cultivo de cítricos. Los valores de almacenamiento de agua representan un claro indicador de la calidad de los servicios ambientales de recarga de los mantos acuíferos y mitigación de inundaciones en los suelos para proveer dichos servicios.

9.4.5 Conductividad hidráulica

En la siguiente sección se muestran las curvas de conductividad hidráulica (Figura 32) para todos los suelos estudiados (selva inundable de *Pachira aquatica* EN y EA, popal de *Commelina* sp. y *Mikania micrantha*, popal de *Thalia geniculata*, carrizal de *Cyperus giganteus*, cultivo de *Citrus sinensis* y pastizal de *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp). El hecho de que la curva del suelo de pastizal se encuentre por debajo de las demás curvas, significa que éste se satura de agua (punto de inflexión de la curva) más rápido que los otros, es decir, el agua que logra conducir ya estando saturado, es menor en cantidad. Si consideramos que la parte media de la gráfica nos habla de la proporción de mesoporos, el extremo izquierdo de los macroporos y el derecho de los microporos, en la curva

del pastizal existe una gran proporción de poros finos que a presiones atmosféricas altas puede conducir agua pero en muy bajas cantidades. La selva inundable de *Pachira aquatica* EN en cambio, se destaca por acercarse a un punto de saturación en el cual previamente se ha conducido una mayor cantidad de agua que en los otros suelos, los cuales sin embargo siguen esta tendencia a excepción del pastizal. El cultivo de cítricos se satura a presiones atmosféricas elevadas y a través de una gran proporción de microporos.

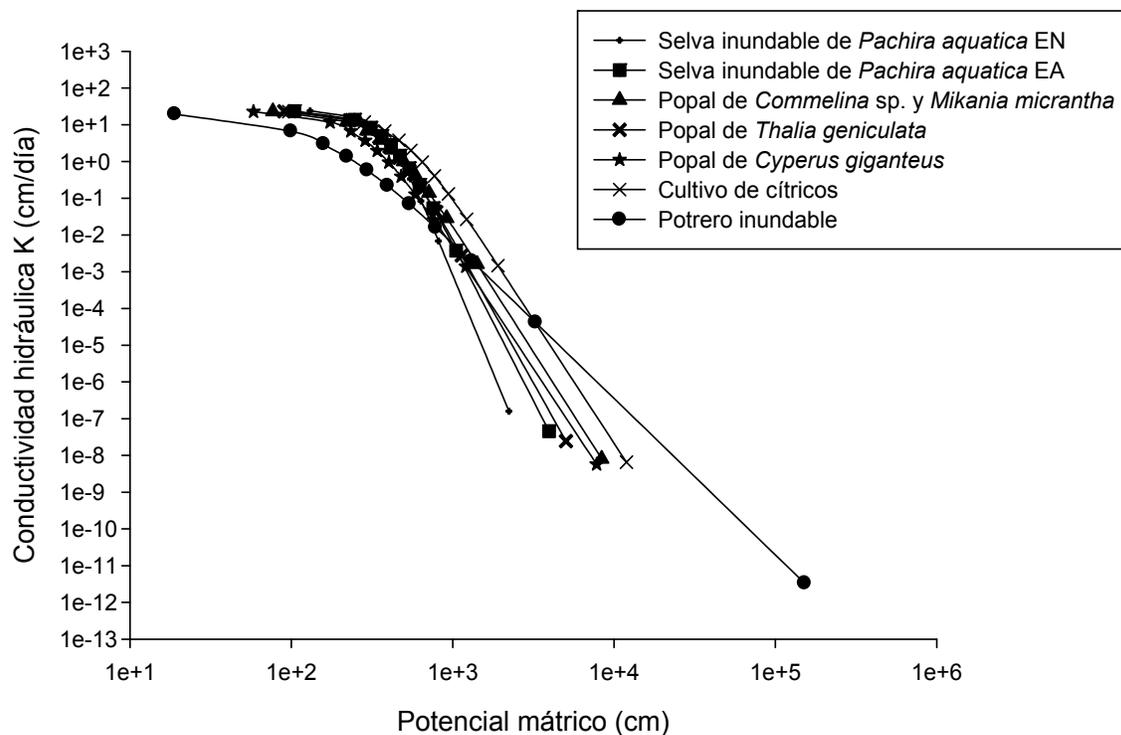


Figura 32. Curvas de conductividad hidráulica K (cm/día) de los suelos pertenecientes a los siete tipos de vegetación estudiados. n por tipo de vegetación = 6.

Al comparar las curvas de conductividad hidráulica del suelo de cada tipo de vegetación, en la figura 32, se observa que el pastizal destaca al mantener una curva de conductividad por debajo de los humedales e incluso del cultivo de *Citrus sinensis*. Adicionalmente, su curva presentó una gran proporción de microporos o poros submicroscópicos donde el potencial mátrico es alto. Los poros

submicroscópicos son tan pequeños que excluyen a los agregados de moléculas de agua como para formar patrones de flujo continuo del líquido (Corey, 1977). Es por esta razón que la conductividad en los rangos altos de presión fue menor a los demás tipos de vegetación. A pesar de que la máxima cantidad de agua conducida por el suelo de pastizal fue igual que en los otros sitios, esto ocurrió a un potencial mátrico menor al de los otros tipos de suelo; es decir, no conduce tanta agua como los humedales cuando las presiones aumentan.

La curva correspondiente al cultivo de *Citrus sinensis* destacó por presentar una gran proporción de mesoporos (parte media de la curva) que los demás tipos de vegetación y la conductividad a potenciales mátricos intermedios es mayor que la de los humedales, sin embargo, al bajar la presión, comenzó a igualarse con estos.

Los macroporos juegan un papel muy importante en el flujo del agua, especialmente durante la infiltración. Cuando un suelo no saturado es inundado con agua, el agua fluye en éstos (Germann y Beven, 1985). Los humedales presentan una curva de amplitud reducida con una menor proporción de micro y macroporos que los otros dos tipos de vegetación, sin embargo la conductividad alcanza valores mayores en los humedales. Considerando que el flujo de agua en los poros capilares o mesoporos es laminar y dominante en los suelos (Corey, 1977), los altos valores de conductividad en los humedales se deben a la gran proporción de mesoporos, a la estructura del suelo y la presencia de agregados. A pesar de que la siguiente afirmación se describe para la conductividad K en condiciones de saturación (K_s), las mismas leyes aplican para la K no saturada (Kutilek y Nielsen 1994). La agregación del suelo incrementa la K_s por órdenes de magnitud aunque la porosidad sea la misma. Contrariamente, la dispersión o desagregación del suelo disminuye la K_s . La compactación del suelo en el horizonte A y en la parte más baja de un horizonte arado causa un gran decremento de la conductividad hidráulica en condiciones de saturación, ya que la compactación reduce primariamente el contenido de poros grandes de suelo

(Kutílek y Nielsen 1994). Tomando en cuenta lo antes mencionado junto con la compactación por la pérdida de materia orgánica y por el pisoteo del ganado en el cultivo de *Citrus sinensis* y el pastizal, estos factores resultan en una baja conductividad de agua en el suelo.

10. Consideraciones finales

Al ser el ANPCF un área cuya vegetación ha sido modificada en una gran proporción (39.6% del área del ANP), que posee una gran diversidad de tipos de humedales tales como selva inundable de *Pachira aquatica*, popal de *Commelina* sp. y *Mikania micrantha*, popal de *Thalia geniculata*, carrizal de *Cyperus giganteus* y manglar de *Rhizophora mangle*, ésta representa un mosaico variado de condiciones físicas, químicas, ambientales y sociales. Sobre esta área actúan presiones de originadas por la naturaleza (huracanes, tormentas, cambio climático en general) y de origen humano (contaminación, deforestación, caza, introducción de especies exóticas, extracción de agua y recursos naturales) que vuelven aún más complejo este sistema y que por lo tanto requiere de una visión muy amplia para su estudio y para llevar a cabo las acciones que se lleven a cabo dentro y a los alrededores. Por otro lado, y con sus particularidades, al estar insertada en el contexto de Veracruz, México, el ANPCF representa un vistazo de cómo se gestionan, conservan, protegen, y aprovechan las áreas naturales protegidas y los recursos naturales en nuestro país por parte de las autoridades, grupos civiles, pobladores, etc.

De acuerdo a las predicciones climáticas actuales, parece que cada vez más este siglo estará caracterizado por cambios en los patrones climáticos globales y en los tipos de clima (Watson *et al.*, 2001; McCarthy *et al.*, 2001; Munasinghe y Swart, 2005). Estas predicciones señalan que habrá cambios en los patrones climáticos, incrementos en las temperaturas promedio, cambios en los patrones de precipitación, incremento en la incidencia de eventos climáticos extremos e

incremento del nivel del mar (Harris, 2006). Por ejemplo, el 83% de los encuestados mencionó que ha observado un aumento en la intensidad de los huracanes. Una de las regiones que se verá más afectada por el cambio global es el Golfo de México. Los humedales costeros del Golfo de México también son sumamente vulnerables al incremento en el nivel del mar. En condiciones normales, su inundación estaría balanceada por un crecimiento hacia arriba producido por la acumulación de materiales orgánicos e inorgánicos que se irían acumulando con el nuevo nivel. Sin embargo, esto no sucederá debido a que los principales ríos que llegan a las grandes extensiones de humedales han sido represados, razón por la que el sedimento está siendo retenido y no puede llegar hasta los humedales (Moreno-Casasola, 2006). Los efectos de huracanes y tormentas dependen en gran medida de qué tan preparada esta la población y qué medidas de acción y prevención ejercen las autoridades. Tal como respondieron los encuestados, con los huracanes y tormentas las zonas urbanas sufren diversos daños como la pérdida de los techos, inundación de las casas, desbordamiento de aguas negras, muerte y enfermedad de los animales, los potreros se inundan, la fruta de los cultivos cae y se pudre entre otros daños; y en los humedales los árboles caen, se desbordan los ríos y mueren los peces. Estos efectos podrán ser menores o evitarse al accionar un plan emergente, implementación de refugios, conservación de los humedales y ordenamiento territorial. La resiliencia de los humedales, entendiendo resiliencia como la capacidad de un ecosistema de restaurar su estructura después de algún disturbio único o permanente (natural o inducido por el humano) (Chapman, 1971), corresponderá de manera directa al grado de conservación de los humedales y en cierta medida al tipo de humedal. En este estudio se observó que hay un gran número de plántulas de *Pachira aquatica* cercanas a las orillas de los esteros y tierra adentro, lo cual sugiere que por lo menos en la selva inundable este elemento aporta un potencial de regeneración aunque la sobrevivencia de éstas plántulas dependerá de muchos otros factores. Si se desea mitigar los impactos por huracanes y tormentas, debe garantizarse la conservación de los humedales. Tal como se observa en los resultados de las propiedades hídricas del suelo, es

evidente que aquellos que pertenecen a un tipo de vegetación típico de un humedal son aquellos que pueden actuar como esponjas que absorben, almacenan y conducen el agua y en este sentido dan al humedal la capacidad de proveer el servicio ambiental de mitigación de impactos por tormentas y huracanes. En un estudio en Veracruz, Yetter (2004) analizó el balance del agua para dos humedales herbáceos de agua dulce y encontró que la hidrología en ambos estaba dominada por los flujos subterráneos. El 76% de la entrada total de agua a estos humedales provino de los flujos subterráneos, la precipitación aportó el 19% y los escurrimientos el 5% restante. La precipitación y la entrada superficial del agua ocurrieron casi exclusivamente durante la época de lluvias (Junio- Octubre). Durante la época de secas (Noviembre-Mayo) la única entrada de agua a estos humedales es a través de las aguas subterráneas. Estos datos aportan las bases para argumentar que los humedales representan el reservorio de agua disponible para los ecosistemas y para la comunidad. De no existir éstos o de ser secados, toda el agua que llega subterráneamente se perdería, llegando al mar y ocasionando graves inundaciones.

El marco legal y el plan de manejo que supone el decreto de ANP para los humedales de esta zona así como la misma existencia de estos humedales, representan un punto clave de partida, con diversas posibilidades y elementos que apoyan positivamente la planeación y diseño de acciones de conservación, desarrollo y producción dentro y en los alrededores de dichos ecosistemas. En este sentido los habitantes de la zona (81% de los encuestados) valoran los beneficios que aportan los humedales para su comunidad, sin embargo parece que no cuentan con los recursos o los medios para convertirse en los actores de procesos de conservación de sus ecosistemas. En dicho caso, la problemática de la zona parece estribar más en una falta de coordinación entre las autoridades y para con los habitantes y en la no observancia del marco legal y las disposiciones generadas y propuestas en el plan de manejo.

11. Conclusiones

El cambio de uso de suelo a zona de cultivo y potrero ha sido el factor de transformación del ANPCF de mayor impacto a través de la tala y quema de la cobertura vegetal para la introducción de pasto o de plantas de cultivo. Otros eventos de transformación han sido la incidencia de huracanes y tormentas; ésta es una zona vulnerable a dichos eventos meteorológicos debido su ubicación dentro del Golfo de México, a la ausencia de barreras que disminuyen la intensidad del viento (la densidad de la cobertura arbórea es baja) y a que las poblaciones se encuentran muy cercanas a la playa. Los efectos de dichos eventos ocurren tanto en los humedales y zonas dedicadas a la agricultura y ganadería como en las zonas urbanas causando pérdidas y daños materiales a la infraestructura urbana y casas. Por parte de los habitantes existe la concepción de que ha ocurrido un aumento en la incidencia de los huracanes y tormentas y de hecho este incremento ha ocurrido tanto en intensidad como en frecuencia.

La contaminación del agua y la deforestación por el avance de la frontera agropecuaria son problemas ambientales que se derivan de una gestión deficiente por parte de las autoridades municipales, por su falta de coordinación y por la no observancia del plan de manejo; dichas condiciones en las estancias gubernamentales y el no tomar en cuenta lo estipulado en el plan de manejo ha generado también la existencia de organizaciones sociales en conflicto por los recursos (i.e cuerpos de agua, terrenos para cultivo o ganado) y por intereses (i.e. convertir un humedal a potrero). La búsqueda de una mejor gestión y coordinación por parte de los órganos de gobierno a los cuales directa o indirectamente les compete la situación socio-ambiental del ANP, es esencial para desatar un proceso resolutivo y general en dicha área. Las potencialidades con las cuales se cuenta para lograr una mejor gestión de los recursos y del ANP en general, son: la existencia de diversos tipos de humedales que hacen disponibles variados recursos naturales y servicios ambientales y que éstos están contextualizados en un marco legal y de manejo que supone el decreto de un ANP.

La presencia de la vegetación nativa es fundamental para conservar la capacidad del suelo de actuar como esponja reteniendo el agua y conduciéndola a través de los espacios en el suelo. Las propiedades estudiadas en éste (densidad aparente, porosidad, retención, almacenamiento y conducción de agua), también influyen en la disponibilidad del agua para las plantas de los humedales, y los valores que presentan dichas propiedades en los suelos de humedales, reflejan el aporte de los servicios ambientales de control de inundaciones (zonas de descarga donde se acumula el agua y se percola lentamente), protección y mantenimiento de los mantos freáticos. La modificación de la vegetación en los humedales, es decir, la tala, quema y posterior introducción de pasto o cítricos, trae consigo cambios en el suelo que resultan en el aumento de la densidad aparente, disminución de la porosidad del suelo y menor capacidad de retener, almacenar, y conducir el agua. Estos cambios en el suelo muestran que la conversión de un humedal a un sitio de cultivo o un potrero no es una práctica recomendable por la pérdida de dichos servicios, entre otros, y por la vulnerabilidad que los potreros y cultivos del ANP presentan ante el panorama actual del cambio climático.

Los datos aquí presentados cobran aún mayor importancia en Veracruz, un estado sumamente vulnerable al cambio climático por la abundancia de terrenos bajos y la gran cantidad de poblaciones expuestas a huracanes, los cuales han sido cada vez más frecuentes en las últimas décadas. El interés por conservar los humedales debe radicar en la concepción de los humedales como un sistema natural que provee numerosos servicios ambientales, todos de gran importancia para el planeta y los seres que lo habitamos. El suelo que compone estos ecosistemas es un gran tesoro que provee la capacidad de mantener el agua limpia, contenida en el subsuelo y disponible en la superficie y que además es esencial para el desarrollo de las plantas que a su vez lo mantienen.

12. Recomendaciones

Relativo a la vegetación que cubre el ANPCF y a los efectos por huracanes y tormentas que ésta área ha sufrido, sería de gran interés realizar un mayor número de cuadros de vegetación con el fin de conocer la diversidad existente en la zona con mayor detalle y observar su regeneración natural a lo largo del tiempo así como apoyar los posibles procesos de restauración natural e inducida en estos humedales. Las plántulas de *P. aquatica* se observaron en numerosos lugares de los esteros y tierra adentro. Esta especie es utilizada en la jardinería como planta de ornamento en macetas o para jardines. A través de un acuerdo con las autoridades y conociendo la capacidad de producción de semillas de la especie, estas podrían ser sembradas en viveros y comercializadas por alguna cooperativa. Otra proporción de las plántulas o semillas podrían plantarse en diferentes sitios del ANP para la restauración de los humedales.

Es de gran importancia que las autoridades establezcan un plan de acción de mitigación de los impactos por huracanes y tormentas en la zona, tanto para proteger a los habitantes como a los humedales y zonas de cultivo y uso ganadero y que por otro lado, el cambio de uso de suelo este basado en una planeación del territorio que considere las zonas de mayor riesgo dentro y a los alrededores del ANP. A pesar de que México cuenta con planes de emergencia, las políticas a nivel municipal, estatal y federal tendrían que incentivar la protección de los ecosistemas y de los servicios de mitigación de impactos naturales que estos proveen.

En un estudio sobre el beneficio económico de mitigación de inundaciones por parte de los suelos de humedales en la Reserva Natural de Momoge, China, se utilizaron parámetros físicos del suelo considerando simultáneamente el capital financiero invertido en la construcción de reservorios de agua, tomados en cuenta como sustitutos del beneficio de mitigación de inundaciones provisto por los suelos de humedales. El cálculo se obtuvo al multiplicar la capacidad de almacenamiento

de agua del suelo por el capital de almacenamiento por unidad o reservorio de agua (Ming *et al.*, 2007). En Estados Unidos, se estimó que una pérdida de 3,400 hm² del sistema de humedales del río Charles resulta en daños por inundaciones de \$17 millones anuales. Esto se traduce a un beneficio de mitigación de inundaciones de 5000 \$/hm²/año (Thibodeau y Ostro, 1981; Mitsch y Gosselink, 2000). En este sentido, sería de gran interés calcular los beneficios económicos de dichos servicios dependiendo del tipo de suelo, con el objetivo de conocer las ganancias de conservar los suelos de humedales del ANPCF y las pérdidas de transformar dichos suelos tomando en cuenta la frecuente incidencia de tormentas y huracanes que inundan la zona.

Tomando en cuenta que tanto el cultivo de *Citrus sinensis* como el pastizal *Sporobolus indicus*, *Oxalis corniculata* y *Axonopus* sp. presentaron bajos valores de retención, agua almacenada y conductividad hidráulica y que dichas propiedades aportan datos tangibles sobre la condición del servicio ambiental del suelo como reservorio de agua entre otros, es importante establecer políticas y acciones que encaminen a los órganos políticos y a la comunidad que habita dentro y a los alrededores del ANPCF a realizar prácticas de manejo adecuadas para la zona e iniciar proyectos de conservación y producción que garanticen la preservación de dicho servicio ambiental, el cual va vinculado a muchos servicios más, así como a iniciar procesos de restauración de suelos.

Adicionalmente, tanto los humedales arbóreos como los herbáceos demostraron mantener una gran capacidad para retener y conducir el agua en el suelo, siendo inclusive uno de los popales (popal de *Thalia geniculata*) el que mayor retención de agua presentó, por lo tanto el interés y las acciones de conservación deberían de estar igualmente direccionadas en humedales herbáceos y arbóreos.

Al ser la ganadería y la agricultura los principales factores de la erosión del suelo y la pérdida de los humedales, es de primordial importancia hacer conocer especialmente a los ganaderos y agricultores, los efectos que tienen estas

prácticas en los humedales (*i.e.* la erosión del suelo, la pérdida de la flora y fauna nativa y de los cuerpos de agua, la contaminación provocada por los fertilizantes, pesticidas y herbicidas). La comunicación que se establezca con ellos podría estar basada en elementos que ayuden a reflexionar sobre la valoración de los servicios que aportan los humedales y se pueda establecer una dimensión de los efectos negativos que tiene la conversión de un humedal a potrero o a cultivo al mismo tiempo que se aporten ideas y herramientas para la generación de proyectos productivos amigables con el medio ambiente y de esta manera. Estas acciones también ayudarían a atender la situación de que haya organizaciones sociales en conflicto por sus diferencias en intereses con respecto al uso de los humedales, tales como los ganaderos y los pescadores.

Tal como lo reflejan los sondeos realizados, una gran proporción piensa que los humedales son un tipo de vegetación que beneficia (81%) y que, de poder, aumentarían este tipo de vegetación (66%). Los resultados de este sondeo reflejan una gran ventaja debido a que esta valoración de los humedales parece ser muy positiva sin embargo sería más preciso aplicar un número de encuestas que representen a la población y adicionalmente sería de gran ayuda entender los factores o condiciones que intervienen en la percepción de los habitantes con el objetivo de encontrar los elementos que pueden potencializar la respuesta positiva hacia los humedales como un ecosistema benéfico para la sociedad. En este sentido, es fundamental emprender procesos de educación ambiental, los cuales podrían potenciar, asistir y aportar una pauta para que se realicen distintos proyectos productivos, de restauración y de conservación en los humedales. Será de gran importancia que los pobladores valoren los bienes y servicios que proveen los humedales si se tiene el objetivo de emprender actividades productivas amigables con los humedales que conforman el ANP.

Debido a la problemática en torno a las distintas modalidades de tenencia de la tierra dentro del ANP y las distintas actividades (turismo, pesca, ganadería, agricultura) que se llevan a cabo dentro y a los alrededores de ésta, es necesaria

una labor conjunta por parte de todas las autoridades relacionadas, donde tomen en cuenta todos estos sectores y junto con ellos las tendencias y problemáticas de cada uno e introducirlos en una misma red de acción que promueva la protección y conservación de los recursos al mismo tiempo que se genere un campo de trabajo, producción y desarrollo económico dentro del ANP. En este contexto la regulación de la situación en torno a la tenencia de la tierra y al tipo de uso de suelo haciendo valer los decretos que establece el plan de manejo, facilitaría que se fijen acuerdos entre las autoridades y los propietarios de tierras dentro del ANP.

Las actividades primarias están por encima de la normatividad en materia de ANP's. El hecho de que aún existan tendencias al desarrollo en la actividad ganadera y agrícola dentro del ANP (el 40% de la superficie del ANP ha sufrido un cambio de uso de suelo a cultivo y potrero), representa un claro ejemplo que sustenta la necesidad de que por parte de las entidades de ley y planeación se requiere tomar la atención a la búsqueda de nuevas alternativas de producción y conservación.

Relativo al turismo, es necesario establecer un plan de desarrollo turístico en el cual se considere la capacidad de carga del humedal. Considerar lo que se extrae de éste (recursos tales como pescados, mariscos y agua; y servicios tales como el espacio para el esparcimiento, mitigación de impactos por eventos meteorológicos...) y compensar con acciones como la restauración de los humedales, incentivar la capacitación de guías y apoyar económicamente la construcción de instalaciones para el ecoturismo y la difusión de las distintas actividades ecoturísticas que se podrían realizar en la zona. Adicionalmente, las acciones conjuntas entre las autoridades estatales, municipales y los gremios de servicios hoteleros podrían ayudar en gran medida a mejorar la calidad de los servicios hoteleros y a aumentar los ingresos del turismo en la zona al establecer acuerdos conjuntos. La generación de asentamientos rurales y urbanos es otro factor que no permite un desarrollo turístico *ex profeso*, el ordenamiento del

territorio es heterogéneo y deben especificarse las prioridades para el municipio tomando en cuenta las actividades productivas que se están desarrollando.

En torno a la pesca, es muy importante que se establezcan y difundan entre los pescadores las normas para realizar prácticas que no comprometan a las poblaciones de pesca.

Referente a los servicios con los que cuentan las poblaciones de los alrededores del ANPCF se podrían proponer a la población alternativas como la construcción de letrinas secas y buscar el apoyo económico para su construcción con el fin de evitar la contaminación de los mantos acuíferos. Adicionalmente se podría solicitar al gobierno municipal la instalación de sitios de recolección de basura y contar con el servicio de recolección de ésta.

Al observar que la contaminación del estero es por causa de los rastros, procesadoras de jugos, fertilizantes y pesticidas de cultivos que se ubican río arriba, es de gran importancia hacer cumplir las normas para cada industria que desecha sus residuos en el río, o que al ocurrir crecientes en los ríos, sus contaminantes son arrastrados. Establecer un enfoque de cuenca y de región hidrológica es muy importante en este caso, considerar los factores que pueden estar afectando la salud de los esteros y humedales no solo *in situ* sino en todo el sistema hidrológico que lleva agua a estos y emprender las medidas necesarias para evitar su contaminación.

Los humedales costeros del estado de Veracruz son deteriorados principalmente por la ganadería, actividades petroquímicas y la urbanización. Aquellos de agua dulce están siendo cada vez más raros como resultado de los impactos por las actividades humanas (Moreno-Casasola, 2008). Muchos de éstos muestran cambios significativos en su ecología, principalmente en relación con la composición de especies, invasión de especies exóticas, contaminación y régimen hidrológico (Travieso-Bello *et al.*, 2005; López Rosas *et al.*, 2006; Escutia-Lara *et*

al., 2009; Moreno-Casasola *et al.*, 2009). Por las razones anteriores y por los servicios ambientales que estos proveen, es de gran importancia establecer políticas de conservación que garanticen la preservación de estos ecosistemas y de los beneficios que estos aportan.

13. Literatura citada

- Allport, F. H. 1974. El problema de la percepción. Buenos Aires. Nueva Visión p.81
- Angers, D.A. y Simard, R.R. 1986. Relation entre la teneur en matière organique et la masse volumique apparente du sol. *Canadian Journal of Soil Science* 66: 743-746.
- Archer S., Smeins, F.E. 1991. Ecosystem level process. En: Heitschmidt, R.K., Stuth, J.W. (Ed). *Grazing management: An ecological perspective*. Portland, OR: Timber Press. p. 109-140.
- Armentano, T.V., Doren, R.F., Platt, W.J. y Mullins, T. 1995. Effects of Hurricane Andrew on coastal and interior forests of Southern Florida: overview and synthesis. *Journal of Coastal Research* 21: 111-144.
- Azuz-Adeath, I. 2002. Gross approximation on the erosive vulnerability along de Mexican coast. En:Gomes, F.V.; Taveira Pinto, F. y das Neves, L. (Ed). *Littoral 2002. 6th International Symposium Proceedings: a multi-disciplinary Symposium on Coastal Zone Research, Management and Planning*, Porto, 22-26 September 2002: volume 2. pp. 445-451.
- Barbier, E. B, Acreman, M, Knowler, D. 1997. Valoración económica de los humedales. Guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención Ramsar. Suiza.143 pp.
- Bengtsson J., Jones, H., Setala, H. 1997. The value of biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution* 12 (9): 334-336.
- Bitrán, D. 2001. Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980-99. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). México. 107 pp.
- Blood, E. R., Anderson, P., Smith, P. A., Nybro, C. y Ginsberg, K. A. 1991. Effects of Hurricane Hugo on coastal soil solution chemistry in South Carolina. *Biotropica* 23: 348 - 355.
- Bongers, T. 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematodes species composition. *Oecologia* 83: 14-19.

- Bormann, F., Likens, G., Fisher, D. y Pierce, R. 1968. Nutrient loss accelerated by clear-cutting of a forest ecosystem. *Science* 159: 882-884.
- Boucher, D. H., Vandermeer, J. H., Yih, K. y Zamora, N. 1990. Contrasting hurricane damage in tropical rain forest and pine forest. *Ecology* 71: 2022-2024.
- Bravo, L.C. y Hernández, U.A. 2005. Resumen de la tormenta tropical “José” del Océano Atlántico. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Servicio Meteorológico Nacional. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico. México.
- Bravo, L.C. 2008. Reseña de la tormenta tropical “Marco”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Servicio Meteorológico Nacional. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico. México.
- Brokaw, N. V. L., y Walker, L. R. 1991. Summary of the effects of Caribbean hurricanes on vegetation. *Biotropica* 23: 442-447.
- Cabello- Pasini, A., Lara-Turrent, C., y Zimmerman, R. 2002. Effects of storms on photosynthesis, carbohydrate content and survival of eelgrass populations from a coastal lagoon and the adjacent open ocean. *Aquatic Botany* 74: 149-164.
- Cahoon, D. R., Reed, D., Day, J., Streyer, G., Boumans, R., Lynch, J., McNally, D. y Latif, N. 1995. The influence of Hurricane Andrew on sediment distribution in Louisiana coastal marshes. *Journal of Coastal Research* 21: 280-294.
- Cahoon, D. R., Hensel, P., Rybczyk, J., Mc Kee, K.L., Proffitt, C. E. y Perez, B.C. 2003. Mass tree mortality leads to mangrove peat collapse at Bay Islands, Honduras, after Hurricane Mitch. *Journal of Ecology* 91: 1093-1105.
- Campos-Cascaredo, A. y P. Moreno-Casasola B. 2009. Suelos hidromórficos. En: Moreno-Casasola P. y B. Warner. Eds. 2009. Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable no 1. RAMSAR, Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa, Ver. México. 111-130.

- Campos C.A., Hernández, M.E., Moreno-Casasola, P., Cejudo, E.E., Robledo, R.A. e Infante Mata, D., 2011. Soil water retention and carbon pools in tropical forested wetlands and marshes of the Gulf of Mexico. *Hydrological Sciences Journal*, 56 (8), 1388–1406.
- Chabreck, R. H., y Palmesano, A. W. 1973. The effects of Hurricane Camille on the marshes of the Mississippi River delta. *Ecology* 54: 1118-1123.
- Chapman, W. B., Jr. 1971. *Natural Ecosystems*. Macmillan. New York.
- Cherfas, J. 1990. The fringe of the ocean-under siege from the land. *Science* 248:163–165.
- Childers, D., Day, J. y Muller, R. 1990. Relating climatological forcing to coastal water levels in Louisiana estuaries and the potential importance of El Niño-Southern Oscillation events. *Climate Research* 1: 31-42.
- Childs, E.C. 1969. *The physical basis of soil water phenomena*. Wiley Interscience, New York. 493 pp.
- Coffin D.P., Lauenroth, W.K. 1988. The effects of disturbance size and frequency on a shortgrass plant community. *Ecology* 69: 1609-1617.
- Collins, S.L., Knapp, A.K., Briggs, J.M., Blair, J.M., Steinauer, E.M. 1998. Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie. *Science* 280: 745-747.
- Contreras-Espinosa, F. y Warner, B. G. 2003. Ecological characteristics and management implications of coastal wetlands in Mexico. *Hydrobiologia* 511: 233-245.
- CEMA. 2002. Programa de Manejo Ciénega del Fuerte. Secretaría de Desarrollo Regional. Gobierno Constitucional del Estado de Veracruz. México. 89 pp.
- Conner, W. H., Day Jr, J. W., Baumann, R. H. y Randall, J. M. 1989. Influence of hurricanes on coastal ecosystems along the northern Gulf of Mexico. *Wetlands Ecology and Management* 1: 45-56.
- Corey, A.T. 1977. *Mechanics of heterogeneous fluids in porous media*. Water resources publications, Fort Collins, Colorado. 259 pp.

- Cowardin, L.M., Carter, V., Golet, F.C. y la Roe, E.T. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Department of the Interior Fish and Wildlife Service Office of Biological Services Washington, D.C. 20240. 79 pp.
- Daily, G. C. 1997. Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems. Island Press. Nueva York. 392 pp.
- Daily, G.C., Matson, P.A., y Vitousek, P.M. 1997. Ecosystem services supplied by soil. En: Daily, G.C. (Ed). Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Washington D.C. Island Press. 375 pp.
- Day, J. W., Hall Jr., C. A. S., Kemp, W. M., y Yanez-Arancibia, A. 1989. Estuarine ecology. John Wiley & Sons, Inc., New York. 558 pp.
- Doyle, T.W., Smith, T. y Robblee, M. 1995. Wind damage effects of Hurricane Andrew on mangrove communities along the southwest coast of Florida, USA. *Journal of Coastal Research* 21: 159-168.
- Dullien, F.A.L. 1979. Porous media: fluid transport and pore structure. Academic Press, New York. 396 pp.
- Emanuel, K. A. 1987. The dependence of hurricane intensity on climate. *Nature* 326: 483 - 485.
- Escutia-Lara, Y., Lara-Cabrera, S. y Lindig-Cisneros, R. A. 2009. Efecto del fuego y dinámica de las hidrófitas emergentes en el humedal de La Mintzita, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80 (3): 771-778.
- Flores-Verdugo, F.J., De La Lanza-Espino, G., Contreras-Espinosa, F. y Agraz-Hernández, C.M. 2001. The Tropical Pacific Coast of Mexico. *Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Ecological Studies* 144: 307-314.
- Frangi, L.J. y Lugo, E. A. 1991. Hurricane damage to a flood plain forest in the Luquillo mountains of Puerto Rico. *Biotropica* 23 (4a): 324-335.
- García, G.B.M. 2009. Análisis de la condición ambiental del paisaje costero, las actividades socioeconómicas y el bienestar humano en la cuenca baja del río Tecolutla. Xalapa, Ver., México. Instituto de Ecología A.C. 190 pp.

- Garnica, P. R. J. 2004. Riesgos por inundaciones e inestabilidad de laderas en el Municipio de Tecolutla, Veracruz. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. 175 pp.
- Germann, P.F. y Beven, K. 1985. Kinematic wave approximation to infiltration into soils with sorbing macropores. *Water Resources Research* 21: 990-996.
- Gnatowski, T., Szatylowicz, J., Brandyk, T. y Kechavarzi, C. 2010. Hydraulic properties of fen peat soils in Poland. *Geoderma* 154: 188-195.
- González, E.C. y de León, G. de la F. 2003. Inventario y clasificación de los humedales en México. Parte 1. Ducks Unlimited de México. México. 239 pp.
- Gosselink, J.G. y Maltby, E. 1990. Wetland losses and gains. En: Williams, M. (Ed). *Wetlands: A threatened Landscape*. Blackwell, England. 419 pp.
- Greenson, P. E., Clark, J. R. y Clark, J. E. eds. 1979. *Wetland Functions and Values: the State of our Understanding*. Minneapolis: American Water Resources Association. 474 pp.
- Gunzelmann, M., Hell, U. y Horn, R. 1987. Die Bestimmung der Wasserspannungs-/Wasserleitfähigkeits-Beziehung von Bodanaggregaten. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 150: 400-402.
- Hall, E.R. y Dalquest, W.W. 1963. The mammals of Veracruz. University of Kansas Publications. Museum of Natural History 14: 165-362.
- Hammer, R.D. 1995. An environmental report to the city of Wildwood. En: Lickerman, S.H. (Ed) Planning and Zoning Committee. Master Plan for the City of Wildwood, MD. Pp. 65-137.
- Harris, A. J., Hobbs, J. R., Higgs, E. y Aronson J. 2006. Ecological restoration and global climatic change. *Restoration ecology*. 14: 170-176.
- Harrison, K., Broecker, W., y Bonani, G. 1993. The effect of changing land use on soil radiocarbon. *Science* 262: 725-726.
- Hernández, U.A. 2005. Resumen de la tormenta tropical "Bret" del Océano Atlántico. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica. Unidad del Servicio Meteorológico Nacional. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico. México.

- Hernández, U.A. 2007. Reseña del Huracán “Dean” del Océano Atlántico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Servicio Meteorológico Nacional, Subgerencia de Pronóstico Meteorológico. México.
- Hernández, U.A y. Bravo, L.C. 2007. Reseña del Huracán “Lorenzo” del Océano Atlántico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Servicio Meteorológico Nacional, Subgerencia de Pronóstico Meteorológico. México.
- Hillel, D. 1971. Soil and water. Physical principles and processes. Academic Press, New York. 288 pp.
- Horn, R. 1990. Aggregate characterization as compared to soil bulk properties. Soil Tillage Research 17: 256-289.
- Howell, S.N.G. y Webb, S. 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. 851 pp.
- Huertero, C.M. 2000. Análisis geográfico del Municipio de Tecolutla, Veracruz. Universidad Nacional Autónoma de México. 119 pp.
- Infante Mata, D. y Moreno-Casasola, P. 2005. Effect of in situ storage, light, and moisture on the germination of two wetland tropical trees. Aquatic Botany 83: 206-218.
- Infante Mata, D. 2011. Estructura y dinámica de las selvas inundables de la planicie costera central del Golfo de México. Instituto de Ecología, A.C. México, Xalapa, Ver. 179 pp.
- Infante Mata, D., P. Moreno-Casasola, C. Madero Vega, G. Castillo-Campos, B.G Warner. 2011. Floristic composition and soil characteristics tropical freshwater forested wetlands of Veracruz on the coastal plain of the Gulf of Mexico. Forest Ecology and Management 262: 1514–1531.
- Ingold, T. 2000. The perception of the environment. Essays in livelihood. Dwelling and skill. London, Routledge. 465 pp.
- Jiménez, J.A., Lugo, A.E. y Cintrón, G. 1985. Tree mortality in mangrove forests. Biotropica 17:177-185.

- Jordan, R.A. 1974. Observations on dissolved oxygen conditions in three Virginia estuaries after Hurricane Agnes. En: Davis, J., (Ed). The effects of Tropical Storm Agnes on the Chesapeake Bay Estuarine system. Chesapeake Bay Research Consortium. Baltimore, Maryland, USA. Publication 34.
- Kay, B.D. y Angers, D.A. 2000 Soil Structure. En: Summer, M.E. (Ed). Handbook of Soil Science. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. 2148 pp.
- Kutílek, M. y Nielsen, D.R. 1994. Soil hydrology: textbook for students of soil science, agriculture, forestry, geoecology, hydrology, geomorphology or other related disciplines. Catena Verlag. Cremlingen-Destedt, Germany. 370 pp.
- Lamann, E. 1989. Formulación de un proyecto de conservación de los recursos naturales para la zona de manglares de Estero Real, Nicaragua. UICN. Costa Rica.
- Landgrave, R. y Moreno-Casasola, P. 2012. Cuantificación de la pérdida de humedales en México. Investigación Ambiental 4 (1): 35-51.
- Lankford, R. 1977. Coastal lagoons of México: Their origin and classification. En: Wiley, M.E. Estuarine process. Circulation sediments and transfer of material in the estuary. Academic Press In. New York. 2: 182-215.
- Lefroy, E., Hobbs, R., Scheltema, M. 1993. Reconciling agriculture and nature conservation: toward a restoration strategy for the western Australian wheatbelt. En: Saunders, D.A., Hobbs, R.J., y Ehrlich, P.R. (Ed). Nature conservation 3: Reconstruction of fragmented ecosystems. Surrey Beatty & Sons. Chipping Norton, NSW.
- Lodge, D. J., y McDowell, W. H. 1991. Summary of the ecosystem effects of Caribbean hurricanes. Biotropica 23: 373-378.
- Lodge, D. J., Scatena, F. N., Asbury, C. E. y Sánchez, M. J. 1991. Fine litterfall and related nutrient inputs resulting from Hurricane Hugo in subtropical wet and lower montane rain forests of Puerto Rico. Biotropica 23: 336-342.
- López- Rosas, H., Moreno-Casasola, P. y Mendelssohn, I. 2006. Effects of experimental disturbances on a tropical freshwater marsh invaded by the African grass *Echinochloa pyramidalis*. Wetlands 26 (2): 593-604.

- Lot, H. A. 1991. Vegetación y flora vascular acuática del Estado de Veracruz. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Lot, H.A y Novelo, A. 1988. El pantano de Tabasco y Campeche: la reserva más importante de plantas acuáticas de Mesoamérica, p 537-547. En: Memorias del Simposium Ecología y Conservación del Delta de los Ríos Usumacinta y Grijalva. INREB-Tabasco; Gob. Edo. Tabasco; ICT;WWF; Brehm-Fonds; IUCN; SECUR. México 720 pp.
- Lot, A.H. y Novelo, A. 1990. Forested wetlands of México. En: Lugo, A. E., Brinson, M. y Brown, S. (Ed). Ecosystems of the world. Forested wetlands. Elsevier Publishers, Ecosystems of the World. Amsterdam. 527 pp.
- Lugo, A. E., Applefield, M., Pool, D. J. y McDonald, R. B. 1983. The impact of Hurricane David on the forests of Dominica. Canadian Journal of Forest Research 13: 201-211.
- Manson, R. y Moreno-Casasola, P. 2006. Los servicios ambientales en las zonas costeras. En: Moreno-Casasola, P., Peresbarbosa, E, y Travieso-Bello, A.C. (Ed). Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología A.C. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SEMARNAT), Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Ver., México. Vol. I: 319-348.
- Martínez, R. 2010. Destrucción y caos deja huracán Karl a su paso por Veracruz. E-consulta. México.
- Masera, O. 2003. Bosques y Cambio Climático en América Latina. Análisis y perspectivas. En: Leff, E., Ezcurra, E., Pisanty, I., Lankao, P.R. (Ed). La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). 578 pp.
- McCarthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, and K. S. White. 2001. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Michener, R.K., Blood, E., Bildstein, K., Brinson, M y Gardner, L. 1997. Climate change, hurricanes, and tropical storms, and rising sea level in coastal wetlands. Ecological Applications 7(3): 770-801.

- Milton, K. 2002. *Loving nature. Towards an ecology of emotion*. London, Routledge. 182 pp.
- Ming, J., Xian-guo, L., Lin-shu, X., Li-juan, Ch. y Shouzheng, T. 2007. Flood mitigation benefit of wetland soil - A case study in Momoge National Nature Reserve in China. *Ecological Economics* 61: 217-223.
- Mitsch, W.J. y Gosselink, J.G. 1993. *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold. USA. 722 pp.
- Mitsch, W.J. y Gosselink, J.G. 2000. *Wetlands*. 3a ed. John Wiley & Sons. Nueva York. 920 pp.
- Moreno-Casasola, P., Lopez, H. y Garza, S. 2001. La vegetación de los humedales Mexicanos. En: Abarca, F. y Herzig, M. (Ed). *Manual para el manejo y conservación de los humedales en México*. U.S. Fish and Wildlife Service, Phoenix, 2a edición, 113 pp.
- Moreno-Casasola, P. 2004. Mangroves, an area of conflict between cattle ranchers and fishermen. En: Vannucci, M. (Ed.) *Mangrovement and conservation: Present and future*. Renouf. San Diego, CA, EU. 352 pp.
- Moreno-Casasola, P., Monroy, R.C. y Peresbarbosa, R. E. 2006. Sección III. El desarrollo socioeconómico en la costa de México. En: Moreno-Casasola, P., Peresbarbosa, R.E. y Travieso-Bello A.C. (Ed). *Estrategia para el manejo costero integral. El enfoque municipal*. Instituto de Ecología A.C., Gobierno del Estado de Veracruz-Llave. México. 477 pp.
- Moreno-Casasola, P. 2008. Los humedales en México: tendencias y oportunidades. *Cuadernos de Biodiversidad* 28 (Universidad de Alicante, España): 10-18.
- Moreno-Casasola, P., López Rosas, H., Infante Mata, D., Peralta, L. A., Travieso-Bello, A.C. y Warner, B.G. 2009. Environmental and anthropogenic factors associated with coastal wetland differentiation in La Mancha, Veracruz, Mexico. *Plant Ecology* 200 (1): 37-52.
- Moreno-Casasola, P. 2009. En: Moreno-Casasola, P. y Warner, B. (Ed), *Breviario para describir, observar y manejar humedales*. Serie Costa Sustentable no 1.

- RAMSAR, Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa, Veracruz. 390 pp.
- Morris, J.T. y Jensen, A. 1998. The carbon balance of grazed and non grazed *Spartina anglica* saltmarshes at Skallingen, Denmark. *Journal Ecology* 86: 229-242.
- Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and sons, Inc. USA. 547 pp.
- Munasinghe, M., and R. Swart. 2005. Primer on climate change and sustainable development. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 445 pp.
- NOAA [National Oceanic and Atmospheric Administration]. 1988. Constructed world-wide tropical cyclones 1871 - 1988. Publication TD-9636. Department of Commerce, Washington, D.C., USA.
- Notohadiprawiro, T. 1993. Twenty-five years experience in peatland development for agriculture in Indonesia. International Symposium on the Biodiversity, Environmental Importance, and Sustainability of Tropical Peat and Peatlands. 4–8 September 1993, Palangka Raya, Indonesia.
- NRC (National Research Council). 1993. Soil and water quality. Washington, D.C. National Academy Press.
- Odum, E. P. 1979. The value of wetlands: a hierarchical approach. En: Greeson, P. E., Clark, J. R. y Clark J. F. (Ed). *Wetland functions and values: the state of our understanding*. American Water Resources Association, Minneapolis, Minnesota, USA. 674 pp.
- Ogden, J. 1992. The impact of Hurricane Andrew on the ecosystems of South Florida. *Conservation Biology* 6(4): 488-492.
- Oldeman, L.R., Engelen, van V y Pulles, J. 1990. The extent of human-induced soil degradation. Annex 5. En: Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A., y Sombroek, W.G. (Ed). *World map of the status of human –induced soil degradation: An explanatory note. (Global Assessment of Soil Degradation GLASOD)*. Winand Staring Centre. International Soil Reference and Information Centre. 18 pp.

- Olmsted, I. 1993. Wetlands of Mexico. En: Whigham, D.F., Dykyjova, D. y Hejny, S. (Ed). Wetlands of the world: I. Inventory, ecology and management. Handbook of vegetation science. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 294 pp.
- Or, D., Groeneveld, D.P., Loague, K. y Rubin, Y. 1991. Evaluation of single and multi-parameter methods for estimating soil-water characteristic curves. Geotechnical Engineering Report No. UCB/GT/91-07. University of California Berkeley, CA.
- Ortiz-Pérez, M. A. 1994. Repercusiones del ascenso del nivel del mar en el litoral del Golfo de México: un enfoque geográfico de los problemas del cambio global. En: Gay, C., Ruiz, L. G., Imaz, M., Conde, C. y Sánchez, O. (Ed) Memorias del 1er taller de estudio del país: México. México ante el cambio global. Cuernavaca, 18-22 abril, Instituto Nacional de Ecología, UNAM. Pp.191 -196.
- Ortiz-Pérez, M.A., Valverde, C. y Psuty, N.P. 1996. The impacts of sea level rise and economic development on the low-lands of the Mexican Gulf coast. En: Botello, A.V., Rojas-Galaviz, J., Benítez, J.A., Zárata, D. (Ed). Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, EPOMEX, Serie Científica 5: 459 - 470.
- Paerl, H.W., Bales, J., Ausley, L Buzzelli, C., Crowder, L., Eby, L., Fear, J., Go, M., Peirls, B., Richardson, T. y Ramus, J. 2001. Ecosystem impacts of three sequential hurricanes (Dennis, Floyd, and Irene) en the United States´largest lagoonal estuary, Pamlico Sound, NC. PNAS 98(10): 5655-5660.
- Peat ,D.M.W., Matthews, G.P., Worsfold P.J. y Jarvis S.C. 2000. Simulation of water retention and hydraulic conductivity in soil using a three-dimensional network. European Journal of Soil Science 51: 65-79.
- Pelcastre, L. y Flores-Villela, O. 1992. Lista de especies y localidades de recolecta de la herpetofauna de Veracruz, México. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 4: 25-96.

- Perez, B.C., Day, J.W., Jr., Rouse, L., Shaw, R., y Wang, M. 2000. Influence of Atchafalaya River discharge and winter frontal passage on suspended sediment concentration and flux in Fourleague Bay, Louisiana. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 50: 271-290.
- Pesci, R. 2000. Del Titanic al velero. La vida como proyecto. Ambiente, proyectualidad y cultura democrática. Editorial CEPA, La Plata. 168 pp.
- Pesci, R, J. Pérez y L. Pesci. 2007. Proyectar la sustentabilidad. Enfoque y metodología de FLACAM para proyectos de sustentabilidad. Colección Sustentable 02. Editorial CEPA, La Plata. 286 pp.
- Pimentel, D., Allen, J., Beers, A., Guinand, L., Hawkins, A., Linder, R., Mc Laughlin, P., Meer, B., Musonda, D., Perdue, D., Poisson, S., Salazar, R., Siebert, S., y Stoner, K. 1993. Soil erosion and agricultural productivity. En Pimentel, D. (Ed). *World soil erosion and conservation*. Cambridge, England: Cambridge University Press. 364 pp.
- Radcliffe, D. E.y Rasmussen, T. C. 2000. Soil water movement. En: Sumner, M.E. (Ed). *Handbook of Soil Science*. CRC Press. 2148 pp.
- Ramírez, L. D. 1981. *Tecolutla; Monografía Histórica*. Universidad Veracruzana. Jalapa, de Enríquez.
- Ramírez-Pulido, J., Castro-Campillo, A., Arroyo, C. J. y Cervantes, F.1996. Lista taxonómica de los mamíferos terrestres de México. *Ocasional Papers The Museum Texas Tech University* 58.
- Ramsar. 2000. *Wetland value and function*. Mauverney 28, CH-1196 Gland, Suiza. Disponible en www.ramsar.com.
- Reddy, K.R., D'Angelo, E.M., y Harris, W.G. 2000. Biogeochemistry of wetlands. En: Summer, M.E. (Ed). *Handbook of Soil Science*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Richardson, J. L., Arndt, J. L., y Montgomery, J. A. 2001. Hydrology of wetland and related soils. En: Richardson, J.L. y Vepraskas, M.J. (Ed). *Wetlands soils: genesis, hidrology, landscapes and classification*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.

- Rodríguez Medina, K. 2011. Efecto de la ganadería y la quema sobre la vegetación y el suelo de los humedales herbáceos (popales) del Municipio de Alvarado, Veracruz. Tesis de Maestría. Maestría en Ecología y Manejo de Recursos. Instituto de Ecología A.C., Xalapa. Ver.
- Ruess, L. 1995. Studies on the nematode fauna of an acid forest soil: spatial distribution and extraction. *Nematologica* 41: 229-239.
- Rybczyk, J. M., Zhang, X., Day, J., Heese, I. y Feagley, S. 1995. The impact of the hurricane Andrew on tree mortality, litterfall, nutrient flux, and water quality in a Louisiana coastal swamp forest. *Journal of Coastal Research* 21: 340-353.
- Shiklomanov, I. 1993. World fresh water resources. En: Gleick P.H.(Ed). *Water in crisis: A Guide to the world's fresh water resources*. Oxford University Press, New York. 449 pp.
- Saunders, D., Hobbs, R. y Ehrlich, P. (Ed). 1993. *Nature conservation 3: Reconstruction of fragmented ecosystems*. Perth: Surrey Beatty & Sons. Midland, Australia.
- Skoop, J.M. 2000. Physical properties of primary particles. En: Summer, M.E. (Ed). *Handbook of Soil Science*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Soane, B.D. 1975. Studies on some physical properties in relation to cultivation and traffic. En: *Soil physical conditions and crop production*. MN Agriculture Food Fisheries Technology Bulletin 29. London.
- Southworth, A.D. 1989. Conserving southeastern coastal wetlands. En: Chandler, W.J. (Ed). *Audubon Wildlife Report 1989*.
- Tabb, D.C., y Jones, A.C. 1962. Effect of Hurricane Donna on the aquatic fauna of North Florida Bay. *Transactions of the American Fisheries Society* 91: 375 - 378.
- Thibodeau, F.R. y Ostro, B.D. 1981. An economic analysis of wetland preservation. *Journal of Environmental Management* 12: 19-30.
- Tejeda, M. A. 2007. Panorámica de las inundaciones en el estado de Veracruz durante 2005. En: *Coordinación del Programa de Cambio Climático. Inundaciones 2005 en el estado de Veracruz*. Dirección General Editorial, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.

- Tejeda M. A. 2008. Universo. El periódico de los universitarios. Xalapa, Veracruz, 8: 312.
- Travieso-Bello, A.C., Moreno-Casasola, P. y Campos, A. 2005. Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales. *Interciencia* 30: 1-7.
- Twilley, R. R., Barron, E. J., Gholz, H. L., Harwell, M. A., Miller, R. L., Reed, D. J., Rose, J. B., Siemann, E. H., Wetzel, R. G. y Zimmerman, R. J. 2001. Confronting climate change in the Gulf coast region: prospects for sustaining our ecological heritage. Union of Concerned Scientists, Cambridge, Massachusetts and Ecological Society of America. Washington D. C. 80 pp.
- Unzón, H.A. y Lujano, B.C. 2011. Resumen de la tormenta tropical "Arlene" del Océano Atlántico. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Servicio Meteorológico Nacional. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico. México.
- Van Dolah, R. F. y Anderson, G. S. 1991. Effects of Hurricane Hugo on salinity and dissolved oxygen conditions in the Charleston Harbor Estuary. *Journal of Coastal Research* 8: 83 - 94.
- Vargas, M. L. M. 1994. Sobre el concepto de percepción. *Alteridades*. 4: 8. 47-53.
- Wall, D.H., Adams, G., y Parsons, A.N. 2001. Soil biodiversity. En: Chapin III, F.S., Sala, O.E., Huber-Sannwald, E. (Ed). *Global biodiversity in a changing environment. Scenarios for the 21 st century*. SpringerVerlag New York. 376 pp.
- Wall, D.H., y Virginia, R.A. 2000. The world beneath our feet: soil biodiversity and ecosystem functioning. En: Raven, P.R. y Williams, T. (Ed). *Nature and human society: the quest for a sustainable world*. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

- Warner, B., Aravena, R. y Moreno-Casasola, P. 2006. Cambio climático y reciclaje de carbono en los humedales costeros de México. En: Moreno-Casasola, P., Peresbarbosa, E. y Travieso-Bello, A.C. (Ed). Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología A.C., Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SEMARNAT), Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Ver., México. Vol. I: 298-318.
- Watson, R. T., and the Core Writing Team, ed. 2001. Climate change 2001: synthesis report. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Westhoff, V. y van der Maarel, E. 1978. The Braun-Blanquet approach. En: Whittaker R. (Ed). Classification of plant communities. Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht. pp. 287-399.
- Whigham, D. F., Olmsted, I., Cano, E. C. y Harmon, M. E. 1991. The impact of Hurricane Gilbert on trees, litterfall, and woody debris in a dry tropical forest in the Northern Yucatan Peninsula. *Biotropica* 23:434 - 441.
- Williams, M. 1990. Protection and Retrospection. En: Williams, M. (Ed). *Wetlands: A threatened Landscape*. Basin Blackwell.UK. 419 pp.
- Whittaker, R. H., y Likens, G. E. (Ed). 1971. Primary production of the biosphere. *Human Biology* 1: 301 - 369.
- Yáñez- Arancibia, A. 1986. *Ecología de la Zona Costera: Análisis de siete tópicos*. A.G.T. Editor. S.A. México. 189 pp.
- Yetter, J. C. 2004. Hydrology and geochemistry of freshwater wetlands on the Gulf of Mexico of Veracruz, Mexico. Masters Thesis, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada.
- Zedler, J. B. y Kercher, S. 2005. Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environment and Resources* 30: 39-74.

14. Enlaces de internet

Comisión Nacional del Agua. Índice de ciclones por temporada.

<http://smn.cna.gob.mx/ciclones/tempo>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

<http://ramsar.conanp.gob.mx/sitios.php>

Editorial periodística El demócrata. Xalapa, Veracruz, México.

<http://www.eldemocrata.com.mx>

Editorial periodística Imagen del Golfo. Veracruz, México.

<http://www.imagendelgolfo.com.mx>

Editorial periodística La Jornada. México, D.F.

<http://www.jornada.unam.mx>

Editorial periodística Orizaba en vivo. Orizaba, Veracruz, México.

<http://www.orizabaenvivo.com>

Editorial periodística El Universal. México,

D.F. <http://www.eluniversal.com.mx/noticias.html>

Editorial periodística Zócalo Saltillo. Coahuila, México.

<http://www.zocalo.com.mx>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México. www.inegi.org.mx/

National Oceanic and Atmospheric Administration. NOAA. EU.

<http://www.noaa.gov/>

15. Anexos

15.1 Cuestionario sobre los efectos de huracanes y tormentas en el área urbana y de vegetación:

Fecha de aplicación de la encuesta:

Lugar (localidad) en donde se aplico la encuesta:

Nombre del entrevistador:

Datos del entrevistado

Nombre:

Edad:

Localidad donde reside:

Años de residir en la zona:

Ocupación:

1. ¿En los últimos años, que sitios han sido transformados a potrero o zona de cultivo en Ciénega del Fuerte?

2. ¿Qué efectos han ocasionado los huracanes y tormentas en:

a. ¿la vegetación de los manglares y selvas?

b. ¿la vegetación de los popales y tulares?

c. ¿las casas?

d. ¿el suelo?

e. ¿el agua?

f. ¿los animales?

- g. ¿los potreros?
 - h. ¿los ríos?
 - i. ¿en la zona en general?
3. ¿Ha observado escasez de agua en los potreros?
 4. ¿Ha observado que caen árboles últimamente?
 5. ¿Ha observado nuevas bocas al mar o zonas de canalización que ocurrieron por los huracanes y tormentas?
 - a. ¿Cuándo se formaron?
 - b. ¿Se han mantenido o han cambiado?
 - c. ¿Qué función tienen?
 6. ¿Dónde ha observado mayores inundaciones, en los pastizales o en la zona de vegetación nativa?
 7. ¿Ha observado algún aumento en la intensidad de los huracanes?

15.2 Cuestionario sobre la percepción de los humedales ante los huracanes y tormentas:

1. ¿Considera que la existencia de manglares, selvas y popales que se inundan ayuda o perjudica? ¿Cómo?
2. Si usted pudiera decidir ¿aumentaría el área de vegetación que se inunda (manglares, selvas y popales)?
3. ¿Dónde ha observado mayor impacto de los vientos, en donde hay árboles o dónde no hay?



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE ECOLOGÍA
MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS

**Bosques de zapotonales (*Pachira aquatica*) en la Reserva de la Biosfera la
Encrucijada, Chiapas, México**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

PRESENTA:

MATILDE RINCÓN PÉREZ

TUTORA PRINCIPAL: DRA. PATRICIA MORENO-CASASOLA BARCELÓ,
INSTITUTO DE ECOLOGÍA A. C.
COTUTOR: DR. LUIS ZAMBRANO,
INSTITUTO DE BIOLOGÍA
COMITÉ: DR. ROBERTO LINDIG,
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS

MÉXICO, D.F. FEBRERO 2014



Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted, que el Subcomité de Biología Experimental y Biomedicina, en su sesión ordinaria del día 17 de junio de 2013, aprobó el jurado para la presentación de su examen para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL)** del Posgrado en Ciencias Biológicas, de la alumna **RINCÓN PÉREZ MATILDE** con número de cuenta **92102763** con la tesis titulada **"Bosques de zapotonales (Pachira aquatica) en la reserva de la biosfera La Encrucijada, Chiapas, México"**, bajo la dirección de la **DRA. PATRICIA CASASOLA - MORENO BARCELÓ** :

Presidente: DR. JORGE ARTURO MEAVE DEL CASTILLO
Vocal: DR. MARIO GONZALEZ ESPINOSA
Secretario: DR. ROBERTO ANTONIO LINDIG CISNEROS
Suplente: DR. HUGO LOPEZ ROSAS
Suplente: DR. MIGUEL ANGEL PEREZ FARRERA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 09 de enero de 2014

M del Coro Arizmendi
DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA

c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México por la formación académica y por el apoyo institucional durante mi proceso de formación en la Maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de manutención con número 346695/239913.

Al Instituto de Ecología A.C. y a la Organización Internacional de Maderas Tropicales proyecto Criterios para el ordenamiento de manglares y selvas inundables en la planicie costera central de Veracruz, México: un instrumento de manejo comunitario. ITTO Pd 349/05 y proyecto-Evaluación ambiental y valoración económica de los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques costeros (manglares, selvas inundables, selvas y matorrales sobre dunas) y sus agro-sistemas de reemplazo, en la planicie costera central de Veracruz, México- ITTO-RED-PD 045/11 Rev.2 (M) por el financiamiento del proyecto del cual forma parte este trabajo.

A la Dra. Patricia Moreno-Casasola por aceptarme como su estudiante, haber confiado en mí y darle la dirección a mi trabajo con sus comentarios durante el proceso.

A los integrantes de mi Comité Tutorial, Dr. Luis Zambrano y Dr. Roberto Lindig por sus observaciones y recomendaciones.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Será imposible nombrar a todos aquellos a los que agradezco por apoyarme antes, durante y al terminar el proceso de mi formación de la Maestría.

Empezaré por los que me apoyaron cuando decidí entrar, Leti, Norma, Laura, Carla, Arturo, Eri, Dulce, Fanni Pérez, por supuesto a la Dra. Paty Moreno y los Encrucijados: Biol. Mundo y Omar todos ellos amigos y compañeros que sin ellos no habría sido posible empezar este proceso.

Durante la Maestría otros Encrucijados y Ex Encrucijado que estuvieron presentes: Teo, Leo, Salvatore, Rafa, Luis, Cristi, Edgar en especial a los guardaparques, Reynerio y Cande que me acompañaron en las salidas a muestrear. Y a todos aquellos que desde las oficinas estuvieron pendientes de mis avances y mis aventuras: Fanny Chavarría, Citlali, Adriana, Carmen y muchos más que no dejaron de preguntar cuáles eran mis avances.

A las personas de las comundiades de Aztlán y Brisas del Hueyate que compartieron sus conocimientos sobre los bosques de zapotonales para enriquecer este trabajo.

También agradezco a los inecoles que me echaron porras, todas las chicas del cubil de la Dra. Pati, que me brindaron su amistad y apoyo incondicional: Nadia, Adi, Judith, Lore, Karla Klaus, Karla Camilo, Caro, Rosi, Toñita y claro los chicos Marco, Abraham, Cesar.

Otros inecoles que me apoyaron: Claudia Gallardo para identificar mis plantas, Javier Tolome a construir la varillas para medir redox del suelo, Ariadna por el espacio en el laboratorio.

Arturo Tenorio por su revisión crítica, Sara por los mapas, Karlita Camilo y Christian por su apoyo en los últimos análisis estadísticos, Adi por la traducción del resumen.

Al Jurado, a los doctores Hugo López, Mario González, Jorge A. Meave, Miguel Angel Pérez y Roberto Lindig por sus comentarios que enriquecieron mi tesis.

A las Pati y Erika por su paciencia para guiarme en los procesos administrativos y resolver todas mis dudas durante todo este tiempo.

Al final, pero no menos importante a toda mi familia por su apoyo incondicional, porque sin ellos no sería todo lo que soy. Mi papá don Teodoro, mi mamá doña Leovita, mis hermanos Paty y Alonso, mi sobrino Diego, que nunca me dejan. Mi tía Elda que todo lo puede. Y a todos mis tíos que no dejan de estar al pendiente de mí.

Sé que me faltan muchos por mencionar, y les pido una disculpa pero sería otro trabajo de tesis agradecer a todos los que han contribuido para finalizar este trabajo, pero a todos les agradezco y dedico esta tesis.

Índice

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
CAPITULO I.....	3
Introducción general	5
Objetivos	9
Objetivo general	9
Objetivos particulares.....	10
CAPITULO II.....	11
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	13
CAPITULO III.....	19
ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN Y LA RELACIÓN CON EL AMBIENTE (HIDROPERIODO, PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA Y SUELO) EN LOS BOSQUES DE ZAPOTONALES <i>Pachira aquatica</i> EN LOS HUMEDALES COSTEROS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA LA ENCRUCIJADA.....	19
Introducción.....	21
Objetivos	24
Métodos	24
Estructura arbórea del bosque.....	24
Fenología.....	25
Evaluación de la regeneración natural. En esta parte del estudio se analizó la presencia y permanencia de plantas jóvenes y plántulas.....	26
Hidroperiodo	27
Parámetros ambientales	27
Procesamiento de información.....	28
Resultados	30
Vegetación.....	30
Hidroperiodo	36
Parámetros fisicoquímicos	38
Regeneración	44
Fenología.....	47
Discusión	52
Conclusiones.....	60
CAPITULO IV	63

USOS Y COSTUMBRES DE LOS POBLADORES USUARIOS DE LOS BOSQUES DE ZAPOTONALES <i>Pachira aquatica</i> EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA LA ENCRUCIJADA	63
Introducción.....	65
Objetivos	70
Métodos	70
Resultados	73
Características socioeconómicas principales de Brisas del Hueyate y Aztlán.....	73
Grupos de discusión y entrevistas	79
Incendios	86
Discusión	89
Usos y costumbres sobre el uso de <i>Pachira aquatica</i>	89
Incendios	95
Conclusiones.....	97
CAPITULO V	101
RECOMENDACIONES	103
REFERENCIAS	105
ANEXO I	121
ANEXO 2	122
ANEXO 3	126
ANEXO 4.....	128

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Porcentaje de individuos por especie en los estratos en las localidades de estudio.....	31
Cuadro 2. Densidad, densidad relativa, frecuencia, frecuencia relativa, área basal, dominancia relativa y valor de importancia relativa en las localidades de estudio.....	32
Cuadro 3. Resultados de la prueba de Kruskal–Wallis para los parámetros fisicoquímicos entre el agua según su origen en cada localidad.....	41
Cuadro 4. Resultados de la prueba Mann–Whitney para los parámetros fisicoquímicos del agua entre las localidades.....	41
Cuadro 5. Potencial redox en el suelo en las localidades de estudio en el mes de abril...	42
Cuadro 6. Porcentaje de supervivencia de plántulas y jóvenes, en Nixtamal y Júcaro en el periodo de abril 2011 a febrero 2012.....	44
Cuadro 7. Número de individuos al inicio y al final del estudio que mostraron un incremento de altura y porcentaje de individuos que presentaron daños por posible depredación o quiebre mecánico.....	47
Cuadro 8. Riqueza, densidad y área basal de las selvas inundables.....	53
Cuadro 9. Procesos geoquímicos que se producen en el suelo en distintos momentos indicados por el valor del potencial redox.....	54
Cuadro 10. Número de participantes en grupos de discusión y entrevistas en las comunidades de Brisas del Hueyate y Aztlán.....	72
Cuadro 11. Meses que marcan la mayor abundancia de las diferentes partes y estadios de <i>P. aquatica</i>	82
Cuadro 12. Hectáreas afectadas por incendios entre 1998 – 2011 en la REBIEN.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de integración de los temas de investigación.....	9
Figura 2. Ubicación del área de estudio en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada.....	14
Figura 3. Mapa de los ríos que desembocan en la planicie costera.....	16
Figura 4. Precipitación y temperatura promedio mensual en el estado de Chiapas.....	17
Figura 5. Porcentaje de individuos en las distintas clases de altura en las dos localidades de estudio.....	33
Figura 6. Porcentaje de individuos en cada clase diamétricas en las localidades de estudio.....	34
Figura 7. Resultados del análisis de componentes principales con base en la cobertura de las especies en los cuadros de vegetación.....	35
Figura 8. (a) Curvas del hidropereodo en ocho cuadros de trabajo de julio 2010 a febrero 2012. (b) Gráfica de la precipitación de media de estado de Chiapas y dos estaciones meteorológicas, Despoblado y Huixtla, cercanas al sitio de estudio, durante el periodo de estudio.....	37

Figura 9. Tendencia de la temperatura del agua superficial, intersticial y subterránea durante el periodo de estudio (julio de 2010 a febrero de 2012), en las localidades de estudio.	38
Figura 10. Tendencia de la salinidad del agua superficial, intersticial y subterránea durante el periodo de estudio (julio de 2010 a febrero de 2012), en las localidades de estudio.....	39
Figura 11. Tendencia de la conductividad del agua superficial, intersticial y subterránea durante el periodo de estudio (julio de 2010 a febrero de 2012), en las localidades de estudio.	39
Figura 12. Tendencia del pH del agua superficial, intersticial y subterránea durante el periodo de estudio (julio de 2010 a febrero de 2012), en las localidades de estudio.....	40
Figura 13. Resultados del análisis de componentes principales con base en los parámetros fisicoquímicos en los cuadros de muestreo.....	43
Figura 14. Porcentaje de supervivencia.....	45
Figura 15. Acumulación del crecimiento en altura (CA) de plántulas y plantas jóvenes en los cuadros de muestreo de las dos localidades de estudio.....	46
Figura 16. Porcentaje de individuos de <i>P. aquatica</i> en cada una de las cuatro categorías de abundancia en ambas localidades, que presentaron las fenofases hojas nuevas(a y c) y senescentes (b y d).....	48
Figura 17. Porcentaje de individuos de <i>P. aquatica</i> en cada una de las cuatro categorías de abundancia en ambas localidades que presentaron flores (a y c) y frutos (b y d).....	50
Figura 18. Porcentaje de individuos de <i>P. aquatica</i> en cada una de las cuatro categorías de abundancia en ambas localidades que presentaron semillas en el suelo (a y c) y semillas germinando (b y d).....	51
Figura 19. Ubicación de las comunidades Brisas del Hueyate y Aztlán.	75
Figura 20. Dibujos de mapas de ubicación de áreas con bosque de <i>P. aquatica</i>	84
Figura 21. Mapa de los sitios impactados por incendios de 1998 – 2011. www.google/earth.com	88

RESUMEN

Los bosques de zapotonales son selvas inundables en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, donde predomina *Pachira aquatica*. Sin embargo, los incendios han disminuido su cobertura y no hay estudios para planificar su recuperación. Mi objetivo es generar información sobre estos bosques en cuanto a estructura y composición de la vegetación; la regeneración natural y fenología de *P. aquatica* y su relación con las variables ambientales. Además de conocer los usos y costumbres de los habitantes en relación al bosques y los daños causados por los incendios.

Se ubicaron dos sitios de muestreo, cada uno con 10 cuadros de 100 metros cuadrados para caracterizar la vegetación arbórea. Para evaluar la regeneración natural se marcaron plántulas y plantas jóvenes. También se marcaron individuos adultos para la observación de las fases fenológicas. Se muestreo el hidroperiodo y los parámetros fisicoquímicos del agua superficial, subterránea e intersticial y el redox del suelo.

Se reunió información de la superficie afectada por los incendios y para conocer los usos y costumbres se formaron grupos de discusión y aplicaron entrevistas a los habitantes de Aztlán y Brisas del Hueyate.

Se identificaron 9 especies arbóreas y los valores de diversidad y equidad son bajos. El hidroperiodo y los parámetros fisicoquímicos reflejan la variabilidad ambiental de las épocas de lluvias y secas. La supervivencia y regeneración de *P. aquatica* es alta. Los cambios fenológicos se relacionan con factores climáticos especialmente la precipitación.

Los bosques no tienen usos directos, sin embargo se conocen las características biológicas, cambios fenológicos y su relación con los cambios temporales y espaciales. Los incendios resultan de quemadas provocadas para el saqueo de fauna silvestre que se comercializa ilegalmente.

Con la información se integran recomendaciones que se podrán utilizar para el manejo, conservación y restauración este tipo de humedales.

ABSTRACT

Zapote forests are forested wetlands—dominated by *Pachira aquatica* in La Encrucijada Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico—that provide numerous environmental, economic and social benefits for the surrounding communities. Albeit their importance, forest fires are diminish their original coverage considerably.

There are no local studies about the basic characteristics of *zapote* forests, needed to propose conservation, management and restoration actions. The objective of this work is to fulfil this lack of knowledge by generating information about vegetation structure and composition, natural regeneration, phenology and its relation with environmental variables, and finding out local customs and uses related to these forests and fire damages.

We had two sampling sites where we characterized the arboreal vegetation, evaluated natural regeneration, observed phenological phases of adult individuals, and evaluated the hydroperiod and physical-chemical parameters of shallow, underground and interstitial water and redox potential in soil. For the social part we organized discussion groups and interviews with inhabitants of neighbouring communities to gather information about customs and uses and fires.

In our results we identified 9 tree species which showed low diversity and equity values due to *P. aquatica* dominance. The survival and regeneration of *P. aquatica* is high. Phenologic changes are related to climatic factors, in particular to precipitation. The hydroperiod and physical-chemical parameters reflect climatic variations. Concerning customs and uses, people do not perceive direct uses of *zapote* forests but they identify biological characteristics, phenologic changes and their relationship with spatial and temporal changes. We also found that fire damages result from clandestine fires intended to pursue illegal wildlife hunting.

We finish giving recommendations to promote better conservation, management and restoration plans and actions on behalf of this type of threatened wetlands and the neighbouring communities.

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN GENERAL

Introducción general

Los humedales agrupan gran parte de la variabilidad ambiental que se puede encontrar entre los ecosistemas más secos tierra adentro y forman una serie de tipos, que de manera general son comparables, difiriendo principalmente en su grado de humedad o inundación (Wheeler *et al.*, 2002). Algunas organizaciones han planteado definiciones más acotadas y útiles para su gestión, definiendo a los humedales como tierras en transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, donde la capa freática está habitualmente al mismo nivel o cerca de la superficie, o bien el terreno está cubierto por aguas poco profundas (Moreno-Casasola y Warner, 2009). Mitsch y Gosselink (2000) señalan que los humedales deben cumplir tres atributos: a) deben presentar una lámina o capa de agua poco profunda o agua subterránea próxima a la superficie del terreno, ya sea permanente o temporal; b) el suelo o sustrato debe ser fundamentalmente hidromórfico y c) al menos periódicamente, el terreno debe mantener predominantemente una vegetación acuática o hidrófita.

Los atributos de un humedal no son independientes. La hidrología mantiene una relación directa con el ambiente, tanto del suelo como del agua; por ejemplo, la inundación cambia las características fisicoquímicas del suelo, del agua intersticial, del agua superficial y del manto freático. Los distintos tipos de humedales varían en su composición florística y en su estructura, pero también en su hidroperiodo. Este componente es una de las características vitales de los humedales para su permanencia, establecimiento, regeneración, sucesión y procesos ecológicos. El hidroperiodo o régimen hidrológico del humedal es el patrón estacional del nivel del agua, resultado del balance entre las entradas y salidas de agua, la geomorfología del humedal y el suelo donde los procesos biogeoquímicos se rigen por los procesos de óxido-reducción (redox) influenciados por el tiempo de permanencia de la inundación (Mitsch y Gosselink, 2000, Vepraskas y Faulkner, 2001).

Como ecosistemas, los humedales proporcionan una amplia variedad de bienes y servicios al ser humano, dependiendo del tipo de plantas y animales que existan, de las tasas de captura de carbono, así como de la hidrología y los ciclos de nutrientes, la belleza escénica de sus paisajes y las oportunidades de recreación y educación que ellos ofrecen. Sin embargo, el valor de los diferentes tipos de humedales, e inclusive cada humedal en particular puede variar considerablemente (Ewel, 2010).

La clasificación y descripción de los humedales frecuentemente se hacen con base en su localización y la forma de crecimiento de las plantas dominantes. En la zona costera de México se presentan muchos tipos de gran importancia ecológica por su capacidad para generar biomasa primaria, por el mantenimiento de áreas críticas para poblaciones de organismos de los litorales, por su gran capacidad de transformación de materia orgánica y por su elevada productividad primaria (Busbee *et al.*, 2003; Ozalp *et al.*, 2007; Infante *et al.*, 2011; Infante *et al.*, 2012). En estos ambientes las presiones humanas que actúan sobre ellos se magnifican, ya que no solo son alterados por las actividades que se efectúan en ellos, sino también por las que se desarrollan en áreas lejanas al tratarse de ecosistemas terminales de las cuencas hidrográficas (De la Lanza *et al.*, 1996).

Los humedales costeros se distribuyen de manera paralela a la línea de costa y sus características están en función de las interacciones hidrogeomorfológicas entre el continente, el océano y los flujos de agua tanto de marinas (que producen el gradiente de salinidad) como dulces. Reciben el agua dulce de escurrimientos superficiales y del agua subterránea que baja de las cuencas. De esta manera, los humedales costeros pueden agrupar numerosas comunidades que abarcan manglares, marismas, popales, tulares, selvas y palmares inundables, entre otros, cuya distribución está condicionada por las variaciones en salinidad del agua intersticial y por el hidroperiodo, que a su vez está determinado por las variaciones topográficas, todo lo cual resulta en composiciones y dinámicas distintas (Contreras-Espinosa y Warner, 2004; Moreno-Casasola *et al.*, 2006; Flores Verdugo *et al.*, 2007). Las condiciones hidrológicas como la fuente de agua, la profundidad, la intensidad de flujos y los periodos de inundación, determinan los aspectos químicos y físicos del agua de los humedales. Su posición en el paisaje determina su geomorfología y el tipo de suelos (Acreman y Holden, 2013). Estas condiciones determinan la composición y la estructura de las comunidades vegetales.

Los disturbios pueden afectar la estructura de los humedales, entre ellos las tormentas, los deslizamientos de las laderas, las corrientes o avenidas fuertes por crecidas de los ríos, sequías y los cambios de salinidad, entre otros. Estos eventos pueden eliminar una comunidad vegetal entera y alterar el hábitat permitiendo el establecimiento de nuevas especies. Los huracanes pueden provocar grandes avenidas que erosionan o depositan sedimentos; en la temporada de estiaje, el fuego, puede causar disturbios en la vegetación y remover el sustrato orgánico acumulado por años (Salazar-Vallejo, 2002). En México se han documentado escasamente los daños a los ecosistemas costeros por

fenómenos hidrometeorológicos. El impacto de los huracanes se ha analizado sobre todo en manglares (Kovacs, *et al.*, 2001, Tovilla y Orihuela, 2004, Hiraes-Cota, *et al.*, 2010), pero la investigación del impacto del fuego ha sido mucho más escasa. Escutia-Lara y colaboradores (2009) reportan que en los humedales de los alrededores de Morelia el fuego como parte de la dinámica mantiene la identidad de las comunidades de la vegetación hidrófitas emergentes.

Los humedales aún son considerados por la sociedad como zonas pantanosas, tierras ociosas que en su estado natural no tienen ningún uso y no prestan servicio alguno, y que más bien son fuente de enfermedades y malos olores. Sin embargo, en los últimos años el enfoque para la conservación de estos ecosistemas ha resaltado la importancia de incluir la valoración de sus servicios ambientales, buscando promover el uso racional y manejo sustentable de los recursos que mantienen y permitiendo a los tomadores de decisiones traducir el impacto de diferentes estrategias de desarrollo en términos económicos (Barbier *et al.*, 1997; Daily *et al.*, 2009; Kremen y Ostfeld, 2005).

La Reserva de la Biosfera La Encrucijada (REBIEN), ubicada en la costa sur de Chiapas, es uno de humedales más ricos, diversos y productivos de México (INE/SEMARNAP, 1999). Esta Área Natural Protegida (ANP) fue incorporada a la Convención RAMSAR (www.ramsar.org) y al sistema de reservas del programa MAB-Unesco (www.unesco.org). Es un área donde se encuentran diversos tipos de vegetación representativos de la costa, como los manglares, tulares, matorral costero, vegetación flotante y subacuática, selva mediana subperennifolia y baja caducifolia, palmares y selvas inundables. Estas últimas están dominadas principalmente por *Pachira aquatica* Aubl. (INE/SEMARNAP, 1999), un árbol perteneciente a la familia Malvaceae. Las selvas inundables, conocidas como bosques de zapotonales en la zona, se caracterizan por su elevada productividad (Infante *et al.*, 2012), por la producción de recursos naturales. Los servicios ambientales, económicos y sociales que se obtienen de los ecosistemas costeros son abundantes y muy variados, beneficiando directamente a las comunidades aledañas a los sistemas lagunares. Su manejo adecuado es señalado como una herramienta clave para la conservación de estos sitios.

Actualmente las actividades productivas en la REBIEN han transformado algunos tipos de vegetación original a potreros con pastos introducidos y áreas de cultivos. Los manglares, selvas inundables, tulares y popales, hasta hace algunos años mantenían su extensión

original porque las tierras no son propicias para la siembra y la cría de ganado, por ser demasiado salitrosas o por estar inundadas. Sin embargo los procesos erosivos en la cuenca alta y media han provocado el azolve de los humedales de la planicie costera, provocando cambios que permiten el avance de la frontera agropecuaria. La velocidad de esta tendencia provoca que las selvas inundables y los servicios ambientales que proporciona, corran riesgo de perderse (CONANP/FMCN, 2003, CONANP/TNC, 2009, Infante, 2011).

Una de las problemáticas en la REBIEN que ha generado graves daños a los bosques de zapotonales son los incendios provocados en los tulares y popales en la temporada de estiaje, con el fin de extraer fauna silvestre (CONANP, 2002). Dado que los bosques de zapotonales se encuentran rodeados de esta vegetación, el fuego ha llegado a quemar los rodales provocando incendios subterráneos, los cuales son difíciles de controlar (M. Rincón obs. per.).

Esta situación plantea la necesidad de emprender acciones que permitan restaurar estos ecosistemas y recuperar los servicios ambientales que prestan. Hoy en día solo se cuenta con listados de especies de flora y fauna (INE/SEMARNAP, 1999), pero se carece de la información ambiental que permita que las estrategias de restauración tengan éxito. Ante esta perspectiva mi trabajo tiene el propósito de generar información sobre las características de los bosques inundables en cuanto a la vegetación (estructura, composición) y las variables ambientales de hidroperiodo y parámetros fisicoquímicos que determinan la presencia de este tipo de humedales. El trabajo también se plantea conocer si existe regeneración natural así como la presencia de plántulas y plantas jóvenes en el tiempo (fenología y regeneración). El contar con esta información e integrarla con un análisis de los impactos antropogénicos que presentan estos humedales y en particular valorar la superficie perdida por fuego, junto con la visión de los usuarios directos de los bosques (los pobladores locales) podrá ser utilizada para restaurar este tipo de humedales. La figura 1 muestra como se relacionan los distintos enfoques abordados en la tesis para sentar las bases para la restauración de estas selvas en la REBIEN.



Figura 1. Esquema de integración de los temas de investigación realizada durante el presente proyecto para contar con las bases para estructurar una propuesta de restauración de los zapotonales (*Pachira aquatica*) de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada.

Objetivos

Objetivo general

Este estudio tiene como objetivo principal conocer y documentar la estructura de la vegetación de los bosques de *Pachira aquatica* y su relación con el ambiente (hidroperiodo, parámetros fisicoquímicos del agua y potencial redox del suelo) en la Reserva de la Biosfera la Encrucijada, para contar con una línea base que permita evaluar cambios y tomar decisiones en la planificación de actividades de conservación, manejo y restauración de este tipo de humedales.

Objetivos particulares

- Caracterizar los bosques de *Pachira aquatica* en términos de su estructura y composición de especies.
- Determinar los valores de la salinidad, el pH, la temperatura y la conductividad del agua superficial, intersticial y del agua subterránea, así como del potencial redox del suelo del bosque de *P. aquatica*.
- Describir el comportamiento del hidroperiodo durante un año.
- Analizar las etapas fenológicas de *P. aquatica* a lo largo del año para conocer la época de formación de frutos y semillas que sirvan como fuente potencial de propágulos para la regeneración y la restauración
- Analizar el grado de regeneración a través de la evaluación de la presencia de individuos jóvenes y plántulas.
- Obtener información sobre los usos y costumbres que las comunidades locales mantienen con respecto a los bosques de *P. aquatica*.
- Describir los daños, en cuanto a superficie afectada y frecuencia, provocados por los incendios sobre los bosques de *P. aquatica*, en la zona.

CAPITULO II
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Chiapas es uno de los estados con mayor diversidad biológica, producto de la compleja mezcla de paisajes que resulta en una amplia gama de ecosistemas (Miranda, 1952; Breedlove, 1981; González-Espinosa *et al.*, 2005; González-Espinosa y Ramírez-Marcial, 2013). De acuerdo con el SNIB (Sistema Nacional de Información Sobre la Biodiversidad), la flora de Chiapas asciende a 9,175 especies, mientras que Breedlove (1986) reporta 7,018 especies. Esta diferencia puede deberse a la nueva información con que se cuenta de algunos ecosistemas, que ha sido acumulada en los últimos 25 años (Martínez *et al.*, 1994; González-Espinosa *et al.* 2005; Álvarez Noguera, 2011, González-Espinosa y Ramírez-Marcial, 2013,). Los diversos ecosistemas del estado, su compleja orografía y su situación costera además de su localización geográfica en el corredor que une el norte del continente con Centro y Sudamérica dan como resultado una alta diversidad. El programa de manejo de la REBIEN, presenta un listado de 279 plantas (49 monocotiledonias y 230 dicotiledonias) (INE/SEMARNAT, 1999). El proyecto de Monitoreo Biológico en Áreas Naturales Protegidas del Estado de Chiapas (IHN, 2008) reporta para la Reserva de la Biosfera La Encrucijada 94 mamíferos, 289 aves, 55 reptiles y 17 anfibios. Entre ellas sobresale la única ave endémica del estado en la costa (*Camphylorhynchus chiapensis*), conocida como matraca chupahuevo.

El área de estudio se localiza en la Planicie Costera de Chiapas, en una de las zonas núcleo de la REBIEN. El decreto de esta reserva fue publicado en el Diario Oficial de la Federación en 1995 (DOF, 5 de junio de 1995) (Figura 2). La zona de trabajo es adyacente al cordón estuarino El Hueyate del sistema lagunar Chantuto Panzacola ubicado entre las coordenadas 15° 09' y 15° 17' de latitud norte y 92° 45' y 92° 55' de longitud oeste (Contreras, 1993; Calva *et al.*, 2006). La información básica para la descripción del sitio de estudio se obtuvo del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera la Encrucijada (INE/SEMARNAP 1999), a excepción de donde se señala otro documento.

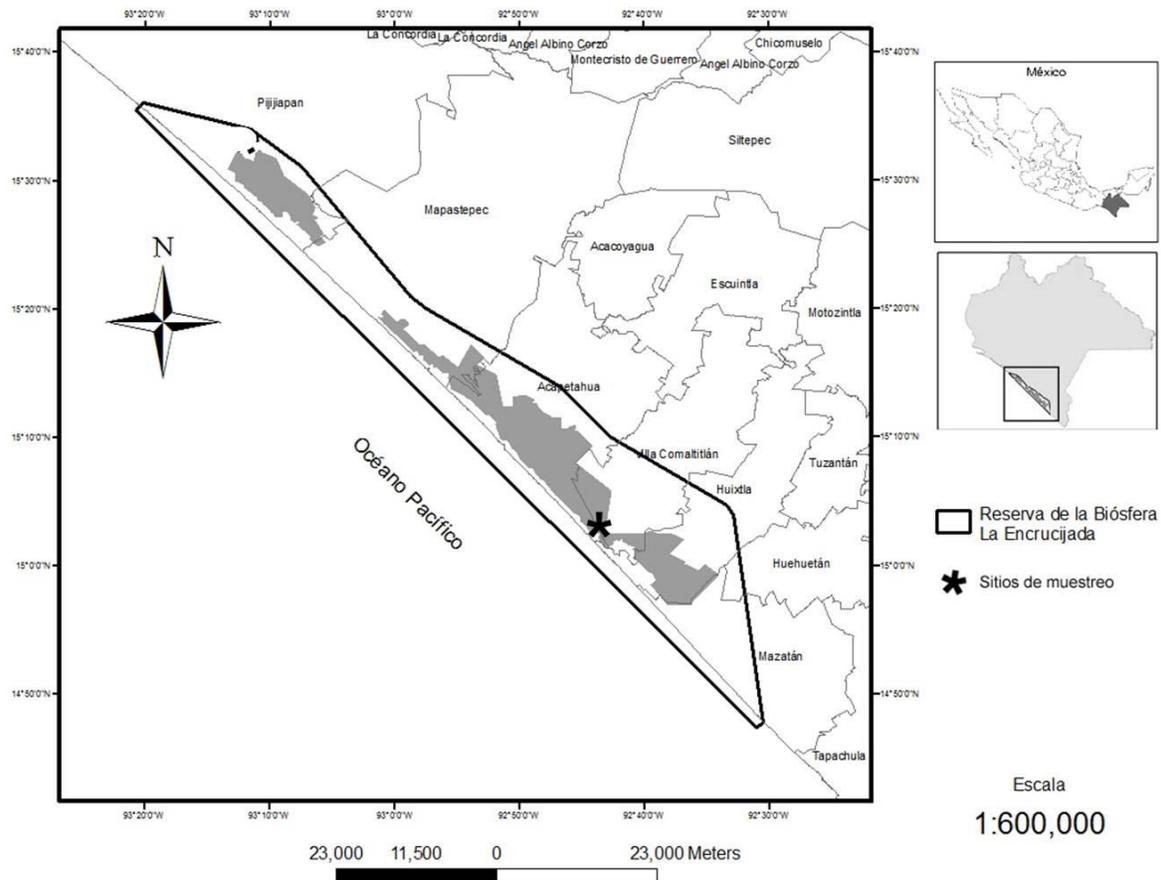


Figura 2. Ubicación del área de estudio en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada.

El área de estudio se ubica en la provincia fisiográfica de la planicie costera del pacífico, que tiene una extensión aproximada de 260 km de longitud paralela al litoral (Müllerried, 1957). Comienza desde el estado de Oaxaca en la Laguna del Mar Muerto y continúa hasta la frontera con Guatemala en el río Suchiate. En el extremo noroeste tiene una anchura de 15 km y en el extremo sureste de 35 km, con una pendiente de 1 m por km y un reducido número de lomeríos, además de áreas inundables permanentes y temporales (García, 1970).

En relación con la geología, el área de la REBIEN contiene depósitos superficiales del Cuaternario y Plioceno de origen terrestre, lacustre y fluvial. Debajo de estos depósitos existen rocas como esquistos cristalinos y metamórficos del Precámbrico y parte del Paleozoico.

Geomorfológicamente corresponde a la zona costera del Pacífico Sur (Oaxaca y Chiapas). Forma parte del área que ocupa la Trinchera Mesoamericana (Depresión) y la Sierra Madre del Sur. En esta región hay una gran cantidad de ríos y arroyos que, por el declive hacia el suroeste, corren en general de noreste a suroeste, desembocando en el mar o en las lagunas costeras y esteros que tienen comunicación con el océano (Müllerried, 1957).

En cuanto a la hidrografía, la zona forma parte de la región hidrológica 23 (CNA, 1991), que se caracteriza por presentar ríos con un curso corto, con un promedio cercano a 45 km, fuertemente influenciados por la temporada de lluvias. El volumen que transportan cambia a lo largo del año, llegando algunos a secarse casi por completo. Al llegar a la planicie los ríos no presentan pedregosidad, la pendiente es muy ligera y arrastran una gran cantidad de sedimentos. Las corrientes de cuatro ríos (Cintalapa, Vado Ancho, Despoblado y Huixtla), llegan al área de estudio a través de diversos arroyos secundarios y terciarios que abastecen de agua dulce a las lagunas del sistema lagunar Chantuto–Panzacola (INEGI, 1988) (Figura 3).

El clima es del tipo Am(w), esto es cálido-húmedo, con lluvias abundantes en verano. La precipitación pluvial presenta una mínima anual de 1,300 mm y la máxima es de 3,000 mm, repartidos entre 100 y 200 días lluviosos al año. La temporada de lluvias comienza en el mes de mayo y se extiende hasta noviembre, presentándose la sequía intraestival (canícula) de julio a agosto; el resto del año es seco o con lluvias ocasionales en febrero o marzo. La temperatura media anual es de 28°C, siendo constante todo el año y generalmente mayor a 22°C (Figura 4). La REBIEN se ubica en una zona que recibe la influencia de los huracanes procedentes del Pacífico.



Figura 3. Mapa de los ríos que desembocan en la planicie costera.

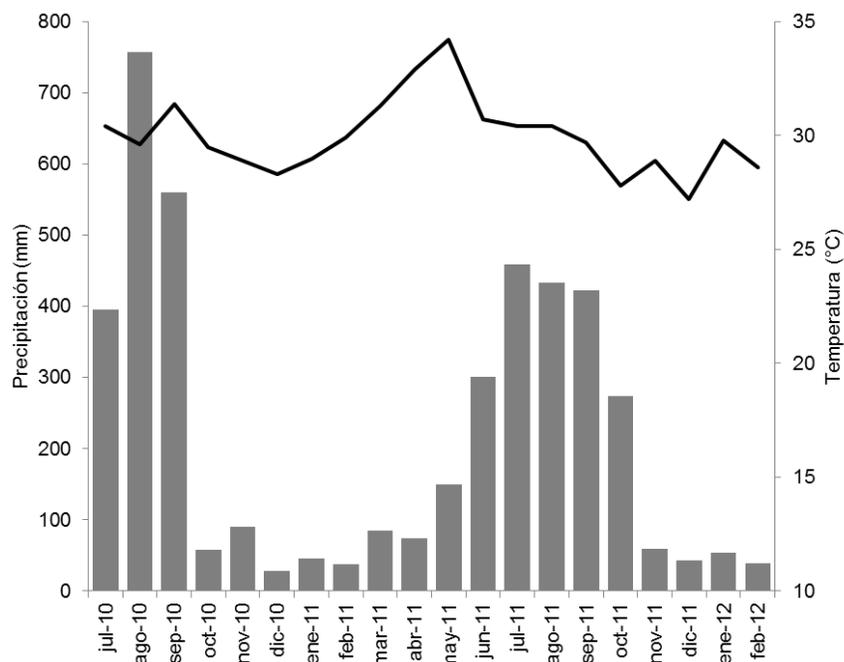


Figura 4. Precipitación y temperatura promedio mensual en el estado de Chiapas. Fuente: CONAGUA 2012.

Los suelos son de color café oscuro con tendencia a negro, de texturas medias y finas, rara vez gruesa, y bastante profundos. Son producto del depósito constante de las corrientes fluviales, siendo los tipos solonchak y regosol, los de mayor distribución e importancia (con base en la clasificación de la FAO-UNESCO (1988) en el programa de manejo de la REBIEN; 1999). Sin embargo, la escala de información disponible no permite conocer el tipo de suelos particular que se presenta en los humedales.

La heterogeneidad físico- biótica de la región responde a la salinidad del agua (Ocampo y Flores, 1995) generando así un entorno hidrológico idóneo para el desarrollo de organismos típicamente estuarinos y/o eficientemente adaptados a estos ambientes (Contreras *et al.*, 1997). Aunado a ello, las corrientes de agua mencionadas y el agua subterránea que fluye cuenca abajo, generan un gradiente de salinidad que permite en el extremo más dulce la presencia de humedales de agua dulce, como los popales y las selvas inundables, con manglares y lagunas costeras en el extremo estuarino y de mayor salinidad.

La descripción y caracterización de la vegetación fueron realizadas por el Instituto de Historia Natural (IHN, 1997), con base en las clasificaciones hechas por Miranda (1952,

1957, 1975), Miranda y Hernández X (1963), complementada con la de Rzedowski (1978) y los listados florísticos de Breedlove (1981), Rico-Gray (1990) y Ocampo y Flores (1995). Los tipos de vegetación reportados en el área de estudio son los manglares, popales, tulares, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, dunas costeras, vegetación flotante y subacuática, palmares y zapotonales (selva inundable). Los estudios más recientes de vegetación en la zona se han enfocado a los manglares y han sido generados por el Tovilla y colaboradores (Orihuela *et al.*, 2004; Tovilla *et al.*, 2004; Tovilla, 2007).

CAPITULO III

ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN Y LA RELACIÓN CON EL AMBIENTE (HIDROPERIODO, PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA Y SUELO) EN LOS BOSQUES DE ZAPOTONALES *Pachira aquatica* EN LOS HUMEDALES COSTEROS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA LA ENCRUCIJADA

Introducción

En la costa de Chiapas las selvas inundables dominadas por *Pachira aquatica* son conocidas como bosques de zapotonales y son considerados como bosques de pantano o bosques de galería (Rzedowski, 1978; Abarca, 1996; Flores–Verdugo, 1996). Forman parte de los sistemas de humedales costeros de agua dulce, de los que poco se conoce acerca de sus características biofísicas y económicas (Drew *et al.*, 2005). Estos humedales son particularmente interesantes por su diversidad biológica y sus relaciones hidrológicas con los manglares (Drexler y Ewel, 2001).

Los manglares han sido el ecosistema de humedal más estudiado en la costa de Chiapas (Ramírez- García y Segura-Zamorano, 1994; Reyes y Tovilla, 2002; Salazar, 2003; Tovilla *et al.* 2004; Orihuela *et al.* 2004; De la Presa, 2005; Escobar, 2006; Morales, 2006; Romero, 2006; Salas, 2006; Tovilla, 2007). En contraste, existe información escasa sobre las selvas inundables en México, y obviamente en Chiapas, y en general en el mundo. Infante *et al.* (2011) hacen una revisión de los estudios en los ecosistemas de este tipo en diferentes partes del mundo y encuentran fuera de México 18 sitios donde se ha trabajado y de donde se conoce la estructura de las comunidades y la relación que guardan con los parámetros ambientales del suelo, la hidrología y la geomorfología. Sin embargo, aún son pocos los ejemplos en las regiones tropicales y subtropicales americanas, ya que además hay una gran variedad de selvas inundables en función de su composición y estructura, lo cual debe representar variaciones en el funcionamiento (Moreno–Casasola *et al.*, 2012).

Las selvas inundables de México han sido descritas por varios autores (Miranda, 1958; Miranda y Hernández X., 1963; Orozco y Lot, 1976; Rzedowski, 1978; Rico-Gray, 1982; Lot, 1983; Olmsted y Durán, 1986; Lot y Novelo, 1990; Olmsted, 1993; Abarca, 2002; Palacio *et al.*, 2002) con énfasis en la composición florística. También se les conoce como bosques pantanosos. En la Península de Yucatán se les llama bajos inundables y en lengua maya se les conoce como *ak' alches* vocablo que proviene de *akal*, que significa pantano y *che*, árbol o vegetación. En varios estados reciben sus nombres dependiendo del nombre común que se le de en la región a la especie dominante. En Veracruz están los bosques de anonas o corchales, en los que la especie dominante es *Annona glabra*; en la Península de Yucatán están los tintales (*Haematoxylon campechianum*), mucales (*Dalbergia glabra*), chechenales (*Metopium brownei*), puckteales (*Bucida buceras*) en Quintana Roo y Campeche. En Veracruz las selvas dominadas por *Pachira aquatica* se conocen como apompales y en Chiapas como bosques de zapotonales (INE/SEMARNAT,

1999, Cortés e Isbele, 2005; Tun Dzul *et al.*, 2008; Moreno-Casasola *et al.*, 2009; Infante, 2011; Infante *et al.*, 2011).

Orozco y Lot (1976) publicaron un estudio de Veracruz con las asociaciones vegetales en las que se presenta *P. aquatica* junto con otros árboles. Se le encuentra formando una asociación con *Annona glabra* y *Chrysobalanus icaco* y otra con *Calophyllum brasiliense* y *Calypttranthes* spp., algunas veces mezcladas con especies ribereñas como *Symphonia globulifera*. Mencionan que se establecen en planos inundables que bordean zonas que permanecen inundadas, a las que llaman selvas inundables. Lot y Novelo (1990) describen como selvas bajas perennifolias inundables a los ecosistemas inundables presentes desde Veracruz a Quintana Roo, que muestran predominio de *Annona glabra*, registrando la presencia de *P. aquatica* en asociación con especies de *Ficus* spp. De igual manera, estas asociaciones también son consideradas como bosques de pantano o bosques de galería (Rzedowski, 1978; Abarca, 1996; Flores – Verdugo, 1996). El INEGI (2009) en su *Guía de interpretación de cartografía, uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000, Serie III* señala que *P. aquatica* es característica de las selvas de galería que se desarrollan en condiciones de mayor humedad a lo largo de ríos y arroyos. Hay poca información disponibles en relación con su estructura, composición florística y otras características ecológicas.

Entre 2002-2006, Pronatura Sur generó información sobre la situación actual de los principales humedales costeros, en el estado de Chiapas y con el apoyo de la Comisión Nacional del Agua integró la publicación *Catálogo Tipológico de Humedales Lacustres y Costeros del Estado de Chiapas*. En este trabajo se describe en fichas técnicas cada uno de los humedales prioritarios, así como la problemática principal que enfrentan (Rojas y Vidal, 2008). Sin embargo, se menciona poco de las selvas inundables de la costa del estado.

Pachira aquatica se distribuye desde México hasta Panamá y Sudamérica. Los estados de la República Mexicana en donde se han registrado es Tabasco, Campeche, Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Yucatán. En Chiapas se ha colectado en Acapetahua, Ocosingo y Tuxtla Chico (Infante, 2004, Pennington y Sarukhán, 2005). Es la especie más ampliamente distribuida en las selvas inundables de México y de Centro América, donde forma asociaciones con muchas otras especies, haciendo de este tipo de comunidades un ecosistema diverso en composición de especies, muy adaptable a distintas condiciones hidrológicas y por lo mismo de gran

interés biológico (Moreno-Casasola *et al.*, 2012). En Centro América tampoco existe información detallada sobre la estructura de la comunidad, con excepción de algunos datos que aparecen en el trabajo de Alvarez-López en 1990 y Myers, 1990.

La escasa información disponible acerca de los bosques de *P. aquatica* como parte de los humedales costeros del estado de Chiapas, ha sido generada por la REBIEN para facilitar el manejo y la toma de decisiones. Por tanto, aunque públicos, se trata de documentos no arbitrados y de circulación restringida que se refieren principalmente a la relación de los bosques y los incendios (CONANP, 2005; CONANP *et al.*, 2006; CONANP., 2009).

En la costa los bosques de zapotonales han sido descritos como una comunidad vegetal que ocupa terrenos pantanosos de pendiente suave y en las orillas de los ríos, donde la influencia de agua dulce es mayor. La especie dominante es el zapotón o zapote de agua (*Pachira aquatica*) la cual esta adaptada a la vida semiacuática. Son árboles de 15 a 20 m de altura, con fuertes estribos tubulares o contrafuertes (Infante, 2004, Pennington y Sarukhán, 2005). En el área de REBIEN se distribuyen en agrupaciones densas, donde se encuentra con algunas especies arbóreas tolerantes a las inundaciones y algunas epífitas principalmente a orillas de la desembocadura del río Despoblado y su unión con el río Mazateco (IHN, 1997; INE/SEMARNAP, 1999). En esta misma zona se localizan sitios donde se forma una asociación manglar-zapotón, debido a la mezcla de agua dulce con agua de mar. También hacia el norte, en la zona del río San Nicolás, se encuentra otra población de zapotón, la cual está alejada de las entradas de agua salada de los esteros. La extensión de estas poblaciones del zapotón es importante, abarcando 2,500 ha (antes del año 2000), y contribuyen de manera significativa en los procesos naturales de aporte de nutrimentos, en los ciclos hidrológicos y terrestres, funcionan como filtro natural de contaminantes y como refugio importante de vida silvestre (Miranda, 1952; Miranda, 1957; Miranda y Hernández, 1963; Sarukhán, 1968; Miranda 1975; Breedlove 1981; Rico-Gray, 1990; Álvarez del Toro, 1993; INE/SEMARNAP, 1999).

Las actividades humanas han dejado su marca en estas selvas inundables. Se han deteriorado o bien han desaparecido y han sido sustituidas por pastizales cultivados. La construcción y ampliación de caminos han modificado su hidrología, y en el caso de la costa de Chiapas, los incendios provocados para el saqueo de fauna silvestre, ha resultado en una disminución de la cobertura de estos bosques.

Objetivos

- Caracterizar los bosques de *Pachira aquatica* en cuanto a estructura, composición de especies y fenología de la especie dominante.
- Describir el grado de regeneración a través de la evaluación de la presencia de individuos jóvenes y plántulas de *P. aquatica*.
- Determinar los valores de la variación anual de las principales variables fisicoquímicas del bosque de *P. aquatica* incluyendo la salinidad, el pH, la temperatura y la conductividad del agua superficial, del agua intersticial y del agua subterránea, así como del potencial redox del suelo y el comportamiento del hidropereodo durante un año.

Métodos

Las localidades de estudio, Nixtamal y Jícaro, se encuentran cercanas al campamento operativo Concepción, perteneciente a la REBIEN. En cada localidad se establecieron cuadros para caracterizar la vegetación arbórea. Se denominaron con las primeras letras de la localidad y un número arábigo consecutivo (Nix 1, Nix 2, hasta Nix 10 y Jic 1, Jic 2 hasta Jic 10). En los primeros cuatro cuadros de cada localidad se instalaron piezómetros para el monitoreo mensual del hidropereodo y para la medición de los parámetros ambientales del agua y del suelo. La toma de datos inició en julio de 2010 en Nixtamal y en marzo de 2011 en Jícaro y se obtuvieron datos hasta febrero de 2012. Los métodos de muestreo son los utilizados para la caracterización de humedales (Moreno–Casasola y Warner, 2009) y se describirán a continuación con más detalle.

Estructura arbórea del bosque. La caracterización estructural indica el grado de desarrollo de la comunidad vegetal. La estructura arbórea del bosque de *P. aquatica* se determinó utilizando la técnica de cuadros de 10 x 10 m (0.01 ha), y se establecieron 20 cuadros, diez en cada una de las dos localidades de estudio. Cada cuadro se limitó con una cinta métrica de 50 metros y cada esquina del cuadro fue marcada con una estaca. La mayoría de las especies fueron identificadas en el campo y aquellas que no, se registraron con el nombre común y se colectaron cuando presentaron flores para su posterior identificación. La identificación se hizo únicamente para árboles y arbustos.

Los atributos estructurales que se describen son los sugeridos para el estudio de humedales por Moreno–Casasola y López (2009) y han sido utilizados en los humedales costeros de Veracruz.

- i. Diámetro a la altura del pecho (DAP): se tomó la circunferencia del tronco de los árboles vivos a aproximadamente 137 cm de altura con una cinta métrica de 150 cm. Se midieron los árboles mayores a 2.5 cm de diámetro (8 cm de circunferencia). Se presentaron algunos casos particulares como árboles con contrafuertes grandes, en los cuales la circunferencia se midió siguiendo el contorno de los mismos, ya que no se pudo alcanzar una altura tal donde el tronco estuviera liso. En individuos que fueron cortados y que han retoñado se midió la circunferencia por debajo de los 137 cm. En el caso de mangles con muchas raíces grandes se tomó el dato por arriba de la última raíz.
- ii. Altura: se determinó un valor estimado visualmente y es la distancia vertical entre la base del tronco a la punta de la copa. Se encontró que un buen número de individuos de los cuadros presentan la punta de la copa curvada o doblada, por lo que la altura del dosel es menor que la altura real de los árboles.
- iii. Cobertura: se obtuvo por especie, para cada cuadro de muestreo. En este caso se realizó una estimación visual utilizando una escala, que considera la cobertura como la superficie que cubre la proyección vertical del follaje de la planta. Se usó el método de la escala de cobertura-abundancia de Wethoff y van der Maarel (1978).

Fenología: para caracterizar la fenología de *P. aquatica* en ocho cuadros de vegetación (Nix1, Ni2, Nix3, Nix5, Jic1, Jic2, Jic3 y Jic 4) se seleccionaron de cinco a siete individuos por cuadro, que fueron marcados con cinta fosforescente para su posterior identificación. Se intentó que se pudiera tener una buena observación visual del fuste y ramas para registrar de manera continua las fases fenológicas durante el tiempo de estudio. Las fenofases que se observaron fueron:

- Hojas nuevas: la aparición de brotes de color verde claro que se distinguen de las hojas ya maduras.
- Hojas senescentes: cuando las hojas perdieron el color verde y presentan colores amarillento y café.
- Floración: la presencia de yemas florales y flores desarrolladas, sin que estuvieran marchitas o presentaran señales de crecimiento del fruto.
- Fructificación: la presencia de frutos de cualquier tamaño.
- Semillas: la presencia de semillas en el suelo, una vez que fueron liberadas del fruto, con o sin indicios de germinación. Para el caso de semillas, no es una fase fenológica por

definición, sin embargo se incluye y evalúa por que se considera importante conocer en qué momento hay disponibilidad para su dispersión y en qué momento germinan.

Las fases fenológicas descritas se evaluaron con la escala: ausente (0), poco (1), intermedia (2) y alta (3), denotando la proporción de las hojas, flores y frutos, de cada individuo. Esta escala se estableció con base en la observación previa de individuos en el área, lo que permitió establecer una base porcentual. En el caso de las hojas nuevas o senescentes es evidente por la coloración de las hojas y se hizo una estimación visual del porcentaje. Ausente, cuando no se detectaron hojas; poca, cuando hubo menos del 30% de hojas, intermedia entre el 30% y 70% y alta cuando se presentó en más del 70% de las hojas se presentó alguna de las fases. En cuanto a la floración y fructificación, la escala también se estableció con base en observaciones previas del número de flores y frutos en individuos del área. En el caso de las semillas, con o sin germinación, se registraron las semillas cercanas a los individuos marcados. Se usaron en ambos casos porcentajes similares a los descritos.

Los resultados de las observaciones de los individuos monitoreados se graficaron en porcentaje para cada fase fenológica por localidad, con base en la escala descrita, de abril del 2011 a febrero del 2012.

Evaluación de la regeneración natural. En esta parte del estudio se analizó la presencia y permanencia de plantas jóvenes y plántulas de *P. aquatica*. Se establecieron cuadros de 5 x 5 m (0.0025 ha) ubicados dentro de los cuadros de 100 m² establecidos para la caracterización estructural de árboles adultos. Se denominó como individuo joven a las plantas que presentaron una altura igual o mayor de 100 cm y un diámetro menor a 2.5 cm y como plántulas a los individuos con una altura menor a 100 cm. Se marcaron con un cintillo de plástico numerado, se contaron y midió la altura con un flexómetro (3m) desde el diámetro basal hasta el meristemo apical. Se determinó la supervivencia, densidad y crecimiento en altura.

La velocidad de crecimiento en altura se estimó en los individuos marcados utilizando la fórmula:

$$CA = (A2 - A1) / n$$

Donde: CA = crecimiento en altura

n = número de días entre mediciones

A2 = altura de la planta en el tiempo 2

A1 =altura de la planta en el tiempo inicial

Se estimó la densidad con el número de individuos registrados por cuadro entre el área total muestreada y con este dato se obtuvo la densidad por hectárea.

Se contó y registró la altura de plantas jóvenes y plántulas marcadas cuatro veces durante el tiempo del estudio, lo cual permitió estimar la supervivencia y el crecimiento.

Hidroperiodo. Para conocer las fluctuaciones de agua se instalaron cuatro piezómetros en cada localidad con los que se midieron mensualmente los niveles de agua subterránea. La profundidad del agua superficial se estimó utilizando como referencia el tubo de PVC que fue marcado cada 10 cm a partir del suelo y con un flexómetro durante el tiempo que permaneció inundado. Los niveles de agua en Nixtamal se tomaron a partir de julio del 2010 y hasta febrero de 2012; en el caso de Júcaro de marzo del 2011 hasta febrero de 2012.

Los piezómetros (Peralta *et al.*, 2009) tuvieron tres metros de largo (Anexo 1) y se llevaron al sitio una vez que se eligieron los puntos de muestreo. Para su instalación se utilizó un tubo de PVC de tres metros similar al que se usó para armar los piezómetros; se marcó a 150 cm y se presionó en el suelo blando, no siendo necesario cavar. El tubo se insertó a presión hasta llegar a la profundidad de 150 cm y se sacó para que en el hueco hecho se instalara el piezómetro. Cada uno fue marcado con un número y se tapó el extremo expuesto con un plástico para evitar la entrada de insectos pequeños u otro tipo de materiales como hojas o ramas pequeñas. Cada mes se midió el nivel del agua dentro del piezómetro introduciendo un flexómetro delgado y se tomó el dato hasta donde se marcaba con agua.

Parámetros ambientales. Las características del agua (temperatura, conductividad, salinidad y pH) y del suelo (redox) se tomaron en los mismos puntos donde se midieron los niveles de agua. Se tomaron datos de los parámetros fisicoquímicos de tres fuentes de agua: agua superficial, agua subterránea y agua intersticial.

En el caso del agua superficial se registraron los datos directamente si el nivel del agua lo permitía (mayor a 15 cm); y si el nivel era menor se tomó una muestra en un recipiente de aproximadamente 50 ml. Se siguió el método planteada por Infante *et al.* (2009). El agua subterránea se extrajo del piezómetro con una manguera de silicón de 3.5 m (utilizadas en los acuarios), que en un extremo se conectó a una jeringa de 60 ml con una llave de

venoclisis con tres salidas. El agua intersticial se extrajo con un tubo de cobre de 75 cm de largo con 50 mm de diámetro. En un extremo se tapó con resina epóxica y se perforó con una broca delgada (0.75mm) y de esta forma quedaron varios agujeros en 15 cm del tubo. En el otro extremo se acopló una manguera de silicón de 75 cm conectada a una jeringa de 60 ml. Este tubo de cobre se insertó en el suelo aproximadamente 20 cm para jalar el agua intersticial. En las tres fuentes de agua la medición de los parámetros se hizo utilizando un multiparámetro (YSI 556 MPS).

Para medir el valor del potencial Redox (López y Tolome, 2009) se utilizaron tres electrodos de platino contruidos previamente (Anexo 2). En el campo los electrodos se instalaron a una profundidad de 15 cm, formando un triángulo con una distancia entre ellos de aproximadamente 20 cm y en el centro se enterró el electrodo calomel de referencia marca Corning. Este último se conectó a la salida negativa de un voltímetro. Para obtener la lectura de cada electrodo se usó un cable con punta de caimán que se conectó a la salida positiva del mismo voltímetro y se mandó una descarga de 2000 mV y se registró el dato. A las lecturas tomadas en campo, se agregó un valor de estandarización que se determina según la temperatura ambiente y el pH de la solución amortiguadora, al momento de calibrar en este caso fue de 237.5 mV (temperatura ambiental 35° C y pH 4.0 de la solución amortiguadora) (López y Tolome, 2009). Sólo fue posible medir en abril de 2011 para los ocho cuadros de muestreo.

Procesamiento de información

El análisis de la estructura del estrato arbóreo en los cuadros muestreados se obtuvo con base en los valores del área basal, la dominancia, la densidad y la frecuencia.

Con el cálculo del área basal expresada como una unidad de área en m² por hectárea (ha) se determinó la dominancia. Se usaron las siguientes fórmulas para los cálculos

$$\text{Área basal} = \pi (\text{DAP}/2)^2$$

Dominancia = área basal de la especie / suma de las áreas de todas las unidades de muestreo.

$$\text{Dominancia relativa} = (\text{área basal de la especie} / \text{área basal de todas las especies}) \times 100$$

La densidad se estimó como el número de árboles por unidad de área, y se expresó en individuos por hectárea. Se calculó de la siguiente manera:

Densidad = número de individuos muestreado por unidad de muestreo) / número total de área muestreada.

Densidad relativa = densidad de una especie / suma de las densidades para todas las especies x 100.

La frecuencia es el porcentaje de cuadros en que aparece la especie con respecto al total de cuadros muestreados. Es una medida de qué tan uniforme es la distribución de la especie. Se calculó:

Frecuencia = número total de cuadros en los que una especie aparece / número total de cuadros.

Frecuencia relativa = (frecuencia de las especies / suma de la frecuencia de todas las especies) x 100.

El valor de importancia relativa (VIR) es un resumen de los valores cuantitativos de cada especie, ordenadas de mayor a menor valor. Proporciona datos sobre las especies importantes en la comunidad debido al espacio que ocupan, y permite comparar entre sitios. Se obtuvo sumando la frecuencia relativa, la densidad relativa y la dominancia relativa, siendo 300 el valor más alto esperable para una especie (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

Los valores de diversidad se obtuvieron con base en el Índice de Simpson según la siguiente fórmula:

$$D = \sum P_i^2$$

D=Índice de Simpson

P_i =Proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total.

$P_i = n_i / N_t$

N_t =Núm. total de individuos de todas las especies.

n_i =Núm. de individuos de cada especie.

Para conocer la distribución de los individuos entre las especies se utilizó el índice de equidad (E), calculado con la siguiente fórmula:

$$E = 1/D * 1/S$$

E=Equidad

1/D=índice de Simpson

S=Riqueza

Para establecer si existían diferencias de los parámetros fisicoquímicos entre el agua según su fuente se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparaciones múltiples Dunn's. Para detectar diferencias del agua entre las localidades se utilizó la prueba Mann-Whitney. Se utilizaron estas pruebas no paramétricas porque los datos no cumplieron con la normalidad después de aplicar transformaciones (logarítmica y raíz cuadrada). Se hicieron dos ordenaciones utilizando el análisis de componentes principales con el programa PC-ORD5. La primera tuvo como objeto agrupar las especies con base en su cobertura y la segunda para conocer la relación entre la vegetación y los parámetros ambientales. La matriz de vegetación se construyó con los valores de cobertura de las especies en los 20 cuadros. La matriz secundaria de parámetros físico químicos se construyó con las medias anuales de los valores de temperatura, salinidad, conductividad y pH del agua intersticial (para esta variable se tuvieron los datos más completos además de que representa el agua en contacto con las raíces de las plantas).

Resultados

Vegetación

Se registraron nueve especies arbóreas en las localidades de estudio, identificándose ocho a nivel de especie y una a nivel de familia. Dos especies pertenecen a la familia Combretaceae: *Conocarpus erectus* L. y *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn.; a la familia Fabaceae, *Cynometra oaxacana* Brandegees y *Zygia conzattii* (Standl.) Britton & Rose; una Ochnaceae, *Ouratea nitida* (Sw.) Engl.; *Rhizophora mangle* L. de la familia Rhizophoraceae; *Pachira aquatica* Aubl., miembro de las Malvaceae y *Sabal mexicana* Mart. de las Arecaceae; el jobo cimarrón, como se le conoce en la región, se identificó a nivel de familia y pertenece a la familia Anacardiaceae. Ambas localidades comparten cuatro especies: *P. aquatica*, *S. mexicana*, *Z. conzattii* y *C. oaxacana*, Nixtamal presentó *R. mangle* y *L. racemosa*. Se registraron dos especies de hábito herbáceo, *Crinum erubescens* Aiton y el helecho *Acrostichum aureum* L. También se observaron dos especies de lianas que no se identificaron. En la zona se conocen con el nombre de bejuco de agua y bejuco de ajo.

La riqueza de especies arbóreas fue de siete para Nixtamal y seis para Júcaro. En cuanto a la diversidad se calculó mediante el índice Simpson ($\lambda 1/D$), en Nixtamal fue de $\lambda 1/D = 1.39$ y en Júcaro $\lambda 1/D = 1.22$. La equidad en ambas localidades presentó valores bajos, Nixtamal 0.19 y Júcaro 0.20, debido a que hay una especie predominante, *P. aquatica*.

En la localidad de Nixtamal, la estructura vertical presentó un estrato arbóreo alto (18-25 m) con 3.7% de individuos de *P. aquatica* y *R. mangle* (Cuadro 1). El estrato arbóreo medio (6-17m) con el mayor porcentaje, 76.7%, incluye las especies del estrato anterior y cuatro especies más, *L. racemosa*, *Z. conzattii*, *C. oaxacana* y *O. nitida*. El estrato bajo (2-5 m) 19.1% con cuatro especies, *P. aquatica*, *C. oaxacana*, *S. mexicana*, *Z. conzattii*. De menos de dos metros de alto se registró a *S. mexicana* (Figura 5). La densidad media de los diez cuadros fue de 4,650 ind/ha, con un área basal media de 91.3 m²ha⁻¹. La especie con el mayor VIR fue *P. aquatica* con 201.9, seguido por *C. oaxacana* 51.5 y la especie con el menor VIR fue *O. nitida* con 3.6 (Cuadro 2). En cuanto al diámetro de los troncos, el 25.0% presentó un DAP entre 2.5–7.5 cm, y el 26.0% entre 7.51–12.51 cm; el menor porcentaje (2.6%) tuvo un diámetro \geq 32.6 cm (Figura 6).

Cuadro 1. Porcentaje de individuos por especie en los estratos en las localidades de estudio.

Especie	Estratos				Total (%)
	18-25 m (%)	6-17 m (%)	2-5 m (%)	< 2 (%)	
Nixtamal					
<i>Pachira aquatica</i>	2.59	65.01	16.63	0.00	84.23
<i>Cynometra oaxacana</i>	0.00	9.50	1.30	0.00	10.80
<i>Rhizophora mangle</i>	1.08	0.22	0.00	0.00	1.30
<i>Sabal mexicana</i>	0.00	0.00	0.22	0.65	0.86
<i>Zygia conzattii</i>	0.00	1.51	0.86	0.00	2.38
<i>Laguncularia racemosa</i>	0.00	0.22	0.00	0.00	0.22
<i>Ouratea nitida</i>	0.00	0.22	0.00	0.00	0.22
Total	3.67	76.67	19.01	0.65	100
Jícara					
<i>Pachira aquatica</i>	4.74	69.18	15.90	0.42	90.24
<i>Zygia conzattii</i>	0.00	2.37	0.98	0.00	3.35
<i>Conocarpus erectus</i>	2.09	2.09	0.14	0.00	4.32
<i>Cynometra oaxacana</i>	0.00	1.53	0.00	0.00	1.53
Anacardiaceae	0.00	0.42	0.00	0.00	0.42
<i>Sabal mexicana</i>	0.00	0.00	0.00	0.14	0.14
Total	6.83	75.59	17.02	0.56	100

Cuadro 2. Densidad, densidad relativa, frecuencia, frecuencia relativa, área basal, dominancia relativa y valor de importancia relativa en las localidades de estudio.

Especie	Densidad Ind/ha ⁻¹	Densidad relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Área basal m ² ha ⁻¹	Dominancia Relativa (%)	VIR
Nixtamal							
<i>Pachira aquatica</i>	3900	83.87	1	33.33	77.36	84.73	201.94
<i>Cynometra oaxacana</i>	500	10.75	0.9	30.00	9.82	10.75	51.50
<i>Rhizophora mangle</i>	60	1.29	0.3	10.00	0.84	0.91	12.21
<i>Sabal mexicana</i>	40	0.86	0.3	10.00	0.05	0.05	10.91
<i>Zygia conzattii</i>	130	2.80	0.3	10.00	2.48	2.72	15.51
<i>Laguncularia racemosa</i>	10	0.22	0.1	3.33	0.70	0.77	4.32
<i>Ouratea nítida</i>	10	0.22	0.1	3.33	0.05	0.06	3.61
Total	4650	100	3	100	91.29	100	300
Jícaro							
<i>Pachira aquatica</i>	6490	90.26	1	41.67	78.06	89.67	221.60
<i>Zygia consatii</i>	240	3.34	0.5	20.83	2.19	2.51	26.68
<i>Conocarpus erectus</i>	310	4.31	0.3	12.50	6.36	7.31	24.12
<i>Cynometra oaxacana</i>	110	1.53	0.4	16.67	0.30	0.35	18.54
Anacardiaceae	30	0.42	0.1	4.17	0.14	0.16	4.74
<i>Sabal mexicana</i>	10	0.14	0.1	4.17	0.01	0.01	4.31
Total	7190	100	2.4	100	87.05	100	300

En Jícara el estrato más alto, incluyó dos especies, *P. aquatica* y *C. erectus*; con el 6.83% de los individuos. El estrato de 6-17 m apareció con el mayor porcentaje, de 75.59% y seis especies, las dos antes mencionadas y *Z. conzattii*, *C. oaxacana*, jobo cimarrón (Anacardiaceae) y *S. mexicana* (Cuadro 1). El 17.02% se obtuvo para el estrato de 2–5 m, con tres especies, *P. aquatica*, *Z. conzattii* y *C. erectus* y el estrato de menos de dos metros presentó el 0.14% con *S. mexicana* (Figura 5). La densidad media fue de 7,190 ind/ha, más alta que en Nixtamal, con un área basal media de 87.05 m²ha⁻¹. El VIR más alto fue nuevamente de *P. aquatica*, con 221, seguido por *Z. conzattii* con 26.68 y la especie con menor valor es *S. mexicana* con 4.31 (Cuadro 2). En relación al diámetro de los troncos, el 35.61% presentó de 2.5–7.5 cm de DAP, seguido por aquellos con 7.51–12.51 cm (32.13 %) y con menos de 1% los de más de 32.55 cm (Figura 6).

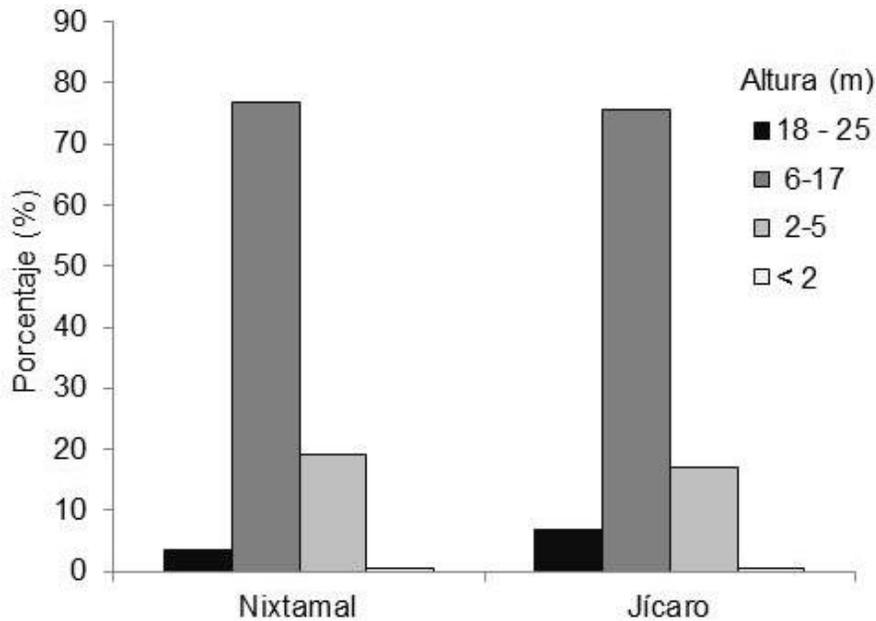


Figura 5. Porcentaje de individuos en las distintas clases de altura en las dos localidades de estudio.

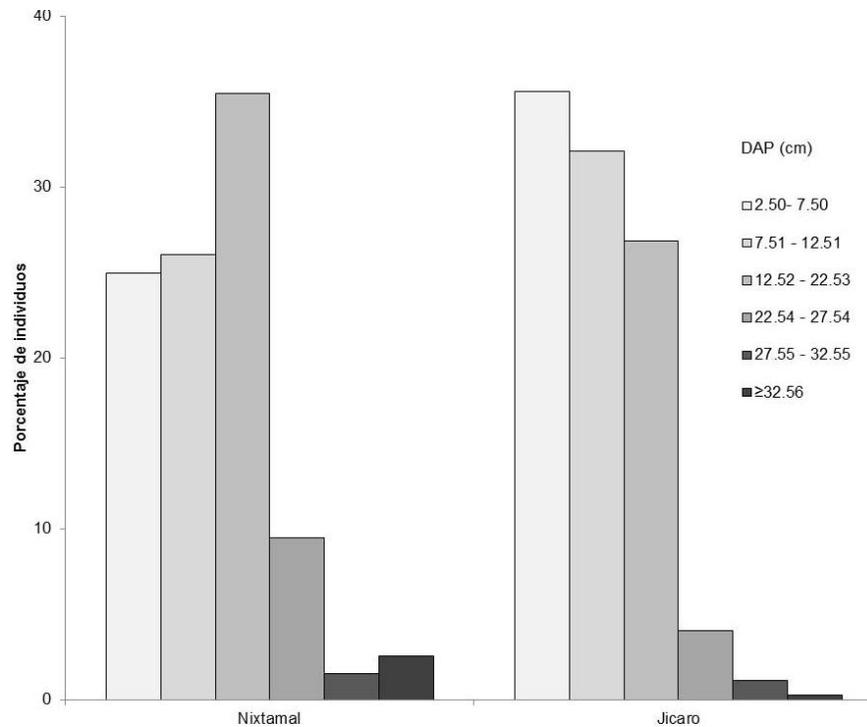


Figura 6. Porcentaje de individuos en cada clase diamétrica en las localidades de estudio.

La ordenación mediante el análisis de componentes principales (Figura 7) de los cuadros de vegetación usando la matriz con la cobertura de las especies. Explicó con base en el eje 1 y 2, el 75.78% de la variación acumulada. El eje 1 explicó el 61.05% de la varianza y la especie que resultó con mayor carga positiva fue *P. aquatica* ($r= 0.959$), y con cargas negativas *C. erectus* ($r=-0.880$) y la Anacardiaceae ($r= -0.731$). El eje 2 explicó el 14.73%, y las especies con mayor correlación positiva fueron las lianas ($r= 0.640$) y negativamente *Z. conzantii* ($r=-0.749$) y *O. nitida* ($r= -0.543$).

En la figura 7, sobre el eje 1, en el lado derecho del espacio de ordenación, se ubicaron los cuadros con mayor cobertura de *P. aquatica*, tres cuadros de vegetación del Jicaro y uno de Nixtamal por abajo del eje 1, con 90 % de cobertura y por encima de este mismo eje aparecen tres cuadros procedentes de Jicaro y tres de Nixtamal con 70 y 80 % de cobertura; a la izquierda del eje 2 se ubicaron de manera dispersa los cuadros con menores porcentajes de cobertura de *P. aquatica* (40%) y donde estuvieron, *C. erectus* con 10 al 40% de cobertura, *Z. conzantii* con 20% y la Anacardiaceae (Jobo cimarrón) con 20%.

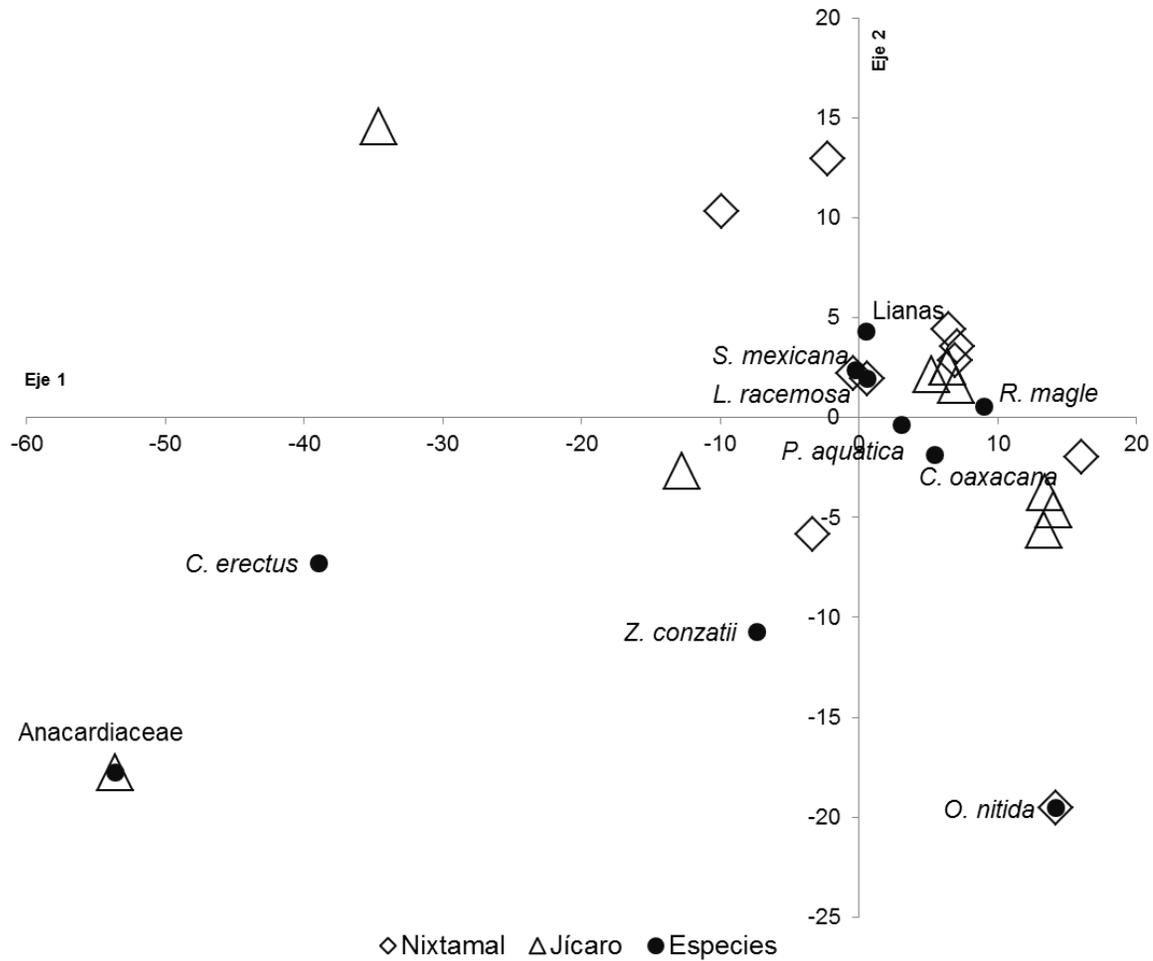


Figura 7. Resultados del análisis de componentes principales con base en la cobertura de las especies en los cuadros de vegetación. El eje 1 y 2 explican el 75.78% de la variación acumulada. Se puede observar los cuadros de ambas localidades donde *P. aquatica* tiene mayor cobertura se ordenan sobre el eje 1 a la derecha. Los rombos representan los cuadros de vegetación de Nixtamal y los triángulos Júcaro.

Hidroperiodo

La fluctuación del nivel del agua en las selvas inundables de Chiapas mostró que durante el verano, en la época de lluvias, se produce la inundación. Ésta fue más marcada en el año 2010 que en el 2011. Puede apreciarse que dura varios meses, y su nivel oscila durante este periodo (Figura 8a). La precipitación en la costa de Chiapas tiene una fuerte relación con el hidroperiodo de los humedales costeros. La figura 8b muestra la precipitación de dos estaciones meteorológicas, Despoblado y Huixtla, cercanas al sitio de estudio durante el periodo julio 2010 – febrero 2012. Los hidroperiodos de los sitios de muestreo de ambas localidades siguen la misma tendencia, respondiendo al comportamiento de la precipitación durante los meses de lluvias y de estiaje de la región, aunque ello no significa que no exista un aporte importante de agua subterránea producto de las lluvias en la zona montañosa. Se observa que los niveles de agua aumentaron de marzo a abril del 2011, meses en que se presentaron lluvias y disminuyeron para mayo, cuando se esperaban las primeras lluvias de la temporada. A partir de ese mes los niveles de agua fluctuaron según la precipitación, hasta noviembre que marca la temporada de estiaje (Figura 8a). En los primeros meses de muestreo en Nixtamal se tuvieron los niveles más altos de inundación del periodo de estudio.

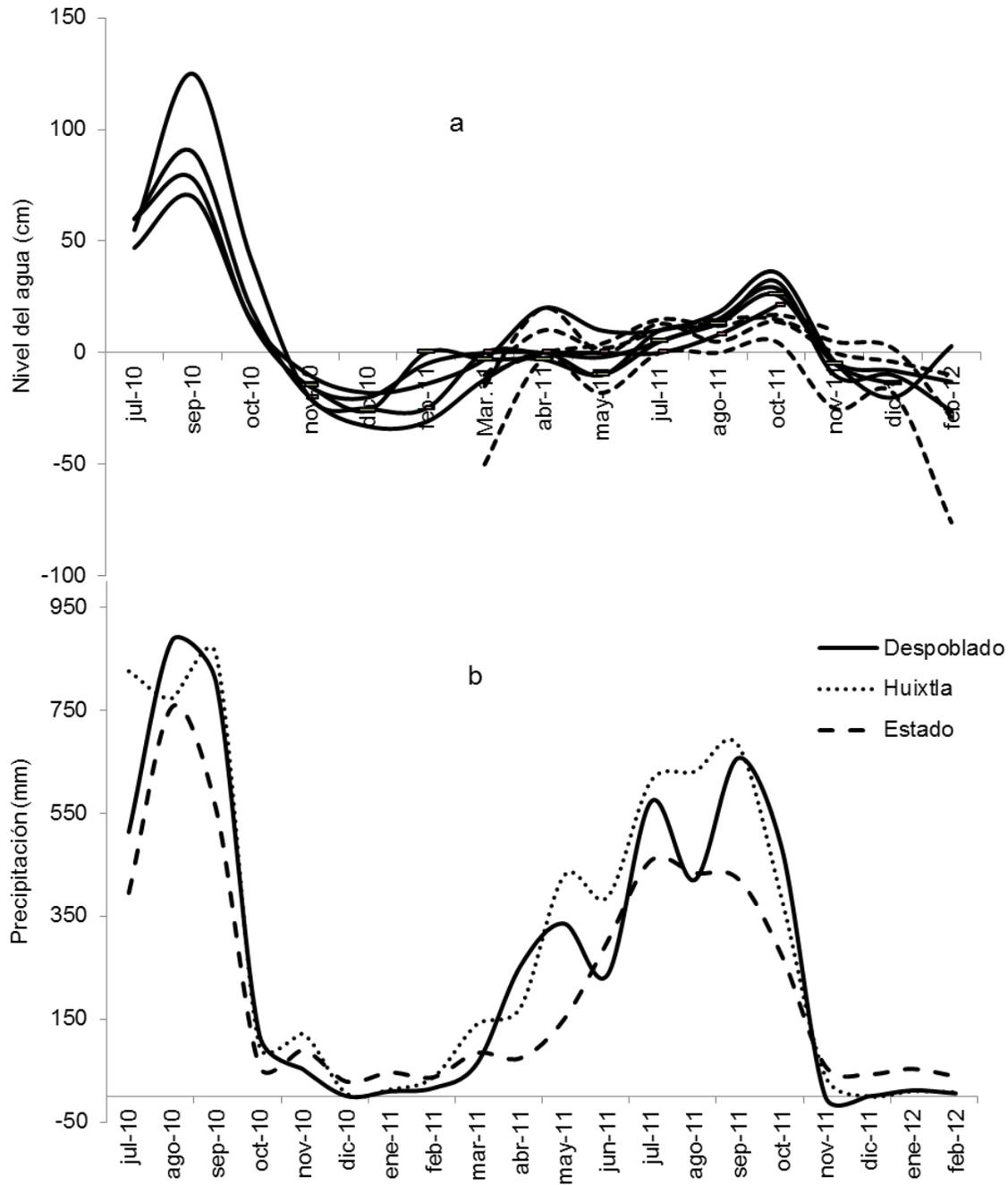


Figura 8 (a) Curvas del hidroperiodo en ocho cuadros de trabajo de julio 2010 a febrero 2012. (b) Gráfica de la precipitación de media de estado de Chiapas y dos estaciones meteorológicas, Despoblado y Huixtla, cercanas al sitio de estudio, durante el periodo de estudio. Los datos de precipitación fueron tomados de www.smn.gob.mx.

Parámetros fisicoquímicos

La temperatura para Nixtamal fluctuó entre 24 y 31°C. El agua superficial presentó el valor más alto en mayo 2011 (31 °C) y el agua intersticial registró la temperatura más baja en diciembre de 2011 (Figura 9a) .En Jícara la temperatura fluctuó entre 24 y 28°C, y las temperaturas más altas se resgistraron en el agua subterránea y las más bajas en el agua superficial (Figura 9b).

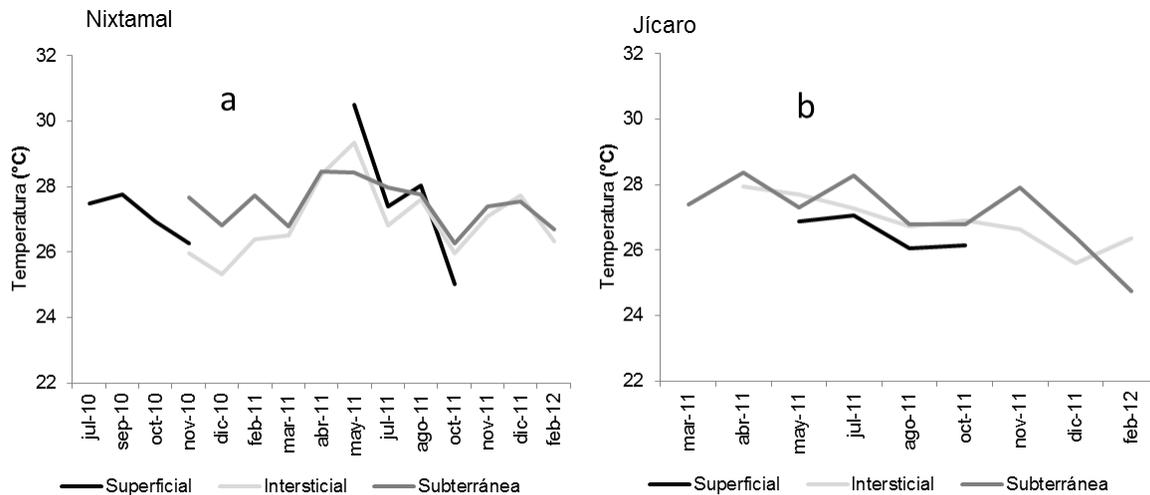


Figura 9. Tendencia de la temperatura del agua superficial, intersticial y subterránea durante el periodo de estudio (julio de 2010 a febrero de 2012), en las localidades de estudio. La letra (a) corresponde a Nixtamal y la letra (b) a Jícara. Los datos faltantes corresponden a los meses en que no se tuvo agua superficial.

La salinidad y conductividad presentaron patrones similares para ambas localidades. En Nixtamal el agua superficial tuvo la salinidad y la conductividad más alta en noviembre y la más baja en septiembre de 2010. El agua intersticial tuvo un pico alto en abril de 4.0 ups. El agua subterránea mantuvo fluctuando la salinidad entre 1.5 y 2.4 ups y la conductividad entre 2.4 y 4.4 mS/cm[°] (Figura 10 a y figura 11a). En Jícara el agua superficial tuvo la salinidad más baja en octubre de 2011. En el agua intersticial la salinidad llegó hasta 5.0 ups (abril 2011) y la conductividad 9.3 mS/cm[°] en diciembre del mismo año. En el agua subterránea la salinidad fluctuó entre 3.7 y 2.3 ups y la conductividad entre 6.5 y 4.1 mS/cm[°] (Figuras 10b y Figura 11b).

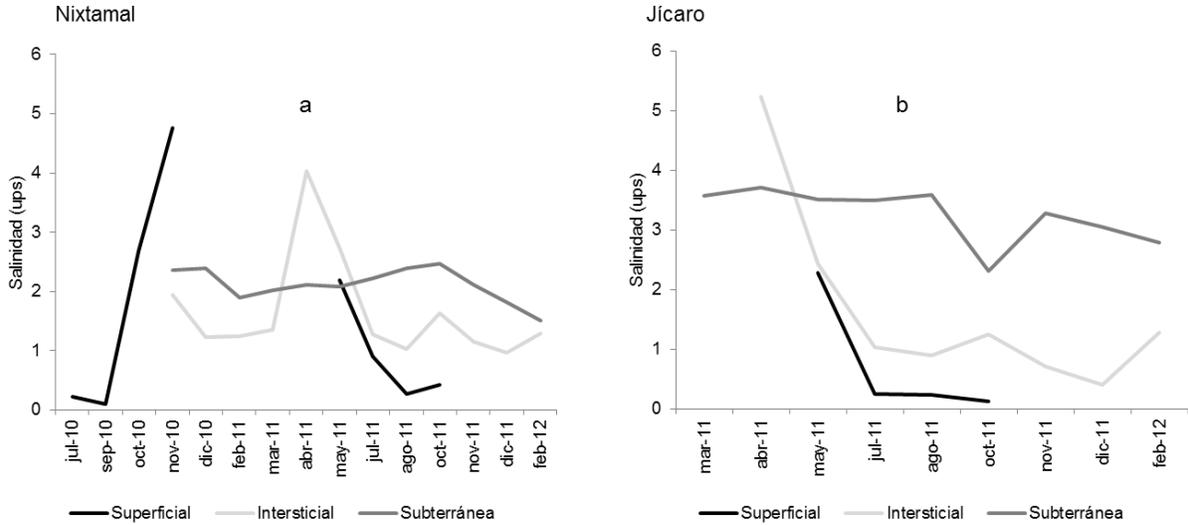


Figura 10. Tendencia de la salinidad del agua superficial, intersticial y subterránea durante el periodo de estudio (julio de 2010 a febrero de 2012), en las localidades de estudio. La letra (a) corresponde a Nixtamal y la letra (b) a Jícaro. Los datos faltantes corresponden a los meses en que no se tuvo agua superficial.

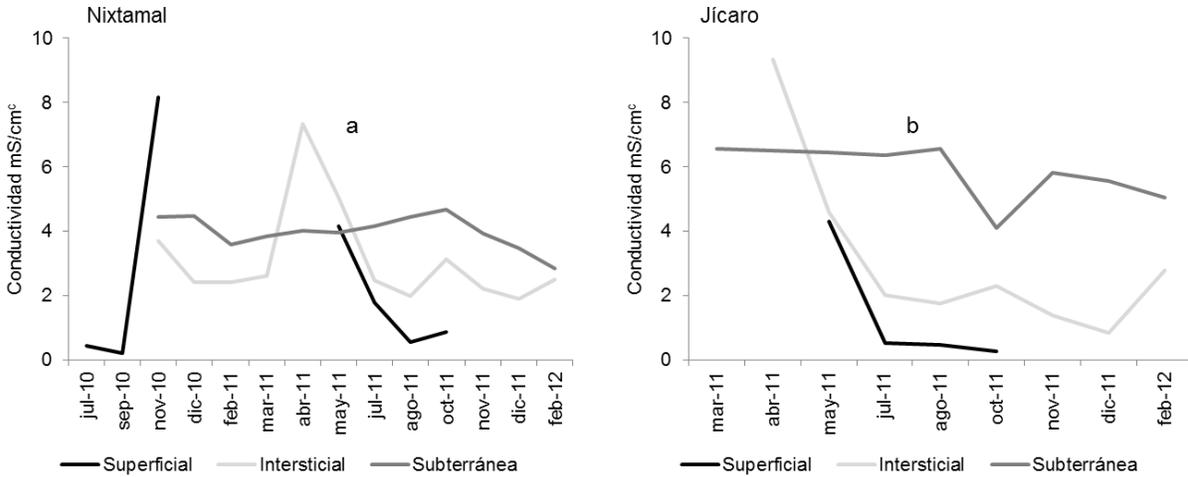


Figura 11. Tendencia de la conductividad del agua superficial, intersticial y subterránea durante el periodo de estudio (julio de 2010 a febrero de 2012), en las localidades de estudio. La letra (a) corresponde a Nixtamal y la letra (b) a Jícaro. Los datos faltantes corresponden a los meses en que no se tuvo agua superficial.

El pH en los tres tipos de agua sigue la misma tendencia. En ambos sitios, el pH fluctuó entre 7.3 y 5.2, entre julio 2010 y agosto 2011. En octubre bajó a menos de 3.5 y comenzó a ascender, fluctuando levemente, hasta febrero (Figura 12 a y b).

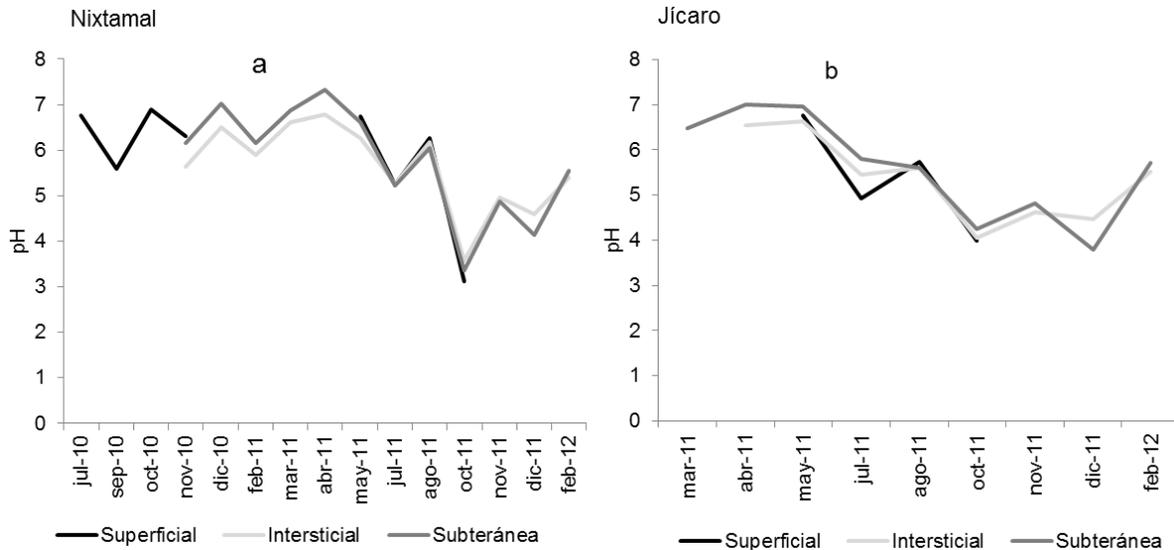


Figura 12. Tendencia del pH del agua superficial, intersticial y subterránea durante el periodo de estudio (julio de 2010 a febrero de 2012), en las localidades de estudio. La letra (a) corresponde a Nixtamal y la letra (b) a Jícaro.

Los resultados de las comparaciones entre los diferentes tipos de agua en cada localidad son los siguientes: la temperatura en Jícaro presentó diferencias ($P < 0.003$). La conductividad y la salinidad presentaron diferencias en ambas localidades con una significancia menor $p < 0.05$ y el pH no presentó diferencias estadísticas significativas en ninguna comunidad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resultados de la prueba de Kruskal–Wallis para los parámetros fisicoquímicos entre el agua según su origen en cada localidad. (*) Valores con diferencia significativa para $p < 0.05$. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales prueba de Dunn's.

Parámetro fisicoquímico	Localidad	Mediana			KW (H)
		Superficial	Subterránea	Intersticial	
Temperatura	Nixtamal	27.54	27.47	27.18	0.54 n.s.
	Jícara	26.36b	27.18a	26.8a	11.91 *
Conductividad	Nixtamal	1.115b	3.975a	2.631a	43.97 *
	Jícara	0.483a	6.513b	1.934c	34.2 *
Salinidad	Nixtamal	0.585b	3.6a	0.98a	37.58 *
	Jícara	0.24a	2.095b	1.36c	34.37 *
pH	Nixtamal	6.295	6.02	5.915	1.72 n.s.
	Jícara	5.13	5.665	5.35	2.11 n.s.

Comparando los parámetros fisicoquímicos de los tipos de agua (superficial, intersticial y subterránea) se obtuvieron diferencias en la conductividad y la salinidad del agua subterránea entre las localidades ($P < 0.05$) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resultados de la prueba Mann–Whitney para los parámetros fisicoquímicos del agua entre las localidades. Las muestras provienen de tres tipos de agua (superficial, intersticial y subterránea). (*) Valores con diferencia significativa para $p < 0.05$.

Parámetros fisicoquímicos	Origen del agua	Mediana		W
		Nixtamal	Jícara	
Temperatura	Superficial	27.5	26.3	774.0 n.s.
	Subterránea	27.4	27.1	997.0 n.s.
	Intersticial	27.1	26.8	1215.5 n.s.
Conductividad	Superficial	1.115	0.483	638.5 n.s.
	Subterránea	3.975	6.513	707.0 *
	Intersticial	2.631	1.934	1236.0 n.s.
Salinidad	Superficial	0.585	0.24	659.5 n.s.
	Subterránea	3.6	2.095	665.0 *
	Intersticial	0.98	1.36	1174.5 n.s.
pH	Superficial	6.295	5.13	753.5 n.s.
	Subterránea	6.02	5.665	903.5 n.s.
	Intersticial	5.915	5.35	1269.5 n.s.

En el suelo se midió el potencial redox en el mes de abril (durante la temporada de estiaje) y se tomaron los datos en los mismos cuadros que los parámetros fisicoquímicos del agua. En el cuadro 5 están los valores obtenidos.

Cuadro 5. Potencial redox en el suelo en las localidades de estudio en el mes de abril.

Cuadro	EhmV
Nix 1	-132.20
Nix 2	6.47
Nix 3	-112.20
Nix 5	-92.87
Jic 1	318.80
Jic 2	12.47
Jic 3	8.80
Jic 4	68.80

Con los datos del agua intersticial de 19 cuadros de muestreo de ambas localidades se realizó un análisis de componentes principales en el cual el eje 1 y eje 2 explicaron el 96.1% de la varianza (Figura 13). El análisis mostró que las variables que explicaron el primer componente fueron la salinidad ($r= 0.969$) y la conductividad ($r= 0.968$) asociadas positivamente. En el segundo componente el pH ($r= 0.742$) fue el que presentó una mayor carga positiva y la salinidad la mayor carga negativa ($r= -0.248$). En el eje uno se observó, por lo tanto un gradiente de salinidad y conductividad, en cinco cuadros de Jícaro (triángulos) y tres de Nixtamal (rombos), con salinidad entre 1.9 a 4.4 ups y conductividad 3.6 a 8.1 mS/cm^o del lado derecho y los de menor valores de estos parámetros en el lado izquierdo.

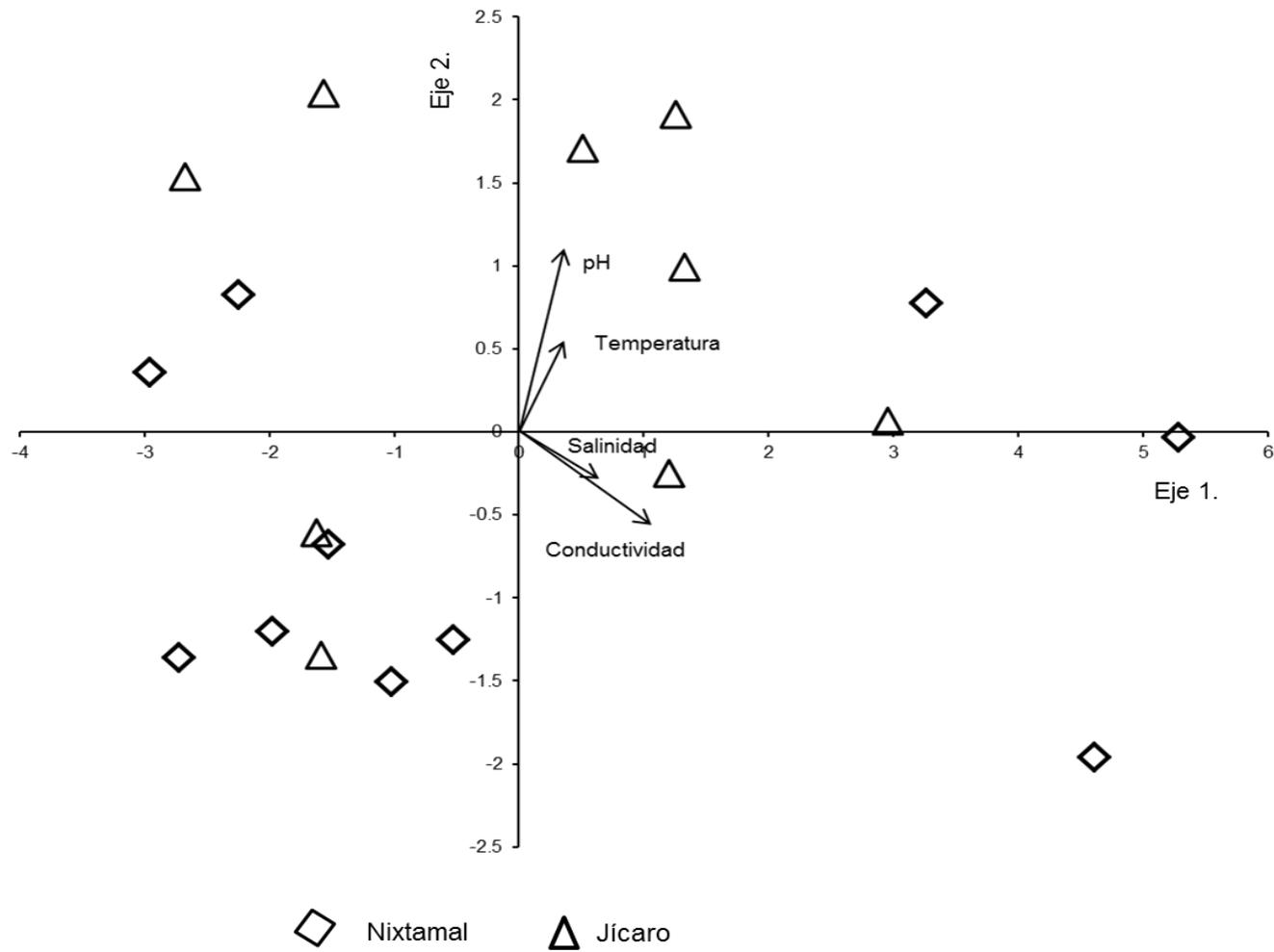


Figura 13. Resultados del análisis de componentes principales con base en los parámetros fisicoquímicos en los cuadros de muestreo. El eje 1 y 2 explican el 96.1% de la varianza acumulada. Los rombos son los cuadros de Nixtamal y los triángulos los cuadros de Jícara.

Regeneración

La densidad de plántulas y de plantas jóvenes en ambas localidades muestra que hay regeneración natural de *Pachira aquatica*, la especie predominante en los bosque de zapotonales. En Nixtamal la densidad de jóvenes fue de 14,760 ind/ha, siendo mayor que la del Jícaro de 9,720 ind/ha. En el caso de las plántulas es lo contrario, el Jícaro presenta 7,560 ind/ha y Nixtamal 5,160 ind/ha. En ambas localidades se observó mayor densidad de jóvenes que de plántulas. Ello indica que hay un paso de plántulas a jóvenes.

En relación a la supervivencia, se monitoreó un tiempo variable, entre 6 y 10 meses. Las plántulas de Jícaro tuvieron los porcentajes más bajos de supervivencia. Las plantas jóvenes en los cuadros de las dos localidades de estudio fue mayor a 80% (Cuadro 6)

Cuadro 6. Porcentaje de supervivencia de plántulas y jóvenes, en Nixtamal y Jícaro en el periodo de abril 2011 a febrero 2012.

	Supervivencia (%)	Meses
Plántulas		
Nix 1	100.00	10
Nix 2	66.67	6
Nix 3	73.68	6
Jic 1	25.00	10
Jic 2	71.93	10
Jic 3	37.14	6
Jóvenes		
Nix 1	83.13	10
Nix 2	100.00	6
Nix 3	82.04	6
Jic 1	100.00	10
Jic 2	88.10	10
Jic 3	82.35	6

En la figura 14 se muestra la supervivencia a través del tiempo en cada uno de los cuadros de vegetación muestreados. El porcentaje de supervivencia es mayor para los individuos jóvenes en ambas localidades (Figura 14a). Para las plántulas el porcentaje es variable siendo el menor 37.14 en el cuadro Jic1 (Figura 14b).

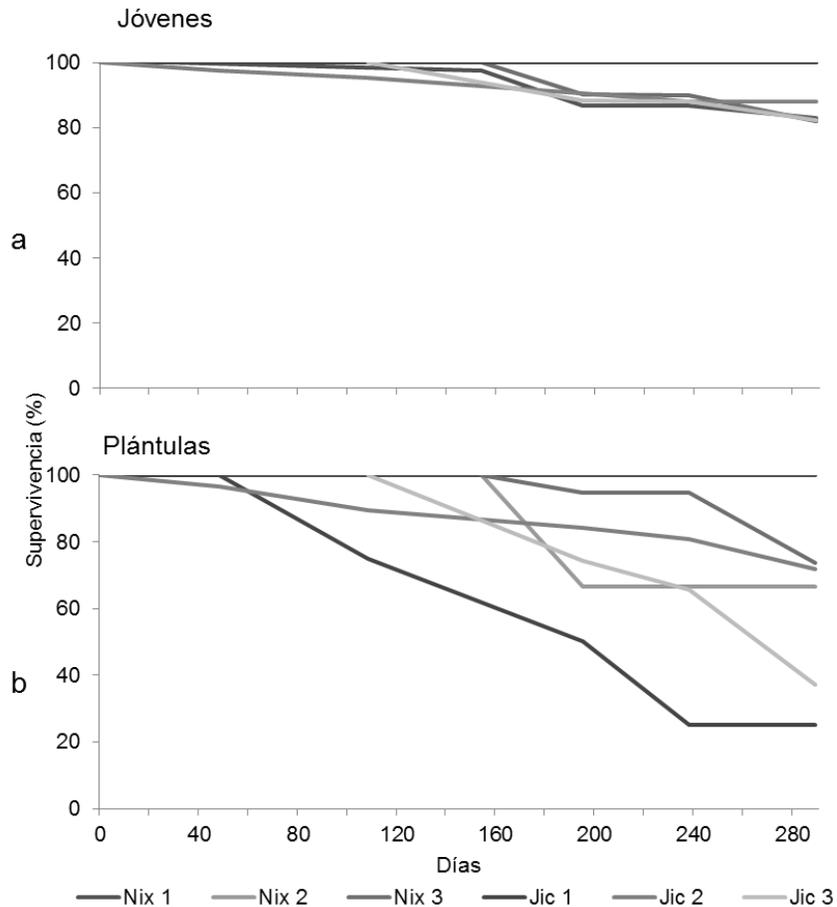


Figura 14. Porcentaje de supervivencia. El primer conteo se realizó en el mes de abril de 2011 y el correspondiente a los 280 días fue en el mes de febrero, 2012. La supervivencia de las plantas jóvenes (80%) es mayor que el de las plántulas. La letra (a) corresponde a plantas jóvenes y la letra (b) a plántulas.

En incremento de altura de los individuos que sobrevivieron durante el tiempo de estudio mostró que las plántulas presentaron una velocidad mayor de CA durante los primeros 120 días del estudio para los individuos de Jic 1 y Jic 2, con 0.083 y 0.307 cm/día respectivamente. Sin embargo, después de 120 días de estudio la velocidad del crecimiento disminuyó a 0.28 cm/día (Figura 15b). En el resto de los cuadros el CA fue menor. Para los individuos jóvenes el crecimiento que se observó es menor y no rebasa 0.005 cm/día (Figura 15a). En ambos grupos, plántulas y jóvenes, hubo individuos que presentaron una disminución en la altura, debido a depredación y quiebre mecánico en el ápice de las plantas y no fueron considerados para el presente análisis.

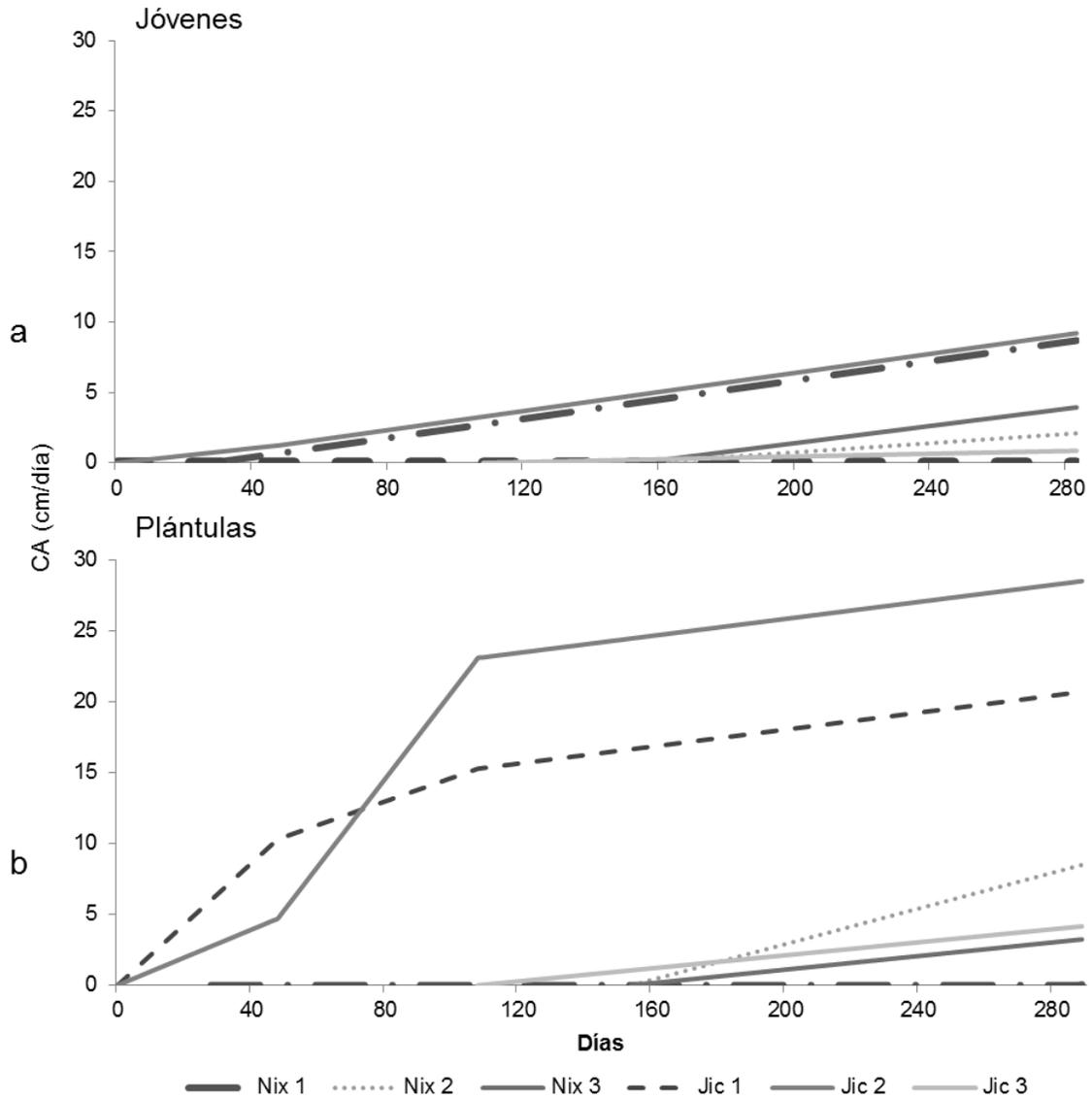


Figura 15. Acumulación del crecimiento en altura (CA) de plántulas y plantas jóvenes en los cuadros de muestreo de las dos localidades de estudio. Las plantas jóvenes tienen una menor velocidad de crecimiento pero es constante. Las plántulas presentan un crecimiento rápido en poco tiempo. La letra (a) corresponde a las plantas jóvenes y la letra (b) a las plántulas.

En el cuadro 7 se observa el número de individuos medidos al inicio y al final sin que hayan presentado daños y se muestra el porcentaje de individuos con daños en el ápice, ya sea por posible depredación o quiebre mecánico.

Cuadro 7. Número de individuos al inicio y al final del estudio que mostraron un incremento de altura y porcentaje de individuos que presentaron daños por posible depredación o quiebre mecánico.

	Localidad	Cuadro	Inicio	Final	Individuos con daño (%)*
Plántulas	Nixtamal	Nix 1	1	0	100.00
		Nix 2	15	9	40.00
		Nix 3	38	14	63.16
	Jícaro	Jic 1	4	1	75.00
		Jic 2	57	28	50.88
		Jic 3	35	12	65.71
Plantas jóvenes	Nixtamal	Nix 1	83	56	32.53
		Nix 2	9	5	44.44
		Nix 3	165	47	71.52
	Jícaro	Jic 1	1	1	0.00
		Jic 2	42	35	16.67
		Jic 3	17	9	47.06

Fenología

Los resultados de las observaciones de los individuos monitoreados de *P. aquatica* se presentan en las siguientes figuras. La fenofases denominada hojas nuevas y hojas senescentes aparecen en las figura 16a y c y 16b y d respectivamente. En ambas localidades se registraron individuos con hojas nuevas en una escala de poca a intermedia a lo largo del año. La escala con el valor de muchas hojas nuevas se presentó en diferentes meses, en Nixtamal en junio y en Jícaro en abril y octubre. También durante todos los meses de estudio hubo individuos sin hojas nuevas (Ausente) (Figura 16a y16c).

En ambas localidades hubo hojas senescentes en todos los meses; la escala que predominó fue de pocas. Las escalas intermedia y mucha, se producen en la época de secas y al final de la época de lluvias en ambos sitios. En Nixtamal, los inviduos que no presentaron hojas senescentes (Ausente) se registraron en el mes de mayo, junio, octubre y noviembre, y para Jícaro en abril, junio, octubre y noviembre (16b yd).

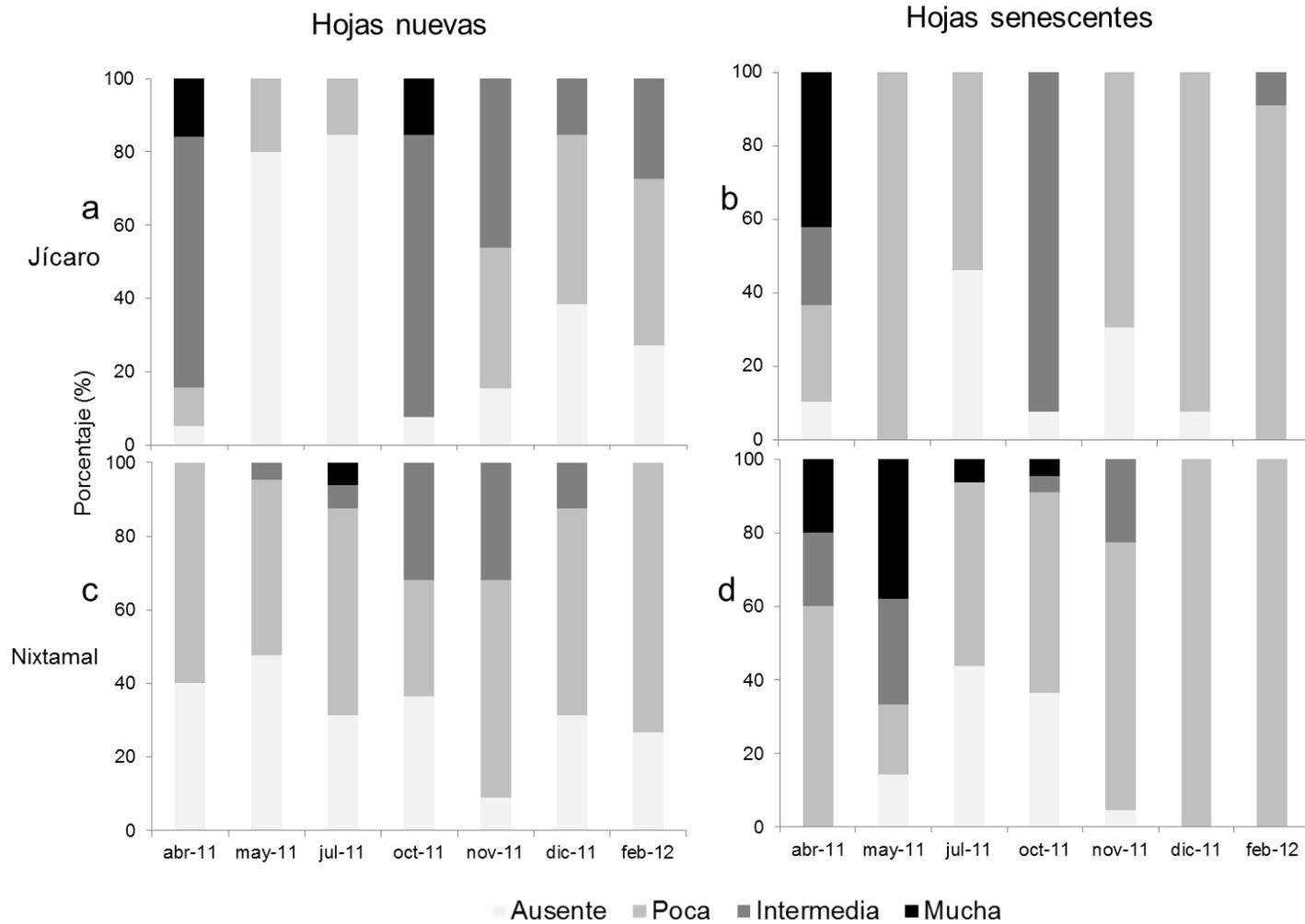


Figura 16. Porcentaje de individuos de *P. aquatica* en cada una de las cuatro categorías de abundancia en ambas localidades, que presentaron las fenofases hojas nuevas(a y c) y senescentes (b y d).

Con respecto a la floración y la fructificación, tanto los meses como los porcentajes de individuos en la escala de mayor floración difirieron entre localidades. En Nixtamal, en los meses de mayo, julio y octubre se registraron individuos con pocas flores y solo en mayo se observaron individuos en la categoría intermedia (Figura 17c); en Jícaro hubo flores en abril, octubre y febrero, siendo el primero y el último mes mencionado, los que presentaron pocas flores y en el mes de octubre individuos en la escala intermedia (Figura 17a). En relación con los frutos, éstos se observaron durante cuatro meses, en abril, mayo, julio y octubre en Jícaro y en mayo, julio, octubre y noviembre en Nixtamal, coincidiendo en ambas localidades en los meses de mayo, julio y octubre. En Nixtamal solo en julio se observaron individuos con una escala intermedia de presencia de frutos. En Jícaro, en abril, julio y octubre hubo individuos en la escala intermedia de frutos y solo para julio se registraron individuos con muchos frutos (Figura 17b y 17d).

En Nixtamal en julio y octubre se observaron individuos con pocas semillas en el suelo y en el último mes mencionado hubo un porcentaje de individuos en la escala intermedia de semillas en el suelo; en todos los meses se observaron individuos con ausencia de semillas en el suelo. En Jícaro, en los meses de abril, julio y noviembre se registraron individuos con pocas semillas en el suelo; en julio y noviembre se presentaron semillas en el suelo en la escala intermedia y al igual que en Nixtamal en todos los meses hubo individuos sin semillas en el suelo (Figura 18a y 18c).

Las semillas que estaban germinando fueron observadas en los meses de noviembre y febrero en Nixtamal, en la escala de poca e intermedia y en Jícaro en abril, julio y noviembre (Figura 18b y 18d).

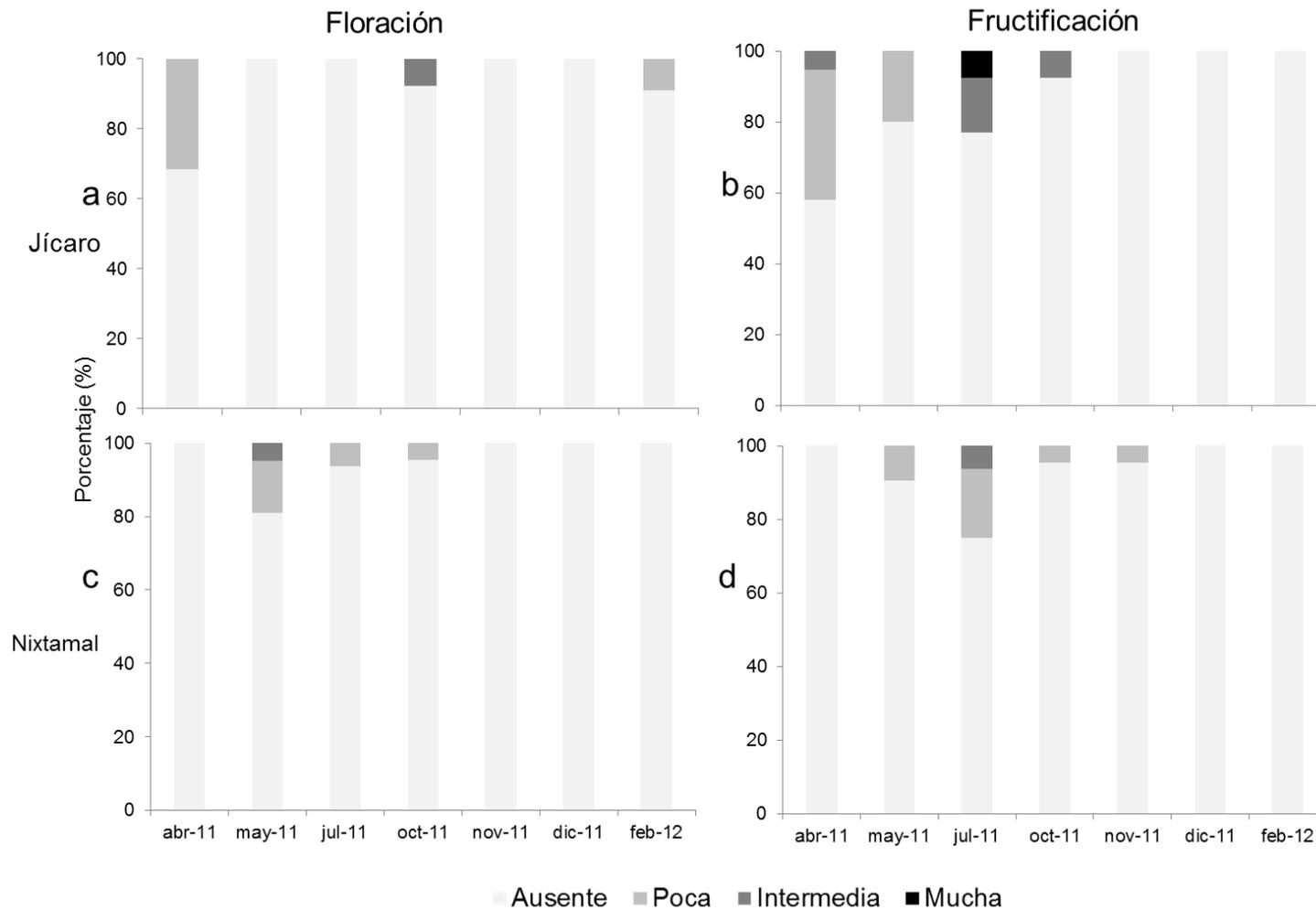


Figura 17. Porcentaje de individuos de *P. aquatica* en cada una de las cuatro categorías de abundancia en ambas localidades que presentaron flores (a y c) y frutos (b y d).

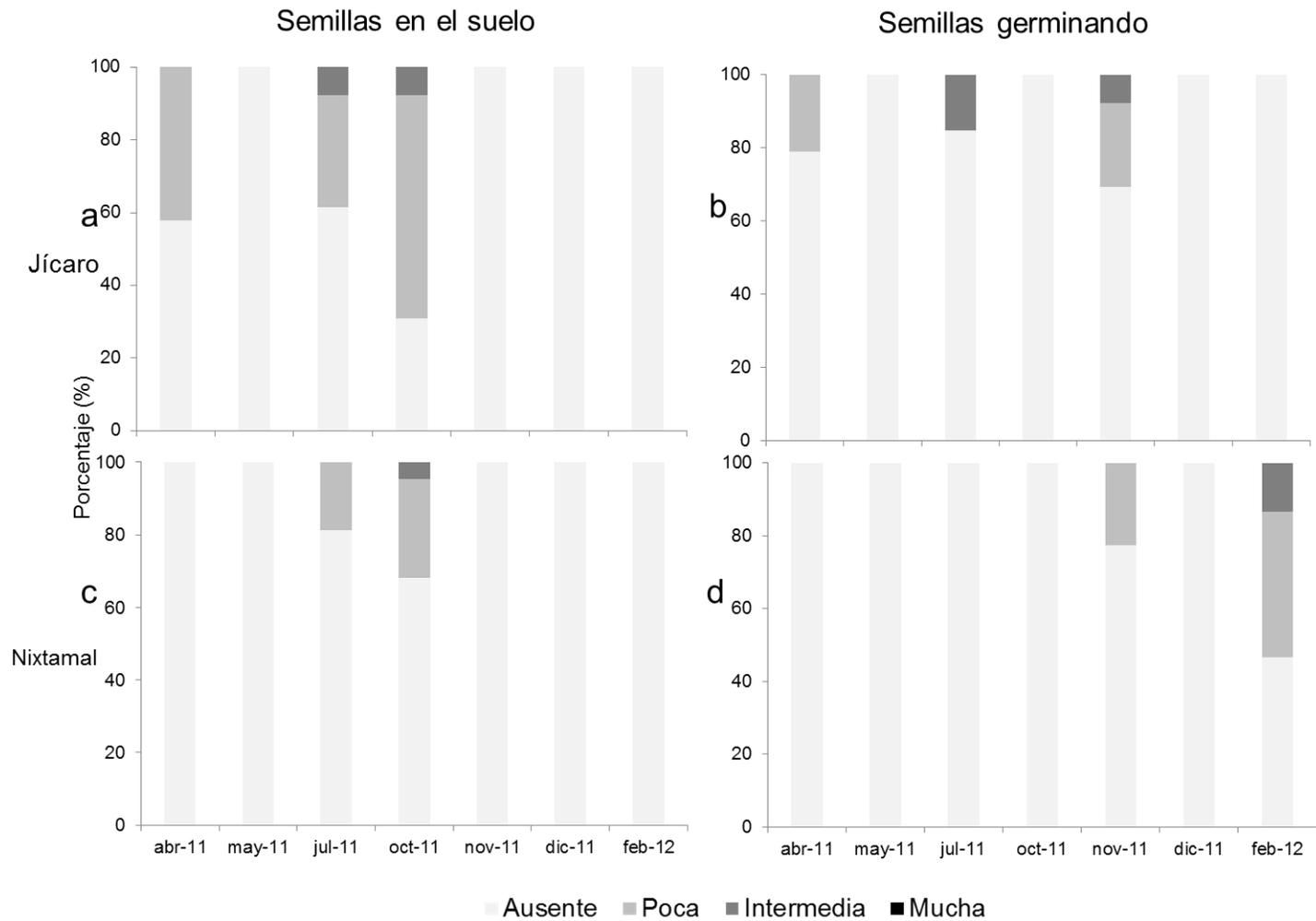


Figura 18. Porcentaje de individuos de *P. aquatica* en cada una de las cuatro categorías de abundancia en ambas localidades que presentaron semillas en el suelo (a y c) y semillas germinando (b y d).

Discusión

La composición arbórea de Nixtamal y Jícaro es parecida, ya que *P. aquatica* siempre es la especie dominante con los VIR más altos. Las localidades comparten tres especies: *C. oaxacana*, *Z. consatii* y *S. mexicana*, aunque en relación con el VIR en cada localidad ocupan diferentes lugares. Las especies que no comparten fueron los mangles, *R. mangle* y *L. racemosa*; sin embargo, aunque no aparecieron en los cuadros muestreados en Jícaro, se observaron algunos individuos, pero en menor proporción que en Nixtamal. Desde el punto de vista de la estructura, el área basal en Nixtamal presentó un valor mayor, aunque la diferencia no fue significativa. Dentro del área de la reserva existen otros manchones de selva con DAP mayores (comunicación personal de la gente local), por lo que existe un mosaico de tamaños diferentes que sugiere que hay selvas con diferentes edades. En cuanto a estratos, el arbóreo es el dominante, y solo en algunas áreas se presentan especies arbustivas y/o herbáceas, como *Crinum erubescens* y *Acrostichum aureum*. La mayoría de los individuos en ambas localidades tienen una altura de 6.0 a 17.0 m, por lo que no es un selva muy alta. Las especies con alturas mayores a 17 m son de *R. mangle*, en Nixtamal y *C. erectus* en Jícaro, además de *P. aquatica*. En ambas localidades, *S. mexicana* presentó valores menores a 2 m. Por otro lado, en ambas localidades se presentan individuos jóvenes y plántulas de *P. aquatica* lo que indica que hay una buena regeneración. Se puede concluir que tanto la composición florística como la estructura son similares.

La riqueza de las selvas inundables muestreadas en Chiapas es mucho menor que los valores encontrados para otras selvas inundables reportadas en el país por Infante y colaboradores (2011), (Cuadro 8). Esto se aplica tanto para las selvas de Veracruz como las de Tabasco. Con respecto a la densidad, la encontrada en Chiapas es mayor que la encontrada por los autores arriba mencionados. Estas variaciones pueden estar dadas por las diferencias de la planicie costera del Golfo de México y la de Chiapas, ya que la primera es más extensa, el clima es más húmedo y se presenta una temporada marcada de nortes, que no existe en las costa de Chiapas. Las tormentas tropicales y huracanes son más frecuentes en Chiapas y los vientos intensos pueden ser los responsables del mosaico de distintas densidades encontrado. En general, dado el mayor espacio de las planicies de inundación del Golfo, hay una mayor heterogeneidad ambiental, lo cual se refleja probablemente en una mayor riqueza de especies y en bosques más maduros (Moreno- Casasola *et al.*, 2006; Álvarez; Rojas y Vidal, 2008; 2011, Infante *et al.*, 2011).

Cuadro 8. Riqueza, densidad y área basal de las selvas inundables. Cabe decir que el área basal no es totalmente comparable debido a que en los sitios de Veracruz el DAP se tomó siempre por arriba de los contrafuertes, de ahí que presenten valores menores.

Selvas inundables	Riqueza	Densidad Ind/ha ⁻¹	Área Basal m ² ha ⁻¹
Nixtamal, Chiapas	7	4500	91.29
Jícara Chiapas	6	7211	87.05
Ciénaga del Fuerte, Veracruz *	45	1750	71.15
Laguna Grande y Chica, Veracruz *	12	2400	47.44
La Mancha, Veracruz*	44	2421	32.7
Laguna Apompal, Veracruz*	34	2889	76.42
El Salado, Veracruz*	20	2230	74.73
Huimanguillo, Tabasco*	78	2100	56.75

*Tomado de Infante (2011).

Para discutir la relación del hidroperiodo y los parámetros fisicoquímicos es importante considerar que el área de estudio forma parte del sistema lagunar Chantuto–Panzacola, donde desembocan seis ríos (INE/SEMARNAP 1999), de los cuales dos, Vado Ancho y Despoblado, llegan a la planicie costera e inundan los sitios de muestreo, durante la temporada de lluvias. Y por otro lado, la marea llega a través del estero Hueyate, que forma parte del mismo sistema lagunar (Varona 2011). Por tanto los manglares y las selvas inundables forman parte del gradiente de vegetación que se establece en las planicies inundables.

Durante el periodo de estudio (julio 2010 a febrero 2012) el hidroperiodo y las variables fisicoquímicas fluctuaron entre la temporada de lluvias y secas. Los niveles de agua están determinados por las lluvias y por el agua subterránea de la región. Durante los meses de mayo a noviembre las selvas mantienen un nivel de inundación que va desde 5 cm hasta 50 cm, dependiendo de la intensidad de las lluvias de la parte alta de las cuencas y del agua que fluye cuenca abajo, tanto de manera superficial como subsuperficial, así como de la influencia de las mareas. La figura 8 muestra como aún cuando desciende el nivel del manto freático y ya no se aprecia la inundación, éste se mantiene unos cuantos

centímetros por abajo del suelo, mostrando el nivel del agua subterránea. Los datos de salinidad indican que ésta aumenta a finales de la temporada de secas y disminuye durante la temporada de lluvias, pero no desaparece porque la marea sigue teniendo influencia en el agua. Conforme se acerca el fin de la temporada de lluvias los niveles de inundación van disminuyendo y para noviembre, el agua superficial prácticamente desaparece. Durante el tiempo de muestreo se presentaron algunas lluvias en los meses de marzo-abril de 2011 en la parte alta de las cuencas, que aumentaron los niveles de agua por unas semanas en la parte baja, aun cuando en el área de estudio las lluvias no fueran significativas (Figura 8).

En potencial redox esta relacionado con la cantidad de oxígeno que pueda existir en el suelo. En los humedales, este potencial se espera sea bajo o bien negativo, debido a que gran parte del tiempo permanecen inundados. En el cuadro 9 se presentan los procesos biogeoquímicos que se presentan según los valores de redox. Para los sitios de estudio se tienen los datos de abril. Los valores en Nixtamal van de -132.2 a 6.47 Eh mV, indicando la aparición de Fe^{2+} y la desaparición de SO_4^{2-} ; y el oxígeno ya no está presente. En Jícara los valores registrados estuvieron entre 8.8 y 318.8 Eh (mV), por lo que se dieron los primeros dos procesos presentes en Nixtamal sin embargo el oxígeno apenas empieza a desaparecer (Reddy y DeLaune, 2008).

Cuadro 9. Procesos geoquímicos que se producen en el suelo en distintos momentos indicados por el valor del potencial redox. Tomado de Mitsch y Gosselink, 2000.

Proceso	Eh (mV)
Desaparición de O_2	+330
Desaparición de NO_3^-	+220
Aparición de Mn^{2+}	+200
Aparición de Fe^{2+}	+120
Desaparición de SO_4^{2-}	-150
Aparición de CH_4	-250

Los parámetros fisicoquímicos del agua como se esperaba, varían en relación al hidroperiodo. En el estado los meses de abril y mayo se registraron las temperaturas ambientales (Figura 4) más altas, lo que se refleja en la temperatura mayor del agua de las tres fuentes: superficial, subterránea e intersticial.

A finales de la temporada de estiaje, en los meses arriba mencionados y al inicio de las lluvias, se observan los valores de pH más altos (6.2–7.3), fluctuando durante los siguientes meses y disminuyendo, ya que hacia finales de la temporada de lluvias se registraron los valores más bajos, (3.1–4.0). El pH básico indica una baja disponibilidad de hidrógeno para diversos tipos de reacciones biológicas como las enzimáticas y no biológicas como la de hidroxidación (Reddy y D'Ángelo, 1994, Reddy y DeLaune, 2008). Los valores ácidos permiten la solubilidad de nutrientes y pueden provocar brotes de algas y bacterias que disminuyen la cantidad de oxígeno. Un pH bajo puede indicar sustancias tóxicas, sin embargo en los manglares es común que el pH baje por la presencia de ácidos húmicos (Contreras, 2002, Abarca, 2007). En el área de estudio los valores más bajos se registraron en el mes de octubre y diciembre de 2011 en los sitios existe una gran cantidad de materia en descomposición, sin embargo se necesitarían estudios para saber si es la causa de estos valores o existe alguna fuente de contaminación.

La conductividad y la salinidad en el agua superficial e intersticial siguen la misma tendencia. En abril se presentan los valores más altos y éstos disminuyen hasta octubre cuando se elevan ligeramente para volver a bajar en diciembre y empezar a elevarse en febrero. En el agua subterránea se mantiene con pocas fluctuaciones a lo largo del estudio, a excepción de octubre que en Júcaro disminuye, contrario al agua intersticial.

La variación del hidroperiodo y los parámetros físicoquímicos se relaciona con los cambios ambientales de las temporadas de secas y lluvias de la región. Durante la temporada de lluvias, las descargas de los ríos y la precipitación hacen que aumente el volumen de agua dulce y se da un mayor intercambio con el agua de mar, lo que resulta en la disminución de los parámetros monitoreados (temperatura, pH, la salinidad y conductividad), aunque con diferentes tendencias entre el agua superficial, subterránea e intersticial.

La salinidad y la conductividad disminuyen en el agua superficial e intersticial, como resultado del aumento de la entrada de agua dulce por los ríos y la precipitación, y a pesar de haber observado los cambios de mareas en el agua superficial los aportes de agua dulce son mayores. El agua subterránea, sin embargo, mantuvo sus niveles durante el periodo de estudio.

La salinidad y el pH registrado en este estudio difieren de los valores reportados por Infante *et al.* (2011) para las selvas inundables de Veracruz. El pH registrado en el Golfo de México fluctúa entre 6.63 y 7.39, siendo mayor que los encontrados en este estudio (intervalo: 5.25 y 5.81). La salinidad del agua en Chiapas es más alta que las encontradas en la mayoría de las selvas de Veracruz que son menores a 0.5 ups, a excepción de la selva de Laguna Chica que tiene influencia del mar y reporta hasta 10.7 ups en el agua subterránea (Infante *et al.*, 2012). La variación temporal y espacial de la salinidad en ambientes estuarinos tropicales se asocia fuertemente a las lluvias de la región (Eyre y Balls, 1999) y a la entrada de agua marina, que en el área de estudio es a través del estero Hueyate, influyendo en el agua superficial, subterránea e intersticial. Aun con las fluctuaciones las medias mensuales de salinidad no rebasan 7.8 y de acuerdo a Contreras–Espinosa y Warner (2004) son humedales oligohalinos o humedales de agua dulce como los de Centla en Tabasco, Papaloapan en Veracruz y algunas áreas de Laguna de Términos en Campeche.

La salinidad y el tiempo de residencia del agua tienen implicaciones importantes en el manejo de los ecosistemas costeros, y son indicadores de la importancia que tienen las fuentes de agua en el sistema y los riesgos a los que se puede enfrentar. Los aportes de agua dulce son importantes para mantener la variabilidad hidrológica y los gradientes espaciales que favorecen su riqueza biológica (Medina y Herrera, 2003; Newton y Mudge, 2005; Herrera-Silveira, 2006). Sin embargo, si las fuentes de agua dulce vienen acompañadas de contaminantes o de un exceso de nutrientes, los procesos que favorecen el buen funcionamiento de los sistemas podrán ser alterados y será necesaria alguna acción de manejo. De ahí la importancia de conocer y monitorear las fluctuaciones temporales que se dan en el área de estudio del hidroperido y de los parámetros ambientales, para poder detectar las alteraciones que posiblemente puedan causar impactos y de esta manera tomar las medidas necesarias para mitigar los daños. Así mismo, es importante conocer la línea base ambiental en el sistema para poder plantear las necesidades, estrategias y monitoreo de los procesos de restauración.

Los resultados obtenidos señalan que la distribución y composición de la selva de *P. aquatica* sigue un patrón relacionado principalmente con la tolerancia de las especies a la salinidad y la inundación (Infante, 2011; Infante *et al.*, 2011). En la selva de Laguna Grande y Laguna Chica en Veracruz, *P. aquatica* es la especie dominante, sin embargo en las áreas cercanas al espejo de agua de las lagunas, aparecen individuos de mangle,

principalmente de *R. mangle* y en menor número de *C. erectus* y *L. racemosa*. Por tanto conforme disminuye la influencia del agua marina a través de las mareas, la especie dominante es *P. aquatica*, que tolera cierta salinidad y le permite desarrollarse con poca competencia. En Chiapas también se produce este gradiente de manglares cerca del mar hacia las selvas inundables en donde se reduce la salinidad. No obstante, tanto la inundación como la salinidad son factores estresantes para las plantas, y podría esperarse que a menor salinidad en el gradiente se desarrollen mejor las especies de mangle, como se ha encontrado en Centla y Laguna de Términos, donde *R. mangle* y *C. erectus* también están en condiciones dulceacuícolas. Sin embargo, en Veracruz y Chiapas estas especies no prosperan en condiciones dulceacuícolas porque entran en competencia con *P. aquatica*, donde la ventaja la lleva esta última (Com. per. López-Rosas, Hugo).

La regeneración de *P. aquatica* se favorece por las características de las semillas y las adaptaciones de las plántulas propias de las especies de árboles que viven en zonas inundables. Sus semillas son recalcitrantes y tienen un contenido de humedad alto que mantiene activo su metabolismo por un tiempo (Keddy y Constable, 1986; Kellogg *et al.*, 2003; Infante, 2004; Infante *et al.*, 2005). Al principio del periodo de inundación las semillas están listas para germinar y se dispersan a través del agua hasta encontrar los sitios adecuados para germinar y establecerse antes del siguiente periodo de secas, por lo que ocupa espacios antes que otras especies (Infante *et al.*, 2005). Durante este proceso de dispersión observamos en el área estudio esta especie forma bancos de semillas que se desplazan con los movimientos de agua y una vez que bajan los niveles se establecen en el suelo y empiezan a germinar y se desarrollan rápidamente durante los primeros meses.

Los factores que determinan el establecimiento de las semillas es un aspecto clave para entender la dinámica poblacional y la regeneración del bosque, además de ser de utilidad para definir estrategias de restauración (Teutli, 2008). Las semillas tienen una tasa de germinación alta (Infante, 2004), y por la forma de dispersión, las plántulas y los individuos jóvenes forman bancos de individuos que pudimos observar en el campo y al momento de estimar su densidad se hizo evidente este agrupamiento por la diferencia del número de individuos en las unidades de muestreo. Entre las localidades de muestreo hay una diferencia en la densidad estimada, tanto para plántulas como para plantas jóvenes. En Jícaro hay más plántulas y en Nixtamal los individuos jóvenes tienen una mayor

densidad, sin embargo en ambas localidades el porcentaje de jóvenes es mayor que el de las plántulas. Esto parece ser el resultado de las diferentes condiciones de luz y humedad propias de cada sitio, ya que éstos son los factores que afectan el desarrollo de las plántulas (Infante, 2004). Sin embargo para confirmar esto son necesarios estudios que determinen la influencia de diferentes intensidades de luz con la velocidad de crecimiento de plántulas y jóvenes.

El establecimiento de las plántulas ha sido reconocido junto con la fase de semillas, como una de las etapas de desarrollo más críticas para muchas especies, ya que durante esta etapa la mortalidad de plantas es alta (Janzen, 1971 y Louda *et al.*, 1990 en Infante 2004). La capacidad que tienen las plántulas para crecer bajo diferentes niveles de luz, humedad, temperatura o herbivoría determinará sus probabilidades de supervivencia durante ese estado. Durante el estudio observamos que la supervivencia de las plántulas fue menor que la de las plantas jóvenes. La mayoría de los individuos que no sobrevivieron se secaron, y algunas de ellas presentaron quiebre por la caída de ramas y otras aparecían comidas en el ápice. Es importante mencionar que un porcentaje de individuos de ambas categorías a pesar de presentar quiebre y depredación en el ápice, sobrevivieron y se recuperaron, aunque no se consideraron para el cálculo del crecimiento en altura ya que al comparar su crecimiento presentaba datos negativos. Finalmente los resultados indican que en ambos sitios se presentan condiciones favorables para el establecimiento de plántulas.

El crecimiento de las plántulas depende de la disponibilidad de nutrientes y del tipo de sedimento (Duarte *et al.*, 1998). En el caso de las plántulas de *P. aquatica*, no solamente las características ambientales las afectan, sino que también están sujetas a las mareas que influyen en los niveles de inundación (Infante, 2004) y la salinidad. La mayor velocidad de crecimiento en altura se registraron en las plántulas durante los primeros meses de estudio, momento en que hay un crecimiento rápido, probablemente por la cantidad de carbohidratos en las semillas (Oliveira, *et al.*, 2000; Infante, 2004); para los jóvenes el crecimiento en altura fue menor pero constante. Esta diferencia puede estar relacionado con la cantidad de luz que le permite a los individuos aumentar su biomasa (Infante, 2004). La velocidad de crecimiento de los individuos jóvenes es lenta, y una de las causas probables es la poca luz (observaciones personales) que tienen al establecerse bajo el dosel de los árboles adultos. De esta manera, un banco de plantas con tasas de crecimiento lento se mantiene bajo el dosel de los árboles adultos,

esperando que se abra un espacio que les permita la entrada de luz para poder crecer (Poorter, 1999; Infante, 2004). Los eventos fenológicos en las plantas pueden ser afectados por varios factores ambientales, entre ellos el agua almacenada por las plantas, las variaciones climáticas, los cambios en la temperatura, el fotoperiodo, la irradiación, los eventos climáticos extremos, entre otros (Lobo *et al.*, 2003).

Los patrones fenológicos de los bosques de galería o ribereños han sido poco documentados y pueden ser influenciados fuertemente por la variación de los niveles de agua, más que otro factor climático (Kinnaird, 1992). En México no existen estudios científicos formales de fenología en las selvas inundables, excepto el de Infante *et al.* (2012), quienes a través de la productividad observan la fenología al registrar las partes que los individuos desprenden.

La fenología fue complicada ya que la observación completa del dosel fue difícil y quedaron fuera de nuestra visión tanto flores como frutos. Por otro lado también hubo individuos que durante el tiempo de estudios no produjeron estas estructuras, lo cual se ha visto en otras especies (Urrego y Del Valle, 2003). A pesar de lo anterior se registró que la aparición de hojas nuevas y senescentes fue constante para un porcentaje de los individuos monitoreados, aunque con diferente escala para cada localidad. Para las regiones tropicales, como la zona de estudio, se señala que la mayoría de los árboles producen nuevas hojas y flores en periodos específicos, más que en forma continua, debido a las variaciones estacionales (Van Schaik, *et al.*, 1993; Seghieri *et al.*, 1995; Urrego y Del Valle, 2001). Sin embargo, como menciona Infante (2004), *P. aquatica* tiene follaje todo el año, y aun cuando la caída de hojas es continua, el mayor número de individuos en esta fase se observa en los meses de noviembre a febrero, al término de la temporada de lluvias, con excepción del mes de mayo en Júcaro cuando el 100% de los individuos tenían hojas senescentes. Aunque habría que precisar con estudios, ya que las condiciones ambientales de Veracruz, son diferentes de la costa de Chiapas.

En relación con floración y fructificación, en el trabajo de campo observamos individuos con flores y frutos de abril a octubre, finales de la temporada de secas y los meses de lluvia, cuando el hidropérito aumenta y la salinidad disminuye en el agua intersticial y superficial en ambas localidades. Los datos obtenidos indican que hay una variación entre los individuos, ya que no todos presentan el mismo patrón fenológico (Anexo 3). Así, aunque la caída y aparición de hojas nuevas es permanente, se presentan diferencias entre individuos y entre las localidades.

La precipitación se presenta como una variable para las fenofases, en ambientes aun saturados de agua, bosques con inundación temporal o permanente, el cambio en la cantidad de agua disponible puede ocasionar respuestas en las plantas (Kinnaird, 1992; Seghieri *et al.*, 1995; Urrego y Del Valle, 2001). La dispersión de las semillas en el caso de *P. aquatica* depende del agua, y en ambas localidades en julio hubo semillas disponibles formando bancos de semillas que aumentaron de tamaño en los siguientes meses. Al disminuir los niveles de inundación empezaron a germinar y formaron bancos de plántulas.

Conclusiones

La caracterización de la estructura y composición de la selvas inundables de *P. aquatica* en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, permitió registrar nueve especies arbóreas pertenecientes a seis familias, de las cuales dos son familias de especies de mangle. La riqueza arbórea es baja para los sitios de estudio.

El estrato dominante es el arbóreo, los estratos arbustivos y herbáceos se desarrollan poco. Los árboles más altos, por arriba de 18 m, son de *R. mangle* y *P. aquatica*, mientras que la mayoría de las especies miden entre 6 y 12 m, y las menores de 2 m son palmas de *S. mexicana*. *P. aquatica* es la especie predominante en las selvas inundables de la Reserva de la Biosfera la Encrucijada, ya que presenta las mayores VIR.

Durante la temporada de lluvia las condiciones favorecen la entrada de agua salada por la boca barra y agua dulce provenientes de las cuencas al área de estudio por lo que los parámetros fisicoquímicos y el hidroperiodo están directamente relacionados con la variabilidad estacional (precipitación) y espacialmente con la zona de influencia (dulceacuícola o marina). Los parámetros fisicoquímicos muestreados reflejan la variabilidad ambiental predominante en la zona de estudio durante las épocas de lluvias y secas en los tipos de agua según su fuente (superficial, subterránea e intersticial), aunque el agua subterránea es la que presenta menos variabilidad con respecto a las otras dos fuentes.

La densidad estimada y la supervivencia de plántulas y plantas jóvenes, indican que existen reservas para los procesos de regeneración natural en el sitio de estudio.

La velocidad de crecimiento en altura en individuos con más de 100 cm es lenta en relación a los de menor altura, como resultado de la utilización de los recursos de la

semilla y de la formación de los bancos de plantulas se mantienen bajo el dosel de árboles adultos esperando que las condiciones de luz sean propicias para poder crecer.

Los aspectos básicos de la fenología de *P. aquatica* aún son confusos y se necesitan estudios a largo plazo que ayuden a entender la variabilidad en las respuestas fenológicas de la especie. Sin embargo, durante el periodo de estudio observamos que los factores climáticos, en especial la precipitación, determinan las condiciones de inundación del sitio, las cuales probablemente se relacionan con los cambios fenológicos.

CAPITULO IV
USOS Y COSTUMBRES DE LOS POBLADORES USUARIOS DE
LOS BOSQUES DE ZAPOTONALES *Pachira aquatica* EN LA
RESERVA DE LA BIOSFERA LA ENCRUCIJADA

Introducción

El conocimiento y la comprensión del contexto natural y social de un sitio puede orientar a sus habitantes a hacer una intervención más acertada en el manejo de los ecosistemas y los recursos naturales, y así favorecer el desarrollo local (Rendis, 2003).

El conocimiento del medio natural permite definir el potencial de los recursos naturales y el aprovechamiento de los espacios, mientras que el conocimiento de las condiciones socioeconómicas, históricas, culturales y políticas permite ubicar los hechos que influyen y/o determinan la forma en que el ser humano se relaciona con su entorno y se apropia de los ecosistemas (Geissert y Rossignol, 1987 en Rendis, 2003).

A lo largo de la historia de la humanidad se ha demostrado que muchas culturas aprendieron a vivir utilizando de manera integral los humedales y obtenían de ellos beneficios económicos. Se basaban fundamentalmente en una economía de subsistencia que implicaba la diversificación de sus actividades productivas como la pesca, explotación de la sal, cacería y agricultura, entre otras. Ejemplo de ello son la cultura egipcia y la sumerio, en los valles del Nilo, Éufrates y Tigris, respectivamente, y en nuestro país los Olmecas en Veracruz y Tabasco, y los Aztecas en el Valle de México por mencionar algunas (Hammerton, 1972, Denevan, 1976, Siemens, 1983, Mitsch y Gosselink, 1993, Boulé, 1994). Por otro lado hay culturas que rápidamente han drenado las zonas húmedas costeras (áreas palustres y estuarinas) por considerarlas insalubres, precarias y que deben ser convertidas en tierras económicamente productivas; esto ha sucedido en gran parte de las culturas de la civilización occidental. Esto ha llevado a que su tasa de desaparición sea muy alta (Mitsch y Gosselink, 2000, Landgrave y Moreno- Casasola, 2012).

Chiapas es uno de los estados con mayor diversidad biológica del país por lo que las interacciones entre las formas de diversidad propician la existencia de una amplia variedad de percepciones, usos y manejo de los recursos naturales. Los pueblos de Chiapas han aprendido a aprovechar los diferentes recursos naturales, con distintos propósitos que incluyen usos alimentarios, medicinales, religiosos, comerciales, ornamentales y recreativos (Álvarez Noguera, 2011).

Los humedales costeros de Chiapas poseen una biodiversidad propia, constituyen el principal recurso del área y son considerados fundamentales para el desarrollo local. En este sentido, la vida de las comunidades que habitan en los humedales se desarrolla bajo

la influencia de los cambios que se dan en ellos, como las fluctuaciones de las mareas, las temporadas de inundación y los cambios en la salinidad por mencionar algunos. En consecuencia, para el uso y manejo de los recursos naturales presentes se requiere del conocimiento de los mismos.

Los conocimientos tradicionales proporcionan a sus usuarios un entendimiento práctico de su ambiente y de los recursos que usan, lo que es de interés para los investigadores. Hasta hace pocas décadas, estas prácticas y tradiciones fueron consideradas de poco interés como fuente de información relacionada con la conservación del ambiente y poco se ha hecho y se hace por incluirlas en las actividades de manejo de los recursos. Sin embargo, es importante empezar a considerarlas para incluir la información junto con el conocimiento científico que se genera de los ecosistemas (Mamun, 2010).

La importancia de estudiar el uso y manejo de los recursos naturales por los habitantes de las comunidades locales, es saber sobre los conocimientos tradicionales y también sobre los más nuevos, para la creación de programas dirigidos a ellos y a los ecosistemas regionales, revelar tecnologías eficientes desde el punto de vista ecológico y social, obtener información sobre procesos ecológicos que pueden ser aprovechados en la utilización, el manejo y la conservación de los recursos naturales, evaluar el impacto de las distintas formas de manejo y reorientarlos, en caso que sea necesario (Toledo y Argueta, 1993; Alcorn, 1993; Maimone *et al.*, 2006).

Una forma de darle mayor valor a los ecosistemas y sus recursos, además del valor utilitario, es generalizar la idea y el conocimiento de la importancia que los ecosistemas costeros para proporcionarnos servicios ambientales importantes como la protección de las zonas costeras y sus habitantes, y la depuración del agua. En este contexto es imprescindible conocer las percepciones de los usuarios en relación a su ambiente, por lo que para interpretar los conocimientos locales es preciso entender aspectos históricos, socioeconómicos y ambientales que los rodean.

Muchas prácticas locales que se basan en conocimientos tradicionales pueden producir diferentes grados de impacto positivo y negativo en el manejo de los recursos naturales. En el área de estudio, los incendios constituyen una de las problemáticas ambientales que se presenta todos los años.

El fuego se considera un disturbio ecológico que genera cambios al modificar el ecosistema, y junto con otros disturbios naturales como el viento y la precipitación,

favorecen el hábitat de muchos animales silvestres (Lloret, 2004, Flores, *et al.*, 2011). En algunos bosques es muy importante porque tiene la función de abrir claros en zonas de árboles viejos y estos claros son ocupados por individuos jóvenes, ayudando a rejuvenecer el bosque; además induce la germinación de semillas de algunas especies, ayuda en los procesos de mineralización de la materia orgánica y participa en diversos ciclos de nutrimentos, por lo que contribuye al mantenimiento de la biodiversidad al cambiar la estructura y composición de la vegetación (Rodríguez, 1996; Kimmins, 2004; Rodríguez, 2008; Pyke *et al.*, 2010; Rodríguez 2011). Desde el punto de vista de la conservación a largo plazo, los incendios son considerados limpiadores del bosque al eliminar el excedente de materia orgánica muerta acumulada, reduciendo el peligro de nuevos incendios (Velázquez, 2004; CONANP/TNC, 2009).

El fuego tienen un papel importante en los procesos naturales de la vegetación adaptada a ellos, ya que determina la composición de especies, la estructura del bosque y la trayectoria de los ecosistemas, los cuales se pueden agrupar de acuerdo a su dependencia a este elemento. Sin embargo las actividades humanas alteran la intensidad y frecuencia, afectando negativamente, incluso aquellos ecosistemas en donde son parte de la dinámica natural de disturbio y se vuelven cada vez más peligrosos en la medida que ocurra un cambio permanente en el uso de suelo y la alteración del régimen hidrológico (Kauffman, 2004; TNC, 2004; Myers, 2004 Nelson *et al.*, 2008; CONANP/TNC, 2009).

Los impactos negativos de los incendios se observan sobre la biodiversidad en ecosistemas susceptibles. Producen afectaciones directas como la asfixia de vertebrados, sobre todo arborícolas, inducen el desplazamiento de la fauna a terrenos ocupados por el hombre incrementando la cacería y facilitando la captura de especies que son introducidas al mercado ilegal. También producen la fragmentación del hábitat, disminuyendo la capacidad de restauración natural, pero sobre todo generando condiciones para el cambio de uso del suelo por la expansión de la frontera agrícola y facilitando el establecimiento de especies invasoras exóticas (TNC, 2001; CONANP/TNC, 2009).

La ecología del fuego relaciona las especies vegetales y animales de un ecosistema con el régimen de incendios que se produce en el área geográfica ocupada por dicho ecosistema y explica algunos de los efectos principales y secundarios de los incendios.

Por ello es importante identificar y caracterizar el régimen del fuego y su relación con los tipos de vegetación (Myers, 2004; Velázquez, 2004; CONANP/TNC, 2009).

Existe poca información sobre el fuego en humedales y su efecto. Hay algunos trabajos como los de bosques de *Taxodium* y *Nyssa*, donde mencionan los impactos de los incendios relacionados con las actividades agrícolas y el drenado de estos sitios en Illinois, Estados Unidos, llegando a la conclusión que el manejo que se le ha dado a estos humedales han cambiado el régimen hidrológico y del fuego, modificando la estructura y composición de la vegetación (Nelson *et al.*, 2008). Dos estudios desarrollados en vegetación hidrófita emergente de humedal en México son el de la Mintzita, Michoacán, elaborado por Escutia-Lara y colaboradores (2009) en el que se documenta el cambio de la composición de la vegetación y se sugiere que los incendios favorecen en general a las especies características del humedal, cuando la frecuencia e intensidad son bajas. Otro estudio es el de Rodríguez (2011) quien hace una evaluación de los efectos de la ganadería y quema sobre la vegetación y el suelo de los humedales herbáceos (popal) del municipio de Alvarado, Veracruz, y concluye que las quemas controladas son de bajo impacto porque es una actividad que se realiza una vez al año y es controlada por lo que la temperatura no llega a ser muy elevada. Coincidiendo con lo encontrado en la Mintzita, en el sentido de que la baja intensidad y frecuencia de los incendios no afectan negativamente.

En el territorio nacional la información es incipiente y no es específica. La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) es el organismo encargado de la prevención, control y combate de incendios a través de diversos programas. Sus reportes no cuentan con información específica de incendios de la vegetación en humedales. La Reserva de la Biosfera La Encrucijada en 1998 empieza a integrar informes de los incendios que se presentan en el área incluyendo datos sobre la cantidad de hectáreas y tipo de vegetación afectadas por los incendios, aunque no hay una evaluación de los daños provocados en cuanto a la composición y estructura (Rodríguez, 2008; Román-Cuesta y Martínez-Vilalta, 2006; CONANP/TNC, 2009).

En relación con el uso del fuego, la legislación nacional establece la normatividad y los criterios generales en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (DOF 25/Feb/03). De manera más específica, la NOM-015 SEMARNAP/SAGARPA-2007 (DOF 16/Ene/2009) regula el uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios y establece

las especificaciones, criterios y procedimientos para ordenar la participación social y de gobierno en la detección y el combate de los incendios forestales (CONANP, 2005).

El registro estadístico de los incendios forestales en el país y la entidad son confusos y contrapuestos. Sin embargo, hay coincidencia en que Chiapas ocupa desde 1995 los primeros lugares nacionales en superficie afectada y en ocurrencia de incendios (SEMARNAT, 2001; CONANP/SEMARNAT/REBISE, 2003; CONANP/SEMARNAT, 2005; CONANP 2005; SEMARNAT/CONAFOR, 2011).

En la REBIEN, por ser un humedal costero, la presencia del fuego pareciera fuera de lugar. Sin embargo, existen tipos de vegetación donde año con año se producen incendios naturales (rayos) o de origen antropogénico (con objeto de realizar cacería de fauna silvestre). De acuerdo con el historial de incendios forestales en la REBIEN, registrado por la CONANP, se han presentado dos tipos de incendios: los superficiales y los subterráneos (CONANP *et al.*, 2006; CONANP, 2009).

Los incendios superficiales se presentan en popales, tulares, selvas bajas caducifolias y palmares de enero a mayo por la disponibilidad del combustible superficial formado por restos de plantas y su inflamabilidad. Los incendios subterráneos se registran en la vegetación de manglar, zapotonal y tular en abril y principios de junio, ya que estas comunidades vegetales tienen grandes acumulaciones de materia orgánica (capas que van desde 50cm hasta 150 cm) en descomposición que van perdiendo humedad y hacen que estos sitios sean susceptibles a incendios de tipo subterráneo (CONANP *et al.*, 2006; CONANP/TNC, 2009).

Hasta hace algunas décadas estos incendios no representaban un peligro para los ecosistemas arbóreos, aunque sí afectaban de manera importante los humedales herbáceos. Se producían en áreas con vegetación pantanosa de tular y popal que mantenían un nivel de agua alto, lo que favorecía un control de manera natural y tenían un bajo impacto en los ecosistemas de manglar y zapotonal (CONANP 2009; Gobierno del Estado de Chiapas 2001; TNC, 2001).

Sin embargo en los últimos años se han prolongado las sequías, ha aumentado la temperatura y las lluvias no se presentan de manera regular, además de la alteración del curso de los ríos en la cuenca media, cambiando el régimen hidrológico de la parte baja. (Hannah *et al.*, 2002; Lloret, 2004; Nelson *et al.*, 2008; Salinas, 2009; TNC, 2010, Bardsley *et al.*, 2010; Pyke *et al.*, 2010). Estas condiciones se han observado a partir de 1998 y se

han producido un mayor número de incendios dentro de la reserva, abarcando superficies más grandes y presentando mayor duración.

Cada ecosistema ha desarrollado su propia dinámica en relación con los incendios, resultando lo que se conoce como régimen del fuego, que se caracteriza por la frecuencia, la intensidad, la duración, la magnitud y la temporada en la cual ocurre. Sin embargo, este régimen natural ha sido alterado, poniendo en peligro a los ecosistemas y las comunidades humanas. En la reserva se presentan dos tipos de régimen según la vegetación: están los ecosistemas dependientes del fuego y los influenciados por el fuego, aunque ambos están siendo modificados por factores antropogénicos (CONANP *et al.*, 2006; Rodríguez, 2008; CONANP/TNC, 2009).

En el caso de los zapotonales, se considera dentro del régimen influenciado por el fuego y se estima que de manera natural la frecuencia de los incendios en estos ecosistemas debería ser de periodos de más de 200 años (CONANP/TNC, 2009). Sin embargo, en la última década se han presentado varios incendios subterráneos por año principalmente entre los meses de abril a junio.

En la REBIEN se desconoce la presencia de incendios para este tipo de vegetación antes del 1998, dado que no existía un registro de los incendios para este tipo de vegetación.

Objetivos

- Rescatar información sobre los usos y costumbres que las comunidades locales tienen con respecto a los bosques de *Pachira aquatica*.
- Describir los daños, en cuanto a superficie afectada y frecuencia, provocados por los incendios en los bosques de *Pachira aquatica*.

Métodos

Las comunidades que se eligieron para trabajar fueron Brisas del Hueyate y Aztlán del municipio de Huixtla, dos ejidos con su núcleo urbano y terrenos de trabajo cercanos al área de estudio.

Se realizó una revisión de la información relacionada con los ejidos de Brisas de Hueyate y Aztlán, en el acervo bibliográfico de la REBIEN para contar con el contexto socioeconómico y ambiental.

Para obtener información de los habitantes se usaron diferentes técnicas y herramientas de la investigación cualitativa, ya que la validez, significado e ideas de este tipo de

investigación tienen más relación con la riqueza de la información y análisis del investigador que con el tamaño de muestra. El objetivo no es definir la distribución de una variable, sino establecer relaciones y los significados de un tema (Tarrés, 2008).

Se aplicaron tres técnicas: la primera son los grupos de discusión en talleres y reuniones, la segunda la aplicación de entrevistas semiestructuradas a miembros de la población y la tercera obtener la información mediante la observación participante (Sánchez, 2008)

Las actividades con los grupos de discusión se desarrollaron en talleres y reuniones organizadas por el personal de la REBIEN. La intervención durante estas actividades fue al inicio o al final, durante un espacio de aproximadamente de una hora y media donde se presentó el proyecto y el objetivo al inicio de cada reunión. Ello permitió contextualizar y solicitar su apoyo para obtener la información. La técnica de grupos de discusión (Margel, 2008) recomienda un máximo de 10 participantes, sin embargo, se tuvo que trabajar con grupos más grandes que están integrados para trabajar en los proyectos administrados por la REBIEN.

La dinámica de la actividad se dio en el siguiente orden: una presentación del proyecto, los objetivos y las actividades de monitoreo que se estaba desarrollando en los bosques de zapotonales. Al final de la presentación se les dio un espacio para saber si tenían alguna duda o pregunta y su mayor interés fue saber si les conseguiría algún apoyo a través de proyectos, así que fue muy importante dejar claro que no era el objetivo de mi investigación y que si alguien no le interesaba participar podía retirarse del lugar. En todas las sesiones se pidió su consentimiento para grabar la sesión de trabajo y la discusión giró entorno a los tres temas guía: la utilidad de los bosques de zapotonales, las características del zapotón, (*Pachira aquatica*) y un tercer tema sobre su opinión acerca del área natural en la que se encuentra su comunidad (Anexo 4). Durante la sesiones para escribir la información me apoyé con rotafolios y notas. Al final para el análisis, se tuvieron tres sesiones grabadas, la información de los rotafolios y las notas.

Se llevaron a cabo cuatro discusiones grupales, dos en cada ejido (Cuadro 10). Las dos primeras fueron en Brisas de Hueyate con un grupo de 15 mujeres de diferentes edades, la mayoría madres jóvenes y señoras de la tercera edad. La sesión duró aproximadamente 45 minutos. En el siguiente grupo participaron 10 hombres y tuvo una duración de 90 minutos.

En Aztlán los grupos fueron más numerosos. El primer grupo de discusión en este ejido fue de 40 hombres y la sesión duró aproximadamente 90 minutos. En la última discusión participaron 18 personas (15 hombres y 3 mujeres), y el tiempo de la actividad fue de 90 minutos aproximadamente.

Cuadro 10. Número de participantes en grupos de discusión y entrevistas en las comunidades de Brisas del Hueyate y Aztlán

Actividad/Ejido	Brisas del Hueyate		Aztlán	
	Sep 2010	Oct 2010	Nov 2010	Oct 2011
Grupos de discusión	15 mujeres	10 hombres	40 hombres	15 hombres 3 mujeres
Entrevistas	4 hombres 2 mujeres		2 hombres	

Las entrevistas semiestructuradas, se basaron en los mismos temas que las discusiones grupales (Anexo 4). Se ejerció un control mínimo sobre las respuestas del informante, ya que la idea es que las personas se expresaran abiertamente en sus propios términos. Para definir la muestra para la aplicación de las entrevistas se usó un muestreo teórico de tipo intencional donde no existe un tamaño de muestra definido y está abierta la posibilidad de añadir más entrevistados de acuerdo con los requerimientos de información, hasta que los informantes no aporten datos nuevos (Sánchez, 2008; Vela, 2008). Las primeras personas que se eligieron para entrevistar fueron las autoridades comunitarias y algunos de los habitantes fundadores de las mismas. El resto fue por recomendaciones de los primeros entrevistados, es decir, siguiendo el método de bola de nieve en el cual el entrevistado recomienda otra persona para ser entrevistada (González-Marín *et al.*, 2012).

En total se hicieron ocho entrevistas (Cuadro 11), seis en la comunidad de Brisas de Hueyate (2 mujeres y 4 hombres) y en Aztlán fueron dos hombres. Las personas entrevistadas nacieron en las comunidades de estudio. Sólo el comisariado de Brisas dijo ser originario de la comunidad de San José Hueyate, una comunidad vecina, y tiene radicando más de 20 años en Brisas de Hueyate.

El lugar de las entrevistas fue la casa del informante, solo hubo una excepción de una mujer de Aztlán que fue entrevistada en el embarcadero de San José. La duración de

cada entrevista fue entre 90–120 minutos, dos fueron grabadas y el resto de las personas prefirió no ser grabadas.

Con respecto al objetivo relacionado con los incendios, la información se recabó de los informes de la CONANP-REBIEN (CONANP, 2005; CONANP, 2006) y reportes de las bases de datos anuales de los incendios que se han presentado de 1998 a 2011 en la reserva. En ellos se reporta el número de incendios por año, los sitios de los incendios, las hectáreas afectadas y el tipo de vegetación dañada.

Análisis de la información.

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos de las discusiones grupales, entrevistas y observación participante, se escucharon las grabaciones, que en total fueron cinco (tres discusiones grupales y dos entrevistas) y se extrajo la información que corresponde a los aspectos de interés. De igual manera las notas de campo se transcribieron, se simplificaron y organizaron con base en los objetivos y preguntas de investigación. La información obtenida a partir de las discusiones, entrevistas y observación participante, fue verificada, enriquecida y complementada, como lo plantea la triangulación (Vela, 2008 y Sánchez, 2008) a partir de la cual los datos obtenidos son verificados mediante el empleo de diferentes métodos o técnicas para la recopilación de datos. La información obtenida en cada taller se ordenó siguiendo las preguntas guía para los tres temas. En el caso de los talleres grabados una vez que se obtuvieron los datos de interés se completaron con la información de las notas y las observaciones de campo. Para los talleres donde no hubo grabación las notas y observaciones se ordenaron de la misma manera. La información de cada taller y entrevista compararon para integrar la información, que junto con las observaciones de campo se presentan en los resultados.

Resultados

Características socioeconómicas principales de Brisas del Hueyate y Aztlán.

Se consultó el diagnóstico participativo socioeconómico y ambiental de Aztlán (CONANP *et al.*, 2007), los informes de los proyectos productivos de maíz criollo (CONANP *et al.*, 2010, 2011) y las actividades de reforestación administradas por la REBIEN (CONANP *et al.*, 2009, 2010, 2011). Con la información obtenida se corroboró y actualizaron los datos para caracterizar desde el punto de vista socioeconómico a las comunidades. Esta caracterización se complementó con las observaciones personales.

En la primera parte de los resultados se presenta la información básica de los ejidos, las características más sobresalientes, así como sus actividades productivas. Como marco de

referencia se incluye información sobre su ubicación y los principales datos socioeconómicos. No se mencionan las características ambientales ya que corresponden a la descripción del área de estudio. También se incluye información sobre los diferentes actores sociales: instituciones gubernamentales y no gubernamentales, academia y otros centros de investigación que han realizado alguna actividad en las comunidades de estudio.

En la segunda parte se presentan los resultados de las entrevistas y talleres grupales. La información es agrupada con base a las respuestas al cuestionario guía (Anexo 4) y se ordenaron acorde a los temas: Utilidad de los bosques de zapotales, características del zapotón (*Pachira aquatica*) y relación con el área natural protegida.

Las comunidades en que se trabajó pertenecen al municipio de Huixtla. La comunidad de Aztlán está ubicada en las cercanías de las coordenadas 15° 00' 33'' Latitud N y 092° 42' 25' Longitud O y Brisas del Hueyate en 15° 01' 23'' Latitud N y 092° 52' 13'' Longitud O (Figura 20). Ambas comunidades fueron fundadas en las décadas de los sesentas y setentas por campesinos que llegaron de otras ciudades del estado como Tapachula, Huehuetán, de la misma cabecera municipal y de otros estados como Guerrero, que buscaban tierras para cultivar. Aztlán se consolidó primero como ejido, al recibir la dotación de tierras en julio de 1970 con 651 ha para 34 ejidatarios, y Brisas del Hueyate en octubre de 1991 recibió 547.5563 ha para 40 ejidatarios.

Actualmente son comunidades con una población de 286 habitantes para Aztlán, de los cuales 145 son hombres y 141 mujeres; en Brisas de Hueyate viven 177 habitantes, 93 hombres y 84 mujeres. Los datos fueron proporcionados por el sector salud de la zona. Los centros de población de ambas comunidades están cercanas, aproximadamente a 1.5 km de distancia y ambas se localizan en las márgenes del estero Hueyate.

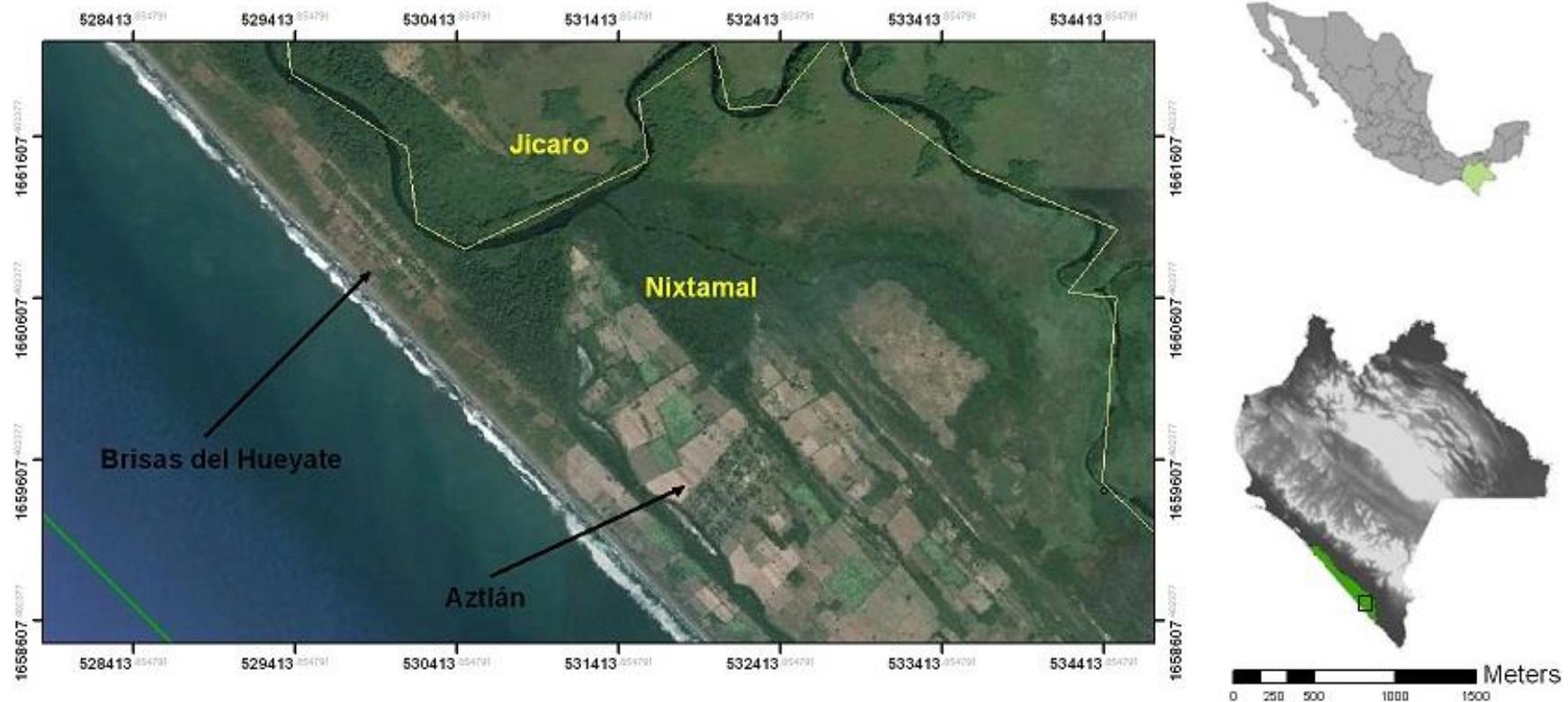


Figura 19. Ubicación de las comunidades Brisas del Hueyate y Aztlán. www.google/earth.com.

El camino para acceder a las comunidades es de terracería y llega de la comunidad Barra San José y comunica a la cabecera municipal de Mazatán. Las condiciones del camino son malas y empeoran cada año en época de lluvias, volviéndose incluso inaccesible. Otra vía de acceso es acuática a través del embarcadero las Garzas, municipio de Acapetahua. Esta ruta es poco utilizada por el gasto de combustible del motor fuera de borda. Se abrió otra ruta acuática para salir al municipio de Huixtla, pero solo funciona en la temporada de lluvias. Para transportarse por vía terrestre existen dos camionetas acondicionadas para el transporte público, que tienen de dos a cuatro horarios de salida dependiendo de las condiciones del camino. El viaje es de aproximadamente tres horas, saliendo de la cabecera municipal de Mazatán.

Ambas comunidades tienen luz eléctrica, sin embargo durante la temporada de lluvias se presentan fallas en el suministro de energía por semanas, debido a la falta de mantenimiento o porque se queman los transformadores con las tormentas eléctricas. En cuanto al suministro de agua, sólo se cuenta con pozos artesianos que en su mayoría tienen bombas eléctricas para la extracción del líquido. No se cuenta con un sistema de drenaje. Las casas que cuentan con baños utilizan fosas sépticas y aún se sigue presentando defecación al aire libre.

Pocas viviendas cuentan con piso de cemento, aunque es costumbre mantener un área libre de cemento, comúnmente la cocina. Los techos en su mayoría son de palma, pocas son de láminas o concreto. El principal limitante para la construcción de casas de material es el factor económico, ya que la construcción resulta cara debido al transporte de los materiales. En Aztlán se puede observar un mayor número de casas construidas de material.

En cuanto a salud, solo la comunidad de Aztlán cuenta con una casa de salud a la que una vez por semana llega la enfermera y en el caso de Brisas de Hueyate, aunque no cuenta con este espacio, la enfermera llega y utiliza la casa ejidal para consultas. La mayoría de la gente se automedica sin un diagnóstico confiable y en casos graves salen hasta Mazatán al centro de salud o a Tapachula al hospital general o a consulta con el médico particular. Aquellos que cuentan con apoyo de Oportunidades tienen acceso al seguro popular, pero solo en casos graves son canalizados al hospital. Los medicamentos se compran sin receta médica y los adquieren en la comunidad de Barra San José, a una hora aproximadamente de las comunidades y en caso de medicamentos especiales en Mazatán o Tapachula.

En el área de educación ambas comunidades tienen escuelas de nivel preescolar y primaria con sistema multigrado. Aztlán cuenta con telesecundaria a donde acuden los jóvenes de las comunidades vecinas. En Aztlán reportan en el diagnóstico socioeconómico que el 43% de la población adulta era analfabeta.

En relación a las actividades productivas, la pesca fue por muchos años la principal. En Aztlán existe una Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera de Bienes y Servicios, llamada la Huatosa, constituida legalmente en 1982, aunque realizaba actividades desde 1977. Actualmente pocos son los que se dedican solo a la pesca porque los volúmenes de captura han disminuido drásticamente. En Brisas de Hueyate no hay una cooperativa y la mayoría de los pescadores están integrados a la cooperativa la Huatosa. La pesca diaria es con fines de autoconsumo. Las especies, que se capturan, en orden de importancia son: camarón, pargo, tacazonte, lisetas, mojarra, lisa, bagre, pejelagarto, mojarras nativas y zambucos. Los últimos cuatro son básicamente para autoconsumo.

La agricultura se está convirtiendo en la principal actividad al disminuir la pesca, por lo que cultivan especies que son apoyadas por programas gubernamentales, como el marañón (*Anacardium occidentale*), fruto del que se obtiene la nuez de la india y que en los últimos años su valor ha aumentado y es “bien” pagado según los productores. Durante la cosecha genera empleos para recoger las semillas. Otros productos son el ajonjolí, el coco y para autoconsumo el maíz. Para este último reciben apoyo de la CONANP, ya que es maíz criollo.

La ganadería es la actividad en la que menos productores participan por los costos de inversión que implica la compra de ganado. Para el desarrollo de esta actividad se han sembrado pastos no nativos de la región como el zacate colcho (*Melinis minutiflora*), zacate estrella (*Cynodon plectostachyus*), zacate trasvala o pangola (*Digitaria decumbens* var. *trasvala*), zacate borrego (*Cynodon dactylon*), zacate brizanta (*Brachiaria decumbens* var. *basillsk*) y los rendimientos no son los esperados.

Los cultivos de traspatio comunes son: naranja (*Citrus sinencis*), limón (*Citrus* sp.), plátano (*Musa* sp.), mango (*Mangifera indica*), coco (*Cocos nucifera*), tamarindo (*Tamarindus indica*), carambola (*Averrhoa carambola*), almendra (*Terminalia catappa*), capulín (*Muntingia calabura*), nance (*Byrsonima crassifolia*), jobo (*Spondias mombin*). Con lo que respecta a los animales, los cerdos, gallinas, patos, gansos, guajolotes y borregos son los más frecuentes. Estas actividades en la mayoría de los casos están a cargo de las

mujeres y los productos obtenidos son para autoconsumo y venta dentro de las mismas comunidades.

La organización social en ambas comunidades consta de un juez y un comité de vigilancia que representan al municipio. Los ejidatarios cuentan con un comisario, un secretario y un tesorero. Existen comités de padres de familias en las escuelas y para los diferentes apoyos que se les otorga como Oportunidades y el grupo de la tercera edad. Las religiones presentes son adventistas, pentecostés, católica y testigo de Jehová.

En Aztlán existen grupos constituidos legalmente como son la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera de Bienes y Servicios La Huatosa S. C. S. de C. V., el grupo de los productores de marañón llamado Isla de Aztlán, A.C. y el grupo de Ganaderos de Aztlán, A.C. La comunidad de Brisas de Hueyate no tienen grupos legalmente constituidos. Actualmente se están organizando buscar apoyos para promover actividades ecoturísticas. Por otro lado, en ambas comunidades se forman grupos de manera temporal para recibir apoyos de los Programas de Empleos Temporales (PETs) u otros programas en especial para las actividades productivas.

Las instituciones que han tenido participación en estas comunidades son la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-Reserva de la Biosfera La Encrucijada (CONANP-REBIEN), la Secretaría de Pesca (SEPECSA), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Comisión Federal de Electricidad (CFE), Secretaría Desarrollo Social (SEDESOL), la Secretaría de Educación Pública (SEP) Coordinación General del Plan Nacional Zonas Deprimidas y Grupos Marginados (COPLAMAR) a través de Diconsa y el Ayuntamiento Municipal de Huixtla. También se mencionan instituciones que impulsan proyectos turísticos, aunque desconocen si son instancias estatales o federales. En Brisas de Hueyate años atrás los apoyaron para construir un centro de atención a visitantes pero no funcionó porque no llegan visitantes.

La mayoría de los terrenos ejidales, están ubicados en áreas de humedales dentro de la zona núcleo "Encrucijada" de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, por lo que se considera importante conocer la forma en que son aprovechados los recursos y los daños ambientales que pueden ocasionar.

Para la captura de fauna silvestre es común durante la temporada de secas provocar incendios en los tulares y popales para obligar a salir de sus refugios a especies como tortugas e iguanas.

En la agricultura y ganadería existe un uso inadecuado de agroquímicos y la introducción de especies no nativas para su cultivo. Tal es el caso del cultivo del marañón (*Anacardium occidentale*) y los pastos para la alimentación del ganado.

La madera del manglar es aprovechado para la construcción de casas y el suministro de leña. En este sentido los bosques de *P. aquatica* son poco aprovechados ya que la madera no se considera aceptable para la construcción, aunque hay algunos que mencionan que dura mucho.

Grupos de discusión y entrevistas

A continuación se presentan los resultados del trabajo con los grupos de discusión, las entrevistas y las observaciones en campo. Los puntos de vista fueron expresados por uno o varios de los participantes en las reuniones en grupo o entrevistas. Se desarrollan los temas centrales y las preguntas que se utilizaron durante el estudio.

Tema: Utilidad de los bosques de zapotonales

Pregunta uno: ¿Conocen los bosques de zapotonales o zapotón (nombres por el que se conoce en la región a *P. aquatica*)?

Los habitantes de ambas comunidades los conocen y saben donde se localizan. En Brisas del Hueyate del grupo de 15 mujeres al menos 10 no los han visitado. La especie o “palo” (refiriéndose al árbol) es identificado fácilmente porque hay individuos cercanos a la comunidad. Todos los hombres conocen el bosque y también lo llaman zapotonas.

Pregunta dos: ¿Tienen alguna utilidad los bosques de zapotonales para su comunidad?

La respuesta de la mayoría fue no de manera directa, porque la madera no era útil para construir. Sin embargo, recordaron que años atrás (no pudieron precisar cuantos) utilizaban la madera para cercar los patios, construir los “barejes” (una especie de tapanco donde guardan el maíz) y algunas veces para construir casas Como suministro de leña, muy ocasionalmente es usado. Las mujeres recordaron que la base del árbol (los contrafuertes) se utilizaban como lavadero en el estero. En las entrevistas, las autoridades de ambas localidades mencionaron desde el inicio que los bosques son útiles por el aire limpian y como refugio de los animales. Para construir sus casas prefieren el mangle rojo (*R. mangle*) y blanco (*L. racemosa*) porque es madera, más resistente y durable.

No es utilizado como medicina, aunque han escuchado que puede curar “los riñones”, pero desconocen que parte de la planta se usa y la manera de usarlo. Como alimento se come la fruta cuando está tiernita porque es dulce, sin embargo pocos la han probado.

Los bosques son señalados como sitios de caza de “casquitos” (tortugas dulceacuícolas) y hace años iguanas reales (iguana verde). Sin embargo ya no son frecuentados porque es difícil localizar a los “animalitos”.

Pocos participantes mencionaron los beneficios de protección contra las fuertes lluvias y como áreas de reproducción de fauna

Pregunta tres: ¿Hay algún beneficio personal que les brinden?

La primera respuesta fue que no les beneficia, solo para los que cazan tendría un beneficio, esta opinión fue del grupo de mujeres en Brisas del Hueyate y de 6 personas del segundo taller en Aztlán. El resto de los participantes en los talleres opinaron lo contrario, que sí les beneficia porque los protegen de la lluvias y que “pues ahí está el alimento de lo que pescan” (haciendo referencia al camarón) y mencionaron que por estas razones es importante mantener los bosques.

Pregunta cuatro: ¿Qué plantas y animales viven en los bosques de zapotonales?

Las plantas mencionadas fueron: mangle rojo (*R. mangle*), en algunos lugares búcaro (*Crinum erubescens.*), guapinolillo (*C. oaxacana*), escobo (*Z. conzattii*), carnero (*Coccoloba* spp.). En los bosques cercanos al Encuentro (sitio donde desembocan el río Huixtla y Mazateco) hay tamarindillo, papaturro, vara blanca (*L. racemosa*), botoncillo (*C. erectus*), bejuco de agua, bejuco de ajo y liguilla. Estas plantas no tienen un uso, excepto el mangle rojo (*R. mangle*) y la vara blanca (*L. racemosa*), que cuando los necesitan los buscan en sitios donde son abundantes.

En cuanto a la fauna, han visto mapaches (*Procyon lotor*), pizotes o andasolos (*Nasua nasua*), hace años al tigre (*Panthera onca*), el cochi de monte (*Tayassu pecari*), venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*), perrito de agua (*Lontra longicaudis*), tepezcuintle (*Agouti paca*), casquitos (*Kinosternum scorpioides*), iguana (*Iguana iguana*) y aves como garza blanca (*Egretta thula*), garza tigre (*Tigrisoma mexicanum*), garza verde (*Butorides striatus*), águila canela (*Busarellus nigricollis*), águila pescadora (*Pandion haliaetus*), chupahuevo (*Campylorhynchus chiapensis*), martín pescador grande (*Ceryle* sp.), martín pescador chico (*Chloroceryle aenea*), martín pescador mediano (*Chloroceryle americana*), chachalacas (*Ortalis* sp.), urracas (*Calositta formosa*), calandrias (*Icterus* sp.), zanates

(*Quiscalus mexicanus*), entre otros. Las mujeres señalaron que seguramente hay muchas culebras, como el cantil (*Agkistrodon bilineatus*). El grupo de mujeres mencionó menos plantas y animales.

De los animales mencionados los casquitos e iguanas son cazados para autoconsumo o comercialización. La forma de captura dentro del bosque es quedarse quieto, observar el suelo y buscar la concha (caparazón de la tortuga) y una vez localizados los capturan con la mano. Las iguanas se tiran (dejan caer) de los árboles y son capturadas con mallas o a “pelo” (con las manos). Anteriormente también el cochi de monte se cazaba con arma (rifle), pero en los últimos años no se han visto.

Pregunta cinco: ¿Han escuchado de los servicios ambientales o beneficios que proporciona el ecosistema?

Ningún grupo o entrevistado supo que eran los servicios ambientales, así que fue necesario explicarles que nos estábamos refiriendo, entonces algunos dijeron que habían escuchado que pueden recibir dinero por los servicios ambientales. Así que en esta pregunta más que buscar una respuesta se les explicó qué son los servicios ambientales y cómo funciona el pago por servicios ambientales.

Al término de la explicación les pedí que identificaran los servicios que les proporcionan los bosques de zapotonales. Mencionaron la protección contra las lluvias fuertes y las inundaciones, la producción de alimento para los peces, los animales que capturan para alimentarse, madera para las casas y al final mencionaron que si los bosques no existieran, haría más calor.

Tema: Características del zapotón (*Pachira aquatica*)

Pregunta uno: ¿Saben en qué meses se ven flores y frutos de los zapotonales?

Antes de formular esta pregunta les pedí describieran los árboles de zapotón (*P. aquatica*), sus flores, frutos y semillas. Todos identificaron bien a la especie y en el área no hay otra especie con la que se pueda confundir. Dijeron que todo el año ven flores, frutos y semillas del zapotón. En el cuadro se muestran los meses que señalan con la mayor abundancia las flores, frutos, hojas cayendo, semillas y plántulas. Para integrar el cuadro se contó con el apoyo de los guardaparques de la REBIEN (Cuadro 11).

Cuadro 11. Meses que marcan la mayor abundancia de las diferentes partes y estadios de *P. aquatica*.

Meses	Flor	Fruto	Caída de hojas	Semillas	Plántulas
Enero					■
Febrero					■
Marzo					
Abril					
Mayo			■		
Junio	■		■		
Julio	■				
Agosto	■				
Septiembre	■			■	
Octubre	■			■	
Noviembre				■	
Diciembre					■

Pregunta dos: ¿Hace 10 años cómo era el bosque?

La respuesta fue que era diferente. Consideraron que había más bosque en algunas partes que se perdieron por los “fuegos” (incendios) que se presentaban y duraban días. Los incendios eran frecuentes antes de la semana santa, porque la gente “pegaba” (prendían) fuego en las pampas (tulares y popales) que están alrededor del zapotón para sacar casquitos, iguanas, cocodrilos y cualquier otro animalito, y venderlos a los visitantes. Mencionan que eso fue antes de que la REBIEN formara brigadas para controlar y combatir los incendios.

Recuerdan un incendio grande en 1986, se perdió mucho bosque y no hubo quien lo combatiera y controlara. Desde entonces a la fecha se han presentado otros incendios pero no tan grandes y en los últimos años cuando se reporta un incendio la reserva con su gente llega a combatirlo. Señalaron que una vez que se quema el bosque, en la mayoría de los casos tarda en recuperarse, pero que también hay partes donde no había bosque y ahora hay.

También mencionaron los diferentes bosques que reconocen en la zona. Indicaron que hay sitios donde son más altos y gruesos, que los que están cerca de las comunidades son de tronco más delgado (donde está el área de estudio) y hay bosques de zapotonales más extensos donde los árboles son más gruesos.

Otro elemento de cambio en los bosques son los bejucos. Han observado que hay más cantidad y el peso llega a tirar los árboles, en especial la liguilla que antes no se veía tanto como ahora.

Dentro de esta pregunta les mencioné si habían observado afectaciones al bosque durante las lluvias intensas. Dijeron que no, el agua subía y no le pasaba nada, pero los fuertes vientos conocidos como trombas se presentaban en cualquier momento del año y sí derribaban los árboles.

También se les pidió dibujaran un mapa señalando los lugares que conocen con bosques de zapotonales. Los grupos que elaboraron mapas fueron de la comunidad de Aztlán (Figura 21). En los grupos de Brisas del Hueyate no fue posible esta actividad, en el caso del grupo de mujeres no quisieron dibujar argumentando que no les quedaría bien. El grupo de hombres pidieron que les dejara el material (rotafolios y marcadores) para hacerlo en otro momento, sin embargo no lo entregaron más adelante.

Tema: Relación con el área natural protegida

Para este apartado hay que recordar que los participantes en los talleres, en su mayoría, forman parte de los grupos de trabajo de proyectos productivos promovidos por la REBIEN, y sus opiniones pueden estar influenciadas por este hecho. Esto se detectó al analizar la opinión de las mujeres y entrevistados que no forman parte de proyectos productivos. Existe una diferencia en la manera que perciben a la reserva y las actividades que ésta realiza (asesorías, capacitación, acciones de educación ambiental, entre otras).

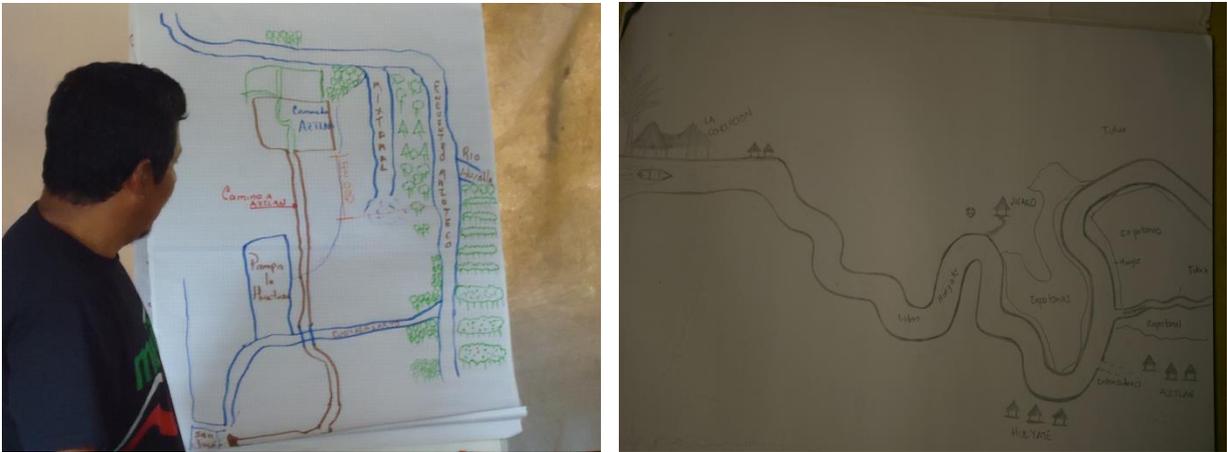


Figura 20. Dibujos de mapas de ubicación de áreas con bosque de *P. aquatica*.

Primera pregunta: ¿Sabían que su comunidad pertenece a una reserva o Área Natural Protegida?

El grupo de las mujeres de Brisas del Hueyate la mayoría dijeron que no sabían si su comunidad está dentro de la REBIEN. Las que dijeron que sí, no tienen claro que es un área natural protegida, porque dijeron que la reserva fue hace años, haciendo referencia a 1995 cuando se decretó el área como Reserva de Biosfera y llegó el entonces presidente de México, Ernesto Zedillo, a la comunidad para el evento. Así que se les explicó qué era un área natural protegida y cuál es la Reserva de Biosfera en la que está su comunidad. Los miembros de los otros tres grupos saben que su comunidad pertenece a una reserva. Cabe recordar que estos grupos trabajan en proyectos administrados y gestionados por la REBIEN. En el caso de las entrevistas una de las mujeres no supo y se le explicó también que son y a cuál pertenece su comunidad.

Pregunta dos: ¿Conocen cuál es la función de la reserva?

Las respuestas fueron, para cuidar que no se acabaran los bosques de mangle, que no hubiera gente cazando animalitos y se conservara la biosfera (es una de las formas de llamar al área natural protegida). El grupo de mujeres mencionó las prohibiciones de la reserva para capturar animales, no poder cortar mangle para construir sus casas y platicaron el caso de una persona de la comunidad vecina, La Ceiba, que fue llevada a la cárcel por cazar un venado y tuvo que pagar una multa. En este caso al grupo se le aclaró la manera en que trabaja la reserva, explicando que una de las funciones de la institución es denunciar los delitos ambientales o sea todos aquellos estén relacionados con dañar el ambiente como la caza de fauna silvestre, el corte de mangle, provocar incendios, entre

otros delitos, ya que son recursos que se están terminando, que ellos todavía tienen pero en otros lugares no existen. Se explicó que es necesario que los cuiden junto con la REBIEN para que no les hagan falta. También se les aclaró que la institución encargada de los delitos ambientales es la PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente) y no la reserva.

Tercera pregunta: ¿Conocen qué tipo de proyectos apoya la reserva?

El grupo de mujeres sabe que hay un grupo de hombres con apoyos económicos para sembrar arbolitos de zapotón, y desconocen que otros proyectos pueden otorgar la reserva. Los grupos de la comunidad de Aztlán mencionaron que ellos están trabajando con la REBIEN en proyectos para la siembra de maíz criollo. La institución los ha capacitado para la elaboración de abonos orgánicos que no contaminan, el manejo de ganado y querían saber qué otros proyectos pueden ser financiados por la reserva. El grupo de hombres de Brisas de Hueyate también tiene apoyo para la siembra de maíz criollo y están sembrando “zapotonés”, pero que habían visto que la mayoría de los arbolitos sembrados no sobrevivían. Este grupo tiene interés en solicitar apoyo a la reserva para formar un grupo de ecoturismo.

Cuarta pregunta: ¿Las actividades que realiza la reserva, como vigilancia, pláticas a los niños en las escuelas o visitas a sus terrenos, les ha perjudicado?

El grupo de mujeres contestó que sí, porque no podían vender animalitos y tenían problemas por vender madera de mangle. Les preocupaba que alguien fuera denunciado por matar a los cocodrilos grandes que nadan cerca de la comunidad y son un peligro para los niños que andan cerca de la orilla del estero, además de no poder desmontar terrenos para sembrar porque la reserva se los prohíbe. El resto de los grupos mencionaron que la reserva les prohibió cazar, quemar para sembrar sus terrenos, cortar madera a menos que sea para uso doméstico. Sin embargo ahora los están apoyando a través de proyectos.

Incendios

Se revisó la información generada en relación a los incendios en la REBIEN. Se tuvo acceso a notas informativas de los incendios más relevantes por el área de afectación y a la base de datos e informes de los incendios.

Se encontraron y revisaron dos notas informativas. La primera un incendio en el municipio de Villa Comaltitlán, en el paraje Jícaro en mayo del 2004. Se refiere a un incendio que afectó 3,317 ha en total, 300 de las cuales fueron de zapotón. La segunda nota es de un incendio entre los municipios de Huixtla y Mazatán en los parajes de La Ceiba y Mazateco, en abril de 2006 con una afectación de 3,142 ha con daños a vegetación de zapotón (no se precisaron cuantas hectáreas) y se describen los daños causados a la fauna silvestre, en particular a vertebrados como los mamíferos y las aves, que se observó desplazándose en busca de refugios, se registraron huellas de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), jaguar (*Panthera onca*) y mapache (*Procyon lotor*). También se observaron animales muertos por asfixia y quemaduras, como el puercoespín (*Coendou mexicanus*). Se reportaron aves desorientadas, con pérdida de equilibrio e incapacidad para volar. La herpetofauna fue la más afectada ya que se encontraron cuerpos calcinados de tortugas, cocodrilos y ranas.

En las notas informativas se reportan las instituciones que colaboraron para el control y combate de los incendios: Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas (CONANP), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Centro Estatal de Incendios Forestales del Chiapas (CECIF), Secretaría de Desarrollo Rural (SDR), Secretaría de Marina (SEMAR), Protección Civil y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), brigadas comunitarias de Ceniceros en el municipio de Pijijiapan, San Fernando de Huixtla y Salvación en Villa Comaltitlán.

Se revisó la base de datos de 1998–2011. La información contenida es la ubicación, la frecuencia, el tipo de vegetación afectada y la causa de los incendios. No hay datos completos de 2007 y 2008, solo aparece el total de hectáreas quemadas (Cuadro 12). En total de los 14 años registrados, en ocho se presentaron incendios en los bosques de *P. aquatica*., En el año de 1998 se registró el mayor número de hectáreas quemadas. Los incendios en los bosques de *P. aquatica* se producen en los meses de abril a junio y la causa principal es por la cacería de fauna silvestre.

Cuadro 12. Hectáreas afectadas por incendios entre 1998 – 2011 en la REBIEN. SD: Sin Datos.

Año	No. de incendios en los bosques de <i>P. aquatica</i>	Incendios totales	Hectáreas afectadas los bosques de <i>P. aquatica</i>	Total de hectáreas afectadas
1998	1	10	749	5188.5
1999	1	8	1	143
2000	1	19	1	566
2001	0	19	0	633
2002	3	16	108	2040
2003	1	26	4	6104.5
2004	1	28	300	3317
2005	0	18	0	1643.6
2006	2	7	69	3142.55
2007	SD	SD	SD	1102
2008	SD	SD	SD	789
2009	3	20	36	4620.03
2010	0	3	0	155
2011	0	19	0	2409.5

En el mapa (figura 22) se observan los sitios en los que se han registraron los incendios entre 1998 y 2011 y que afectaron áreas con bosque de *Pachira aquatica*. Todos se concentran cercanos y dentro de la zona núcleo Encrucijada. El mapa también muestra la localización de los principales asentamientos.



Figura 21. Mapa de los sitios impactados por incendios de 1998 – 2011. www.google/earth.com (22/12/2006).

Discusión

Usos y costumbres sobre el uso de *Pachira aquatica*

El análisis e interpretación de los usos y costumbres de *P. aquatica*, se hizo a partir de las percepciones porque en éstas se pone de manifiesto el orden y el significado que la sociedad asigna al ambiente y se evidencian los modos de interacción de las personas con sus ecosistemas (Castillo *et al.*, 2005). También permite indagar sobre las motivaciones que impulsan las acciones de los individuos sobre su entorno natural y social (Sánchez, 2010). Para el objetivo de este estudio fue importante considerar las nociones que permitieron identificar, en muchos casos, lo que se considera un beneficio y documentar lo que los habitantes consideran les brindan los ecosistemas donde viven.

Bajo este marco el enfoque cualitativo es versátil y flexible (Galindo, 1998). En este caso fue necesario adaptarlo a las condiciones que se presentaron para obtener la información y poder acercarse a la gente de las comunidades para conocer la percepción que tienen de los recursos y en particular de *P. aquatica*, como especie y como bosque. Fue posible identificar los beneficios, daños o molestias que se dan como resultado de las interacciones entre los habitantes de las comunidades, los ecosistemas bajo estudio y la presencia de un área natural protegida. Esta información puede enriquecer y evidenciar lo que es importante para los habitantes y que no ha sido examinado con detalle para trabajar con el manejo de los recursos.

Las comunidades asentadas en la zona de estudio son de reciente historia y sus características socioeconómicas tienen muchas similitudes, como los sistemas de producción, su total dependencia de ellos y los bajos ingresos. No tienen más de 100 años de haber fundado los poblados y aún viven algunas de las personas fundadoras, que comentan las dificultades para llegar al sitio porque había mucho “monte” (vegetación natural). Platican que el tiempo para llegar de Mazatán era todo el día caminando en pantanos y era difícil abrir el monte, así que solo cargaban con lo indispensable. Una vez elegido el sitio para vivir empezaron a construir sus casas con palos de mangle y palma real. La presencia de agua dulce era la principal razón para establecerse en un sitio, así que hicieron pozos artesianos y encontraron agua dulce a menos de tres metros. De esta manera empezaron a hacer uso de los recursos para construir sus casas y fueron eligiendo sus terrenos.

En este sentido, en las localidades de estudio no existen tradiciones culturales particulares y no hay formas distintas o tradicionales en el uso de los recursos biológicos.

Tuvieron un desarrollo muy semejante en cuanto a sus patrones de colonización del humedal y al uso de los recursos naturales. Su visión ha sido sobre todo utilitaria. Así que la conservación y transformación es una necesidad vinculada a la satisfacción de los requerimientos básicos de la vida y de igual manera la no transformación de los mismos se puede llegar a considerar un riesgo, por ejemplo de daños por animales peligrosos o como fuente de plagas (Sánchez, 2010).

La forma en que se realiza el manejo de los recursos naturales tiene que ver con las relaciones sociales que se dan en cada comunidad. Una relación muy importante que hay que tomar en cuenta es la que se presenta entre mujeres y hombres, pues tienen diferentes formas de acceso, uso y manejo de los recursos, por lo tanto de conocimientos. Muchas veces no es fácil reconocer las distintas maneras en que hombres y mujeres intervienen en el manejo de un recurso, ya que lo hacen en diferentes espacios y tiempos (Forster *et al.*, 2011). Durante el estudio lo anterior fue evidente al presentarse una diferencia de los conocimientos que tienen las mujeres y los hombres sobre *P. aquatica* y los bosques.

Vale la pena anotar la importancia de este hecho diferenciado, ya que desde la perspectiva de género, la conservación de los recursos naturales permite tener un nuevo análisis del manejo (Maya y Ramos, 2006). Durante el estudio fue evidente que el grupo de mujeres que no forma parte de proyectos de la reserva y tienen poca participación en actividades productivas, poseen escasos conocimientos sobre los bosques de zapotonales. Solo aquellas que en algún momento apoyan en la pesca, actividad casi exclusiva de los hombres, tienen conocimientos en relación al bosque de *P. aquatica*. Con base en lo anterior se pueden reconocer las desigualdades y las relaciones de poder que se establecen entre mujeres y hombres como resultado de las estructuras sociales, como lo menciona Rodríguez y colaboradores (2004). La perspectiva de género puede proporcionar una visión de la realidad diferente y se puede convertir en una herramienta para la construcción de relaciones equitativas entre las poblaciones y la naturaleza, ya que permite reconocer las diferentes condiciones en que se encuentran mujeres y hombres al utilizar los recursos del medio.

El uso de los recursos naturales y las mujeres es un tema poco documentado y las aportaciones a la conservación ambiental no son valoradas, por lo que no se les considera un elemento clave en las estrategias de conservación (Gavaldón, 2004; Hernández, 2012). Este trabajo, aunque no fue diseñado desde una perspectiva de

género, tiene el interés de resaltar la importancia que tendrá para el manejo de los recursos, el tomar en cuenta la percepción de las mujeres, ya que ellas, al igual que los hombres, dependen de la productividad de los ecosistemas, aunque tengan un menor acceso y control de los mismos. Esto no solo se aplica a los bosques de zapotonales, sino a todos los ecosistemas.

Existen algunos estudios que abordan los temas de la mujer como parte de la fuerza productiva en los ecosistemas costeros, especialmente en la pesca y algunos abordan la percepción que tienen en relación a algunos ecosistemas costeros como el manglar y los palmares (Mera, 1999; Gavaldón, 2004; Maya y Ramos, 2006; Aldana, 2008; González-Marín *et al.*, 2012; Hernández, 2012, Báez, 2013).

Muy pocos de los primeros pobladores habían habitado en humedales costeros. La mayoría se dedicaban a la agricultura, por lo que fue de las primeras actividades que implementaron junto con la pesca. Aunque pocos tenían experiencia, construyeron artes de pesca rústicos y la pesca era abundante, igual que la fauna silvestre (iguanas, tortugas tanto de agua dulce como marinas, cocodrilos, algunas especies de aves y mamíferos pequeños). La caza y cultivos eran de autoconsumo, porque pocas veces salían a los pueblos, como ellos llaman a los centros de población más grandes, por el difícil acceso.

El uso de los recursos en esos momentos fue esencial para la sobrevivencia de los colonizadores, así que durante estos primeros años tuvieron que conocerlos y seleccionar los que les daban mayores beneficios. En el caso de *P. aquatica*, fue probada como materia prima para construir casas o muebles rústicos, sin embargo, al ir conociendo mejor su ambiente, seleccionaron a las especies de mangle (*R. mangle* y *L. racemosa*) como maderas de mejor calidad, por su dureza, resistencia y durabilidad para construir casas y algunos muebles. En el caso de las mujeres, dejaron de usarlos como lavaderos cuando se construyeron pozos y empezaron a lavar en sus casas y no en el estero.

Desde el punto de vista de alimentación, las semillas de *P. aquatica* son la única estructura que tienen conocimiento se come. En Brasil las semillas se consumen, crudas o tostadas, siendo consideradas un manjar y además las hojas y flores se cocinan como vegetales. Existe información sobre el alto porcentaje de proteínas de las semillas de *P. aquatica*, similar al de la leche materna humana. Sin embargo también tienen componentes tóxicos y su consumo diario causó la muerte a ratas por intoxicación, en experimentos. Otros elementos nutritivos de las semillas son los lípidos, por lo que se está

alentando su estudio para ser utilizado como biocombustible (Oliveira *et al.*, 2000; Peres *et al.*, 2008; Peres *et al.*, 2008b).

En relación a algún uso para actividades religiosas, culturales o medicinales no mencionaron ninguno, aunque han escuchado que sirve para enfermedades de los riñones, desconocen que partes de la plantas o como utilizarlas.

Durante este primer acercamiento y exploración de los recursos, el conocimiento de los ciclos de vida de algunas especies fue esencial. Por ejemplo fue importante saber en qué momento los peces alcanzan las mejores tallas, o simplemente en que momento llegan hasta las áreas donde ellos pescan. Se reconoció la importancia de los bosques de zapotonales para producir alimento para peces y otros recursos como los camarones.

Mucha de esta información está relacionada con las temporadas de lluvias o estiaje. Se reconocen los principales cambios fenológicos de *P. aquatica*, a pesar de no ser una especie aprovechada directamente. Estos cambios en la fenología fueron corroborados también durante el trabajo de campo.

Un evento sobresaliente en el establecimiento de las comunidades es la legalización de sus terrenos, la dotación de tierra a los ejidos permitió que se empezaran a delimitar áreas y se abrieron terrenos para las actividades agrícolas, en particular suelos elevados que no se inundan. Los terrenos de los bosques de zapotonales no han sido utilizados para cultivo, porque gran parte del año están inundados. A diferencia del manglar, el bosque de zapotón no es aprovechado de manera directa y desde que se establecieron las localidades los pocos usos que se le dieron en un inicio fueron abandonados. Así pues resalta el hecho de encontrar bosques con diferentes tallas de árboles, mostrando un mosaico de regeneración. Ello habla de desaparición (por tala o fuego) de grandes manchones, que posteriormente se recuperan.

Desde esta perspectiva, el manglar es el recurso más impactado, y actualmente está protegido por la ley (NOM 059-SEMARNAT 2010 y la NOM-022-SEMARNAT-2003) y se prohíbe su aprovechamiento, aunque para las localidades está permitido el uso doméstico. Pueden cortar cierta cantidad para uso dentro de la comunidad, pero no pueden venderla. En este sentido, las selvas inundables y en particular los bosques de zapotonales no cuentan con esta protección legal y aunque no son impactados de forma directa, su extensión ha disminuido por el avance de la frontera agropecuaria y los incendios que han cambiando la vegetación. Los guardaparques de edad más avanzada,

originarios de las propias comunidades de la REBIEN han observado que a través de los años el tular ha sido sustituido por vegetación arbórea, manglar o zapotón, y viceversa, el manglar o zapotón desaparece y aparece el tular. Afirman que es natural, que de esta manera se recupera la vegetación, siempre y cuando no haya incendios, se siembren otras especies como palma africana ó se sedimenten los terrenos. Esta es una observación interesante sobre la cual valdría la pena realizar análisis más detallados y montar experimentos.

Los productores en las comunidades de estudio saben cuáles eran áreas de bosques de zapotonales y ahora son tulares, después de los incendios; también reconocen áreas donde era tular y ahora son zapotonales. El conocimiento de algunas personas es detallado e indican que los bosques con árboles más altos y gruesos son los ubicados cerca del “Encuentro”, punto donde el área del bosque es más densa y el agua ya tiene menor salinidad. Los bosques de zapotonales cercanos a las comunidades son árboles delgados y las especies que acompañan a *P. aquatica*, son diferentes a las observadas en el “Encuentro”.

Los habitantes conocen la composición de las selvas de *P. aquatica*, reconocen las especies presentes en el bosque y como cambian con la influencia de agua salada. Saben que los mangles rojo (*R. mangle*), palo blanco (*L. racemosa*) y botoncillo (*C. erectus*) se localizan donde llega el agua salada y conforme disminuye la sal se observan otras especies en los zapotonales, como el papaturro y el carnero (*Coccoloba sp.*) el guapinolillo (*C. oaxacana*), el escobo (*Z. conzattii*) y el tamarindillo y plantas herbáceas como el búcaro (*Crinum erubescens*). Los bejucos están presentes en casi todo el bosque y en los últimos años son más abundantes. Los conocen como bejuco de agua, bejuco de ajo y liguilla, pero no se identificaron las especies.

Hay bastante conocimiento sobre la fauna que habita en los zapotonales. Siguen cazando especies de tortugas dulceacuícolas e iguanas. Para los primeros colonizadores los bosques de zapotonales fueron un área común de caza de especies como venados (*Odocoileus virginianus*, *Mazama americana*), tepezcuintle (*Agouti paca*), cochi de monte (*Pecari tajacu*), los cuales cazaban para consumo. También llegaban personas de otros lugares a cazar monos araña (*Ateles geoffroyi*), “trigres” como ellos conocen al jaguar (*Panthera onca*) y se los llevaban a los circos o los capturaban para venderlos.

Actualmente ya son pocos los que cazan porque la reserva está vigilando y porque han disminuido las poblaciones de las especies que cazaban. Especies como el mono araña han sido vistas cerca al manglar y el jaguar hace años escuchaban los rugidos e incluso mataron varios porque llegaban a comerse al ganado. En este sentido la disminución o desaparición de algunas especies ha resultado con beneficios para ellos, como la desaparición del jaguar, porque ya no tienen que preocuparse por ataques al ganado, y también la de serpientes.

Aun cuando no los reconocen como servicios ambientales, identifican los beneficios que les da el ambiente como fuente de productos alimenticios como es la pesca, fauna silvestre, la madera para construir sus casas y el agua que utilizan. Otros beneficios que señalaron y en particular los grupos que están trabajando en los proyectos productivos de la reserva, son la protección de la vegetación ante fuertes lluvias, como refugio y alimentación de los peces. En el caso de las mujeres señalaron los daños que les provoca el ambiente, como son la depredación de las cosechas de maíz por los loros y cuchas (Psitácidos), muchos animales venenosos que a veces se meten a las casas, como alacranes, serpientes y últimamente el aumento de cocodrilianos en el área.

Una vez que se explicó el concepto de servicios ambientales, identificaron otros beneficios, como el clima fresco, el agua limpia; el aire limpio y los terrenos productivos.

Ambas localidades se ubican dentro de la zona núcleo de la REBIEN. Sin embargo, no para todos los pobladores es claro el significado de formar parte de un área natural protegida, en especial para aquellos que no están involucrados en proyectos de la reserva. Esto se observó en las respuestas del grupo de mujeres de Brisas de Hueyate, que no están relacionadas con ninguna actividad de conservación.

El desconocimiento de la función del área natural protegida tiene como resultado que muchas de las actividades que realizan no sean aceptadas e incluso generen conflictos entre los pobladores, como el aprovechamiento del mangle, la caza de fauna silvestre y la prohibición de desmonte. Por otro lado, se producen conflictos con especies peligrosas como los cocodrilos cuyas poblaciones han aumentado en los últimos años (CONANP, 2011) y se han presentado incidentes como ataques a pescadores y pérdida de redes que son utilizadas para pescar.

El malestar es generalizado independientemente de que pertenezcan o no a los grupos de trabajo de la reserva. Por su parte, la REBIEN implementa proyectos productivos o de

conservación. Sin embargo no cuenta con un programa de trabajo de sensibilización dirigido a toda la población para integrarlos al manejo y conservación de los recursos naturales. Esto se debe a la falta de recursos humanos y económicos para mantener acciones permanentes que permitan cambiar la visión de aprovechamiento de los recursos naturales.

Incendios

La principal causa de los incendios en la reserva está ligada directamente con el saqueo de fauna silvestre porque la técnica de caza es provocar los incendios para que las especies, al desplazarse en busca de refugio, sean fácilmente capturadas. Las especies más afectadas son las tortugas dulceacuícolas: crucilla o cruzalluchi (*Staurotypus salvinii*), sabanera (*Rhinochlemys pulcherrima*), negra (*Pseudodemys grayi*) y casquito amarillo (*Kinosternum scorpioides*), además del caimán (*Caiman crocodylus fuscus*), el cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*) y la iguana verde (*Iguana iguana*). Todas ellas se encuentran en la NOM059-SEMARNAT 2010, a excepción de *Pseudomys grayi* (CONANP/SEMARNAT, 2005).

El número de incendios aumenta con la demanda de estas especies en abril y marzo, días antes de la primera temporada de vacaciones del año (Semana Santa), fecha en que llegan a visitar familiares y se les ofrecen platillos preparados con las especies. No es difícil adquirirlos, ya que de manera ilegal se llegan a vender a casas o en los mercados municipales. Se llegan a ofrecer en algunos restaurantes de los centros turísticos de la zona. También en esta época el nivel de agua está bajo el suelo y se ha acumulado materia orgánica que sirve como combustible en el incendio.

En estas fechas, la REBIEN en coordinación con la PROFEPA y la Secretaría de Marina, implementan operativos para sancionar a quién encuentren comercializando estos productos. Durante esta actividad se informa a los visitantes sobre la pérdida de la biodiversidad y en específico de las especies que se encuentran en el área. Tuve la oportunidad de participar en estos operativos, y aunque la gente acepta la información, no dimensiona el problema pensando que solo son unos pocos los que se capturan. Por otro lado, en la mayoría de los casos quienes los venden no son quienes los cazan. Se justifican explicando que la gente lo pide. No son muchos los restaurantes que se arriesgan a vender estos platillos y los que no venden, se quejan con la REBIEN y PROFEPA porque no hacen nada contra aquellos a quienes ellos denuncian por esta actividad ilícita.

Esta información muestra que los incendios solo forman parte de una cadena de problemas ambientales que existen en la reserva y que las posibles soluciones tienen que ser con base en un esfuerzo multiinstitucional que contemple acciones a corto, mediano y largo plazo. Por tanto, es importante seguir generando información técnica y científica que apoye el desarrollo de acciones de manejo para combatir esta problemática. Un ejemplo de ello es el impulsar la creación de UMAs con bases técnicas que fomenten la reproducción de algunas de estas especies.

El Programa de Manejo Integral del Fuego (2009) es el primer documento estratégico que permite a la reserva dar seguimiento adecuado a las acciones contra los incendios. En él se identificaron las localidades con mayor incidencia de incendios, tomando en consideración el tipo de vegetación, el combustible y el uso del fuego por sus habitantes. En el área de estudio se pueden ubicar cuatro comunidades cercanas con alta incidencia de estos eventos: Xochicalco en el municipio de Villa Comaltitlán y Brisas de Hueyate, Altamira y Aztlán en Huixtla (Programa de Manejo Integral del Fuego, 2009). Por tanto, muchas de las acciones pueden ser dirigidas a estas comunidades.

Hay que aclarar que los bosques de zapotonales no son los sitios donde se originan los incendios para el saqueo de fauna silvestre, es más bien en la vegetación que los rodea, -tulares y popales-, donde se provocan y da inicio. Este tipo de vegetación pierde humedad durante la temporada de secas y se quema rápidamente. Lo anterior aunado a la cantidad de materia orgánica acumulada durante la temporada de lluvia, provoca que el fuego se disperse rápidamente y llegue a los bosques de zapotonales donde por las características del ecosistema se convierte en un incendio subterráneo difícil de combatir (Com. Per. Biol. Edmundo Aguilar López. Director de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada).

Los incendios en las áreas de manglar y en las selvas inundables dominadas por zapotones (*P. aquatica*), no son frecuentes y las afectaciones son menores en relación a la superficie ocupada por las hectáreas afectadas y ocupadas por otros tipos de vegetación. Sin embargo son significativas porque queman directamente las raíces de los árboles provocando la pérdida de los individuos completos (CONANP *et al.*, 2006). Es poca la información existente en la que se cuantifiquen los daños. Hasta ahora solo se cuantifican las hectáreas, y se desconocen las características de la vegetación que desaparece, el número de árboles, la altura, las especies asociadas, los impactos en el suelo, por mencionar algunos. No hay seguimiento de los sitios que se han quemado, y pocas veces se vuelve a acceder a ellos a menos que se presente otro incendio. Por

comentarios personales del Biólogo Edmundo Aguilar, Director de la REBIEN, en sobrevuelos ha observado que muchos de los lugares donde se presentaron incendios ahora son ocupados por el tular y popal.

Se desconocen datos acerca de la fauna afectada como las especies y número de individuos extraídos, cuánta es dañada directamente por morir calcinada, por asfixia u otras causas relacionadas con los incendios. De igual manera, se desconocen las alteraciones de las características del hábitat. La información revisada menciona daños a la fauna, pero no hay una evaluación de ello. Solamente se encontró una ficha informativa que menciona las afectaciones a la fauna y las acciones que se tomaron para el rescate durante el incendio. No se cuenta con suficiente personal capacitado ni recursos para implementar acciones de rescate de fauna durante estos eventos.

En concordancia con la legislación federal, el Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada (DOF 15/Sep/2000) establece las Zonas de Manejo y las Reglas Administrativas. En la regla 53 de este programa se menciona que queda estrictamente prohibida la práctica de rosa, tumba y quema en la zona de manglares, zapotonales, pantanos y áreas de vegetación natural. En el ámbito estatal, existe una Ley para la Prevención, Combate y Control de Incendios del estado de Chiapas (Periódico Oficial, 27/Marzo/98) que establece, entre otras disposiciones, las prohibiciones y restricciones respecto al uso del fuego en el marco de convenios con la federación y en función de un decreto de carácter estatal que declara zonas de riesgo de incendios, todo ello publicado en el Periódico Oficial No. 78 del 13 de junio de 1990 (CONANP, 2006).

Hay que mencionar que las superficie afectada por incendios anualmente en la reserva, no está contabilizada en las estadísticas oficiales que reporta CONAFOR considerar al tular, popal y palmares como pastizales y presenta baja prioridad de atención. Por lo que solo cuando los incendios llegan a afectar manglares y zapotonal se implementan operativos para su combate y control. Cuando las áreas forestales no son afectadas, solamente la reserva con su personal, las brigadas comunitarias y algunos apoyos del gobierno estatal combaten los incendios.

Conclusiones

El uso de los recursos de las comunidades está relacionado con la historia de la misma. Las comunidades de estudio son de reciente creación y no tienen más de 80 años que empezaron a llegar al sitio proveniente de otras regiones con ecosistemas distintos.

Aztlán y Brisas del Hueyate son localidades pequeñas que dependen de los recursos que los rodean para su subsistencia. Los primeros colonizadores utilizaron a *P. aquatica*, para construir casas, muebles y cercas. Actualmente las especies de mangle son preferidas para este uso. Los cambios en el uso están asociados al conocimiento que van adquiriendo.

Los habitantes de las comunidades reconocen los cambios fenológicos que se dan en el bosque asociados a los cambios de las temporadas de lluvias y secas: un aumento en la cantidad de flores y frutos en la temporada de lluvias y una mayor cantidad de semillas de septiembre a noviembre y plantas nuevas de diciembre a febrero.

Se reconoce a los bosques de zapotonales como sitios importantes de refugio y alimentación fauna, incluyendo peces, como sitios de caza, brindan protección contra las lluvias e inundaciones, ayudan a mantener el agua limpia, producen aire y mantienen el clima.

Por las características del bosque, particularmente por el tiempo que permanece inundado, son pocas las afectaciones directas en relación al avance de la frontera agropecuaria. Los agricultores buscan lugares donde los niveles de inundación no sean frecuentes para no arriesgar sus cosechas.

Existe una diferencia en el conocimiento de las especies entre hombres y mujeres que puede explicarse con base en las actividades que realizan. Los hombres son los que tienen contacto directo con el bosque y las mujeres se dedican al hogar y actividades de traspatio, aunque existen excepciones.

En relación a la percepción que tienen sobre las actividades del área natural, aquellas personas que están involucradas en alguno de los proyectos poseen un mayor conocimiento sobre las funciones de la misma. En general, en ambas comunidades existe un desconocimiento de las actividades de la reserva e incluso desconocen que su comunidad forma parte de un área natural protegida. Existen percepciones encontradas sobre el papel de la misma y aún conflictos importantes por las restricciones al uso de los recursos.

Los incendios que han afectado a las selvas inundables son el resultado de quemadas provocadas en los tulares y popales que las rodean, con la intención de saqueo de fauna silvestre para su comercialización y consumo ilegal.

Los incendios empezaron a ser monitoreados a partir de 1998, aunque la gente de las comunidades menciona grandes incendios en los ochentas. El número de hectáreas afectadas de selva de *P. aquatica* por los incendios desde 1998 al 2011, son 1,268 ha en trece incendios, todos provocados para el saqueo de fauna.

Las estrategias de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada para la prevención, combate y control de incendios se han fortalecido a lo largo de los años logrando involucrar a diferentes instituciones de los diferentes niveles de gobierno y no gubernamentales. Sin embargo falta un monitoreo que incluya otro tipo de humedales, no solo los forestales. Actualmente existe un programa en la reserva en relación a los incendios, aunque aún falta mucho trabajo de sensibilización y desarrollo de programas alternativos (como UMAs) para disminuir la principal causa de este problema.

Es necesario establecer convenios con instituciones de investigación que ahonden en los procesos que se desarrollan durante los incendios, tanto a nivel de comunidades como de los procesos ecosistémicos.

CAPITULO V
RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

Hay una necesidad de restaurar estos ecosistemas. Sin embargo, este proceso es de largo plazo y requiere de técnicas adecuadas y especiales, ya que son ambientes complejos en cuanto a función y estructura, influenciados por varios factores como son la salinidad y su relación con la frecuencia de mareas, la sedimentación, la contaminación, el manejo cuenca arriba y los flujos hídricos, que varían en periodicidad, intensidad, permanencia y dinámica costera, entre otros (Moreno-Casasola, 2006, Rojas y Vidal, 2008). Por tanto, las estrategias de manejo y la restauración deben darse de acuerdo a las características de cada localidad y ello hace necesario generar información de las condiciones de cada sitio, para que en función de su variabilidad se pueda generalizar posteriormente.

Para mantener las funciones de las selvas y el gradiente que se establece con los manglares, se debe conservar el hidroperiodo y las características fisicoquímicas del agua, en particular la salinidad de agua intersticial.

Considerando que las selvas inundables forman parte de la REBIEN, es importante que:

- Considere acciones a diferentes niveles que al final aporten beneficios en la conservación de las selvas inundables. Gestionar la regularización de obras que desvíen los aportes de agua dulce a la planicie costera, asegurando un flujo superficial y subterráneo, ya que éstos permiten que la selva mantenga su funcionamiento.
- En las comunidades se deben implementar programas con acciones a corto, mediano y largo plazo, y que formen parte de su estrategia de manejo, para sensibilizar e incluir a los habitantes en acciones de conservación.
- El programa debe incluir acciones específicas enfocadas a cada uno de los sectores de la población: productores, la población infantil, jóvenes y mujeres. Deben ser considerados a través de proyectos de educación ambiental que fortalezcan la valoración de los ecosistemas que los rodean.
- Es importante implementar programas de monitoreo comunitario en el humedal, que incluyan variables ambientales como el hidroperiodo y la salinidad, para que ante cualquier cambio alerten y se puedan implementar acciones de protección. Actualmente este esquema de participación han mostrado ser exitoso en otras comunidades dentro de la REBIEN, y ha permitido sensibilizar a los habitantes a través de reconocer los cambios que se dan en su ambiente.

- Incluir el conocimiento de los pobladores locales para establecer las estrategias de conservación es importante para el éxito en las estrategias de conservación.
- La administración de la REBIEN debe continuar con las campañas de prevención y combate de incendios, bajo el esquema de participación comunitaria e incluir en el monitoreo otras comunidades no forestales. Sin embargo, esta problemática no solo se debe afrontar desde esta perspectiva, es importante identificar las estrategias que permitan no solo disminuir estas prácticas de captura de fauna silvestre, sino también generar alternativas sustentables para el aprovechamiento los recursos.
- Para el sector productivo es necesario identificar alternativas acordes a la realidad como son capacitación para la producción de especies de fauna nativas a través del establecimiento de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMAs), la capacitación en ecoturismo, entre otros.
- Establecer acuerdos con instituciones académicas para promover estudios sobre productividad, seguimiento a los efectos de los incendios, fenología, ecología de los suelos, regeneración, entre otros que permitan conocer más la ecología y funcionamiento de estos ecosistemas.

REFERENCIAS

- Abarca, F. J. 2002. Definición y clasificación de humedales. En F. Abarca y M. Herzig (Eds). Manual para el manejo y la conservación de los humedales en México. F. J. Abarca y M. Herzing. 3a. ed. INNE/PRONATURA/SEMARNAT/North American Wetlands Conservation Council/RAMSAR/The Nature Conservancy/Society of Wetlands Scientists/Comité Pigua/Ducqs Unlimited de Mexico/Arizona Game and Fish/WNCCWS.INE-SEMARNAP, Arizona Game & Fish Department.
- Abarca, F.J. 2007. Técnicas para evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. En: O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano (Eds.). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. SEMARNAT, INE, United States Fish and Wildlife Service, Unidos Para la Conservación A.C., Escuela de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Acreman M. y Holden J. 2013. How wetlands affects floods. *Wetlands* 33:773 -789.
- Alcorn, J. B. 1993. Los Procesos como recursos: la ideología agrícola tradicional del manejo de los recursos entre los boras y huastecos y sus implicaciones para la investigación. En Leff E y J. Carabias (Eds). *Cultura y Manejo Sustentable de los Recursos Naturales*. UNAM–CIIH Porrúa. México D.F. 786 pp.
- Álvarez del Toro, M., E. E. Palacios, T. C. Cabrera, C. R. Guichard, A. V. Ramírez, y G. H. Cartas. 1993. Chiapas y su Biodiversidad. Gobierno del Estado de Chiapas. 150 pp.
- Álvarez-López, M. 1990. Ecology of *Pterocarpus officinalis* forested wetlands in Puerto Rico. In: Lugo, A.E., Brinson, M., Brown, S. (Eds.), *Ecosystems of the World 15: Forest Wetlands*. Elsevier, Amsterdam, pp. 251–265.
- Álvarez–Noguera F. (Editor). 2011. Estudios sobre su Diversidad Biológica. Chiapas. UNAM–Instituto de Biología. México DF. 518 pp.
- Báez P.M. 2013. Miradas desde el humedal. Fotografía participativa con pescadoras y Pescadores del Sistema Lagunar de Alvarado. Tesis de Maestría en Ciencias y Desarrollo Rural. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristobal de las Casas, Chiapas.
- Barbier, E. B., M. C. Acreman, y D. Knowler. 1997. Valoración económica de los humedales – Guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.

- Bardsley, D. K. y S. M. Sweeney. 2010. Guiding Climate Change Adaptation Within Vulnerable Natural Resource Management Systems. *Environmental Management* 45:1127–1141.
- Breedlove, D. E. 1981. Flora of Chiapas, part I: Introduction to the Flora of Chiapas. The California Academy of Sciences, San Francisco. 35 pp.
- Breedlove, D. E. 1986. Flora de Chiapas. Listados florísticos de México 4. UNAM-Instituto de Biología. México. 246 pp.
- Boulé, M.E. 1994. An early history of wetland ecology. En: W.J., (Ed.), *Global wetland: oldword and new*. Elsevier: Amsterdam. 57-74 pp.
- Busbee, W. S., W. H. Conner, D. M. Allen y J. D. Lanham. 2003. Composition and aboveground productivity of the three seasonally flooded depressional forested wetlands in Coastal South Carolina. *Southeastern Naturalist*. 2(3): 335-346.
- Calva-Benitez, L.G., A. Pérez- Rojas y A. Márquez- García. 2006. Contenido de carbono orgánico y características texturales de los sedimentos del sistema costero lagunar Chantuto – Panzacola, Chiapas. *Hidrobiológica*.16 (2): 127-136.
- Castillo, A., A. Magaña, A. Pujadas, L. Martínez y C. Godínez. 2005. Understanding the interaction of rural people with ecosystems: a case study in a tropical dry forest of Mexico. *Ecosystems*. 8:630- 643.
- CNA. 1991. Plan Hidráulico de la Costa de Chiapas. Comisión Nacional del Agua, México.
- CONANP. 2005. Estadísticas de los incendios en la REBIEN (Documento interno).
- CONANP. 2011. Informe anual de incendios en la REBIEN. (Documento interno).
- CONANP. 2011. Reporte de incendios en la REBIEN (Documento interno).
- CONANP/FMCN 2003. Estimación de la tasa de transformación del hábitat en la Reserva de la Biosfera la Encrucijada, Periodo 1975 – 2000. Informe Final (Documento Interno).
- CONANP/SEMARNAT/REBISE. 2003. Análisis de las estadísticas de incendios forestales de la Reserva de la Biosfera La Sepultura, en el periodo 1997-2003. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. (Documento interno).
- CONANP/SEMARNAT, 2005. Análisis de las estadísticas de incendios forestales de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, en el periodo 1998-2005. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. (Documento interno).
- CONANP/SEMARNAT/TNC/USAID/PRONATURA. 2006. Programa de Manejo Integral de Incendios en la Reserva de la Biosfera la Encrucijada (Documento Interno).

- CONANP/REBIEN/PROCOCODES. 2007. Diagnóstico Socioeconómico Ambiental con Equidad de Género de la comunidad Aztlán, Municipio de Huixtla, Chiapas. (Documento interno).
- CONANP/TNC. 2009. Programa de Manejo Integral del Fuego (Documento Interno).
- CONANP/REBIEN/PROCOCODES. 2009. Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible. Reforestación de áreas inundables con zapotón en la comunidad Brisas de Hueyate (Documento interno).
- CONANP/REBIEN/PET. 2010. Programa de Empleo Temporal de Cultivo de Maíz Criollo en las comunidades de Brisas de Hueyate y Aztlán del municipio de Huixtla, Chiapas (Documento Interno).
- CONANP/REBIEN/PROCOCODES. 2010. Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible. Reforestación de áreas inundables con zapotón en la comunidad Brisas de Hueyate (Documento interno).
- CONANP/REBIEN/PROCOCODES. 2011. Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible. Reforestación de áreas inundables con zapotón en la comunidad Brisas de Hueyate (Documento interno).
- CONANP/REBIEN/PET. 2011. Programa de Empleo Temporal de Cultivo de Maíz Criollo Criollo en las comunidades de Brisas de Hueyate y Aztlán del municipio de Huixtla, Chiapas (Documento interno).
- Contreras–Espinosa, F. 1993. Ecosistemas Costeros Mexicanos. CONABIO–UAMI. México.
- Contreras-Espinosa, F. 2002. Los humedales costeros de México. En F. Abarca y M. Herzig (Eds). Manual para el manejo y la conservación de los humedales en México. F. J. Abarca y M. Herzing. 3a. ed. INNE/PRONATURA/SEMARNAT/North American Wetlands Conservation Council/RAMSAR/The Nature Conservancy/Society of Wetlands Scientists/Comité Pigua/Ducqs Unlimited de Mexico/Arizona Game and Fish/WNCCWS.INE-SEMARNAP, Arizona Game & Fish Department.
- Contreras–Espinosa, F. O. Castañeda y R. Torres. 1997. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en las lagunas de Oaxaca, México. Hidrobiológica. 7:9-17.
- Contreras - Espinosa, F. y G. Warner. 2004. Ecosystem characteristics and management considerations for coastal wetlands in Mexico. Hydrobiologia 511: 233–245.

- Cortés-Castelan, J. y G. Islebel. 2005. Influencia de los factores ambientales en la distribución de especies arbóreas en las selvas del sureste de México. *Rev. Biol. Trop.* 53: (1-2):115-133.
- Daily, G.C., S. Polasky, J. Goldstein, P.M. Kareiva, H. A. Mooney, L. Pejchar, T.H. Ricketts, J. Salzman y R. Shallenberger. 2009. Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology in the Environment*: 7(1): 21–28.
- De la Lanza, E.G., S. Sánchez, V. Sorani y T. Bojórquez. 1996. Características geológicas hidrológicas y del manglar en la planicie costera de Nayarit, México. *Investigaciones Geográficas. Boletín* (32): 33-55.
- De la Presa, P.J., 2005. Características fisicoquímicas del suelo en áreas de manglar impactadas por los dragados y sujetas a restauración en la Laguna de Chantuto y Barra Zacapulco. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Regional de Tapachula. Tapachula, Chiapas, México.
- Denevan, W. M. 1976. The aboriginal population of Amazonia. En: W. M. Denevan, (Ed.). *The native population of the Americas 1942* (205-234). University of Wisconsin Press: Madison. 205 -234 pp.
- Diario Oficial de la Federación, 06/junio/1995. “Decreto por el que se declara como Area Natural Protegida con el carácter de Reserva de la Biósfera, la zona conocida como La Encrucijada, ubicada en los municipios de Mazatán, Huixtla, Villa Comaltitlán, Acapetahua, Mapastepec y Pijijiapan, Chis. con una superficie de 144,868 hectáreas.
- Diario Oficial del Estado de Chiapas 27/marzo/1998. Publicación de la Ley para la Prevención, Combate y Control de Incendios del Estado de Chiapas.
- Diario Oficial de la Federación, 25/Feb/2003. Publicación de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Diario Oficial de la Federación, 16/ene/2009. Publicación de la Norma Oficial mexicana NOM-015.SEMARNAT/SAGARPA-2007.Establece las especificaciones técnicas de métodos de uso de fuego en los terrenos forestales y usos agropecuarios.
- Drew, W. M., K.C. Ewel, R.L. Naylor y A. Sigrah. 2005. A tropical freshwater wetland: III. Direct use values and other goods and services. *Wetlands Ecology and Management*. 13: 685–693.
- Drexler, J. Z. y K.C. Ewel. 2001. Effects of ENSO- related drought on hydrology and salinity in a Micronesian wetland complex. *Estuaries* 24: 347-356.

- Duarte, C.M., O. Geertz–Hans, U. Thampanya, J. Terrados, M.D. Fortes, L. Kamp-Nielsen, J. Borurn, J.B.S. Boromthanarath. 1998. Relationship between sediment conditions and mangrove *Rhizophora apiculata* seedling growth and nutrient status. *Marine Ecology Progress*. Vol 175: 277-283.
- Escobar, C. S. 2006. Fenología reproductiva, producción y degradación de hojarasca del bosque de manglar en la Laguna de Chantuto, Chiapas. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Oaxaca, México. 58 pp.
- Escutia-Lara, Y., S. Lara-Cabrera y R.A. Lindig-Cisneros. 2009. Efecto del fuego y dinámica de las hidrófitas emergentes en el humedal de la Mintzita, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 771-778.
- Ewel, K.C 2010 Appreciating tropical coastal wetlands from a landscape perspective. *Frontiers in Ecology in the Environment*. 8(1):20-26.
- Eyre, R. y P. Balls. 1999. A comparative study of nutrient behavior along the salinity gradient of tropical and temperate estuaries. *Estuaries*. 22: 313- 326.
- FAO-UNESCO, 1988. Mapa mundial de suelos (World Soil Source Report) Leyenda revisada, Centro de Edafología, Col. de Postgraduados Montecillos, Edo.de México.
- Flores–Verdugo, F. 1996. Procesos ecológicos en los humedales. En Abarca y Herzig (Eds). *Manual para el manejo y la conservación de los humedales en México*. INE-SEMARNAP, Arizona Game & Fish Department.
- Flores–Verdugo, F., P. Moreno- Casasola, M. C. Agraz, H. López, D. Benítez y C. Travieso. 2007. La topografía y el hidropериодо: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana* 80 (Suppl.):33–47.
- Flores C., D. L. Bounds y D. E. Ruby. 2011. Does Prescribed Fire Benefit Wetland Vegetation? *Wetlands* 31:35–44.
- Forster, R., N. Armijo, L. A. Argüelles. 2011. Recursos Forestales Cap. III. En Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (Editoras). *Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación*, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.
- Galindo, C. J. 1998. *Técnicas de investigación en sociedad, cultura y comunicación*. Pearson- Addison Wesley Longman, México.

- García, J. M. 1970. Geografía general de Chiapas. México. 375 pp.
- Gavaldón H. A. 2004. Género, pesquerías e instituciones: estudio de caso en un puerto de Yucatán. Tesis Maestría en Ciencias con especialidad de Ecología Humana. CINVESTAV- Mérida. Mérida, Yucatán.
- Gobierno del Estado de Chiapas, 2001. Campaña Estatal de Prevención de Incendios Forestales. Documento sin publicar.
- González-Espinosa, M., N. Ramírez-Marcial y L. Ruiz-Montoya (Eds.). 2005. Diversidad biológica en Chiapas. Plaza y Valdés, México, Distrito Federal, México.
- González-Espinosa, M. y N. Ramírez-Marcial. 2013. Comunidades vegetales terrestres, pp. 21-42. En: La biodiversidad en Chiapas: estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Chiapas, México, Distrito Federal, México.
- González-Marín, R. M., P. Moreno-Casasola, R. Orellana, A. 2012. Castillo Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico. *Environment, Development and Sustainability*. 14:541–555.
- Hammerton, D. 1972. The Nile river, a case study. En: R.T. Oglesby, C.A. Carlson y M.J. McCann (Eds.). *River ecology and man*. Academic Press: Nueva York.
- Hannah, L., G.F. Midgley, T. Loveloy, W.J. Bonds, M. Bush, J.C. Lovett, D. Scott, F. I. Woodward. 2002. Conservation of Biodiversity in a Changing Climate. *Conservation Biology*. 6(1):264-268.
- Hernández, F. L. 2012. El papel de las mujeres en el uso y manejo del manglar, en las comunidades de Reforma y La Solución Somos Todos, Jalpa de Méndez, Tabasco. Tesis de Lic. En Biología. Universidad Autónoma de Campeche – Facultad de Ciencias Químico Biológicas. Campeche, Campeche.
- Herrera-Silveira J.A. 2006. Lagunas costeras de Yucatán (SE, México): investigación, diagnóstico y manejo. *Ecotrópicos* 19(2):94-108
- Hirales-Cota M., J. Espinoza-Avalos, B. Schmook, A. Ruiz-Luna, R. Ramos-Reyes. 2010. Agentes de deforestación de manglar en Mahahual-Xcalak, Quintana Roo, sureste de México. *Ciencias Marinas* 36(2): 147–159.
- IHN, 1997. Inventario preliminar de la flora de La Encrucijada. Informe interno del Departamento de Botánica.
- IHN, 2008. Monitoreo Biológico en Áreas Naturales Protegidas de Chiapas. Informe Final de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada. Documento interno.

- INE/SEMARNAP 1999. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera “La Encrucijada”. Instituto Nacional de Ecología. México. Pp 184.
- INEGI 2009. Guía de interpretación de cartografía, uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000, Serie III. México.
- Infante, M. D. 2004. Germinación y establecimiento de *Annona glabra* (Annonaceae) y *Pachira aquatica* (Bombacaceae) en humedales, La Mancha, Actopán, Ver. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. INECOL A.C. Jalapa, Ver.
- Infante, M. D. y P. Moreno-Casasola. 2005. Effect of in situ storage, light, and moisture on the germination of two wetland tropical trees. *Aquatic Botany*. 83: 206–218.
- Infante, M. D., L. A. Peralta y A. Alberto. 2009. Obtención de datos de salinidad, conductividad y pH del agua. En: Moreno-Casasola P. y B. Warner. (Eds). Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable No. 1. RAMSAR Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa Ver. México. 17-29 pp.
- Infante, M. D. 2011. Estructura y dinámica de las selvas inundables de la planicie costera central del Golfo de México. Tesis de Doctorado. INECOL. A. C. Jalapa, Ver.
- Infante, M. D., P. Moreno-Casasola, C. Madero- Vega, G. Castillo-Campo, G. Warner. 2011. Floristic composition and soil characteristics of tropical freshwater forested wetland of Veracruz on the coastal plain of the Gulf of Mexico. *Forest Ecology and Management* 262: 1514 -1531.
- Infante, M. D., P. Moreno–Casasola, C. Madero. 2012. Litterfall of tropical forested wetlands of Veracruz in the coastal floodplains of the Gulf of Mexico. *Aquatic Botany*. 98: 1–11.
- Keddy, P. A., y P. Constabel. 1986. Germination of ten shoreline plants in relation to seed size, soil particle size and water level: an experimental study. *Journal of Ecology*. 74:133-141.
- Kellogg, C. H., S. D. Bridgham y S. A. Leitch. 2003. Effects of water level, shade and time on germination and growth of freshwater marsh plants along a simulated sucesional gradient. *Journal of Ecology*. 91:274-282.
- Kauffman, J. B. 2004. Death rides the Forest: Perceptions of Fire, Land Use, and Ecological Restoration of Western Forests. *Conservation Biology*. 18(4):878-882.
- Kinnaird, M. F. 1992. Phenology of flowering and fruiting of an East African Riverine Forest Ecosystem. *Biotropica* 24 (2a):187-194.

- Kimmins, J.P. 2004. *Forest Ecology; A foundation for Sustainable Forest Management and Environmental Ethics in Forestry*. Third Edition Prentice Hall, New Jersey.
- Kremen, C. y R.S. Ostfeld. 2005. A call to ecologists: measuring, analyzing, and managing ecosystem services. *Frontiers in Ecology in the Environment*. 3(10): 540–548.
- Kovacs, J.M.; M. Blanco C.; F. Flores V. 2001. A logistic regression model of hurricane impacts in a mangrove forest of the Mexican Pacific. *Journal of Coastal Research* 17(1):30-37.
- Langrave, R. y P. Moreno-Casasola. 2012. Cuantificación de la pérdida de humedales en México. *Investigación Ambiental* 4(1):35-51.
- Lobo, J. A., M. Quesada, K. Stoner, J. Fuchs, Y. Herrerías–Diego, J. Rojas y G. Saborío. 2003. Factor affecting phenological patterns of Bambacaceous trees in seasonal forests in Costa Rica and Mexico. *American Journal of Botany* 90(7):1054–1063.
- López R. H. y J.Tolome. 2009. Medición del potencial redox del suelo y construcción de electrodos de platino. En: Moreno-Casasola P. y B. Warner. (Eds). *Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable No. 1. RAMSAR Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa Ver. México.*
- Lot, A. 1983. La vegetación acuática del sureste de México. *Revista Ciencia y Desarrollo*. No. 51.
- Lot, A. y A. Novelo. 1990. Forested wetlands of Mexico. En: A. E. Lugo, M. M. Brinson y S. Brown. *Ecosystems of the World 15. Forested Wetlands*. Elsevier, Amsterdam.
- Lloret, F. 2004. Régimen de incendios y regeneración. En: Valladares, F. (Ed.) *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid.
- Maimone, C. M. R., M. Aliphath, D. Martínez, B. Ramírez, J.I. Valdez, A. Macías. 2006. Manejo tradicional de humedales tropicales y su análisis mediante sistemas de información geográfica (SIGs): el caso de la comunidad maya–chontal de Quintín Arauz, Centla, Tabasco. *Universidad y Ciencia-UJAT* 22(1): 27-49.
- Mamun, A. 2010. Understanding the Value of Local Ecological Knowledge and Practices for Habitat Restoration in Human-Altered Floodplain Systems: A Case from Bangladesh. *Environmental Management*. 45:922–938.
- Margel, G. 2008. Para que el sujeto tenga la palabra: Presentación y transformación de la técnica de grupo de discusión desde la perspectiva de Jesús Ibañez. En: Tarres M.

- L. (Coord.) Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social. Porrúa, FLACSO y El Colegio de México.
- Martínez E., C. H. Ramos y F. Chiang, 1994. Lista Florística de la Lacandona, Chiapas. Bol. Soc. Bot. México, 54: 99-177.
- Maya, D. y P. Ramos 2006. El rol de género en el manglar: heterogeneidad tecnológica e instituciones locales. Cuadernos de desarrollo rural. 56: 53-8.1.
- Medina-Gómez, I. y A. Herrera-Silveira. 2003. Spatial Characterization of Water Quality in a Karstic Coastal Lagoon without Anthropogenic Disturbance: A Multivariate Approach. Estuarine Coastal and Shelf Science 58 (3):455-465.
- Miranda, F. 1952. La vegetación de Chiapas. Primera parte. Ediciones del Gobierno del Estado. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Miranda, F. 1957. Vegetación de la vertiente del Pacífico de la Sierra Madre de Chiapas (México) y sus relaciones florísticas. Proceedings of the Eighth Pacific Science Congress. Vol. 4. Instituto Botánico de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Miranda, F. 1958. Estudios acerca de la vegetación. In: Beltran E. (Editor). Los recursos Naturales del Sureste y su aprovechamiento Tomo II. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México.
- Miranda, F. 1975. La vegetación de Chiapas. 2a. Ed. Gobierno del Estado. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. Tomo I y II.
- Miranda, F. y X. Hernández. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Mex. 29:1-179.
- Mitsch, W.J y J. G. Gosselink J. 1993. Wetlands. 2da ed. Van Nostrand Reinhold, New York USA.
- Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink. 2000. Wetlands. John Wiley and Sons, New York.
- Morales, B.G. 2006. Estructura de la vegetación y uso de los recursos mangle en cuatro comunidades humanas en Chiapas, México. Tesis de Maestría. División de Ciencias Biológicas-Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, México.
- Moreno-Casasola, P., D. Infante Mata, H. López-Rosas. 2012. Tropical freshwater swamps and marshes. En: D.P. Batzer and A.H. Baldwin. Wetland Habitats of North America: Ecology and Conservation Concerns. Cap. 19. University of California Press. 267-282.
- Moreno-Casasola, P. y B. Warner. Eds. 2009. Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable No. 1. RAMSAR Instituto de Ecología A.C.,

- CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa Ver. México.
- Moreno-Casasola, P. y H. López. 2009. Muestreo y análisis de la vegetación de humedales. En: Moreno-Casasola P. y B. Warner. (Eds). Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable No. 1. RAMSAR Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa Ver. México.
- Moreno-Casasola, P., H. López-Rosas, D. Infante, L. A. Peralta, A. C. Travieso-Bello, B. G. Warner. 2006. Environmental and anthropogenic factors associated with coastal wetland differentiation in La Mancha, Veracruz, Mexico. *Plant Ecology*. 200:37–52.
- Moreno-Casasola, P., H. López-Rosas, D. Infante-Mata, L.A. Peralta, A.C. Travieso-Bello y B.G. Warner. 2009. Environmental and anthropogenic factors associated with coastal wetland differentiation in La Mancha, Veracruz, Mexico. *Plant Ecology*. 200:37-52.
- Mueller-Dombois D. y H. Ellenberg, 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley. New York.
- Mulleried, F.K.G. 1957. *La geología de Chiapas*. Gobierno Constitucional del Estado de Chiapas. Chiapas, México.
- Myers, R. L. 2004. Ecosistemas e Incendios: Dirigiéndose Hacia el Manejo Integrado de Fuego, in Taller Internacional El Manejo del Fuego en Ecosistemas Montanos de Latinoamérica.
- Myers, R. I., 1990. Palm Swamps. In: Lugo, A.E., Brinson, M., Brown, S. (Eds.), *Ecosystems of the World 15: Forest Wetlands*. Elsevier, Amsterdam. 267–286 pp.
- Nelson, J. L., C.M. Ruffener, J.W. Groninger y R.A. Souter. 2008. Drainage and agriculture impacts on fire frequency in a southern Illinois forested bottomland. *Canadian Journal of Forest Research*. 38: 2937-2941.
- Newton, A. y M. Mudge. 2005. Lagoon-sea exchanges, nutrient dynamics and water quality management of the Ria Formosa (Portugal). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 62:405-414.
- Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003. Establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.

- Norma Oficial Mexicana NOM-059.-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Ocampo, C. M. y C. Flores. 1995. Descripción del deterioro de la vegetación del sistema estuarino Chantuto-Teculapa-Panzacola, Chiapas. Tesis profesional. UNAM–Facultad de Ciencias. México.
- Oliveira, J. T. A., I. M. Vasconcelos, L. C. N. M. Bezerra, S.B. Silveira, A.C.O. Monteiro, R.A. Moreira. 2000. Composition and nutritional properties of seeds from *Pachira aquatica* Aubl, *Sterculia striata* St Hil et Naud and *Terminalia catappa* Linn. Food Chemistry. 70:185-191.
- Olmsted, I. y R. Durán, 1986. Aspectos ecológicos de la selva baja inundable de la Reserva de Sian Kan'an, Quintana Roo, México. Biotica. 11(3): 151-179.
- Olmsted, I. 1993. Wetlands of Mexico. En: D. F. Whigham, D. Dykyjová y S. Hejný. Wetlands of the World I: Inventory, ecology and management. Kluwer Academic Publishers Dordrecht.
- Orihuela, B. D. E., C. Tovilla, H. Franciscus, T. Álvarez. 2004. Flujo de materia de un manglar de la costa de Chiapas, México. Maderas y Bosques. Instituto de Ecología A.C. 10(2): 45-6.
- Orozco, S. A. y A. Lot. 1976. La vegetación de las zonas inundables del sureste de Veracruz. Biotica 1:1-44.
- Ozalp, M., W. H. Conner, B. G. Lockaby. 2007. Above- ground productivity and the litter decomposition in a tidal freshwater forested wetland on Bull Island, SC, USA. Forest Ecology and Management. 245: 31-43.
- Palacios, G., R. Noriega y P. Zamora. 2002. Caracterización físico-geográfica del paisaje conocido como bajos inundables. El caso del área natural protegida Balamkin, Campeche. Investigaciones geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM 49: 57-73.
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J. 2005. Árboles tropicales de México. UNAM y Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
- Peralta, P. L. A., M.D. Infante y P. Moreno-Casasola. 2009. Construcción e instalación de piezómetro. En: Moreno-Casasola P. y B. Warner. (Eds). Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable No. 1. RAMSAR Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa Ver. México.

- Peres, P. P., F. Dell Antonio, H. Cabral, G. O. Bonilla-Rodriguez. 2008a. A New Lipase Isolated from Oleaginous Seeds from *Pachira aquatica* (Bombacaceae). *Appl Biochem Biotechnol* 150:233–242.
- Peres, P. P., M. J. Tiera, G. O. Bonilla-Rodriguez. 2008b. Effect of Surfactants and Polyethylene Glycol on the Activity and Stability of a Lipase from Oilseeds of *Pachira aquatica*. *J Am Oil Chem Soc.* 85:749–753.
- Poorter, L. 1999. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. *Functional Ecology* 13:396-410.
- Portal CONAGUA. <http://www.conagua.gob.mx>
- Portal RAMSAR. <http://www.ramsar.org>
- Portal UNESCO. <http://www.unesco.org>
- Pyke, D. A., M. L. Brooks, C. D'Antonio. 2010. Fire as a restoration tool: A decision framework for predicting the control or enhancement of plantas using fire. *Restoration Ecology.* 18(3): 274-284.
- Ramírez-García, P. y D. S. Segura-Zamorano. 1994. Ordenamiento de la vegetación de manglar de la Laguna Panzacola, Chiapas. *Grandes series de la hidrobiología: los sistemas litorales.* UAMI–UNAM (2):105-113.
- Reddy, K. R. y E. M. D'Angelo. 1994. Soil processes regulating water quality in wetlands. En Mitsch (Ed.). *Global Wetlands: Old World and New.* Elsevier Science B. V.
- Reddy, K. R. y R. D. Delaune. 2008. *Biogeochemystri of wetland. Science and application.* CRC Press.London New York.
- Reyes, C. M y C. Tovilla. 2002. Restauración de áreas alteradas de manglar con *Rhizophora mangle* en la costa de Chiapas. *Maderas y Bosques.* Instituto de Ecología A. C. 8(1):103-114.
- Rendis, R. R. 2003. Relación sociedad–naturaleza en la microcuenca de Chabihau Yucatán: la importancia de los humedales y el manejo de una pesquería. Tesis de Maestría CINVESTAV – Mérida Yucatán.
- Rico-Gray, V. 1982. Estudio de la vegetación de la zona costera inundable del noroeste de Campeche, México: los Petenes. *Biótica,* 7(2): 171-190.
- Rico-Gray, V. 1990. Observaciones y comentarios preliminares al estado actual de la flora y vegetación de La Encrucijada municipio de Acapetahua, Chiapas, México. Informe del Programa Flora de México. Proyecto Flora Yucatanensis.

- Rodríguez, V. G.; M. Blanco M., F. Azolfeifa. 2004. La diversidad hace la diferencia: Acciones para asegurar la equidad de género en la aplicación del Convenio de Diversidad Biológica. UICN /HIVOS/Absoluto. San José Costa Rica.
- Rodríguez, T. D. A. 2008. Fire Regimes, Fire Ecology, and Fire Management in Mexico. *Ambio* 37(7-8): 548 – 560.
- Rodríguez, M. K.P.A. 2011. Efecto de la ganadería y quema sobre la vegetación y el suelo de los humedales herbáceos (popal) del municipio de Alvarado, Veracruz. Tesis de Maestría. Inecol A. C. Jalapa, Veracruz.
- Rojas, G. J y R. M. Vidal. 2008. Catalogo tipológico de humedales lacustres y costeros del estado de Chiapas. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales/Comisión Nacional del Agua. México.
- Roman–Cuesta, R. M. y J. Martinez-Vilalta. 2006. Effectiveness of Protected Areas in Mitigating Fire within Their Boundaries: Case Study of Chiapas, Mexico. *Conservation Biology*. 20(4): 1074–1086.
- Romero, B. E. 2006. Estructura y composición de los bosques de manglar en el sistema Lagunar Carretas-Pereyra. Reserva de la Biosfera la Encrucijada, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología – Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Edit. Limusa. México.
- Salas, R. R. L. 2006. Estructura Forestal de un manglar en la Reserva de la Biosfera la Encrucijada, Chiapas. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales Chapingo–Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México.
- Salazar, R. A. 2003. Estructura y composición del manglar y propiedades fisicoquímicas del suelo en el sistema Lagunar Pozuelos-Murillo, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas–Universidad Autónoma de Chiapas, Tapachula, Chiapas, México.
- Salazar –Vallejo, S. I. 2002. Huracanes y Biodiversidad Costera Trópica. *Revista de Biología Trópica*. 50(2): 415-428.
- Salinas, R.S.A. 2009. Caracterización y diagnóstico en tramos del río Prusia, el Plan, Cuxtepeques, el Negrito y el Rosario, en la Reserva de la Biosfera el Triunfo (REBITRI) y su zona de influencia, Chiapas, México. Tesis de Master Oficial en Restauración de Ecosistemas. Universidad de Alcalá Henares, Universidad Complutense de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, ECOSUR. San Cristobal, Chiapas, México.

- Sánchez, M. M. 2010. Los beneficios del monte. Percepción social y consumo de los servicios ecosistémicos derivados de la biodiversidad vegetal en la cuenca del río Cuitzmala, Jalisco. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. UNAM–CIEco.
- Sánchez, S. R 2008. La observación participante como escenario y configuración de la diversidad de significados. En: Tarres M. L. (Coord.) Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social. Porrúa, FLACSO y El Colegio de México.
- Sarukhán, J. 1968. Los tipos de vegetación arbórea de la zona cálido-húmeda de México. En: Pennington, T. y Sarukhan J. (Eds) Manual para la identificación de los árboles tropicales de México. Inst. Nal. De Inv. Forestales–FAO. México D.F.
- Seghier, J., C. Floret, R. Pontainer. 1995. Plant phenology in relation to water availability: herbaceous and woody species in the savannas of northern Cameroon. *J. Tropical Ecology* 11: 237-254.
- SEMARNAT, 2001. Resultado de los incendios forestales en el contexto del desarrollo rural. México D.F.
- SEMARNAT/CONAFOR. 2011. Reporte semanal de resultados de incendios forestales 2011. México.
- Siemens, A. 1983. Wetland agriculture in Prehispanic Mesoamerica. *Geographical Review* 73 (2): 166-181.
- Tarrés, M. L. 2008. Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social. Porrúa, FLACSO y El Colegio de México.
- Teutli, C. H. 2008. Regeneración de zonas de manglar bajo diferentes regímenes hidrológicos en sistemas carsticos-carbonatados. Tesis de Maestría en Ciencias. CINVESTAV – IPN- Unidad Mérida. Mérida, Yucatán.
- TNC, 2001. Iniciativa de Manejo del Fuego. Resultados del taller sobre manejo ecológico del fuego. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Documento interno.
- TNC, 2004- El Fuego, los Ecosistemas y la Gente, Una Evaluación preliminar del Fuego como un tema global de conservación.
- TNC, 2010. Perspectiva general de asuntos relacionados con el manejo de las cuencas costeras de Chiapas. TNC, USAID, Forest Service Department of Agriculture. Chiapas, México.
- Toledo, V. M. y V. Argueta. 1993. Naturaleza, producción y cultura en una región indígena de México: las lecciones de Pátzcuaro. En Leff E. y J. Carabias (Eds). *Cultura y*

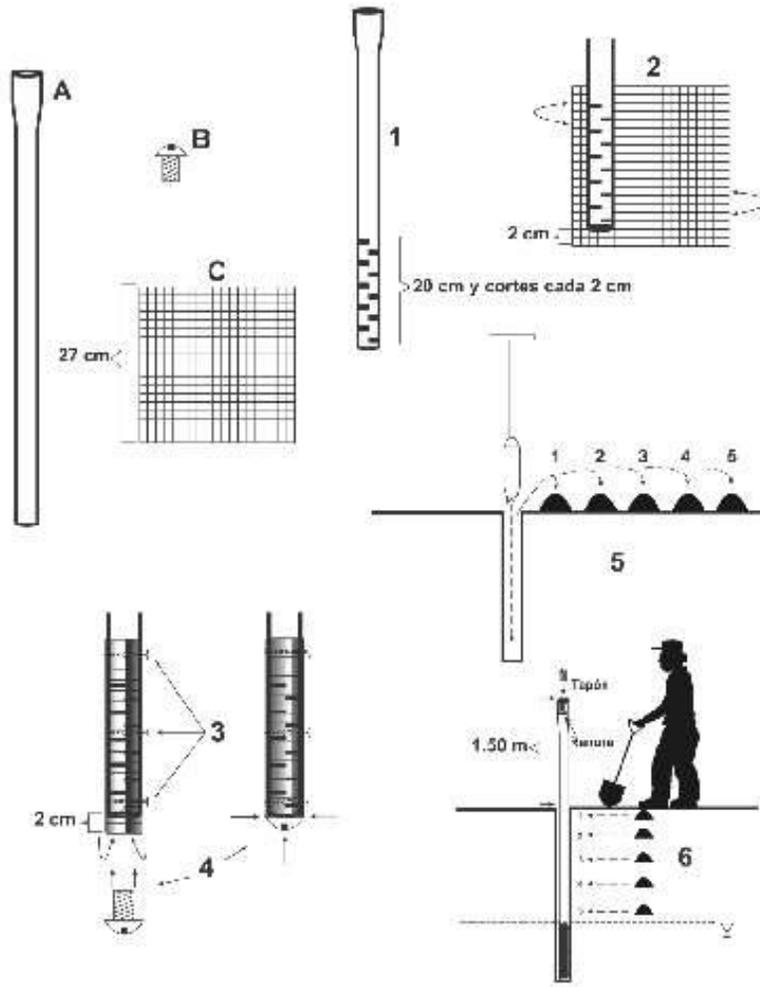
- Manejo Sustentable de los Recursos Naturales. UNAM – CIIH Porrúa. México D.F. 786 pp.
- Tovilla, H. C., V. Roman, M. Simuta y M. Linares. 2004. Recuperación del manglar en la Barra del Río Cahoacán en la costa de Chiapas. *Maderas y Bosques*. Instituto de Ecología A. C. 2:77-91.
- Tovilla H. C. y D. E. Orihuela. 2004. Impacto del huracán Rosa sobre los bosques de manglar de la costa norte de Nayarit, México. *Maderas y Bosques*. Instituto de Ecología A.C. 2:63-75.
- Tovilla, H. C., 2007. Estudio diagnóstico situación actual de los manglares en la Reserva de la Biosfera la Encrucijada, y su área de influencia Chiapas, México: transferencia y socialización del conocimiento. Informe PROCODES. Documento Interno de la Reserva de la Biosfera la Encrucijada.
- Tun Dzul, F. J., H. Vester, G. Duran, B. Schmook. 2008. Estructura arbórea y variabilidad temporal del NDIV en los “Bajos Inundables” de la Pénínsula de Yucatán. *Polibotánica*. Instituto Politécnico Nacional. 25: 69-90.
- Urrego, L. E. y J. Del Valle. 2001. Relación fenológica- clima de algunas especies de los humedales forestales (Guandales) del Pacífico Sur Colombiano. *Interciencia* 26(4):150-156.
- Van Schaik, C. P., J.W. Terbough y S. J. Wriqth. 1993. The phenology of tropical forest adptative significance and consequences for primary consumer. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 24:353 -377.
- Varona, C. F. 2011. Influencia de las condiciones físico-químicas sobre el Fitoplancton y su respuesta al enriquecimiento de nutrientes En mesocosmos en lagunas costeras mexicanas. Tesis Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. México D.F.
- Vela, F. 2008. Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa. En: Tarres M. L. (Coord.) *Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. Porrúa, FLACSO y El Colegio de México. 63 pp.
- Velázquez, M. J., 2004 .Programa de Manejo Integral del Fuego, Reserva de la Biosfera Selva El Ocote. Documento Interno.
- Vepraskas, M. J., y S. P. Faulkner. 2001. Redox chemistry of hydric soils, in: Richardson, J.L., Vepraskas, M. J. (Eds.), *Wetland Soils. Genesis, hydrology, landscapes, and classification*. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, pp. 85–106.

Westhoff, V. y Van der Maarel, E., 1978. The Braun-Blanquet Approach. In: Whittaker, R. (Ed.), *Classification of Plant Communities*. Kluwer Academic Publishers, The Hague.

Wheeler, B. D., R.P. Money, S.C. Shaw. M.R. Perrow y A.J. Davy (Eds). 2002. *Freshwater Wetlands*. Perrow, M.R. and Davy, A.J., 2002. *Handbook of Ecological Restoration*. Vol. 2. *Restoration in Practice*. Cambridge University Press. Londres.

ANEXO I

Construcción de piezómetros. Tomado del Breviario para describir, observar y manejar Humedales, 2009.



Construcción e instalación de piezómetros. A) tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{2}$ pulgada; B) tornillos inoxidables de $\frac{5}{8}$ "; C) tela Nytex. Los siguientes esquemas muestran detalles de la construcción del tubo. 1) tubo ranurado en la parte inferior; 2, 3 y 4) instalación de la tela nytex forrando el tubo y colocación del tornillo en la parte inferior para ayudar a introducir y mantener los extremos de la tela en el interior del tubo; 5) perforación del pozo con nucleador, donde la numeración indica el orden en que se extrajeron las capas de suelo; 6) instalación del piezómetro en el pozo donde se irá regresando el suelo en el orden en que fue excavado.

ANEXO 2

CONSTRUCCIÓN DE ELECTRODOS DE PLATINO. Modificado de López Rosas y Tolome (2009).

Sustancias:

- Ácido nítrico 34 %
- Ácido clorhídrico 84%
- Agua desionizada.
- Agua destilada

Material:

- Pipetas de 5 ml con perilla (utilizamos esta pipeta)
- Alambre de cobre aislado del # 10, se puede utilizar alambre de cobre del #8 y aislarlo con manguera de silicón (de acuario).
- Alambre de platino del # 18 con 99% de pureza
- Pinzas de corte
- Piedra afiladora o esmeril
- Soldadura en alambre del #18 (estaño)
- Resina epóxica (resina + endurecedor), puede ser en pasta o líquida.
- Vaso de precipitados de 50 ml
- Estuche de disección (pinzas de punta plana y tijeras)
- Pinzas de punta
- Taladro con broca de 3/64 (1.19 mm) y 1/16
- Cautín tipo lápiz (punta previamente removida)
 - Soporte universal
- Navajas desechables
- Pinzas para bureta

Procedimiento:

1. Se corta el alambre de platino en segmentos de 1.3 cm utilizando las pinzas y tijeras de disección. El material para manipular el platino no se debe usar para manipular otros metales porque se corre el riesgo de contaminación y pérdida de la pureza del platino. Recomendamos que las pinzas de disección sean cubiertas con una película de barniz para uñas, de buena calidad para evitar que se desprenda, para reducir el riesgo de contaminación del platino ó cubrir las puntas de las pinzas con resina epóxica para mayor seguridad.
2. Se limpian los segmentos de platino sumergiéndolos en una solución 1:1 de ácido nítrico y ácido clorhídrico por lo menos 4 horas.
3. Se desecha el ácido y se enjuaga el platino con agua destilada, y posteriormente con agua desionizada.
4. Se deja el platino en agua desionizada toda la noche.
5. Se desecha el agua desionizada y se deja secar el platino.
6. Se corta el alambre de cobre con las pinzas de corte. La longitud dependerá de los objetivos de trabajo y de los sitios donde se hará la medición. Por ejemplo, si se quiere medir el potencial redox de suelo a una profundidad de 20 cm y el sitio se llega a inundar 50 cm, entonces la longitud mínima del alambre debe ser de 90 cm para evitar que se moje el extremo superior de cobre.
7. Se quitan 5 cm del aislante de cada uno de los extremos del alambre.

8. Se pule la punta de uno de los extremos descubiertos usando piedra de afilar o esmeril hasta lograr una punta roma eliminando las rebabas.
9. Se fija el alambre en una posición vertical u horizontal, con la punta roma a una altura que permita ser manipulado con el taladro
10. Se hace una perforación de aproximadamente 5 mm de profundidad y 1.2 mm de diámetro en la punta roma del alambre en dirección de arriba a abajo. Se recomienda marcar con la punta de un clavo y martillo el punto de inicio, una vez que este la marca se utilizar la broca 3/64 para empezar la perforación, de uno a dos mm, y para el resto se utiliza la braca 1/16.
11. Se corta 6 mm de soldadura y se coloca dentro de la concavidad del alambre de cobre.
12. Se calienta la punta del alambre de cobre metiéndolo en el caudín. La temperatura alcanzada debe ser suficiente para fundir la soldadura y mantenerla fundida 30 segundos. No se debe calentar en exceso el alambre porque se puede derretir el aislante.
13. Se sumerge rápidamente un segmento de alambre de platino dentro de la concavidad con la soldadura fundida.
14. Se espera a que solidifique la soldadura (aproximadamente 1 minuto).
15. Se prepara la resina epóxica mezclando la resina con el endurecedor (seguir las instrucciones del producto).
16. Se coloca una película de resina epóxica cubriendo 2 mm del alambre de platino por encima de la soldadura, la soldadura y el alambre de cobre 1 cm por debajo de la soldadura.
17. Rápidamente, antes de que empiece a solidificar la resina, se desliza el aislante del alambre de cobre ó la manguera de silicón hasta cubrir la soldadura. En caso de haber utilizado esta última se recomienda limpiar con alcohol isopropílico el alambre de cobre para eliminar residuos de grasa u otras impurezas.
18. Se coloca una segunda película de resina epóxica cubriendo 2 mm del alambre de platino por encima del aislante y 1 ó 2 cm del aislante. Se procura que lo único que quede en contacto con el ambiente sean aproximadamente 7 mm de alambre de platino.
19. Se deja secar la resina colocando los alambres en posición vertical (con la punta de platino hacia arriba) en pinzas para bureta y soporte universal.
20. Una vez seca la resina ya se pueden calibrar los electrodos y usarlos en campo.
21. En caso de que las puntas de platino se hayan cubierto de un exceso de resina, se quita con navaja desechable.

Calibración

Sustancias:

- Quinhidrona (Quinhydrone, 97%; ALDRICH # 282960-100G o Sigma #Q- 1001).)
- Solución amortiguadora de fosfatos pH 4 ó 7 (J.T.Baker 5606-02 ó 5608-02)

Material:

- Medidor de pH/mV/ORP (BARNANT 20) o multímetro (voltímetro)
- Electrodo calomel de referencia (CORNING #476406)

- En caso de usar el medidor de pH/mV/ORP como voltímetro, usar un adaptador coaxial
- 1 par de cables aislados del # 16 con punta de caimán
- 2 probetas de 50 ml c/u
- 2 vasos de precipitados de 100 ml c/u
- Espátula

Procedimiento:

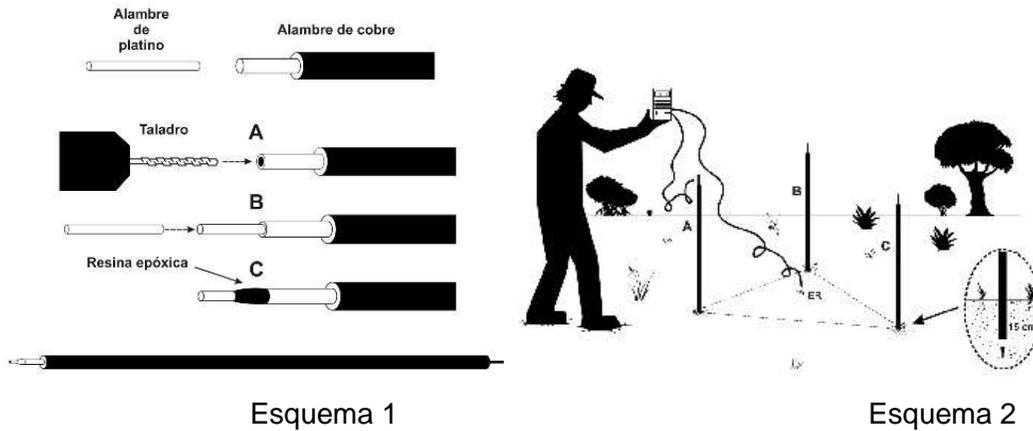
1. Se hace una solución añadiendo $\frac{1}{2}$ cucharadita (aproximadamente 5 mg) de quinhidrona a 100 ml de solución amortiguadora de pH 4 o pH 7.
2. Se coloca el electrodo calomel de referencia en la solución y se conecta a la salida negativa (generalmente negra) del voltímetro.
3. Se coloca en la misma solución el electrodo de platino (con la punta de platino inmersa en la solución) y se conecta a la salida positiva (generalmente roja) del voltímetro, usando el cable con punta de caimán.
4. Se coloca el medidor en modo mV y se utiliza una carga de 2000 mV.
5. Se anota la lectura.
6. Dependiendo de la temperatura ambiental y de la solución amortiguadora que se utilice, las lecturas esperadas aparecen en el siguiente cuadro. En el campo en zonas tropicales la temperatura más frecuente es de 25°C, por lo que se resalta en negritas.
7. Se anota la diferencia entre el valor obtenido y el valor esperado. Si la diferencia entre lo obtenido y lo esperado es mayor a 10 mV, se deberá limpiar la punta de platino con agua y navaja y volver a calibrar. Si después de una segunda calibración se siguen teniendo más de 10 mV de diferencia, se desecha el electrodo.

USO EN CAMPO

El valor del parámetro de potencial redox se obtiene utilizando 3 electrodos de platino y un electrodo calomel de referencia (Corning 476340) calibrado previamente a 218 mV en solución amortiguadora de pH 4 (J. T. Baker 5606-02) y Quinhidrona (Sigma Q- 1001).

1. Se conectan los electrodos al voltímetro (procedimientos 2 y 3).
2. Una vez calibrado, se entierra el electrodo de platino a la profundidad deseada. Si se entierra someramente (1 a 5 cm) y el alambre de cobre es muy largo, se requerirá de un soporte adicional para evitar inestabilidad.
3. Cada electrodo de platino se entierra en un punto diferente del cuadro a una profundidad de 15 cm para tener tres valores y obtener la media (Figura 3).
4. Se entierra el electrodo calomel de referencia en la superficie del suelo, cerca del electrodo de platino.
5. El suelo debe estar húmedo o inundado para cerrar el circuito y poder tomar la lectura. Si el suelo está seco, se debe humedecer la superficie con agua destilada.
6. Las medidas de E se obtienen con un medidor pH/ORP Barnant, sumando a cada una de estas lecturas la cantidad de 244.3 mV (Bohn 1971).
7. Se anotan las lecturas. El promedio de los tres valores de E se utiliza en el H análisis de los datos.

8. Para obtener el valor de E de cada lectura, se suman los mV que H corresponden de acuerdo con la tabla del procedimiento 6 de la sección Calibración. Por ejemplo, si la lectura en campo fue de -50 mV a una temperatura de 25 C, el valor de E será de $-50 + 244.3 = 194.3$ mV e indica que H ya comienza la aparición de Mn^{2+} en el suelo (ver la Introducción).

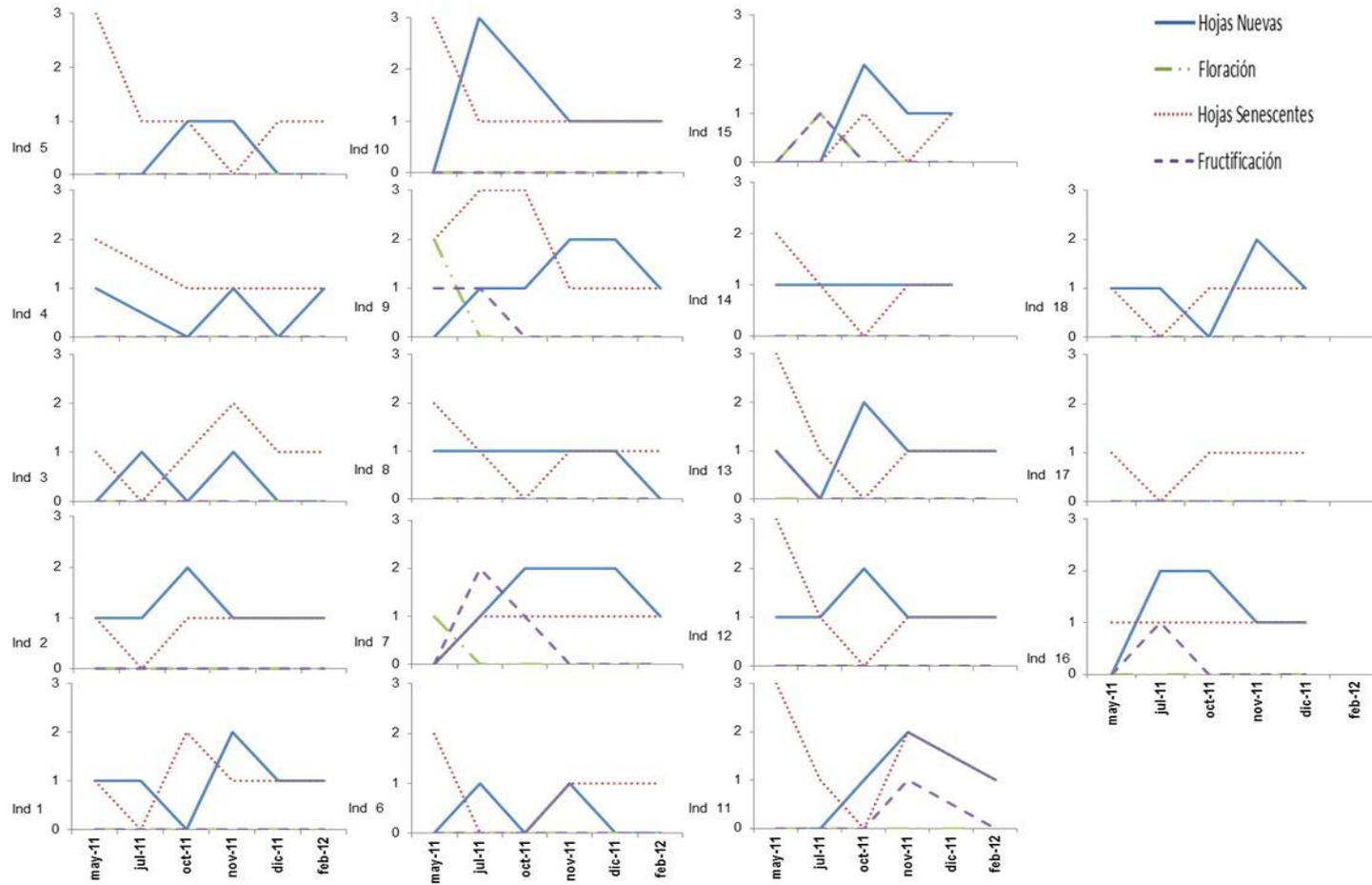


Esquema 1. Electrodo construido en el laboratorio con base en el procedimiento descrito. Puede apreciarse la punta de platino en un extremo. Esquema 2. Muestra la posición y enterramiento de los tres electrodos de platino (A, B y C) y del electrodo de referencia (ER) durante la medición del potencial redox. Tomado del Breviario para describir, observar y manejar Humedales, 2009

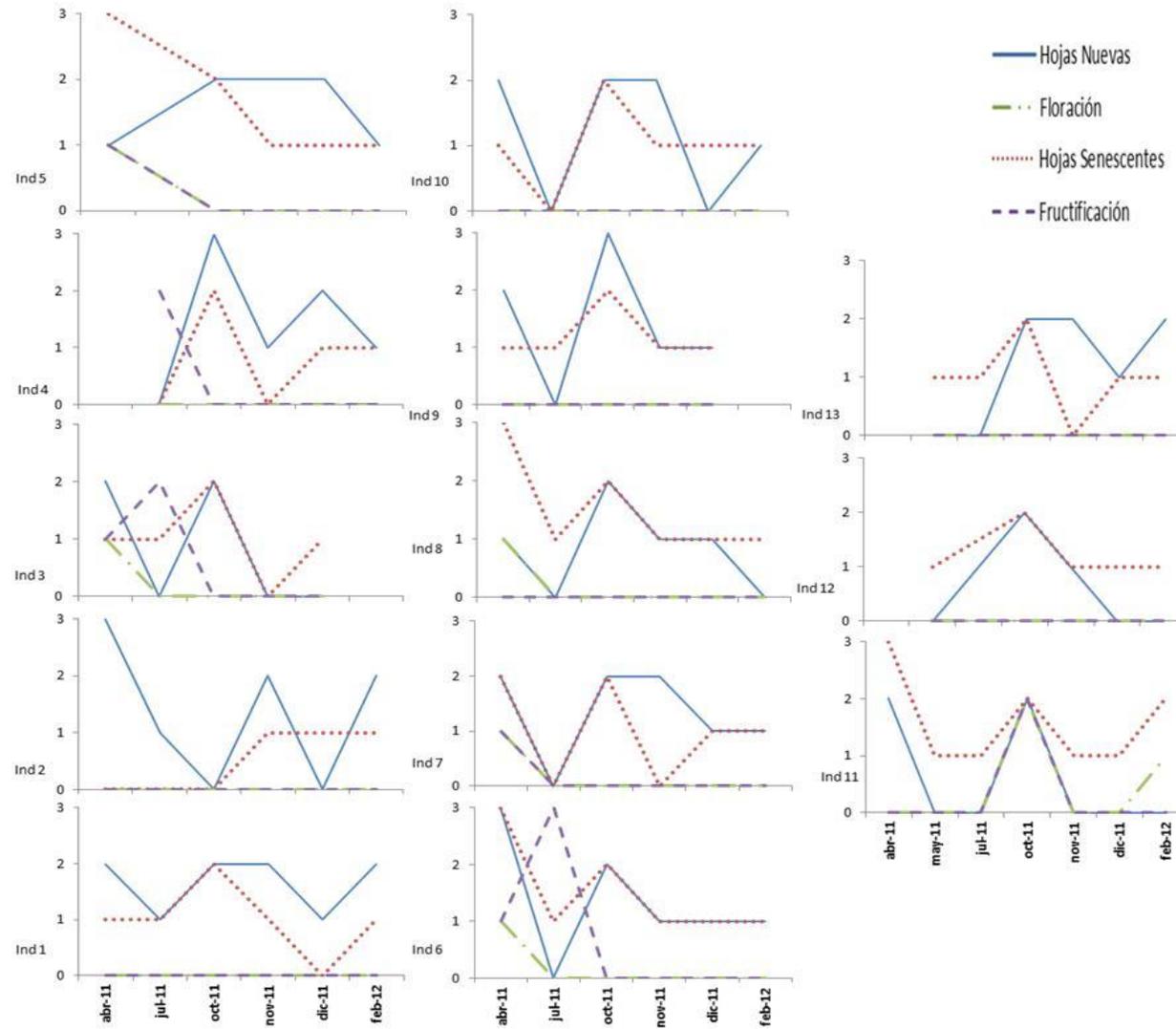
ANEXO 3

Cambios fenológicos de los individuos muestreados en las localidades de estudio. a) Nixtamal y b) Jícara.

a



b



ANEXO 4

Temas y preguntas que guiaron las actividades para recabar información sobre los usos y costumbres del bosque de zapotón (*Pachira aquatica*) en comunidades de la Reserva de la Biosfera la Encrucijada, Chiapas, México.

Los bosques de zapotón cercanos a su comunidad son únicos en nuestro país, sin embargo es poca la información que existe en cuanto su estructura y función, además del uso que les dan las comunidades cercanas. Al igual que otros ambientes en los últimos años se han perdido hectáreas debido a diferentes problemas ambientales.

La información que se obtenga en esta entrevista forman parte del trabajo de tesis de maestría de Matilde Rincón Pérez que está realizando en la UNAM cd. de México y el INECOL en Jalapa, Veracruz. Contar con estos datos nos permitirá caracterizar estos bosques y conocer la importancia que tienen para las comunidades cercanas a él y realizar recomendaciones para la conservación, manejo y restauración.

Datos del entrevistado

1. Localidad: _____
2. Nombre del entrevistado: _____
3. Actividad productiva a la que se dedica: _____
4. Años de vivir en la comunidad: _____
5. Lugar de nacimiento: _____
6. Edad: _____
7. Género _____

Utilidad de los bosques de zapotón (*Pachira aquatica*). (Anotar sus comentarios)

1. ¿Tiene alguna utilidad los bosques de zapotón para su comunidad? Sí No
Para que los utilizan

Extracción de Madera	_____
Colecta de plantas medicinales	_____
Sitio de caza	_____
Otros	_____

2. ¿Hay beneficio personal que le brinden? Sí No
¿Cuáles?

3. ¿Conoce usted que plantas viven en el bosque de zapotón? Sí No
¿Mencionar cuáles?

4. Las plantas que mencionó tienen algún uso? Sí No

Nombre	Uso	Frecuencia	Forma de vida

5. Me puede mencionar que animales sabe que viven en el zapotón?

6. Usted aprovecha los animales que viven en el zapotón? Sí No

Nombre	Uso	Frecuencia	Forma de captura

7. ¿Ha escuchado usted de los servicios ambientales ó beneficios que proporciona el ecosistema? Sí No (explicar brevemente)

¿Qué servicios ambientales conoce?

8. ¿Sabe de los pagos por servicios ambientales? Sí No (explicar brevemente)

Caracterización de la especie

1. ¿Me puede mencionar otros con que otros nombres conoce al zapotón?

2. ¿Tiene algún uso directo el árbol? Sí No

3. ¿Cuáles son las partes del árbol usa?

Partes del árbol	Uso	Frecuencia	Obtención

4. ¿Usted las vende ó compra? ¿En cuanto la vende o la compra?

5. ¿Saben en qué meses se ven flores y frutos?

Meses	Flor	Fruto	Meses	Flor	Fruto
Enero			Julio		
Febrero			Agosto		
Marzo			Septiembre		
Abril			Octubre		
Mayo			Noviembre		
Junio			Diciembre		

6. ¿Hace algunos años cómo era el bosque?
7. ¿Qué sitios conoce con zapotón? (que me dibujen un mapa con puntos de referencia)
8. ¿Sabe que problemas ambientales se han presentado en los zapotonales como incendios, deforestación, contaminación, saqueo de fauna)?

Problemática	Frecuencia	Importancia

9. ¿Sabe usted que pasa con los zapotonales después de lluvias fuertes?

Percepción del área natural protegida

1. ¿Sabe usted que su comunidad pertenece a una reserva o Área Natural Protegida? Sí No
 ¿Desde cuándo?
 Hace meses Hace 1 – 5 años Hace más de 5 años
2. ¿Conoce usted cual es la función de la reserva? Sí No
 Me puede mencionar alguna de ellas
3. ¿Usted ó su comunidad se ha beneficiado de las actividades que realiza la reserva? Sí No
4. ¿Usted ó su comunidad se ha perjudicado de las actividades que realiza la reserva? Sí No
 Mencione algunas
5. ¿Ha participado directamente en alguna actividad o proyecto de la reserva?
 Sí No
 Mencione cuales
6. ¿Conoce que tipo de apoyos puede recibir de la reserva? Sí No
 Mencione cuales

UNIVERSIDAD DE ALICANTE
CENTRO IBEROAMERICANO DE LA BIODIVERSIDAD
DOCTORADO EN BIODIVERSIDAD:
CONSERVACIÓN Y GESTIÓN DE LAS ESPECIES Y SUS HÁBITAT

La participación rural en la conservación de la naturaleza



Adi Estela Lazos Ruíz

Directores:

Dra. Patricia Moreno-Casasola B.

Dr. Eduardo Galante P.

ALICANTE, JULIO 2014

Serie fotoNatura-La Mancha

“En la Naturaleza no somos ni los más grandes ni los más fuertes pero tenemos el poder de pensar, inventar y convivir”



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

La participación rural en la conservación de la naturaleza

Adi Estela Lazos Ruíz



Instituto de investigación
Centro Iberoamericano de la Biodiversidad

Universidad de Alicante

2014



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



La participación rural en la conservación de la naturaleza

Memoria presentada por la M. en C. Adi Estela Lazos Ruíz para optar al título de Doctora Internacional en Biología por la Universidad de Alicante

Fdo. Adi Estela Lazos Ruíz

Los directores

Fdo.
Dra. Patricia
Moreno-Casasola Barceló
Instituto de Ecología A.C.
(INECOL)
Xalapa, México

Fdo.
Dr. Eduardo Galante Patiño
Centro Iberoamericano de la
Biodiversidad (CIBIO)
Universidad de Alicante
Alicante, España

2014

A mis padres, mi hermana y mis abuelas

A mis amigos de La Mancha

A los pobladores de la zona rural de Veracruz y el país

Quien tiene la sensación de que las decisiones sobre su futuro están en manos de poderes ajenos pierde el contacto con sus propios recursos.

Anselm Grün

Contenido

Agradecimientos	1
Apoyo financiero.....	3
Resumen.....	5
Artículos relacionados a esta tesis.....	6
Comunicaciones en congresos	6
Organización de la tesis.....	7
Capítulo I	11
Introducción general.....	13
Desarrollo sustentable	14
Zonas rurales	16
Conocimiento ecológico comunitario	17
Participación comunitaria.....	18
Emprendimientos rurales.....	20
Mapa conceptual	22
Justificación.....	22
Objetivo general	23
Objetivos particulares.....	23
Hipótesis.....	23
Los humedales y su importancia	24
Historia de origen.....	27
Área de estudio.....	28
Metodología general.....	40
Referencias	41
Capítulo II	51
Documentando el conocimiento ecológico tradicional de una comunidad rural.....	53
a) Video-Documental Mujer Campesina.....	53
b) FotoNatura-La Mancha	58
c) El uso de los árboles en Jamapa: La tradición y las mejores prácticas	64
d) Guía para Ecoguías.....	88

Capítulo III	97
Conociendo el funcionamiento de proyectos productivos rurales y los factores que influyen en su éxito.....	99
Empresa Rural Verde: desarrollando criterios de sustentabilidad con la comunidad rural.....	100
Capítulo IV	113
Proponiendo formas de participación de la comunidad rural con énfasis en lograr su intervención activa en la conservación de su entorno.....	115
Green Rural Enterprises: guidelines for empowering local groups towards sustainable ventures.....	116
Capítulo V	143
Discusión general.....	145
Capítulo VI	153
Conclusiones.....	156
Propuestas de investigación para el futuro.....	158
Anexos	161
Anexo 1. Video documental Mujer Campesina.....	163
Anexo 2. FotoNatura-La Mancha.....	163
Anexo 3. Guía de Ecoguías.....	163
Anexo 4. Caracterización de grupos.....	164

Agradecimientos

A Dios/Naturaleza por inspirarme al contemplar sus grandes obras.

¡Es emocionante llegar a este momento de culminación de un proceso tan largo! y también expresar mi gratitud a taaaanta gente que ha contribuido para que esta tesis esté aquí y ahora, a punto de salir del horno. Primeramente quiero agradecer a mi directora Patricia Moreno-Casasola por todo su apoyo y guía en estos intrincados caminos de la investigación, por confiar en mí, por los aterrizajes forzosos y por alentar mis ideas malucas, por enseñarme a dar un esfuerzo más y sobre todo por su increíble compromiso con la conservación de la naturaleza de este país. A mi director Eduardo Galante por toda su orientación y ayuda, sus palabras de aliento, por estar en los momentos clave y por abrirme las puertas del CIBIO.

A mi mamá y mi papá por estar presentes siempre e incondicionalmente, por su infinito amor y apoyo y por heredarme ese bagaje de *quién sabe qué* que hace en buena parte lo que soy hoy y que me ha llevado a este punto del camino. A mi querida manita Lisset porque mi vida fue aún mejor cuando ella nació. A mis abuelas por ser tan geniales y por preguntar cada vez ¿y cuándo vas a terminar? A toda mi familia.

A la gente de La Mancha, en especial al grupo Ecoguías La Mancha en Movimiento- David, Yari, Lupe, Alex, Enrique, Ague, Omar, Merli, Adán, Gera, Ceci, Hugo, Kin, Doña Nachita, Chenco (†), Petra, Elvira, Doña Sofia, Cristi y sus familias- por dejarme aprender de ustedes, por las risas y por compartir tantas vivencias en su hermosa tierra. A todos los niños y jóvenes participantes en fotoNatura-La Mancha. A los chicos del humedal. A Don Enrique, Tacho y Fer por toda su ayuda, pláticas y chistes en CICOLMA. A las mujeres del Vivero de la Mujer Campesina por transmitir su fuerza y por compartir su experiencia en el video documental. A la gente de Jamapa, por toda su disposición para ir a campo, por las largas pláticas y las historias, especialmente a Cari, Amalia, Eulalia, Cata, Marina, Charo, Bartolo, Luis, Kiko, Delma, Carmen, Margarito, Blanca, Marcial, Doña Deogracia, Don Marcial, Don Goyo, Don Maximino y los hermanos Domínguez. A toda la gente de los grupos de ecoturismo de Ciénegas del Fuerte y de La Guadalupe y también a la gente que entrevisté en Alvarado, Jamapa, La Mancha, Boquilla de Oro, Santander, Vega de Alatorre, Ciénega del

Fuerte y La Victoria porque a través de ellos pude conocer un poco más sobre las zonas rurales de Veracruz y sus increíbles paisajes.

A mis maestros Mar Delgado y Luis Llambí porque sus enseñanzas repercutieron mucho en este trabajo. Al Dr. Guevara por ser uno de mis senseis, por lo mucho que he aprendido y sobre todo por contagiarme lo fenomenal que es estudiar árboles e historia ambiental. A la gente del CIBIO por toda su ayuda, en especial en la presentación del DEA y la finalización del doctorado, muchas gracias Cinta!!, a mis profesores de los cursos doctorales, a José Luis Casas por su apoyo. A Armando Contreras por sus comentarios a esta tesis. A Paris Gómez del ITESM Campus Querétaro por la orientación y apoyo con el equipo de grabación del video documental. A Lisset Lazos por la edición.

En el proyecto fotoNatura-La Mancha a la artista visual Ingrid Martínez Buendía por su grandiosa disposición, a Nadia Rivera y Alejandro González por su tiempo, entusiasmo y creatividad, a Alejandro Sandria y David Díaz, que sin su ayuda no hubiera sido posible este proyecto. A los fondos aportados en efectivo y en especie por Ecoguías La Mancha en Movimiento, Restaurante La Vecchia Locanda, Restaurante El Tío Mele, Cabañas Kenanchichitli, Alexmikmia e Imprímeme, a la Pizzería Il Tartufo de Coatepec y a la organización del Festival de Aves y Humedales de La Mancha 2011.

A Josué González Garín por las ilustraciones de la Guía de Ecoturismo. A Claudia Gallardo por su amistad y por la identificación de plantas con su ojo botánico. A Abraham Juárez por su amistad, enseñanzas y gran colmillo. A mi papá (ota vez) por sus valiosísimos comentarios a la tesis. A Allison y Bianca por su ayuda en la revisión de inglés de los artículos. A Carlos Ramírez por su apoyo en el trabajo de campo. Al personal de vehículos y administración del INECOL por el apoyo logístico.

A todos mis amigos del INECOL, en especial a Nadia, Lore, Yuyit, Mayic, Matita, Karlitas, Blanca, Toñita, Marco, Allison, Rosy, César, Ricardo, Alex, Pablo, Eras, Rober, Kere, Jorge, Gina, Graciela, Leo, Nancy, Cande por su amistad, apoyo constante, opiniones, motivación, carcajadas, buena vibra, cafecito y compañía. A Gerardo Sánchez Vigil por su ánimo inagotable. A Mariana Báez por compartir su pasión por la fotografía. A mis amigos de IMRD por la visión compartida, en especial a mis carnalas Emma, Nury, Jessi y Nastya.

A mis amigos del doctorado, Ana Paola por todo su apoyo y por su gran vocación, Rocco, Elenas, Jonás; Josy, César y Olmo por el recibimiento en Alicante, Cata, Alicia, Vero, Johis por ser una verdadera pitufa, Alma por toda su ayuda y a todos mis compañeros de generación, en especial a mi querido Javi por tantas pláticas, por estar siempre en la sintonía perfecta de la anti-lógica y por bailar tan bien. A Ingres por toda su amistad, ayuda, risas y por hacer realidad el proyecto de foto. A todos mis amigos de canto. A todos mis amigos escaladores. A mis roomies de todos los tiempos. A mis nuevos amigos brasileiros que estuvieron en la recta final de la tesis. Y a aquellos seres de quienes sentí su compañía y hasta me ayudaron a aclarar uno que otro punto de la tesis Coch, Milo, Añi, Ameixa, Sakura, Lin y Penélope.

A la lista interminable de gente que contribuyó a la realización de este trabajo.

Last but not least, a la guerrera que hay en mí porque esta etapa me costó mucho trabajo.

A todos todos todos muchas gracias.

Apoyo financiero

Agradezco profundamente a todas las fuentes de financiación y los esfuerzos de las que provienen, sin las cuales no hubiera sido posible hacer esta investigación:

- Beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para estudios de doctorado en el extranjero, becaria 208529
- Fondos de PD349/05 Rev.2 (F) y RED-PD 045/11 Rev.2 (M) de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) e Instituto de Ecología A.C.
- Beca de asistencia y transporte del XIII Congreso Forestal Mundial

Resumen

Los recursos naturales y la organización social están en continua co-determinación. La humanidad depende de estos recursos para vivir y nosotros a su vez tenemos una población más grande y provocamos cambios más acelerados. Por ello es imperativo encontrar formas más eficientes de uso de los recursos, conservando su capacidad de regeneración y el mantenimiento de sus funciones y servicios ambientales.

En México los bosques, las selvas y la vegetación de zonas áridas cubren más de 70% del territorio y de éste aproximadamente 70% es de propiedad ejidal en zonas rurales. Este segmento de la población, especialmente los que se dedican a actividades primarias, está muy relacionado a la apropiación de recursos naturales. En consecuencia, la degradación de estos recursos repercute directamente en sus actividades y en sus modos de vida, así como en la provisión de estos servicios ambientales de los que nos beneficiamos todos. De esta manera, la participación de la sociedad rural es indispensable para la conservación.

El conjunto de conocimientos, prácticas y creencias acerca de la relación de la naturaleza y los seres vivos que han desarrollado los pobladores rurales a lo largo de años de experiencia es muy valioso y es una herramienta muy importante en el diseño y aplicación de mejores formas de manejo de los recursos. La participación de los habitantes rurales en grupos de trabajo de investigación es vital, pues su visión tiene elementos diferentes que ayudan a enriquecer el cuerpo de conocimiento. Asimismo, entrar en la tarea de conservar es parte de una estrategia de desarrollo sustentable.

Hay diferentes grados de participación, usamos la clasificación de Pretty *et al* (1998) que define el grado más bajo como escucha pasiva y el más alto como auto-movilización. Esta tesis explora diferentes estrategias y niveles de participación de la sociedad rural en la conservación de la naturaleza –como la fotografía participativa, el video documental y el rescate de conocimiento tradicional sobre árboles-.

También proponemos el concepto de Empresa Rural Verde (ERV) como un medio para impulsar la participación en el nivel de auto-movilización. Se trata de un modelo de empresa con objetivos económicos, ecológicos y sociales que busca la sustentabilidad. Considera a la sociedad rural como los manejadores de estas empresas, fomentando actividades amigables

con el ambiente que sean complementarias a sus actividades tradicionales y generando una mayor dinámica tanto económica como de otros beneficios intangibles en el territorio rural. La ERV da las pautas para que los emprendimientos tomen acciones encaminadas hacia la sustentabilidad. Además, induce a la propia comunidad a emitir su evaluación, tomando un papel más activo en su desarrollo y empoderamiento. Defendemos que la sociedad rural tiene un papel clave en la conservación de recursos y se puede impulsar a través de su participación activa en acciones de desarrollo sustentable.

Artículos relacionados a esta tesis

Lazos-Ruíz, A., Moreno-Casasola, P., Galante, E. 2013. Green Rural Enterprises: guidelines for empowering local groups towards sustainable ventures. *Journal of Environmental Planning and Management*. DOI: 10.1080/09640568.2013.844107.

Lazos-Ruíz, A., Moreno-Casasola, P., Galante, E. 2014. Empresa Rural Verde: desarrollando criterios de sustentabilidad con la comunidad rural. *Forum de Sostenibilidad* 6: 3-16.

Lazos-Ruíz, A., Moreno-Casasola, P., Guevara, S., Gallardo, C., Galante, E. 2014. El uso de los árboles en Jamapa: La tradición y las mejores prácticas. Enviado a *Madera y Bosques*.

Comunicaciones en congresos

Lazos-Ruíz, A., Moreno-Casasola, P. 2009. *Proyectos productivos para el uso sustentable de bosques costeros: perspectivas* en el XIII Congreso Forestal Mundial celebrado en Buenos Aires, Argentina del 18 al 23 de octubre de 2009. Poster.

Organización de la tesis

Esta tesis doctoral está organizada en seis capítulos:

El capítulo I presenta el marco teórico de la tesis, abordando los temas principales y estructurándolos en un mapa conceptual. También se presenta el objetivo general y los particulares, la metodología general, el contexto de investigación en el que se enmarca esta tesis, la zona de estudio y la descripción de la situación de los ecosistemas que dieron origen al proyecto.

El capítulo II atiende al objetivo particular de **documentar el conocimiento ecológico tradicional de una comunidad rural** a través de distintas técnicas que exploraron diferentes grados de participación de comunidades. Para ello se desarrollaron los siguientes trabajos:

a) Video documental “Mujer Campesina”

Después de varios talleres participativos con un grupo de mujeres socias de un vivero forestal derivado de un plan de manejo se identificó un problema de desmotivación y se decidió hacer un video para documentar los logros y conocimientos desarrollados a través de su participación en el Vivero de la Mujer Campesina de la comunidad de Palmas de Abajo, Veracruz, México. El video documental puede llevar la tarea de enfocar los efectos positivos de los participantes y por ello se propuso como un recurso para elevar la motivación. El video documental Mujer Campesina es un material que retrata momentos y situaciones de la vida de las mujeres, el contexto de un pueblo rural de Veracruz actual, los obstáculos a los que se han enfrentado las participantes y la forma en que los han superado, los logros que han alcanzado tanto materiales como inmateriales, su impacto en los niveles personal, familiar y comunitario y un mensaje de conservación para la audiencia. Ellas compartieron sus reflexiones y aprendizajes y a su vez se convirtió en una herramienta para verse a ellas mismas desde otro punto de vista.

b) FotoNatura – La Mancha

La fotografía participativa es una metodología que, entre otras cosas, fomenta la participación de un grupo de personas a utilizar la fotografía como un medio para mostrar sus percepciones sobre un tema dado. Además, las fotografías quedan como archivos que documentan con

imágenes la realidad del entorno de ese momento. En el caso de este trabajo se trató el tema de la relación entre la comunidad de La Mancha y el entorno natural. Se tuvo la participación de 26 niños y jóvenes quienes tomaron fotografías libremente bajo el tema propuesto. Los resultados muestran que la agricultura y la ganadería son consideradas por la comunidad como una forma importante de relacionarse con el medio ambiente. Adicionalmente quedó demostrado que el medio también es un espacio de juegos e interacción con otros niños y jóvenes del pueblo. Se retrataron plantas y animales domésticos, que forman parte de la vida cotidiana de los participantes. Por otra parte, con la participación de una artista visual como parte del equipo de trabajo, se construyeron imágenes sobre el mismo tema con la función de ofrecer mensajes visuales al público sobre el cuidado del medio ambiente.

c) El uso de los árboles en Jamapa: La tradición y las mejores prácticas

Se partió de la observación de que los árboles de gran porte se están perdiendo a un ritmo acelerado en todo el estado Veracruz, especialmente por la ganadería y el cultivo de caña de azúcar. Asimismo, las generaciones más jóvenes han perdido el apego al campo y el conocimiento ecológico tradicional se pierde vertiginosamente. Para conocer y documentar este conocimiento sobre el uso de árboles, se hicieron entrevistas semiestructuradas en la comunidad de Jamapa que tiene larga tradición y años de ocupación de la zona. Los informantes participaron eligiendo los árboles que consideran más importantes y compartieron su conocimiento y experiencias. Se mencionaron más de 60 especies, contribuyendo a enriquecer los listados florísticos de la zona. Se buscaron los tipos de vegetación en los que se encuentran, se identificaron 22 usos locales de los árboles, se describieron detalles de uso proporcionados por los informantes y se hizo una comparación sobre los usos anteriores de los árboles y sus sustitutos actuales. La investigación demostró que los usuarios de árboles de la zona tienen conocimiento sobre sus usos, aunque se está perdiendo a un ritmo acelerado. Con esta información se plantearon propuestas para mejorar las prácticas de manejo de sus terrenos, como el uso de cercas vivas, los sistemas silvopastoriles, las plantaciones sustentables, entre otros, orientados a incrementar la productividad de sus terrenos y favorecer la conservación de servicios ambientales de los que dependen.

Los resultados se han recogido en el artículo enviado para publicación a la revista *Madera y Bosques*, titulado “El uso de los árboles en Jamapa: La tradición y las mejores prácticas” y cuyos autores son Lazos-Ruíz, A., Moreno-Casasola, P., Guevara, S., Gallardo, C., Galante, E.

d) Guía de Ecoturismo de La Mancha en Movimiento

A lo largo de un taller participativo buscando conflictos y potencialidades de su organización, el grupo de ecoturismo La Mancha en Movimiento, identificó la necesidad de ampliar la capacitación de sus guías y desarrollar un alto estándar de calidad en sus recorridos. Se propuso elaborar una guía que apoyara la capacitación de sus miembros y otros grupos con base en sus propios conocimientos. Para ello se usaron elementos de la metodología “campesino a campesino” y cada participante preparó un tema e hizo un recorrido guiado para sus compañeros. Así, los contenidos de la guía fueron seleccionados y construidos por el grupo y fueron apoyados por la autora en la organización y preparación del resultado final que es la Guía de Ecoturismo de La Mancha en Movimiento. Este material se adecua a las necesidades específicas del grupo y se considera un avance en la participación activa de los mismos.

El capítulo III responde al objetivo particular de **conocer el funcionamiento de proyectos productivos rurales y los factores que influyen en su éxito**. Para ello se hizo una extensiva revisión de literatura, talleres participativos y actividades con la comunidad a lo largo de tres años (enero 2009 - junio 2012) de observación participante en trabajo comunitario, sobre todo en la comunidad de La Mancha. Como resultado se creó la propuesta de Empresa Rural Verde, empresa con objetivos de conservación cuya estructura puede representarse en un triángulo cuya base es el capital natural; siendo los lados el desarrollo rural territorial y los fundamentos de emprendimientos orientados a la sustentabilidad, y al centro el grupo comunitario que los maneja. Su descripción detallada se encuentra en el artículo “Empresa Rural Verde: desarrollando criterios de sustentabilidad con la comunidad rural” cuyos autores son Lazos-Ruíz, A., Moreno-Casasola, P., Galante, E., y que fue publicado en la revista *Forum de Sostenibilidad*.

El capítulo IV atiende al objetivo particular de **proponer formas de participación de la comunidad rural**. Una vez diseñada la propuesta de Empresa Rural Verde era necesaria una

guía para orientar los proyectos productivos en el camino de la sustentabilidad, así como promover la participación activa del grupo rural que los maneja. De esta manera se desarrolló la metodología de evaluación de este tipo de proyectos, que no solamente indica los aspectos relevantes en la implementación de nuevos emprendimientos rurales, sino las alternativas para lograrlo y propone que la evaluación se haga por los mismos participantes rurales para aumentar su empoderamiento. Los resultados de este trabajo están publicados en el artículo:

Lazos-Ruíz, A., Moreno-Casasola, P., Galante, E. 2013. Green Rural Enterprises: guidelines for empowering local groups towards sustainable ventures. *Journal of Environmental Planning and Management*. DOI: 10.1080/09640568.2013.844107.

El capítulo V se dedica a la discusión general de los resultados obtenidos en esta tesis.

El capítulo VI contiene las conclusiones de este trabajo.

A lo largo de este documento se presentan imágenes de la serie fotoNatura-La Mancha. Las fotografías fueron tomadas por Ingrid Martínez Buendía y los textos fueron escritos por la autora de la tesis.

Capítulo I.

Introducción general



Serie fotoNatura-La Mancha

“La naturaleza es arte...éstas son plantas flotantes de humedal (*Nymphaea ampla* y *Salvinia* sp.), conforman una trama de colores y formas que el ojo sensible transforma en una imagen”

Introducción general

El ser humano no existe en el vacío (Toledo y González de Molina 2007); está situado en un contexto social y natural. Si bien las ciencias sociales se centran en el estudio de las personas y su organización en sociedades y la ecología en el estudio de la diversidad biológica y su papel funcional en la naturaleza, tanto los cambios ambientales como sociales se codeterminan: la organización de la sociedad estipula su relación con la naturaleza y ésta a su vez condiciona la manera en que se configuran las sociedades (Toledo y González de Molina 2007). En este sentido, las situaciones ambientales actuales son resultado de las relaciones humano-naturaleza del pasado (Oliveira 2008).

La dependencia inexorable de los grupos humanos sobre los recursos naturales ha hecho que los usen y exploten desde el comienzo de su historia. Las perturbaciones ambientales no son recientes (Barlow *et al* 2011), los primeros grandes cambios de uso del suelo fueron hechos utilizando el fuego (Oliveira 2008) y desarrollando sistemas de producción agrícola y ganadera a pequeña escala. El uso intensivo de recursos tiene una larga historia, por ejemplo el centro-oeste de lo que actualmente es México ha sido ocupado y utilizado desde hace más de 8,000 años (Perring y Ellis 2013); hay evidencia de uso agrícola y de extracción de carbón en el bosque costero atlántico de Brasil desde hace más de 3,000 años de antigüedad (Oliveira 2008), entre muchos otros ejemplos en todo el mundo.

Las colonizaciones, en particular las europeas, conllevaron una extracción creciente de los recursos naturales de América Latina, especialmente entre los siglos XVI y XIX (Maser 1996, Chapman 2012) y una transformación de usos y costumbres agrícolas con sustitución de cultivos y animales domésticos y saberes. La mortalidad causada por las enfermedades traídas de Europa durante la Colonia -en algunas zonas más del 80% de la población (Siemens 1998)-, aunado a los decesos por la propia colonización, hizo que muchos de los conocimientos sobre el manejo del ambiente se perdieran. Para México y América Central se estima que la conversión de uso de suelo se disparó alrededor del año 1850, aumentando la superficie de cultivo y disminuyendo la de bosque (Ramankutty y Foley 1999). Challenger y Soberón (2008) publican mapas del territorio mexicano mostrando una grave pérdida de vegetación primaria, especialmente los

bosques tropicales perennifolios y caducifolios, bosques templados y humedales de la mitad sureste del país. La devastación de recursos naturales en México ha sido promovida, entre otros agentes, por actuaciones gubernamentales como la deforestación de selva por la Comisión Nacional de Desmontes en la década de 1970 (Moreno 2011), la urbanización desordenada que provoca altas cotas de fragmentación del medio (Hirales-Cota *et al* 2010), la contaminación, los procesos de erosión y el uso agropecuario y forestal extensivo (Toledo 1990, Challenger y Soberón 2008, Guevara y Moreno-Casasola 2008).

Los últimos 50 años han traído más cambios en la mayoría del planeta de los que se habían tenido en tiempos anteriores (MEA 2005). Las necesidades de consumo de recursos naturales se manifiestan conforme se produce el crecimiento de la población y surgen nuevos modelos de desarrollo económico, estructuras políticas y valores socioculturales (Ramankutty y Foley 1999). Como todos los humanos dependemos de los recursos naturales para poder vivir es preciso encontrar formas socioculturales de organización que permitan un ordenamiento de usos de los recursos lo más eficiente posible conservando su capacidad de regeneración en la naturaleza y el mantenimiento de las funciones y servicios ambientales. Este enfoque es el objetivo que busca el desarrollo sustentable.

Desarrollo sustentable

El tipo de desarrollo que promueve el binomio inseparable entre el bienestar de la sociedad presente y futura y la conservación y perpetuación de los recursos naturales es el denominado sustentable. Parece que este concepto nació con este nombre a principios de la década de 1970 con “Los Límites del Crecimiento” (Meadows *et al* 1972), que alertó sobre el declive acelerado de los recursos naturales en los siguientes 50 años (Meadows 2005).

En los años 80, Sachs (1982) propuso el concepto de ecodesarrollo como un paradigma socialmente deseable, económicamente viable y ecológicamente prudente; un desarrollo sin destrucción, horizontal y holístico aplicado al nivel local. Sin embargo no logró definir adecuadamente los mecanismos necesarios para implementarlo dentro de un mundo que responde cada vez más a las reglas de una economía globalizada.

En esa misma década, surgió uno de los documentos citados más ampliamente en la literatura de la sustentabilidad: “Nuestro Futuro Común”, el cual definió “el desarrollo sustentable es aquel que garantiza las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Brundtland 1987). A pesar de su influencia en el discurso internacional, varios autores (Ehrlich y Kennedy 2005, Gibbs 2009, Gómez-Sal 2009, González *et al* 2008, Goodland y Daly 1996, Naredo 1996) opinan unos años después, que la ambigüedad y sobrevaloración de esta definición refleja y justifica la insuficiencia de compromisos y cambios reales sobre el uso de recursos naturales.

Durante la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992, los miembros de la Conferencia de las Partes (excepto Estados Unidos de América) se comprometieron a tomar medidas para fomentar la eficiencia energética, investigación y uso de formas renovables de energía y reducción de emisiones de gases efecto invernadero. Sin embargo en 2005 la Evaluación de Ecosistemas del Milenio demostró que las metas no se habían alcanzado en el tiempo previsto (MEA 2005). Asimismo el concepto se introdujo como uno de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en la primera década del siglo XXI (ODM 2008).

Algunos autores (Bookchin 1978, Gudynas y Evia 1991, Meadows 2005, González *et al* 2008, Pesci *et al* 2007, Toledo y Barrera-Bassols 2008) interpretan el desarrollo sustentable como un sistema socio-ecológico complejo donde se da prioridad a aspectos de protección ambiental y cultural sobre el crecimiento económico (Chophel 2012). En este trabajo optamos por tomar el modelo de González *et al* (2008), que plantea que el capital natural –los recursos naturales vistos como medios de producción de bienes y servicios ambientales- sustentan al capital social y económico.

En este sentido, la planificación y ejecución de acciones dirigidas a alcanzar el desarrollo sustentable ponen un énfasis en conservar y fortalecer el capital natural. Para lograrlo, las necesidades humanas necesitan ser satisfechas dentro de los límites ecológicos, lo que requiere de una revolución cultural (Holmgren 2002), recordando la relación entre sociedad y naturaleza.

En México los bosques, las selvas y la vegetación de zonas áridas cubren más de 70% del territorio y de éste aproximadamente 80% es de propiedad colectiva de ejidos y comunidades

indígenas que viven en zonas rurales (López *et al* 2005). Estos habitantes, especialmente los que se dedican a actividades primarias, están relacionados muy de cerca a la apropiación de recursos naturales (*sensu* Toledo y González de Molina 2007); entonces la degradación de estos recursos repercute directamente en sus actividades y su modo de vida y en consecuencia en la propia naturaleza.

Zonas rurales

Para el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI) el espacio rural está definido por el número de habitantes, e incluye a los asentamientos humanos con menos de 2,500 habitantes (INEGI 2005). Lo rural está identificado también con una baja densidad demográfica, el predominio de la agricultura y unos valores y cultura diferentes a los de la población de las grandes ciudades (Llambí y Pérez 2007). No obstante, la línea divisoria entre lo rural y lo urbano es cada vez menos marcada, no está totalmente definida y es dinámica (Tacoli 1998).

Aunque la agricultura no es la única actividad en las zonas rurales, México es un país muy ligado al campo desde tiempos prehispánicos, especialmente en el cultivo del maíz por ser centro de origen y porque constituye la base de la alimentación del mexicano (Sin Maíz no hay País 2014). A pesar de su importancia hay factores que ponen en peligro este cultivo como la importación de maíz más barato y de baja calidad, la amenaza del maíz transgénico y el éxodo rural. Las generaciones más jóvenes están menos interesadas en el campo y el abandono del mismo crece; además, hay una fuerte emigración, especialmente a Estados Unidos, en busca de mayores ingresos económicos (Nieto 2007). Estos cambios originan transformaciones profundas en la cultura y aspiraciones de los pobladores rurales, generando una marcada pérdida de conocimientos referentes al campo.

Se habla de un cambio del imaginario de lo rural, que va de tierras sembradas o campos deshabitados a un continuo más complejo que incluye agroindustria, parques naturales, turismo, procesos de migración internacional, entre otros (Llambí y Pérez 2007, Chant 1998, Kay 2009). Bajo estas consideraciones se ha desarrollado el concepto latinoamericano de “nueva ruralidad”, que propone metas como la reducción de la pobreza, la sustentabilidad ambiental, la equidad de

género, la revaloración del campo, la descentralización y la participación social (Kay 2009). En el camino para alcanzar esas metas se pueden encontrar inconvenientes como la diferenciación social entre colectivos campesinos, donde los que tienen menos siguen en esa condición por su incapacidad de adaptarse a las nuevas exigencias del proceso (Kay 2009, Llambí y Pérez 2007, Mc Intosh y Renard 2010), o la competencia desigual provocada en las zonas rurales si entran a competir en un mercado globalizado (De Janvri *et al* 2002). No obstante, hay que aprender de estas lecciones y considerarlas con el fin de evitarlas durante el proceso de búsqueda de soluciones y alternativas. Todo ello demanda el desarrollo de nuevas capacidades (Boisier 2005); promoviendo un desarrollo de dentro hacia afuera, fortaleciendo el pensamiento crítico y las habilidades de organización (Sherwood y Larrea, 2001). En suma se propone fortalecer una sociedad rural con instituciones fuertes (i.e. reglas, normas de elección colectiva, mecanismos de resolución de conflictos) (Schejtman y Berdegué 2004, Ostrom 2000) y de individuos más conscientes (Seghezzi 2009), con participación más activa en el desarrollo de sus comunidades, con mayores herramientas para usar y manejar sus recursos naturales de forma más sustentable.

Conocimiento ecológico comunitario

Una de las herramientas más valiosas que tiene la gente que vive y trabaja en la zona rural es el cuerpo de conocimientos, prácticas y creencias acumulado a través de las generaciones acerca de la relación entre seres vivos y el ambiente, comúnmente llamado conocimiento ecológico tradicional. Este conocimiento de grupos indígenas y no indígenas se transmite culturalmente y evoluciona para adaptarse a los cambios (Berkes *et al* 2000). Aunque hay un fuerte debate acerca de si dicho conocimiento es tradicional o no (Berkes *et al* 2000, Castro *et al* 2006) para fines de este trabajo el conocimiento ecológico tradicional y comunitario se usan como sinónimos, adoptando la definición del primer párrafo y agregando que es un conocimiento que se sigue construyendo y nutriendo a través del tiempo. Cabe mencionar que no todo el conocimiento tradicional concuerda con las metas ecológicas actuales (Zhou y Jiang 2004, Castro *et al* 2006). Existen tantas situaciones ecológicas y culturales que es preciso diferenciar entre formas de usos de recursos de culturas y periodos específicos y su pertinencia con las exigencias presentes (Altieri 1991, Berkes *et al* 2000, Oliveira 2008).

Muchos autores recomiendan combinar el conocimiento tradicional con el científico (Smith 2005, Sillitoe 2006, Speelman *et al* 2007) para ayudar a monitorear, interpretar y responder a los cambios en los recursos y servicios que generan los ecosistemas (Altieri 1991, Berkes *et al* 2000). Para lograr esta combinación deben afrontarse diferentes obstáculos: a) la falta de información ecológica básica (Sallenave 1994), especialmente a nivel local; b) la escasez de validación del conocimiento ecológico tradicional -un informante local reconocido como experto en materia ambiental está tan preocupado por tener información correcta como el investigador (Johannes 1993)-; c) la falta de flexibilidad de pensamiento necesaria para compatibilizar ambos tipos de conocimiento (Lazos-Ruíz 2007, Haenn 1999) y d) el más urgente, la pérdida precipitada del conocimiento tradicional (Brosi *et al* 2007, Altieri 1991). Esta pérdida se da entre otras causas por cambios en el modo de vida (González-Marín 2012a,b) y por la modernización de la agrotecnología que homogeniza los sistemas (Altieri 1991) -es decir propone soluciones generales (e.g. marcas de fertilizante, semillas, plaguicidas) para situaciones particulares-. No se trata de evitar la modernización, sino de evitar la pérdida del cuerpo de conocimiento valioso que se ha acumulado en años de observación y práctica, dado que está mejor adaptado a las condiciones locales y disminuye la vulnerabilidad de las comunidades.

Participación comunitaria

El involucramiento de la comunidad es la antesala para revalorar el conocimiento ecológico tradicional. Speelman *et al* (2007) encontraron que un bajo nivel de organización y participación de la población local son los factores principales que hacen un sistema insostenible. Pretty *et al* (1995) identificaron diferentes niveles de participación comunitaria desde el extremo de la participación totalmente pasiva -escucha pasiva- hasta la más activa -auto-movilización del grupo-, pasando por matices como consulta pública, participación por incentivos económicos y formación de instituciones locales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tipología de la participación (Pretty *et al* 1995).

Participación pasiva: La gente participa escuchando qué es lo que ha ocurrido o va a ocurrir. Es un anuncio unilateral por la administración del proyecto sin escuchar las respuestas de la gente. La información que se comparte pertenece a profesionales externos.

Participación dando información: La gente participa contestando preguntas, cuestionarios, encuestas, o herramientas extractivas a de investigación parecidas. La gente no tiene oportunidad de influenciar los procedimientos y los resultados de la investigación no son compartidos ni revisados con exactitud.

Participación por consulta: La gente participa siendo consultada, los agentes externos escuchan los puntos de vista. Estos agentes externos definen tanto los problemas como las soluciones y pueden modificar éstos en función a las respuestas de la gente. Este proceso consultivo no concede la posibilidad de compartir la toma de decisiones y los profesionales no tienen la obligación de tomar en cuenta las visiones de la gente.

Participación por incentivos materiales: La gente participa proveyendo recursos como trabajo, dinero, comida y otros incentivos materiales. Mucha de la investigación en campo cae en esta categoría, por ejemplo, cuando los campesinos ponen sus tierras pero no están involucrados en la experimentación o en el proceso de aprendizaje. Es muy común que este tipo de casos se llamen “participación”, aunque la gente no tenga interés en continuar con las actividades una vez que los incentivos se terminen.

Participación funcional: La gente participa formando grupos para alcanzar objetivos predeterminados del proyecto, y ello puede incluir el desarrollo o promoción de una organización social iniciada externamente. Este tipo de involucramiento generalmente no se da en etapas tempranas de los proyectos, sino después de que varias decisiones importantes han sido tomadas. Estas instituciones tienden a ser dependientes de los iniciadores y facilitadores externos pero se pueden convertir en independientes.

Participación interactiva: La gente participa en análisis conjuntos, que lleva a planes de acción y a la formación de nuevas instituciones locales o el reforzamiento de las existentes. Este tipo tiende a involucrar metodologías interdisciplinarias que buscan objetivos múltiples y que hacen uso sistemático y estructurado del proceso de aprendizaje. Estos grupos toman control sobre decisiones locales y por lo tanto la gente tiene un interés en mantener las estructuras y prácticas.

Auto-movilización: La gente participa tomando iniciativas independientes a las instituciones externas para cambiar sistemas. Estas movilizaciones autoiniciadas y de acción colectiva pueden o no cambiar las distribuciones inequitativas de riqueza y poder.

La participación de las comunidades en la conservación de recursos es una bandera muy habitual de los proyectos productivos y políticos, pero que fácilmente puede mimetizar el grado de participación de la sociedad. La participación en todos los niveles -sobre todo en los más altos- fortalece el tejido social, las relaciones intracomunitarias (Marsden y Smith 2005) y la construcción de redes de la comunidad con otros agentes. Ello ofrece una mayor garantía de beneficios para los participantes, una transferencia más ágil de recursos y estimula la creación de esquemas flexibles (Ulloa-Rivera 2007). Por ejemplo una manera de potencializar el conocimiento ecológico tanto tradicional como científico es que la población local tome parte activamente en las investigaciones; su permanencia y trabajo en los sitios les da una gran cantidad de información y pueden identificar cambios (Nickels *et al* 2005) que un investigador no podría percibir con tanto detalle dentro de las restricciones de tiempo de su investigación. La participación de los habitantes rurales es importante no solo como ayudantes sino en la formación de equipos de colegas de trabajo de investigadores y expertos locales (Sallenave 1994), lo que implica el reconocimiento de su sapiencia y experiencia, la apertura de espacios para escuchar y considerar sus opiniones y propuestas, la capacitación en técnicas de investigación y uso de equipos y la necesidad de crear un lenguaje común. Estos procesos aumentan el empoderamiento de la comunidad rural (Lazos-Ruíz *et al* 2013) y aspiran al nivel más alto de participación en que pasan de ser actores a autores de su propio proyecto (Pesci 2000). Una forma en que la comunidad construya su propio proyecto y tome una postura de participación activa en el mejor uso de sus recursos naturales es involucrándose en emprendimientos rurales con objetivos de conservación.

Emprendimientos rurales

Los emprendimientos rurales pueden constituir un mecanismo endógeno que permite a la comunidad tomar el control de los procesos que la afectan (Toledo 1997, Pesci 2000). Las empresas comunitarias que buscan la sustentabilidad son un medio para crear nuevas fuentes de ingresos, mejor acceso y uso de recursos naturales o incluso consolidar su tenencia de la tierra, problema grave extendido en México. Este tipo de empresas comunitarias difieren de las convencionales en tanto que no están basadas en modelos económicos utilitarios sino que

además tienen metas ambientales, políticas, sociales y culturales (Berkes y Davidson-Hunt 2010, Seixas y Berkes 2010).

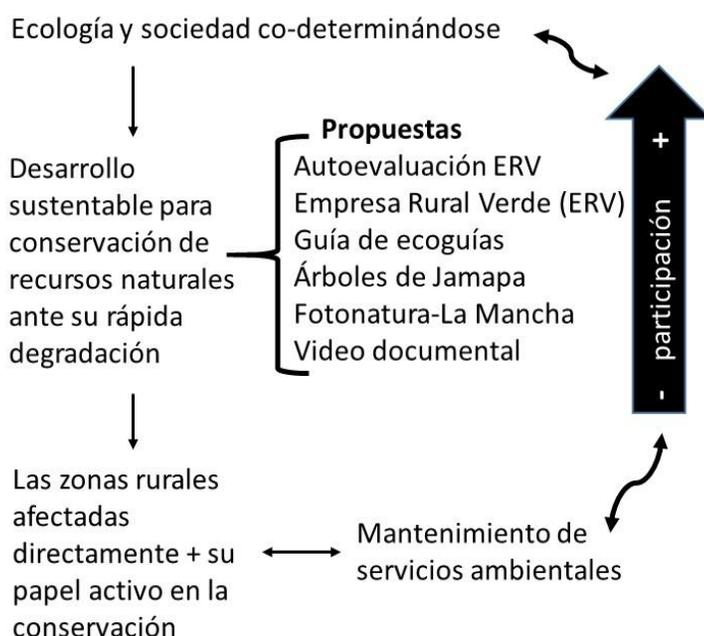
Estos emprendimientos generalmente necesitan apoyos externos para asegurar la construcción de todas las competencias necesarias por la comunidad, como conocimientos técnicos, habilidades de gestión, de organización, así como construir relaciones con otros actores. Seixas y Berkes (2010) han estimado que los casos más exitosos desarrollan entre 10 y 15 relaciones de colaboración en varios niveles (internacional, nacional y local) y generan más conforme la iniciativa madura y se enfrenta a nuevos retos y etapas.

Se ha invertido mucho dinero y esfuerzo en microempresas pero poco en negocios con sectores no tradicionales y emprendimientos con base en recursos naturales (McIntosh y Renard 2010). Se han encontrado tres problemas significativos. Uno es la dependencia en agentes externos que imponen la aceptación de modelos extranjeros tanto económicos como culturales, científicos o educativos (Ulloa-Rivera 2007) que probablemente no concuerden con las necesidades de la comunidad o atiendan unos intereses diferentes a los de la conservación y el bienestar social local. Otro es la falta de experiencia o interés en aspectos empresariales de las organizaciones que promueven la conservación y el uso racional de los recursos naturales y no están equipadas, ni capacitadas para asistir el desarrollo de empresas. Y el tercer problema, de un nivel superior al de las organizaciones, es la ausencia, debilidad o contraposición de los vínculos entre las políticas de desarrollo económico -incluyendo las estrategias de desarrollo de negocios y reducción de la pobreza- y las políticas de manejo de recursos naturales. Ante esto puede suceder que el incremento en oportunidades de negocio pueda desembocar en la adopción de prácticas insostenibles, lo que sería como la pesadilla de Marcos (2006), “que el movimiento se convierta en aquello contra lo que estamos luchando”. Por ello es primordial encontrar enfoques que ayuden a trazar nuevos caminos hacia la sustentabilidad de los emprendimientos rurales.

Mapa conceptual

La Figura 1 es el mapa conceptual que soporta el enfoque y estructura de esta tesis. Presenta la ilación de los temas abordados y que se desarrollan en los capítulos subsiguientes. El conjunto de propuestas –de documentación y la empresa rural verde- emplearon diversas metodologías que exploran diferentes niveles de participación de la población rural como lo indica la flecha más gruesa.

Figura 1. Mapa conceptual



Justificación

La necesidad de manejar los recursos naturales de forma sustentable es imperante en la actualidad. Los habitantes de zonas rurales están en contacto más directo con estos recursos y sus actividades se ven afectadas con la degradación de ecosistemas. Contradictoriamente, muchas veces son excluidos de la toma de decisiones sobre recursos naturales (Scherl *et al* 2004). El reto es encontrar junto con las comunidades rurales, alternativas que permitan conservar y manejar de forma sustentable los recursos. Aunque los discursos del desarrollo sustentable y de la nueva ruralidad proponen su participación en el diseño de estrategias

encaminadas a lograr las metas propuestas, faltan trabajos que muestren caminos hacia estos propósitos.

Hay ejemplos de grupos en comunidades organizadas que han logrado alinearse con este enfoque y tener beneficios (Marín *et al* 2005, Martínez y Arellano 2007, Moreno-Casasola 2004, Sola 2005), otros que no han funcionado (Kumar e Inoue 2008, Ohl-Sacherer *et al* 2008), otros que son escépticos (Foladori 2002, Naudé 2010) y otros que identifican posibles fallos y proponen formas de evaluación (Rivas 1993, Scheyvens 1999). En todos los casos es importante pasar de un diseño de soluciones de alto potencial a su aplicación superando las limitaciones de su operación (Cartagena *et al* 2005, Gibbs 2009).

Objetivo general

Desarrollar un enfoque incluyente para abordar el problema de degradación ambiental con la participación activa de comunidades rurales.

Objetivos particulares

1. Documentar el conocimiento ecológico tradicional de una comunidad rural.
2. Conocer el funcionamiento de emprendimientos rurales y los factores que influyen en su éxito.
3. Proponer formas de participación de la comunidad rural con énfasis en lograr su intervención activa en la conservación de su entorno.

Hipótesis

Hipótesis 1: Los habitantes de la comunidad tienen información valiosa sobre el uso de recursos que se puede combinar con conocimiento científico para mejorar sus prácticas de manejo.

Hipótesis 2: Los emprendimientos rurales necesitan altos niveles de organización e incluir una visión empresarial para ser más exitosos en el marco del desarrollo sustentable.

Hipótesis 3: Sin la participación activa de los habitantes rurales los programas de conservación quedan en un buen diseño y su implementación en la práctica tiene muchas dificultades.

Los humedales y su importancia

Los humedales son tierras en transición entre los sistemas acuáticos y terrestres donde la capa freática está habitualmente al mismo nivel o cerca de la superficie, o bien el terreno está cubierto por aguas poco profundas. En los humedales hay una interdependencia e interacción crítica entre el agua, el suelo y la biota que determinan el funcionamiento químico, biológico y físico del humedal generando una red de intercambio con ecosistemas vecinos (Travieso-Bello y Moreno-Casasola 2006).

Los humedales se encuentran en todo el mundo, hay diversas estimaciones que indican que la superficie que ocupan está entre 1.2 millones de km² (MEA 2005) y 18.8 millones de km² (USDA en Mitsch y Gosselink 2000), aunque su caracterización para sistemas de información geográfica es todavía deficiente (Ramankutty y Foley 1999, Landgrave y Moreno-Casasola 2012). Los servicios ecosistémicos son los beneficios que la sociedad obtiene del ecosistema. Según Mitsch y Gosselink (2000), la influencia global de los humedales y los servicios que brindan es desproporcionada a la superficie que ocupan en el planeta; en otras palabras, su importancia es gigante a pesar de su reducida extensión. La Tabla 1 muestra los servicios ambientales de los humedales como aprovisionamiento, regulación, culturales y de apoyo.

Aunque es evidente el valor de dichos servicios, es difícil medirlo, cuantificarlo o predecirlo por los múltiples generadores de cambio en los ecosistemas (MEA 2005). Esta complejidad se refleja en los beneficios que pueden derivar directamente del lugar (e.g. cantidad de madera, cantidad de especies que habitan el humedal, cantidad de recursos de pesca, producción de oxígeno, cantidad de bonos de carbono) o bien porque generan otras externalidades (e.g. que haya más peces aguas abajo gracias a mantener en buenas condiciones la salud del humedal aguas arriba) (Tisdell 2005). Algunas valoraciones económicas (MEA 2005, Bacon 1999, Constanza y Daly 1992) muestran el alto valor que aportan los humedales a las actividades productivas, a la protección de la población y a la prevención y reducción de riesgo de desastres naturales (Vázquez-González *et al* 2014).

La degradación de los humedales tiene sus orígenes tanto en causas naturales como erosión, aumento en el nivel del mar, sequía, huracanes, tormentas y derretimiento de hielo

Tabla 1. Servicios ecosistémicos de los humedales (MEA, 2005).

Aprovisionamiento	
Alimento	Producción de pescado, algas e invertebrados
Agua dulce	Almacenamiento y retención de agua; provisión de agua para irrigación y uso doméstico
Fibra, madera	Producción de troncos, leña, forraje, combustible
Productos bioquímicos	Extracción de productos de la biota
Materiales genéticos	Principios activos de medicamentos, genes para la resistencia de plantas a patógenos, especies ornamentales, biodiversidad, etc.
Regulación	
Regulación del clima	Regulación de gases de efecto invernadero, temperatura, precipitación y otros procesos climáticos; composición química de la atmósfera
Regulación biológica	Resistencia a invasiones de especies; regulación de las interacciones entre diferentes niveles tróficos; preservación de la diversidad funcional y las interacciones.
Regímenes hidrológicos	Recarga y descarga de aguas subterráneas; almacenamiento de agua para agricultura e industria
Control de la contaminación y detoxificación	Retención, recuperación y eliminación del exceso de nutrientes y contaminantes
Control de la erosión	Retención de suelos
Desastres naturales	Control de inundaciones, protección contra tormentas y huracanes
Culturales	
Espirituales y de inspiración	Sentimientos y bienestar personal
Recreativos	Oportunidades para el turismo y actividades recreativas
Estéticos	Apreciación de las bellezas naturales
Educacionales	Oportunidades para la educación formal y no formal y para capacitación
De apoyo	
Biodiversidad	Hábitat para especies residentes o transitorias
Formación de suelos	Retención de sedimentos y acumulación de materia orgánica
Ciclo de los nutrientes	Almacenaje, reciclaje, procesamiento y adquisición de nutrientes

-probablemente acentuados con el calentamiento global- (FAO 2007), como en las acciones humanas -cuyos efectos son más pronunciados- como drenaje, canalización, deposición de material de relleno, descarga de contaminantes, construcción de diques y represas, residuos de cosechas, minería, extracción de madera, construcción, contaminantes de agua y aire, cambios

en los niveles de nutrientes e introducción de especies invasoras y exóticas (Environmental Concern Inc. 2008, Marín *et al* 2005, Mitsch y Gosselink 2000, Travieso-Bello y Moreno-Casasola 2006,). Casi el 30% de la zona terrestre de los ecosistemas costeros ha sido extensivamente alterada o destruida por la creciente demanda de espacios habitacionales, industria y recreación. Esto implica una alta presión urbanística asociada a la expansión de la población, y que se agrava por una reglamentación confusa que denota el desconocimiento de la importancia de los humedales y la falta de atención gubernamental (Choudhury 1997, Moreno-Casasola *et al* 2006, Bureau on the Convention of Wetlands 1998).

Se calcula que hacia 1985 entre el 56% y el 65% de los pantanos continentales y costeros (incluyendo pequeños lagos y lagunas) habían sido drenados para agricultura intensiva en Europa y Norteamérica, 27% en Asia, 6% en América del Sur, y 2% en África (MEA 2005); siendo los países más desarrollados los que han eliminado de manera mayoritaria sus humedales. La Convención RAMSAR de Humedales es una iniciativa internacional para la protección de estos ecosistemas (RAMSAR 2014). Cada país miembro participante determina las reglas de protección, que conlleva la creación y modificaciones del marco legal de los países y la elaboración y aplicación de planes de manejo participativos para cada sitio denominado Ramsar (Moreno-Casasola 2011). El número de estas áreas protegidas está en constante ascenso, hasta marzo de 2014 los sitios Ramsar a nivel mundial cubrían más de 208,5 millones de hectáreas de humedales con 2177 sitios designados (RAMSAR 2014).

Entre 300 y 400 millones de personas en el mundo viven cerca de humedales y su vida depende de ellos (Moreno-Casasola e Infante 2010). La pérdida de humedales y sus servicios ambientales afecta directamente a la población usuaria de estos recursos y la hace más vulnerable (MEA 2005); esto se agrava particularmente por el cambio climático. En el caso de México se ha perdido más del 60% de los humedales (Landgrave y Moreno-Casasola 2012), lo que hace urgente trabajar con estos ecosistemas. Los usuarios de los humedales enfrentan problemas como menor cantidad de agua disponible, pérdida de fertilidad del suelo, disminución de la cantidad de fauna, aumento de la erosión, alteración de los mecanismos de regulación de inundaciones y de protección contra tormentas y huracanes, entre otros; ante tal escenario el trabajo con esta población es indispensable.

Historia de origen

La Mancha es una pequeña localidad costera de gran biodiversidad en la zona centro de Veracruz, México, donde hay una estación de investigación llamada CICOLMA (Centro de Investigaciones Costeras La Mancha). Ésta ha sido propiedad de dos institutos de investigación – el ya desaparecido Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB) y el actual Instituto de Ecología A.C. (INECOL)- desde hace más de 25 años. Algunas personas de la comunidad de La Mancha han trabajado en CICOLMA o han estado involucradas en sus actividades como ayudantes o guías de campo a lo largo de este tiempo. Cuando se presentó un problema de tala ilegal en los manglares circundantes a la estación, las personas de la comunidad acudieron al Instituto de Ecología A.C. buscando maneras para impedirlo. Se decidió elaborar un plan de manejo participativo para la conservación y manejo de la zona de humedales que se encargó a la Dra. Patricia Moreno-Casasola y su equipo. El resultado fue el Plan de Manejo La Mancha-El Llano –publicado en 1998 (Moreno-Casasola *et al* 2006)-, una de cuyas principales estrategias fue promover y organizar grupos productivos para proveer alternativas económicas amigables con la naturaleza, así como ofrecer otros conocimientos y herramientas a la comunidad. Entre estos proyectos merecen atención los desarrollados como el grupo de “Vivero de la Mujer Campesina” que está actualmente con baja actividad y el grupo de ecoturismo “La Mancha en Movimiento”, enteramente manejado por gente de la comunidad y que lleva activo y en crecimiento desde sus inicios (Marín *et al* 2005).

A partir de estas experiencias, desde el año 2009, el mismo grupo de investigación -con apoyo de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT)- expandió el trabajo sobre evaluación de servicios ambientales y valoración económica de los humedales en otras siete áreas seleccionadas por la importancia de sus humedales a lo largo de la costa de Veracruz. Además de los estudios de suelo, agua, flora y fauna, el proceso de investigación va acompañado de trabajo conjunto con las autoridades municipales, estatales y federales y actividades con las comunidades usuarias de estos ecosistemas, tanto como apoyo a la investigación, actividades de capacitación y divulgación y creación de nuevos grupos productivos de actividades que favorezcan tanto el bienestar de la comunidad como la conservación de los humedales. Algunos de estos grupos fueron enfocados a ecoturismo en Ciénega del Fuerte y La Guadalupe, a la

constitución de un vivero de mujeres para propagación de especies nativas en el Piñonal y a la elaboración de artesanías basadas en materiales vegetales en La Matamba. La organización de estos grupos se facilitó respondiendo a los intereses de la población participante. La presente tesis se ha desarrollado en el marco de este proyecto de investigación-acción.

Área de estudio

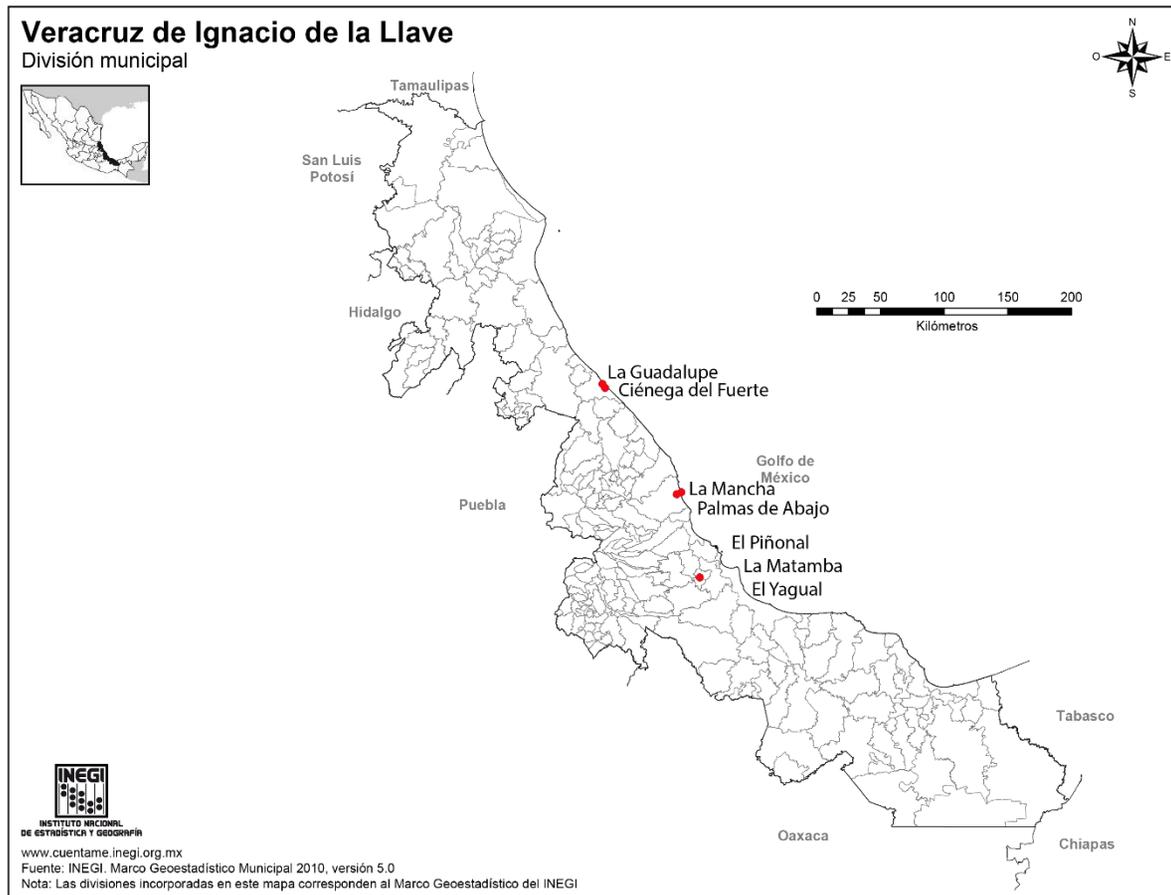
El trabajo se llevó a cabo con el grupo de ecoturismo y los habitantes de La Mancha, el grupo de vivero de Palmas de Abajo, ambas comunidades en el municipio de Actopan; con los grupos de ecoturismo de Ciénega del Fuerte y de La Guadalupe en el municipio de Tecolutla; y con los habitantes de las comunidades de El Piñonal, La Matamba y El Yagual en el municipio de Jamapa, todas en el estado de Veracruz en México (Mapa 1).

Las primeras localidades están en la costa y las de Jamapa se encuentran tierra adentro en las márgenes del río del mismo nombre, a casi 30 km de la costa, sobre la planicie costera. Todas las comunidades fueron elegidas porque están cerca de humedales y sus habitantes son usuarios de los mismos.

México

México tiene una superficie territorial de casi 2 millones de km² y una superficie marítima de otros 3 millones de km² (INEGI 2014). El país tiene una población de 120,8 millones de habitantes (dato 2012), de los cuales el 21.6% viven en zonas rurales (Banco Mundial 2014). México tiene una emigración de 3.3% (dato 2010), de los cuales el 95% va a Estados Unidos (INEGI 2014). El 52.3% (dato 2012) de la población total vive en pobreza aunque México está considerado como un país de ingreso medio alto (Banco Mundial 2014). El Producto Interior Bruto en 2013 estuvo integrado por 4% de actividades del sector primario (agricultura –principal aporte-, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza), 34% por el sector secundario (principalmente industria manufacturera –sobresaliendo industria agroalimentaria, equipo de transporte e industria química-, construcción, minería –incluye extracción de petróleo- y generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y gas) y 62% por

Mapa 1. Mapa del estado de Veracruz con los sitios de trabajo marcados con puntos rojos (INEGI 2014).



el sector terciario (comercio, servicios inmobiliarios, transporte, servicios educativos, entre otros) (INEGI 2014).

México es un país megadiverso, alberga alrededor del 10% de las especies de flora y fauna del mundo, ocupa el quinto lugar mundial en diversidad de plantas, cuarto en anfibios, segundo en mamíferos y primero en reptiles. Las amenazas a esta biodiversidad son la sobreexplotación de recursos, destrucción de hábitats –principalmente deforestación-, efectos negativos de las interacciones con enemigos naturales introducidos o favorecidos por las actividades humanas, la influencia de compuestos químicos y tecnologías usadas en la fertilización de suelos, tratamientos fitosanitarios de cultivos, obras de ingeniería y catástrofes naturales como incendios e inundaciones (CONABIO 1998). Otro de los agravantes es el incremento poblacional, que en el caso de México si la tendencia de crecimiento de población actual

continúa, en los próximos 20 años habrá 30 millones más de personas demandando bienes y servicios, lo que causará un enorme impacto en la biodiversidad y requerirá estrategias de todos los órganos gubernamentales e instituciones académicas, políticas y sociales para manejarlo (Carabias 2011).

De la historia reciente de México cabe mencionar que la Revolución Mexicana (1910-1920) dio origen a una reforma agraria donde se terminó con los grandes latifundios y se repartieron las tierras entre campesinos, originando los ejidos. Éstos son formas comunitarias de tenencia de la tierra que predominaba en las zonas rurales. En 1994, con la entrada al Tratado de Libre Comercio cambió la ley y se hizo posible convertir la propiedad ejidal en pequeñas propiedades susceptibles de venderse. En general actualmente hay un gran abandono del campo y fuertes transformaciones en los modos de vida.

Veracruz

El estado de Veracruz tiene una población de 7,6 millones de habitantes, de los cuales casi 40% viven en localidades rurales (INEGI 2014). Veracruz aloja más del 90% de la industria petroquímica nacional. Cuenta con la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde –única generadora nuclear de energía eléctrica en México- en el municipio de Alto Lucero (las comunidades de La Mancha y Palmas de Abajo están dentro del radio de seguridad de estas instalaciones). El estado tiene una intensa actividad agropecuaria, forestal y pesquera, ocupa el primer lugar del país como productor de caña de azúcar, arroz, chayote, naranja, piña, limón persa, vainilla y hule; el segundo lugar en café, tabaco y papaya; y es un importante productor de maíz, frijol, soya, pepino, sandía, mango, toronja y plátano. La agroindustria del azúcar representa una de las fuentes de contaminación más fuertes del estado y como tal es también es parte importante de la economía, Veracruz produce el 40% del azúcar del país y el 75% de etanol. En cuanto al sector pecuario, ocupa el primer lugar en producción de ganado bovino para carne y sobresale en la producción de aves y miel. En lo forestal, el 20% de su territorio tiene esta vocación; explota recursos maderables y no maderables como la palma camedor (*Chamaedorea* spp.), el helecho cuero (*Rhumora adianthiformis*) y la pimienta (*Pimenta dioica*) (Gobierno de Veracruz 2009). Aunque la ganadería es una actividad económica importante, también constituye una de las causas más significativas de transformación de ecosistemas por

la introducción de pastos de especies exóticas, la compactación del suelo, el uso de agroquímicos y su amenaza para la diversidad biológica, entre otros (Guevara y Moreno-Casasola 2008).

El estado de Veracruz es reconocido en su totalidad como un sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad (*hotspot*) por sus características ecológicas, físicas, climáticas, orográficas y geológicas (Ellis *et al* 2011); ocupa el tercer lugar de biodiversidad en el país. El estado tiene varias áreas naturales protegidas como la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, el Cañón de Río Blanco, el Cofre de Perote, el Pico de Orizaba, el Sistema Arrecifal Veracruzano (SEMARNAT 2012) y nueve sitios RAMSAR (RAMSAR 2014).

No obstante enfrenta una severa reducción de su riqueza natural sobre todo por los cambios de cobertura de vegetación y uso del suelo (Guevara y Moreno-Casasola 2008, Olguín *et al* 2011). El ambiente ha sido muy perturbado desde los años 50s (Haenn 1999, Escamilla 2013) cuando se dio un fuerte cambio de uso del suelo por los programas de desmonte, comercio de madera, apertura de áreas pecuarias, todas ellas políticas promovidas por el gobierno federal (Barrera y Rodríguez 1993, Moreno 2011). Actualmente solo tiene el 22% de la cobertura de vegetación original y el 77% de su territorio ahora está dedicado a actividades agropecuarias. Entre 2002 y 2007 Veracruz recuperó el 0,2% de su vegetación primaria (SEMARNAT 2012).

Municipio de Actopan

La voz “Actopan” proviene del náhuatl *actoctli* que significa agua enterrada, tierra húmeda y *pan*, encima de (INAFED 1988).

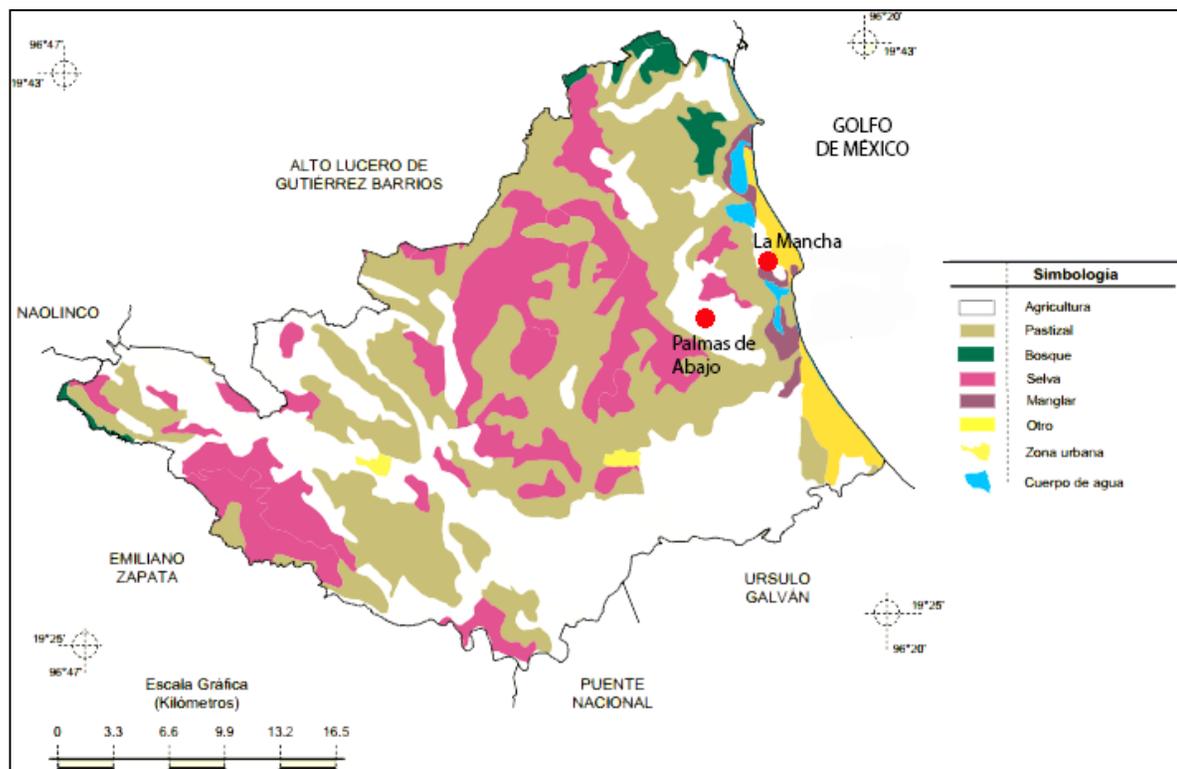
Ubicación y características físicas

El municipio de Actopan, en el centro de Veracruz, se sitúa entre los 19°23’ y 19°44’ latitud Norte y los 96°20’ y 96°48’ longitud oeste (Mapa 2). Tiene un rango de altitud de los 0 msnm a 1000 msnm, un rango de temperatura entre los 20°C y 26°C y precipitación pluvial entre 1100 y 1300 mm anuales (SIM 2013a). Pertenece a la cuenca hidrológica Río Actopan (DOF 2011).

Características socioeconómicas

Este municipio cuenta con una población de alrededor de 42000 habitantes, de los cuales el 82.5% viven en localidades rurales; tiene 195 localidades rurales y 2 urbanas. El 0.2% de la población habla lengua náhuatl. El 54.1% de la población vive en pobreza. El grado escolar máximo que se puede alcanzar es bachillerato y educación para el trabajo. El porcentaje de analfabetismo es de 14.9%. El 96.8% de los hogares disponen de agua entubada y el 95.5% tienen televisión. El 47.7% de la población económicamente activa se dedica a actividades primarias, 16.9% a actividades secundarias y 35.3% a actividades terciarias (SIM 2013a). Las actividades agropecuarias principales incluyen el cultivo de caña de azúcar, maíz y mango y la cría de ganado bovino principalmente (SIM 2013a).

Mapa 2. Municipio de Actopan. Usos del suelo y ubicación de comunidades de La Mancha y Palmas de Abajo (INEGI 2009a).



Historia

En los años 600 a 900 d.C. la región estuvo habitada por indígenas totonacas. En este municipio se encuentran los restos de Quiahuiztlán (el lugar de la lluvia), sitio importante para la cultura totonaca situada frente a Villa Rica, punto al que Hernán Cortés llegó a México y es considerado el primer emplazamiento ibérico en tierras mesoamericanas (INAFED 1988). Éste se ubica a menos de 10 km de La Mancha. La población actual tiene una presencia relativamente nueva en la costa, resultado de una colonización intensificada durante los últimos 120 años. Esta nueva colonización ha sido formada por flujos de gente motivada por distintos intereses (e.g. búsqueda de tierras de cultivo, empleos temporales, entre otros). Al llegar, los inmigrantes encontraron condiciones ecológicas desconocidas en un contexto social sometido a rápidos cambios. Por lo anterior, es difícil hablar de un grupo cultural con una visión homogénea de la naturaleza, cada quien llegó con unos valores, mentalidades y actitudes diferentes hacia el espacio y sus recursos (Moreno-Casasola *et al* 2006).

La Mancha y Palmas de Abajo

La Mancha y Palmas de Abajo se ubican en este municipio. Desde tiempos prehispánicos la zona estuvo ocupada por totonacos, después de la conquista se pierde parte de la historia hasta 1860 cuando la zona estaba dentro de la gran hacienda conocida como Las Tortugas, que poco a poco se fue dividiendo entre herederos. En 1929, después de la Revolución y en tiempos de la reforma agraria, algunos habitantes de la localidad de Palmas de Abajo –ubicada a 8 km de la costa- solicitaron dotación de tierras y les fueron concedidas varias hectáreas. A partir de ello se fueron formando núcleos de población circundante como el caso de la colonia de La Mancha, que estaba más cerca de fuentes de agua y de un camino importante que unía los poblados de la costa (Ortiz y Hernández 2006).

La subcuenca de La Mancha-El Llano mantiene una gran cantidad de ecosistemas, varios de ellos con una alta diversidad biológica: se han citado aproximadamente 545 especies de plantas (Castillo-Campos y Travieso-Bello 2006); 44 especies de peces (Juárez *et al* 2006); 208 especies de invertebrados (Ruiz y López-Portillo 2006); 299 especies de aves (González-García 2006); 12 especies de anfibios, 36 especies de reptiles y 52 especies de mamíferos (González-Romero y Lara-López 2006). La Mancha-El Llano con una superficie total de 1414,27 ha de las cuales

1276,92 ha son de humedales –manglar, selva inundable, popal-tular (Travieso-Bello y Moreno-Casasola 2006)- y el resto tiene otros usos u otros tipos de vegetación es uno de los principales corredores de migración de aves y fue declarado Sitio RAMSAR en 2005 (RAMSAR 2014).

Las principales actuaciones de utilización inadecuada de los recursos naturales son la transformación y la tala; la quema o drenaje de humedales para ganado; la construcción de viviendas en dunas; el azolvamiento de los cuerpos de agua; la erosión por deforestación y actividades ganaderas; la extracción de madera de mangle y de agua de lagunas para riego; la introducción de tilapias que desplazan especies nativas; la pesca indiscriminada de peces, moluscos y crustáceos; la contaminación con agroquímicos; la basura arrojada a la playa y los residuos peligrosos de la planta nuclear (Moreno-Casasola *et al* 2006). La Mancha cuenta con información amplia sobre toda esa problemática dado en cuenta que alberga el Centro de Investigaciones Costeras de La Mancha (CICOLMA) del Instituto de Ecología A.C. (INECOL).

Trabajo

En Palmas de Abajo se trabajó con el grupo de mujeres del Vivero de la Mujer Campesina. Este grupo fue formado hace aproximadamente 30 años, a partir de una iniciativa del Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB, ahora desaparecido). Posteriormente, con la presencia del Instituto de Ecología A.C. y el Plan de Manejo La Mancha-El Llano ha cambiado de objetivos hasta constituir un vivero forestal donde se producen plantas medicinales y plantas forestales nativas para reforestación. La producción de dichas plantas no es constante, pues se basa en los pedidos generalmente derivados de licitaciones o proyectos. Recibieron el Premio al Mérito Forestal en 2008 y actualmente el grupo está inactivo.

En La Mancha se trabajó con el grupo de ecoturismo La Mancha en Movimiento, fundado en 1998 a partir del Plan de Manejo La Mancha-El Llano. Han recibido numerosas capacitaciones y reconocimientos a lo largo de su trayectoria, actualmente generan alrededor de 20 empleos temporales. Por otra parte, en esta misma localidad también se trabajó con niños y jóvenes de la comunidad.

Municipio de Tecolutla

La voz “Tecolutla” proviene del náhuatl *tecolote* con la terminación abundancial *tlan*, que significa "abundancia de tecolotes", " lugar de tecolotes o búhos" (INAFED 1988).

Ubicación y características físicas

El municipio de Tecolutla se sitúa entre los 20°15' y 20°36' latitud Norte y entre los 96°46' y 97°13' longitud oeste en el norte de Veracruz (Mapa 3). Tiene un rango de altitud del nivel del mar a los 300 msnm, un rango de temperatura entre los 24 °C y 26 °C y precipitación pluvial entre 1400 y 1600 mm anuales (SIM 2013b).

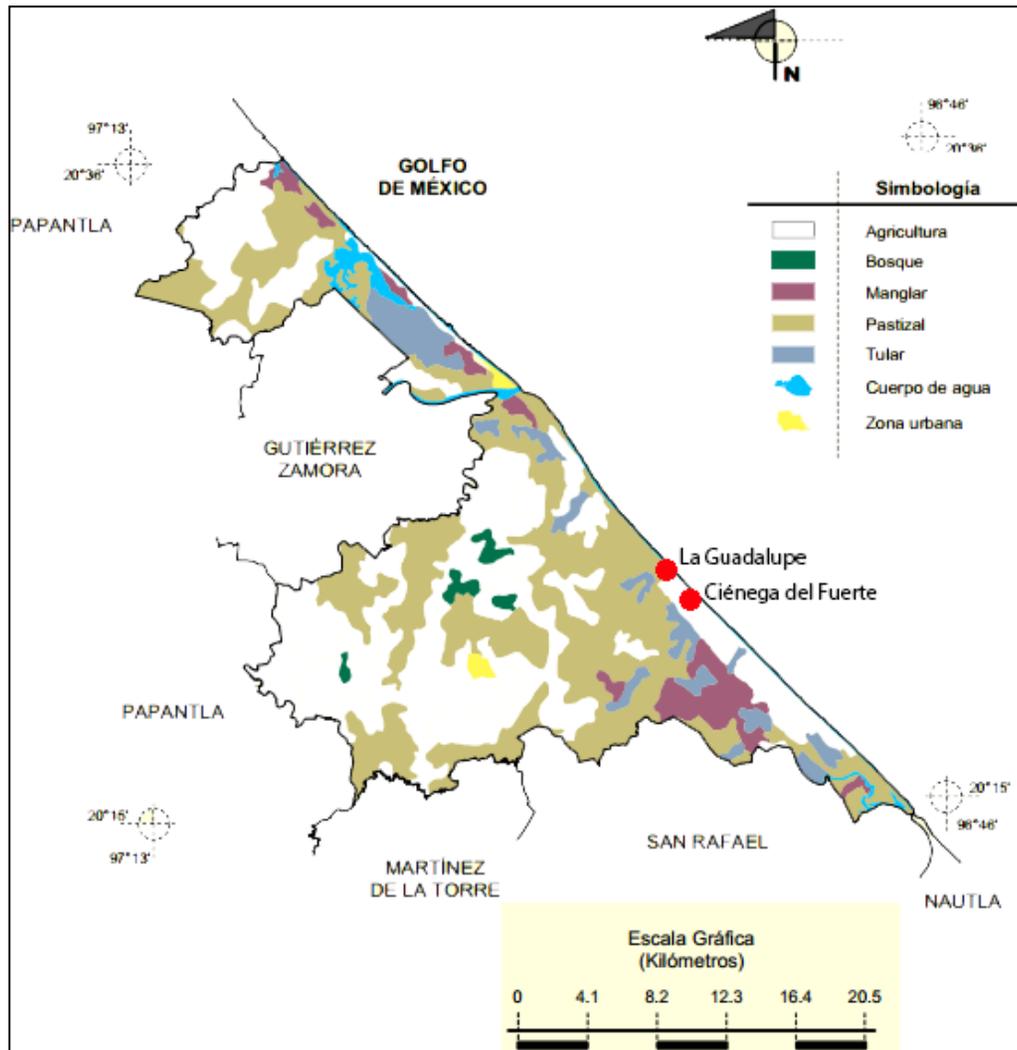
Características socioeconómicas

Tiene una población de alrededor de 25700 habitantes, de los cuales el 82% viven en 206 localidades rurales y el resto en una localidad urbana. El 3.9% de la población habla lengua totonaca. El 77% de total vive en pobreza. El grado escolar máximo que se puede alcanzar es bachillerato. El porcentaje de analfabetismo es de 11.9%. El 33.2% de los hogares dispone de una red de distribución de agua potable y 90% tienen televisión. El 47.5% de la población económicamente activa se dedica a actividades primarias, 12.5% a actividades secundarias y 39.6% a actividades terciarias (SIM 2013b). Las actividades agropecuarias principales incluyen el cultivo de naranja, maíz y limón y la cría de ganado bovino, porcino y aviar principalmente (SIM 2013b). Este municipio aloja la zona de Costa Esmeralda, un desarrollo a lo largo de la costa que atrae una gran cantidad de turismo. En Veracruz la mayoría del turismo es nacional (SECTUR 2012).

Historia

Tecolutla es parte de la región del Totonacapan ocupada por los totonacas en tiempos prehispánicos, uno de cuyos centros más importantes era el Tajín. Con la conquista hubo un reacomodo de los pueblos por epidemias y políticas y los centros rituales se abandonaron (Velasco *et al* 1985). En 1813 Tecolutla era uno de los puertos utilizados como punto de embarque y desembarque de armas por los insurgentes, convirtiéndose años después en puerto de comercio exterior (INAFED 1988).

Mapa 3. Municipio de Tecolutla. Usos del suelo y ubicación de comunidades de La Guadalupe y Ciénega del Fuerte (INEGI 2009b).



La Guadalupe y Ciénega del Fuerte

El poblado de La Guadalupe y el área protegida de Ciénega del Fuerte se ubican en el municipio de Tecolutla, dedicados principalmente a la agricultura, la ganadería y la pesca. La Guadalupe es una pequeña localidad, ubicada a un lado de la Carretera Federal 180 en el tramo conocido como Costa Esmeralda entre el río Tecolutla y el Estero Casitas. Ciénega (o Ciénaga) del Fuerte es un área natural protegida sujeta a conservación ecológica, se trata del último remanente de selva inundable de todo el estado (Moreno-Casasola e Infante 2010, Infante-Mata *et al* 2014), colinda con varios ejidos, entre ellos Flores Magón y La Vigüeta.

Trabajo

En La Guadalupe se trabajó con el grupo de ecoturismo Ecos de Costa Esmeralda formado hace tres años dentro del marco de un proyecto de conservación y manejo descrito anteriormente. Los integrantes son habitantes de esta comunidad y proporcionan servicios turísticos como paseos guiados en lancha por el manglar y observación de aves.

Por otra parte también se trabajó con los integrantes del grupo de ecoturismo Ciénegas del Fuerte proveen servicios de recorridos en cayucos de madera dentro del área protegida.

Municipio de Jamapa

La voz “Jamapa” proviene del náhuatl *Xam-a-pan* que significa "en el río de los adobes" (INAFED 1988).

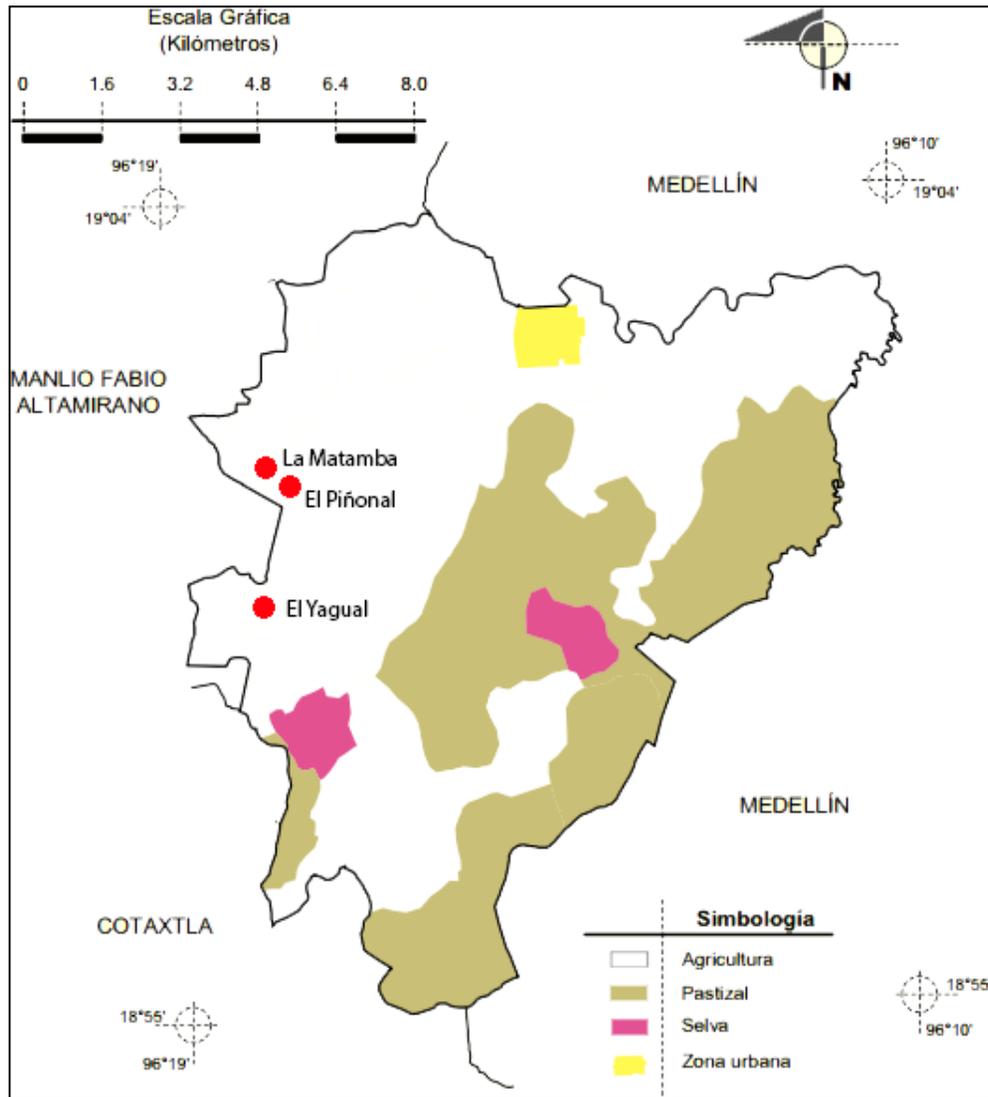
Ubicación y características físicas

El municipio de Jamapa se sitúa entre los 18°55' y 19°04' latitud Norte y entre los 96°10' y 96°19' longitud oeste en el norte de Veracruz (Mapa 4). Tiene un rango de altitud de los 10 a 40 msnm, un rango de temperatura entre los 24 °C y 26 °C y precipitación pluvial entre 1100 y 1300 mm anuales (SIM 2013c).

Características socioeconómicas

Su población es de alrededor de 10800 habitantes, de los cuales el 62.1% viven en 38 localidades rurales y una localidad urbana. Un pequeño grupo, el 0.18% de la población, habla alguna lengua indígena no especificada. El 54.3% del total vive en pobreza. El grado escolar máximo que se puede alcanzar sin salir del municipio es bachillerato. El porcentaje de analfabetismo es de 11.4%. El 60.4% de los hogares tienen agua potable distribuida por red y el 91.9% tienen televisión. El 19.1% de la población económicamente activa se dedica a actividades primarias, 27.3% a actividades secundarias y 52.8% a actividades terciarias (SIM 2013c). Las actividades agropecuarias principales incluyen el cultivo de pastos, maíz y mango y la cría de ganado bovino, porcino y aviar principalmente (SIM 2013c).

Mapa 4. Municipio de Jamapa. Usos del suelo y ubicación de comunidades de El Piñonal, La Matamba y El Yagual (INEGI 2009c).



Historia

Jamapa estuvo ocupado por las culturas huasteca, totonaca, olmeca y Las Remojadas en tiempos prehispánicos. Todavía se notan las terrazas inundables usadas para agricultura en esa época (Sluyter 2004, Moreno-Casasola e Infante 2010). En la época colonial alojó grandes haciendas que propiciaron cambios de uso del suelo principalmente para agricultura, hasta que comenzó la formación de ejidos con la reforma agraria (Escamilla 2013). La zona de Jamapa tuvo una

notable influencia cultural afroamericana reflejada en los nombres de algunas de sus localidades (e.g. La Matamba, Mozambique) (Cruz 1991).

El Piñonal, La Matamba y El Yagual

Los ejidos y los respectivos poblados con el mismo nombre El Piñonal, La Matamba y El Yagual están en el municipio de Jamapa. Las actividades principales en las tres localidades son agrícolas y ganaderas. En el ejido El Piñonal un grupo de mujeres tienen el Vivero El Piñonal, dedicado a la reproducción de plantas nativas para reforestación. En la Matamba está el grupo de mujeres artesanas Manos Creativas de la Matamba, que utilizan materiales de árboles locales como semillas, cáscara de coco para fabricar sus artesanías. Tanto El Piñonal como La Matamba están cerca de la laguna El Apompal, con vegetación de selva inundable, palmares y popal-tular. El Yagual tiene grandes palmares aún conservados rodeados de terrenos ganaderos (González-Marín 2012a, Infante-Mata *et al* 2014).

Trabajo

En este municipio se trabajó con habitantes de las tres comunidades, no por su adscripción a algún grupo productivo sino por su conocimiento sobre árboles de la zona.

La Tabla 2 presenta un resumen de los sitios de trabajo, el municipio, si se hizo trabajo con un grupo productivo o con pobladores de la comunidad y el humedal al que están relacionados como usuarios.

Tabla 2. Resumen de trabajo comunitario

Localidad	Municipio	Grupo	Comunidad	Humedal relacionado
La Mancha	Actopan	✓	✓	manglar, selva inundable, popal-tular
Palmas de Abajo	Actopan	✓		selva inundable
La Guadalupe	Tecolutla	✓		manglar
Ciénega del Fuerte	Tecolutla	✓		selva inundable
El Piñonal, La Matamba, El Yagual	Jamapa		✓	selva inundable, palmar

Metodología general

Para atender al objetivo general y a los particulares de esta tesis, se trabajó en las comunidades descritas, aplicando sobre todo metodologías cualitativas y procurando el trabajo multidisciplinario. Se considera de particular importancia el uso de varios tipos de evidencia como una forma de validar los resultados (Yin 2009), así como mantener una combinación de enfoques, el *previamente especificado* -donde se prepara la información y preguntas de la investigación desde el inicio, menos flexible- y el *desplegable* -donde se reinventa la investigación conforme a los sucesos, más flexible- (Punch 2005). Dejando para los capítulos siguientes la discusión de los detalles específicos, baste por ahora señalar las técnicas que más se utilizaron:

1. La revisión bibliográfica realizada extensivamente mediante la consulta de artículos y libros de todos los temas estudiados, para conocer los trabajos, ideas y resultados. Así, se pudo partir de la información base para diseñar este trabajo y se pudieron contrastar nuestros resultados con aquellas informaciones.
2. La observación participante es una metodología que faculta a los investigadores a aprender acerca de las actividades de las personas en estudio en el escenario natural a través de la observación y la participación en sus actividades (Kawulich 2005). Esta técnica requiere de tiempo e involucramiento considerables, sin los cuales no es posible desarrollar confianza con las comunidades de estudio. Sólo así, desde el interior, puede entenderse con mayor plenitud el funcionamiento de un grupo social.
3. Los casos de estudio, que son útiles para entender fenómenos de la vida real en profundidad, dicha comprensión está altamente ligada a las condiciones contextuales (Yin 2009)
4. La entrevista semiestructurada en la que se tiene una guía de preguntas y además se da espacio al informante para agregar o discutir lo que desee. Las respuestas se categorizan y analizan posteriormente (Vela 2008).

Referencias

- Altieri, M. 1991. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? *Agroecología y Desarrollo* 1(1): 16-24.
- Bacon, P. 1999. La función de los humedales en el ciclo hidrológico. Ramsar COP7 DOC.16.1. presentado en la 7a. Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales "Los pueblos y los humedales: un nexo vital" San José, Costa Rica.
- Banco Mundial. 2014. *México*. Descargable en: <http://data.worldbank.org/country/mexico?display=graph>
- Barlow, J., Gardner, T., Lees, A., Parry, L., Peres, C. 2011. How pristine are tropical forests? An ecological perspective on the pre-Columbian human footprint in Amazonia and implications for contemporary conservation. *Biological Conservation* 151(1): 45-49.
- Barrera, N., Rodríguez, H. 1993. *Desarrollo y Medio Ambiente en Veracruz: Impactos económicos, ecológicos y culturales de la ganadería en Veracruz*. Fundación Friedrich Ebert, CIESAS, INECOL: Xalapa.
- Berkes, F., Colding, J., Folke, C. 2000. Rediscovery of Traditional Ecological Knowledge as Adaptive Management. *Ecological applications* 10(5): 1251-1262.
- Berkes, F., Davidson-Hunt, I. 2010. Innovating through commons use: community-based enterprises. *International Journal of the Commons* 1(4): 1-7.
- Boisier, S. 2005. ¿Hay espacio para el desarrollo local en la globalización? *Revista de la CEPAL* 86: 47-62.
- Bookchin, M. 1978. *Por una sociedad ecológica*. Gustavo Gili: Barcelona.
- Brosi, B., Balick, M., Wolkow, R., Lee, R., Kostka, M., Raynor, W., Gallen, R., Raynor, A., Raynor, P., Lee, D. 2007. Cultural Erosion and Biodiversity: Canoe-Making Knowledge in Pohnpei, Micronesia. *Conservation Biology* 21(3): 875-879.
- Brundtland, G. 1987. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Documento A/42/427. Naciones Unidas.
- Bureau on the Convention of Wetlands. 1998. The Key Role of Wetlands in addressing the Global Water Crisis. Presentado en la Conferencia Internacional RAMSAR "Water and Sustainable Development" Paris, Francia.
- Carabias, J. 2011. *La población en cifras*. Periódico REFORMA 19 de marzo de 2011.
- Cartagena, R., Parra, M., Burguete, A., López, A. 2005. Participación social y toma de decisiones en los consejos municipales de desarrollo rural sustentable de Los Altos de Chiapas. *Gestión y Política Pública* 14(2): 341-402.
- Castillo-Campos, G., Travieso-Bello, A. 2006. La Flora. En Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos Veracruzanos: La Costa de La Mancha*. INECOL: Xalapa, 171-204.

- Castro, F., Siqueira, A., Brondízio, E., Ferreira, L. 2006. Use and misuse of the concept tradition and property rights in the conservation of natural resources in the Atlantic Forest (Brazil). *Ambiente e Sociedade* 9(1): 23-39.
- Challenger, A., Soberón, J. 2008. Los ecosistemas terrestres. En Sarukhán, J. (Coord. gral.) *Capital Natural de México*. CONABIO: México, 87-108.
- Chant, S. 1998. Households, gender and rural-urban migration: reflections on linkages and considerations for policy. *Environment and Urbanization* 10(1): 5-21.
- Chapman, A. 2012. *Yaganes del Cabo de Hornos. Encuentros con los europeos antes y después de Darwin*. Pehuén: Santiago de Chile.
- Chophel, S. 2012. Culture, Public Policy and Happiness. *Journal of Bhutan Studies* 26: 82-99.
- Choudhury, J. 1997. La ordenación sostenible de los manglares costeros, desarrollo y necesidades sociales. Memorias del XI Congreso Forestal Mundial, Antalya, Turquía 18 al 22 de octubre. Tema 38.6.
- CONABIO (Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad). 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de país*. CONABIO: México. Descargable en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/pdf/libros/divBiolMexEstPais98.pdf>
- Costanza, R. Daly, H. 1992. Natural Capital and Sustainable Development. *Conservation Biology* 1(6): 37-46.
- Cruz, S. 1991. La cultura afromestiza del centro de Veracruz: la población de La Matamba, municipio de Jamapa, Veracruz. Dirección General de Culturas Populares: Xalapa.
- De Janvri A., Araujo, C., Sadoulet, E. 2002. El desarrollo rural con una visión territorial. California University at Berkley: California.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2011. Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la Cuenca Hidrológica Río Actopan de la Región Hidrológica denominada Papaloapan A. 6 de noviembre de 2011.
- Ellis, E., Martínez-Bello, M., Monroy-Ibarra, R. 2011. Focos rojos para la conservación de la biodiversidad. En CONABIO *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Caso*. CONABIO, Gobierno de Veracruz, UV, INECOL: México, 351-367.
- Environmental Concern Inc. 2008. *Wetland Loss Trends*. Wetlands 101. Descargable en: <http://www.wetlands.org/101/WET 101C.pdf>
- Ehrlich, P., Kennedy, D. 2005. Sustainability: Millennium Assessment of Human Behavior. *Science* 5734(309): 562-563.
- Escamilla, B. 2013. *Valoración del servicio ambiental de provisión de los recursos naturales de un potrero derivado de selva-palmar inundable, en Jamapa, Veracruz*. Tesis Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Universidad Autónoma de Baja California.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2007. *The world's mangroves 1980-2005*. Forestry Paper 153. FAO: Roma.

Foladori, G. 2002. Avances y límites de la sustentabilidad social. *Economía, Sociedad y Territorio* 3(12): 621-637.

Gibbs, D. 2009. Sustainability entrepreneurs, ecopreneurs and the development of a sustainable economy. *Greener Management International* (55): 63-78.

Gobierno de Veracruz. 2009. Portal del Ciudadano. Descargable en: <http://portal.veracruz.gob.mx/>

Gómez-Sal, A. 2009. Veinte años desde Brundtland. Razones para una ciencia de la sostenibilidad. *Revista digital Ambienta* 88. Descargable en: <http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/Sal.htm>

González, J., Montes, C., Santos, I., Monedero, C. 2008. Invirtiendo en capital natural: un marco para integrar la sostenibilidad ambiental en las políticas de cooperación. *Ecosistemas* 2(17): 52-69.

González-García, F. 2006. Las aves. En Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos Veracruzanos: la zona de La Mancha*. INECOL: Xalapa, 423-448.

González-Marín, R., Moreno-Casasola, P., Orellana, R., Castillo, A. 2012a. Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico. *Environment, Development and Sustainability* 14(4): 541-555.

González-Marín, R., Moreno-Casasola, P., Orellana, R., Castillo, A. 2012b. Traditional wetland palm uses in construction and cooking in Veracruz, Gulf of Mexico. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 11(3): 408-413.

González-Romero, A., Lara-López, M. 2006. Los anfibios, los reptiles y los mamíferos. En Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos Veracruzanos: la zona de La Mancha*. INECOL: Xalapa, 407-422.

Goodland, R., Daly, H. 1996. Environmental Sustainability: Universal and Non-Negotiable. *Ecological Applications* 4(6): 1002-1017.

Guevara, S., Moreno-Casasola, P. 2008. El dilema de los recursos naturales: La ganadería en el Trópico de México. *GUARAGUAO* 12: 9-23.

Gudynas, E., Evia, G. 1991. Marco conceptual de la Ecología Social. En Gudynas, E., Evia, G. (Eds.) *Introducción a las metodologías de la Ecología Social*. CIPFE-CLAES-NORDAN: Montevideo, 19-37.

Haenn, N. 1999. The Power of Environmental Knowledge: Ethnoecology and Environmental Conflicts in Mexican Conservation. *Human Ecology* 27(3): 477-491.

Hirales-Cota, M., Espinoza-Ávalos, J., Schmook, B., Ruíz-Luna, A., Ramos-Reyes, R. 2010. Agentes de deforestación de manglar en Mahahual-Xcalak, Quintana Roo, sureste de México. *Ciencias Marinas* 36(2): 147-159.

Holmgren, D. 2002. *Permaculture: Principles and Pathways Beyond Sustainability*. Holmgren Design Services: Victoria.

INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 1988. *Enciclopedia de los municipios y Delegaciones de México. Veracruz de Ignacio de la Llave*. Descargable en:

<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM30veracruz/municipios/municipios.html>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México). 2005. Población Rural y Rural Ampliada en México, 2000. INEGI: México.

----- 2009a. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Actopan, Veracruz de Ignacio de la Llave.

----- 2009b. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tecolutla, Veracruz de Ignacio de la Llave.

----- 2009c. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Jamapa, Veracruz de Ignacio de la Llave.

----- 2014. <http://www.inegi.org.mx/> Consultado: 1 de marzo de 2014.

Infante-Mata, D., Moreno-Casasola, P., Madero-Vega, C. 2014. ¿*Pachira aquatica*, un indicador del límite del manglar? *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 143-160.

Johannes, R. 1993. Integrating Traditional Ecological Knowledge and Management with Environmental Impact Assessment. En Inglis, J. (Ed.) *Traditional Ecological Knowledge: Concepts and cases*. Canadian Museum of Nature: Ottawa, 33-39.

Juárez, A., Rojas, J., Mora, C., Zárate, D. 2006. Los peces. En Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos Veracruzanos: La Costa de La Mancha*. INECOL: Xalapa, 327-340.

Kawulich, B. 2005. La observación participante como método de recolección de datos. *FORUM: Qualitative Social Research* 6(2): Art 43.

Kay, C. 2009. Estudios rurales en América Latina en el periodo de globalización neoliberal: ¿una nueva ruralidad? *Revista Mexicana de Sociología* 71(4): 607-645.

Kumar, T. e Inoue, M. 2008. Why did the project fail to achieve its objectives in some villages? The experience of the Upland Settlement Project (USP) in Bangladesh. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 15(2): 153-169.

Landgrave, R., Moreno-Casasola, P. 2012. Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación Ambiental* 4(1): 19-35.

Lazos-Ruíz, A. 2007. *Biosphere Reserves: contribution to sustainable local development?* Tesis de Maestría Internacional en Desarrollo Rural. Humboldt Universität zu Berlin.

Lazos-Ruíz A., Moreno-Casasola P., Galante E. 2013. Green Rural Enterprises: Guidelines for Empowering Local Groups towards Sustainable Ventures. *Journal of Environmental Planning and Management*, DOI: 10.1080/09640568.2013.844107.

Llambí, L., Pérez, E. 2007. Nuevas ruralidades y viejos campesinismos. Agenda para una nueva sociología rural latinoamericana. *Cuadernos Desarrollo Rural* 59(4): 37-61.

López, C., Chanfón, S., Segura, G. 2005. *La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera. Experiencias de comunidades rurales*. SEMARNAT, CONAFOR, CIFOR: Distrito Federal.

Marcos, S. 2006. *La otra campaña*. Crónicas zapatistas EZLN: Chiapas.

Marín, M., Criado, J., Bravo, J. 2005. Experiencias destacadas sobre gestión ambiental participativa en humedales de las Américas. FUNGAP-Grupo Antigua: San José.

Marsden, T., Smith, E. 2005. Ecological entrepreneurship: sustainable development in local communities through quality food production and local branding. *Geoforum* 36(4): 440-451.

Martínez, J., Arellano, R. 2007. Participación social y desarrollo rural sustentable en la microcuenca de Lagunillas, Jalisco, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 58: 49-64.

Masera, O. 1996. *Deforestación y degradación forestal en México*. Documento de Trabajo No. 19. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA): México.

McIntosh, S., Renard, Y. 2010. Placing the commons at the heart of community development: three case studies of community enterprise in Caribbean Islands. *International Journal of the Commons* 1(4): 160-182.

MEA (Millenium Ecosystem Assessment). 2005. *Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua*. Informe de Síntesis. World Resources Institute: Washington D.C.

Meadows, D. 2005. *Limits to Growth-33 years later*. Presentado en conferencia en Netherlands National Institute for Environmental Technology, Bilthoven, Holanda.

Meadows, DH., Meadows, DL., Randers, J., Behrens III, W. 1972. *Los límites del crecimiento*. Fondo de la Cultura Económica: Distrito Federal.

Mitsch, W., Gosselink, J. 2000. *Wetlands*. John Wiley and Sons: New York.

Moreno, A. 2011. *Efectos Ambientales del Programa Nacional de Desmontes, México, 1972-1982*. Tesis Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí/Cologne University of Applied Sciences.

Moreno-Casasola, P. 2004. A case study of conservation and management of a tropical sand dune system: La Mancha-El Llano. En Martínez, M., Psuty, N. y Luke, R. (Eds.). *Coastal sand dunes. Ecology and conservation*. Ecological Studies 171. Springer Verlag: Nueva York, 319-334.

Moreno-Casasola, P., Salinas, G., Amador, L., Juárez, A., Cruz, H., Travieso-Bello, A., Ruelas, L., Monroy, R., Infante, D., López, H., Peralta, L., Paradowska, K., Valencia, A. 2006. El

- proyecto comunitario de conservación y producción. En Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos Veracruzanos: la zona de La Mancha*. INECOL: Xalapa, 493-538.
- Moreno-Casasola, P. e Infante, D. 2010. *Veracruz tierra de ciénegas y pantanos*. Gobierno del Estado de Veracruz-Universidad Veracruzana: Xalapa.
- Moreno-Casasola, P. 2011. *Los Sitios RAMSAR de Veracruz*. INECOL: Xalapa.
- Naredo, J. 1996. Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible. *Documentación Social* 102: 129-147.
- Naudé, W. 2010. *Promoting Entrepreneurship in Developing Countries: Policy Challenges*. Policy Brief 4. United Nations University: Helsinki.
- Nickels, S., Furgal, C., Buell, M., Moquin, H. 2005. *Putting the Human Face on Climate Change: Perspectives from Inuit in Canada*. Inuit Tapiriit Kanatami, Nasivvik Centre for Inuit Health and Changing Environments at Université Laval and the Ajunnginiq Centre at the National Aboriginal Health Organization: Ottawa.
- Nieto, J. 2007. *Migración y cambio cultural en Querétaro*. UAQ: Querétaro.
- ODM (Objetivos de Desarrollo del Milenio). 2008. *Informe 2008*. Naciones Unidas: Nueva York.
- Ohl-Schacherer, J., Mannigel, E. Kirkby, C., Shepard, G., Yu, D. 2008. Indigenous ecotourism in the Amazon: A case study of "Casa matsigenka" in Manu National Park, Peru. *Environmental Conservation* 35(1): 14-25.
- Olguín, E., Mercado, G., Sánchez-Galván, G. 2011. Amenazas a la biodiversidad asociadas a la producción de azúcar y etanol. En CONABIO *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Caso*. CONABIO, Gobierno de Veracruz, UV, INECOL: México, 351-367.
- Oliveira, R. 2008. Environmental History, Traditional Population and Paleo-territories in the Brazilian Atlantic Coastal Forest. *Global Environment* 1: 176-191.
- Ortíz, B., Hernández, H. 2006. La Historia Socioambiental. En Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos Veracruzanos: La Costa de La Mancha*. INECOL: Xalapa, 25-34.
- Ostrom, E. 2000. *El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva*. Fondo de Cultura Económica: Distrito Federal.
- Perring, M., Ellis, E. 2013. The extent of novel ecosystems: Long in time and broad in space. En Hobbs, R., Higgs, E., Hall, C. (Eds.). *Novel Ecosystems: Intervening in the new ecological world order*. Wiley-Blackwell: Chichester, 66-80.
- Pesci, R. 2000. *La vida como proyecto: del Titanic al velero*. Fundación CEPA: La Plata.
- Pesci, R., Pérez, J., Pesci, L. 2007. *Proyectar la sustentabilidad. Enfoque y metodología de FLACAM para proyectos de sustentabilidad*. CEPA: La Plata.

- Pretty, J., Guijt, I., Thompson, J., Scoones, I. 1995. *Participatory Learning and Action: A Trainer's Guide*. International Institute for Environment and Development: Londres.
- Punch, K. 2005. *Introduction to Social Research. Qualitative and Quantitative Approaches*. SAGE Publications: Trowbridge.
- Ramankutty, N., Foley, J. 1999. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles* 13(4): 997–1027.
- RAMSAR. 2014. The Ramsar Convention of Wetlands. <http://www.ramsar.org>
- Rivas, H. 1998. Los impactos ambientales en áreas turísticas rurales y propuestas para la sustentabilidad. *Gestión Turística* 3: 47-75.
- Ruíz, M., López-Portillo, J. 2006. Los invertebrados. En Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos Veracruzanos: La Costa de La Mancha*. INECOL: Xalapa, 341-362.
- Sachs, I. 1982. *Ecodesarrollo: desarrollo sin destrucción*. El Colegio de México: Distrito Federal.
- Sallenave, J. 1994. Giving Traditional Ecological Knowledge Its Rightful Place in Environmental Impact Assessment. *Canadian Arctic Resources Committee* 22(1): 16-19.
- Scherl, L., Wilson, A., Wild, R., Blockhus, J., Franks, P., McNeely, J., McShane, T. 2004. *Can Protected Areas Contribute to Poverty Reduction? Opportunities and Limitations*. IUCN: Gland.
- Scheyvens, R. 1999. Ecotourism and the Empowerment of Local Communities. *Tourism Management* 20(2): 245–249.
- Schejtman, A., Berdegué, J. 2004. *Desarrollo Territorial Rural*. Debates y Temas Rurales No. 1. RIMISP Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural: Santiago de Chile.
- SECTUR (Secretaría de Turismo). 2012. *El turismo en México 2012*. SECTUR: México. Descargable en: http://datatur.sectur.gob.mx/work/sites/datatur/resources/LocalContent/310/56/BoletinFina_Turismo_Mex_2012.pdf
- Seixas, C., Berkes, F. 2010. Community-based enterprises: the significance of partnerships and institutional linkages. *International Journal of the Commons* 1(4): 183-202.
- Seghezze, L. 2009. The five dimensions of sustainability. *Environmental politics* 18(4): 539-556.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. *Biodiversidad*. Información de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave y de desempeño ambiental. SEMARNAT: México. Descargable en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/00_intros/pdf.html

- Sherwood, S., Larrea, S. 2001. Looking back to see ahead: Farmer lessons and recommendations after 15 years of innovation and leadership in Güinope, Honduras. *Agriculture and Human Values* 18: 195-208.
- Siemens, A. 1998. *A Favored Place: San Juan River Wetlands, Central Veracruz, A.D. 500 to the Present*. University of Texas Press: Austin.
- Sillitoe, P. 2006. Ethnobiology and applied anthropology: *rapprochement* of the academic with the practical. *Journal of the Royal Anthropology Institute* 12(1): 119-142.
- SIM (Sistema de Información Municipal). 2013a. Cuadernillos Municipales Actopan. Descargable en: <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/files/2013/04/Actopan.pdf>
- 2013b. Cuadernillos Municipales Tecolutla. Descargable en: <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/files/2013/04/Tecolutla.pdf>
- 2013c. Cuadernillos Municipales Jamapa. Descargable en: <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/files/2013/04/Jamapa.pdf>
- Sin Maíz no hay País. 2014. *Campaña nacional Sin Maíz no hay País. En defensa de la soberanía alimentaria y la reactivación del campo mexicano*. <http://www.sinmaiznohaypais.org>.
- Smith, W. 2005. Working Together to Take Care of the Land: Building Bridges with Traditional Knowledge in the Gwich'in Settlement Area. *Ethnobotany Research and Applications* 3: 57-66.
- Sola, P. 2005. The Community Resource Management Plan: A tool for integrating IKS into natural resource management. *Ethnobotany Research and Applications* 3: 143-153.
- Speelman, E., López-Ridaura, S., Colomer, N., Astier, M., Masera, O. 2007. Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. *The International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 14(4): 345-361.
- Tacoli, C. 1998. Rural-urban interactions: a guide to the literature. *Environment and Urbanization* 10(1): 147-166.
- Tisdell, C. 2005. *Economics of Environmental Conservation*. MPG Books: Chenttenham.
- Travieso-Bello, A., Moreno-Casasola, P. 2006. Los humedales. En Moreno-Casasola P. (Ed.) *Entornos Veracruzanos: La Costa de la Mancha*. INECOL: Xalapa, 231-246.
- Toledo, V. 1990. El proceso de ganaderización y la destrucción ecológica de México. En Leff, E. (Coord.). *Medio ambiente y desarrollo en México*. Distrito Federal: UNAM-CIIH, 191-228.
- Toledo, V. 1997. Sustainable development at the village community level: a third world perspective. En Smith, F. (Ed.) *Environmental Sustainability. Practical global implications*. St. Lucie Press: Boca Raton, 233-250.
- Toledo, V., Barrera-Bassols, N. 2008. *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Junta de Andalucía – Icaria: Barcelona.

Toledo, V., González de Molina, M. 2007. El metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. En Garrido, F., González de Molina, M., Serrano, J., Solana, J. (Eds.). *El paradigma ecológico en las ciencias sociales*. Icaria: Barcelona, 85-112.

Ulloa-Rivera, L. 2007. *La cooperación internacional en la era de la globalización*. IPN: Distrito Federal.

Vázquez-González, C., Fermán-Almada, J., Moreno-Casasola, P., Espejel, I. 2014. Scenarios of vulnerability in coastal municipalities of tropical Mexico: an analysis of wetland land use. *Ocean and Coastal Management* 89: 11-19.

Vela, F. 2008. Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa. En Tarrés, M. (Coord.) *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa de la investigación social*. FLACSO, El Colegio de México y Miguel Ángel Porrúa: Distrito Federal, 63-95.

Velasco, J., García, L., Grajales, E. 1985. *Fuentes para la historia del Totonacapan, Veracruz*. Cuaderno 6. Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales de la Universidad Veracruzana: Xalapa.

Yin, R. 2009. *Case Study Research: Design and Methods*. SAGE Inc.: California.

Zhou, Z., Jiang, Z. 2004. International Trade Status and Crisis for Snake Species in China *Conservation Biology* 5(18): 1386-1394.

Capítulo II.

Documentando el conocimiento ecológico tradicional de una comunidad rural



Serie fotoNatura-La Mancha

“Seres fantásticos cuidan la naturaleza... si crees ES... simpatiza y pide permiso”

Documentando el conocimiento ecológico tradicional de una comunidad rural

La pérdida rápida y continua de conocimiento ecológico comunitario hace necesario documentarlo, a fin de hacerlo accesible a más personas (i.e. las siguientes generaciones, personas con las mismas necesidades, etc.) y como base para tomar decisiones mejor informadas. Esta tarea se abordó a través de diferentes estrategias: a) el video documental, b) la fotografía participativa de la relación comunidad-naturaleza, c) la documentación del uso de árboles y d) la elaboración de una guía de ecoturismo comunitario. Todas estas metodologías para documentar el conocimiento de las comunidades exploraron diferentes herramientas, formas de aprendizaje y sobre todo distintos niveles de participación de la comunidad rural. En cada apartado se explica cómo se llevó a cabo.

a) Video-Documental Mujer Campesina

Introducción

El video documental da cuenta de los hechos y ofrece la oportunidad de matizar la memoria (Martínez 2012), proporciona material y datos que permiten acercarse a la realidad personal y colectiva que usualmente no es visible, contribuyendo a la reflexión y al diálogo (Stille 2011). Un documental responde, entre otras cosas, a una necesidad de comunicar, de crear un espacio para escuchar las voces que no se oyen y para compartir experiencias y eventos (Rosenthal 2007). Uno de los intereses que puede servir el video documental es involucrar positivamente a las personas que contribuyen con sus testimonios al proyecto, actuando como un espejo en que las identidades de los participantes se reflejan con una luz positiva (Cummins 2005 en Stiller 2011). Es un medio audiovisual en el cual el investigador guía un relato a través de algunas preguntas clave organizadas en un guión, a través de las cuales la persona o el grupo se expresa libremente.

Justificación

El Vivero de la Mujer Campesina es un grupo productivo que fue incluido dentro de los grupos apoyados por el Plan de Manejo La Mancha-El Llano (Moreno-Casasola *et al* 2006). A lo largo

de los talleres participativos en busca de conflictos y potencialidades, un problema identificado fue la baja motivación de las mujeres para seguir trabajando en el vivero, por falta de pedidos y carencias en la gestión de recursos. Esta baja motivación podría terminar en la inactividad del grupo por lo que se propuso usar la herramienta del video documental que recopilara sus conocimientos y logros para que pudieran observarlos y apreciarlos desde otro punto de vista y reconocieran el largo trecho avanzado.

Objetivo

El objetivo principal fue que las mujeres de un grupo productivo se vieran y motivaran a sí mismas desde otro punto de vista a través del video documental mostrando sus propias reflexiones. Otros objetivos de este documental fueron:

- Mostrar los alcances del proyecto del Vivero de la Mujer Campesina.
- Mostrar un fragmento de la realidad de las áreas rurales mexicanas.
- Mostrar el conocimiento que aporta la gente rural a partir de sus experiencias.
- Transmitir el mensaje de cuidado del ambiente a un mayor número de personas.

Metodología

Se escribió el guión del documental, que consta de los objetivos del video, la descripción breve de las tomas, los tiempos y la secuencia, entre otros elementos (Rosenthal 2007). Se utilizaron elementos de la metodología de historia de vida -pues recoge el testimonio directo de los entrevistados y recoge la visión personal y subjetiva de los informantes sobre el fenómeno objeto de estudio (Moreno y Campos 2012)- para contextualizar la historia personal de cada participante. Se hicieron entrevistas semiestructuradas (Vela 2008) a la investigadora promotora del proyecto del vivero y a las integrantes activas del grupo preguntando sobre el origen del proyecto, las experiencias en el vivero, el conocimiento adquirido, lo que más les gusta, las dificultades y lo que han aprendido. Se videograbaron las entrevistas en el sitio de trabajo de cada una para mostrar el contexto en el que se desenvuelven. Se recopilaron fotos de las actividades en el vivero de los archivos del grupo y se elaboraron dibujos que se utilizaron para apoyar las imágenes del video, pues son maneras diferentes de interactuar y usar la información (Coll y Martí 2001). Se editó el video con el software Adobe Premiere. Se mostró el video final

a las mujeres y se registraron sus comentarios. Cada participante recibió una copia del video. Se mostró el video en diferentes foros para aumentar el número de personas que conocieran el proyecto y su mensaje.

Resultados y discusión

El producto de este trabajo fue el video documental “Mujer Campesina” con una duración de 20 minutos (Anexo 1) que muestra los resultados principales:

- Las visiones de la promotora del proyecto productivo y las mujeres participantes coinciden en los hechos logrados.
- El video retrata un fragmento de la vida cotidiana y los roles que desempeñan las mujeres en una zona rural del Veracruz actual, así como del contexto comunitario de la falta de empleos y la emigración.
- El proceso de involucramiento en el proyecto del vivero detonó el aprendizaje sobre producción de plantas a partir de la capacitación y la práctica diaria. Estos elementos construyen el conocimiento ecológico que ahora poseen y enriquecen a través de sus experiencias.
- Las actividades en el vivero han tenido un impacto positivo para su familia – especialmente sus hijos-, la comunidad y ellas mismas, lo que constituye una nueva apertura de su panorama de vida y una valorización intangible de su trabajo.
- El grupo tiene necesidades de apoyo para la mejora en la infraestructura del vivero y el acceso a mercados.
- Las mujeres comparten un mensaje de cuidado del ambiente a todos los espectadores.

El video recopila esos resultados y se convierte en una evidencia que se puede transmitir y compartir. Las reacciones de las mujeres al ver el documental fueron de emoción y nerviosismo, pues nunca se habían visto a ellas mismas en un video. El documental favoreció la reflexión sobre sus logros y las dificultades que han afrontado y superado.

Una de las debilidades de este trabajo es que aunque la información y la expresión de las mujeres fueron libres, estuvo encaminada por la idea y el guión del documental que no hicieron ellas. Para ello se requeriría un proceso diferente, probablemente más largo y complejo con

herramientas de la antropología visual que permitieran hacer un video documental participativo (Flores 2005). Una mayor participación desde el inicio permitiría que ellas plantearan su realidad, problemática y logros desde su punto de vista y posiblemente les permitiría reflexionar más profundamente sobre la necesidad de actuar para resolver sus problemas, en este caso la inactividad del vivero.

Con la proyección del video “Mujer Campesina” en eventos como las Jornadas de la Biodiversidad del CIBIO y el Día de Puertas Abiertas del INECOL, se avanzó en el objetivo de transmitir el mensaje del grupo a una audiencia más amplia y de reconocer los aportes de la comunidad rural al cuidado del medio ambiente. También se logran mostrar los alcances del proyecto en cuanto a los beneficios logrados y la transformación de las participantes. El documental no muestra la problemática de desmotivación del grupo porque justamente la idea del mismo era rescatar los logros alcanzados. Pareciera que estamos promoviendo un caso exitoso cuando la desmotivación del grupo era mayor, sin embargo, es necesario comprender que en cualquier proyecto hay temporadas diferentes, como una helicoide (*sensu* Pesci 2000) que es un proceso que avanza sin detenerse pero adopta diferentes formas (i.e. mayor o menor actividad, altas y bajas).

Conclusiones

El video documental *Mujer Campesina* muestra parte de las historias de vida, necesidades y logros del grupo de mujeres que constituyen el proyecto de conservación del vivero. Ellas compartieron sus reflexiones y aprendizajes y a su vez se convirtió en una herramienta para verse a ellas mismas desde otro punto de vista. Este material sirve como transmisor de un mensaje de conservación desde la zona rural a la audiencia. También el video logra documentar el proceso de construcción de conocimiento ecológico del grupo de mujeres, pero, para este caso, no fue un elemento suficientemente fuerte para aumentar la motivación de las mujeres del vivero, puesto que se trata de una situación de alta complejidad que requiere buscar más mecanismos para comprenderla.

Referencias

- Coll, C., Martí, E. 2001. La educación escolar ante las nuevas tecnologías de la información y la educación. En: Coll, C., Marchesi, A., Palacios, J. *Desarrollo Psicológico y Educación, vol. II. Psicología de la Educación Escolar*. Alianza: Madrid, 623-651.
- Flores, C. 2005. Video indígena y antropología compartida: una experiencia colaborativa con videastas maya-q'eqchi' de Guatemala. *Revista LiminaR. Estudios Sociales y Humanísticos* 3(2): 7-20.
- Martínez, R. 2012. Satereria: tradição e política - Sateré-Mawé (Gabriel Alvarez, 2009), una producción anti-Globo. El arte de la traducción cultural: etnografía y video de Gabriel Álvarez. *Vibrant: Virtual Brazilian Anthropology* 9(2): 551-558.
- Moreno, A., Campos, L. 2012. *Historia de vida*. SAR Quavitae: Málaga.
- Moreno-Casasola, P., Salinas, G., Amador, L., Juárez, A., Cruz, H., Travieso-Bello, A., Ruelas, L., Monroy, R., Infante, D., López, H., Peralta, L., Paradowska, K., Valencia, A. 2006. El proyecto comunitario de conservación y producción. En Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos Veracruzanos: la zona de La Mancha*. INECOL: Xalapa, 493-538.
- Pesci, R. 2000. *La vida como proyecto: del Titanic al velero*. Fundación CEPA: La Plata.
- Rosenthal, A. 2007. *Writing, Directing, and Producing Documentary Films and Videos*. Southern Illinois University Press: Carbondale.
- Sluyter, A. 2004. Los orígenes ecológicos y las consecuencias de la ganadería en la Nueva España durante el siglo XVI. En Velasco, J., Gardner, D. (Eds.). *De las Marismas del Guadalquivir a la Costa de Veracruz: Cinco perspectivas sobre cultura ganadera*. UV-Instituto de la Cultura de Veracruz: Xalapa, 14-37.
- Stille, S. 2011. Framing Representations: Documentary Filmmaking as Participatory Approach to Research Inquiry. *Journal of Curriculum and Pedagogy* 8(2): 101-108.
- Vela, F. 2008. Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa. En Tarrés, M. (Coord.) *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa de la investigación social*. FLACSO, El Colegio de México y Miguel Ángel Porrúa: Distrito Federal, 63-95.

b) FotoNatura-La Mancha

Introducción

Los habitantes de zonas rurales son los principales usuarios y propietarios de los ambientes naturales (Castillo *et al* 2009), lo que hace necesario conocer sus percepciones para lograr construir una estrategia de conservación y mejor manejo de los recursos de la naturaleza. Usualmente desde el campo académico esto se intenta hacer a través de textos, lo cual limita la posibilidad de entendimiento y conlleva diferencias de poder, entre los que son capaces de expresarse mejor por medio escritos y los que no (Schratz-Hadwich *et al* 2004), de ahí la importancia de buscar otros medios para comunicar.

Freire hablaba de la importancia de la visualización para estimular la introspección, reflexión, debate y acción colectiva para involucrar a los participantes en su propio aprendizaje (Singhal y Durá 2010). Las imágenes son construcciones ideológicas definidas por los ambientes culturales y sociales (Singhal *et al* 2007), así como por ambientes naturales. La fotografía no discrimina edad, nivel académico, cultura o idioma (Aguilar *et al* 2006), todos podemos tomar fotos, se trata de una voz visual que permite expresar las percepciones de los participantes; se convierten en emisores de un mensaje mediante su capacidad creativa e innovadora. La exposición de fotografías sirve para generar en los espectadores reflexiones a partir del sentido de la vista, el potencial de las imágenes consiste en la oportunidad que ofrecen para abrir nuevas interrogantes y disparar ideas, no solo para ratificar o ilustrar (Devoto 2013). La fotografía participativa es una herramienta de expresión visual y fue el fundamento para crear el proyecto fotoNatura-La Mancha. El tema central de esta experiencia fue la relación entre la comunidad y el entorno natural.

Objetivo

Los objetivos de fotoNatura-La Mancha fueron:

- Facilitar que los participantes usuarios de los humedales representen sus percepciones e intereses a través de la producción de imágenes.
- Utilizar la fotografía como un medio de expresión de las relaciones entre la comunidad rural de La Mancha y el entorno natural.

- Acercar a la comunidad rural una extensión del arte con la idea de ofrecer una forma diferente de apreciar su entorno.
- Promover que la comunidad tomara un papel activo sobre la difusión de sus percepciones ambientales haciendo llegar mensajes a través de la exposición de sus fotografías en diferentes lugares.
- Generar imágenes artísticas que inspiraran otras maneras de ver la naturaleza para causar una reflexión.

Justificación

Para plantear propuestas de conservación junto con una comunidad rural es necesario saber más sobre sus percepciones. Una fotografía demuestra la interconexión entre los espacios, las emociones y las asociaciones del fotógrafo (Schratz y Löffler-Anzböck en Schratz-Hadwich *et al* 2004), así entonces, muestra parte de su conocimiento. El uso de herramientas como la fotografía abre posibilidades diferentes para conocer las percepciones de los habitantes sobre su relación con la naturaleza.

Metodología

La metodología de fotografía participativa, pretende abordar problemáticas a un nivel local a partir de las percepciones de los habitantes locales. Plantea una participación activa y libre orientada por el tema a trabajar (Gotschi *et al* 2008). Esta metodología se utilizó parcialmente adecuando elementos al tiempo y recursos disponibles y buscando conocer los elementos a los que los participantes daban más importancia en su relación con la comunidad y el entorno natural.

Con niños

Se hizo un acercamiento con los maestros de la escuela primaria para facilitar su ayuda y las instalaciones de la escuela. Se hizo una invitación general a toda la comunidad a participar en el taller a través de carteles en la comunidad e invitaciones directas.

Se impartió un taller breve de un día que constó de dos partes:

- Fotografía básica, para aprender a utilizar la cámara –partes, cuidados y funciones básicas- y técnicas básicas de fotografía. Esta parte del taller fue impartido por la artista visual invitada.
- Desarrollo del tema a fotografiar, explicando la idea de usar las fotografías para contar historias, así como para expresar las percepciones de los participantes y enfatizando que lo que ve cada persona es único y diferente a los demás. Se enfatizó la idea de que ellos podían dar mensajes a otras personas fuera de su comunidad a través de sus fotografías.

Se consiguieron cámaras fotográficas digitales sencillas -no réflex- y se dividió al grupo de participantes en equipos. Al siguiente día se hizo una salida de toma de fotografías de alrededor de 4 horas por grupos en los lugares de la comunidad y alrededores que decidieron los participantes. Los grupos se organizaron para ir prestando las cámaras. Enfatizando constantemente el tema para fotografiar cada participante tomó fotos libremente durante el tiempo que tenía la cámara, sobre lo que le parecía más importante de su comunidad y de su entorno natural. Se recopilaron las fotos de todos, se mostraron al grupo y posteriormente se seleccionaron y editaron fotografías. Se hizo una reflexión final sobre la experiencia y se preguntó y se registró el mensaje que cada participante querría dar a las personas que vieran su exposición. Estos mensajes se imprimieron en una lona que se montó junto a la exposición de las fotos. Además la autora escribió un texto para cada fotografía, se imprimieron y montaron en un marco sencillo para exponerlas.

Este proceso se acompañó con una artista visual y otros colaboradores que apoyaron las actividades. Además, del taller de fotografía participativa con los niños se aprovecharon otros días en el sitio para construir imágenes utilizando el mismo tema de la relación comunidad y entorno natural con la función de ofrecer mensajes visuales al público sobre el cuidado del medio ambiente. Se imprimieron y montaron todas fotografías seleccionadas y se expusieron en diferentes espacios.

Resultados y discusión

Se tuvo la participación de 26 personas en el taller, de las cuales 24 eran niños entre 5 y 13 años, y 2 jóvenes de 17 y 23 años respectivamente. Para casi todos era la primera experiencia que tenían tomando fotografías. Entre todos tomaron más de 500 fotos, pero la artista visual y la autora escogieron y editaron una de cada participante.

La artista visual produjo más de 200 fotos, de las que se escogieron y editaron 16. Se hizo una página web del proyecto con una galería de todas las fotografías seleccionadas divididas en los temas de: reflexión, flora y fauna, social y foto y paisaje (Anexo 2).

<http://www.wix.com/proyectosconsentido/fotonatura-lamanca>

Las fotografías impresas tanto de los niños como de la artista visual se expusieron en el Festival de Aves y Humedales de La Mancha 2011, en la ceremonia de clausura de cursos 2011 de la escuela primaria de La Mancha, en la galería del Instituto de Ecología A.C. en Xalapa y en la pizzería Tartufo en Coatepec, Veracruz, México.

Las fotos tomadas mostraron paisaje, animales, plantas y los mismos participantes del grupo. Retrataron paisajes agrícolas como cañaverales, terrenos y caminos; animales sobre todo domésticos como perros, burros, vacas y puercos; plantas como árboles de mango, árboles con termitas, cactus y una planta tóxica y tomaron muchas fotos de ellos mismos y de los demás especialmente jugando. Partimos de la idea de que se retrata un fragmento de realidad visual que se considera importante y que tiene que ver con el tema, lo que habla de que identifican una relación con la naturaleza tanto en términos de actividades productivas como por afecto y diversión. Los mismos autores forman parte de esa naturaleza, como lo expresan en sus propias fotografías. Ellos mismos se relacionan con el entorno en que viven divirtiéndose, paseando, observando y trabajando. Asimismo, los animales domésticos son parte de su percepción de naturaleza, así como las plantas que se cultivan. Cuando alguien encontraba algún otro animal como una jaiba, un cangrejo o un sapo, todos corrían a verlo y a tomarle fotos, lo que habla de su deseo por capturar ese momento y transmitirlo a otros.

También pusieron en práctica las técnicas aprendidas en clase explorando diferentes perspectivas con la cámara. En general fueron cuidadosos con las cámaras y aprovecharon el tiempo que les tocó utilizarla para tomar muchas fotografías.

Los mensajes que los participantes querían dar al público giraron en torno al cuidado del medio ambiente como no tirar basura, cuidar el agua, no matar animales. Estos mensajes notoriamente repiten el discurso aprendido sobre cuidado del medio ambiente, aunque las pláticas y las acciones de los participantes no reflejan todas las veces la conducta que estarían promoviendo.

Este curso fue muy corto, faltó tiempo para trabajar en más prácticas de fotografía y con más profundidad el tema del trabajo para conseguir que los participantes lograran hacer una historia con un mensaje a partir de sus fotografías. La técnica de fotografía participativa, especialmente fotovoz, tiene como objetivo atender problemáticas sociales y es un proceso más largo y complejo. Un trabajo hecho con mayor profundidad con esta herramienta es el de Báez y Estrada (2014) que trabajaron con pescadoras y pescadores de la zona de Alvarado, Veracruz, quienes lograron una mayor interiorización del trabajo y unas fotografías de mayor calidad.

En cuanto a las fotografías de la artista visual y el equipo, se crearon fotos y mensajes que mostraran una perspectiva diferente y que indujeran ideas y reflexiones nuevas en los espectadores. Se abordaron temas abstractos como el impacto de la humanidad en la tierra, las creencias sobre seres fantásticos en la naturaleza, la responsabilidad de los niños en el futuro de los árboles, la interacción con materiales industriales, entre otros. Los comentarios sobre el proyecto en las exposiciones y en la página web han sido favorables.

Conclusiones

Los recursos de tiempo y dinero disponibles limitaron los posibles resultados de este proyecto. Sin embargo los participantes aprendieron a usar de forma básica las cámaras fotográficas y se acercaron a una actividad artística a la que usualmente no tienen acceso. Sobre todo tuvieron la libertad de fotografiar aquello que consideraron más importante en su comunidad y en su entorno natural, además de pensar en un mensaje para el público que vería sus fotos. Las exposiciones en la escuela y en el Festival de Aves, donde participó toda la comunidad, fueron espacios de reconocimiento del trabajo de los niños, así como de auto-reconocimiento al ver a

su comunidad retratada y mostrada ante un público mayor. Las imágenes generadas junto con los textos son mensajes visuales sobre otras maneras de ver la naturaleza para causar una reflexión y promover su cuidado. Además, la fotografía se utilizó no solo como un método técnico sino como parte de un enfoque de empoderamiento (Schratz-Hadwich *et al* 2004) en que se da visibilidad a las percepciones de los niños; y las fotografías quedan como archivos que documentan con imágenes la realidad del entorno de ese momento. La fotografía participativa detonó reflexiones en los participantes y propició un medio para expresar sus puntos de vista. Por otra parte proporcionó elementos a los investigadores para conocer las percepciones de los pobladores y así comprender mejor sus motivaciones.

Referencias

- Aguilar, L., Arratia, O., Piepenstock, A. 2006. Los campesinos documentan sus experiencias: el uso de la fotografía digital en Bolivia. *LEISA Revista de Agroecología* 22(1): 20-22.
- Báez, M., Estrada, E. 2014. Miradas desde el humedal. Fotografía participativa con pescadoras y pescadores del Sistema Lagunar de Alvarado. *Culturales* (en prensa).
- Castillo, A., Corral, V., González, E., Paré, M., Paz, M., Reyes, J., Schteingart, M. 2009. Conservación y sociedad. En Sarukhán, J. (Coord. gral.) *Capital Natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO: México, 761-801.
- Devoto, E. 2013 La imagen como documento histórico-didáctico: algunas reflexiones a partir de la fotografía. *Revista de Educación* 4(6): 73-94.
- Gotschi, E., Freyer, B., Delve, R. 2008. Participatory Photography in Cross-Cultural Research: A Case Study of Investigating Farmer Groups in Rural Mozambique. En Liamputtong, P. (Ed.) *Doing Cross-Cultural Research. Ethical and Methodological Perspectives*. Springer Science + Business Media B.V.: Dordrecht, 213-231.
- Schratz-Hadwich, B., Walker, R., Egg, P. 2004. Photo evaluation. A participatory ethnographic research and evaluation tool in child care and education. Presentado para AARE “*Doing the Public good*” Melbourne, Australia.
- Singhal, A., Durá, L. 2010. Tarjetas de valoración cultural: un llamado para desarrollar sentidos participativos de monitoreo y evaluación. *Revista Folios* 23: 161-180.
- Singhal, A., Harter, L., Chitnis, K., Sharma, D. 2007. Participatory photography as theory, method and praxis: analyzing an entertainment-education project in India. *Critical Arts: South-North Cultural and Media Studies* 21(1): 212-227.

c) El uso de los árboles en Jamapa: La tradición y las mejores prácticas

Los resultados se han recogido en el artículo enviado para publicación a la Revista *Madera y Bosques*, titulado “El uso de los árboles en Jamapa: La tradición y las mejores prácticas” y cuyos autores son Lazos-Ruíz, A., Moreno-Casasola, P., Guevara, S., Gallardo, C., Galante, E.

Resumen

Los árboles han sido recursos naturales valiosos para las civilizaciones del planeta a lo largo de la historia para la obtención de recursos como madera, combustible, productos comestibles o medicinales, o bien por los servicios ambientales que brindan como sombra, humedad y fertilidad del suelo y mantenimiento de la biodiversidad local. A pesar de ello, desaparecen los bosques, las especies de árboles y el conocimiento tradicional. En este trabajo se enumeran los usos de los árboles más utilizados en Jamapa, Veracruz, México, y se proponen mejores prácticas para usarlos. A través de entrevistas y recorridos de campo se registraron y determinaron 68 especies de árboles, sus usos, las partes empleadas y el tipo de vegetación en la que se encuentran. Se identificaron 22 usos que se agruparon en tres categorías –maderables, extractivas y no extractivas-. Destaca el uso no maderable de las especies, lo que abre la posibilidad de su manejo a largo plazo. Las especies arbóreas de humedales y vegetación secundaria son las más utilizadas. Se detectó que el cambio en el modo de vida de los habitantes rurales se refleja en el uso actual de los árboles. Entre las prácticas recomendadas destacan: la propagación de especies nativas, el manejo de la madera, leña y frutos, su empleo en sistemas silvopastoriles, el mantenimiento de la biodiversidad local y la sensibilización de las nuevas generaciones acerca de este conocimiento y prácticas.

Palabras clave: conocimiento tradicional, sistemas silvopastoriles, manejo sustentable, servicios ambientales, selva baja y mediana, conectividad y biodiversidad.

Introducción

Los árboles han tenido un enorme valor para el desarrollo de la civilización desde tiempos preagrícolas (Casas 2001): por su uso tanto con fines utilitarios –madera leña, alimento y derivados medicinales- (Caballero y Cortés 2001, Bellefontaine *et al.* 2002), como rituales y cosmogónicos (López Austin 1997, Toledo *et al.* 1995). También se les confiere una gran importancia por los servicios ambientales que brindan, entre otros, como refugio para vida silvestre, sombra y conectividad del paisaje (Guevara *et al.* 2005, Moreno-Casasola y Paradowska 2009). Sin embargo, hay una disminución global del número de árboles de gran talla debido a causas antropogénicas (Lindenmayer *et al.* 2012). México es uno de los diez países con mayor cobertura de bosques primarios y es el séptimo con mayor deforestación (FAO 2010) con una pérdida anual neta de 367,224 hectáreas –equivalente a más de 1,000 ha por día- (Céspedes y Moreno 2010). La ganadería ha sido la causa preponderante del cambio del uso del suelo (Toledo 1990), sobre todo a partir de la introducción del ganado cebú (*Bos indicus*) y la proliferación de grandes extensiones de pastos introducidos (Guevara y Moreno-Casasola 2008).

Esta perturbación se refleja en que dos tercios de la superficie de las selvas altas y medianas son vegetación secundaria y en el caso de selvas bajas es el 50% (CONAFOR 2012). La vegetación hidrófita también ha sido fuertemente alterada; en el caso de los manglares fueron protegidos por la legislación ambiental mexicana, pero otros ejemplos como las selvas inundables no han sido considerados ni estudiados adecuadamente para su protección (Infante *et al.* 2014, Landgrave y Moreno-Casasola 2012, Velázquez *et al.* 2002). Infante-Mata (2011) encontró que la tala de estas selvas en Veracruz ha sido muy intensa y en muchas zonas del estado apenas queda un borde de selva inundable alrededor del manglar. En México el 62% de los humedales se han perdido o degradado (Landgrave y Moreno-Casasola, 2011).

La deforestación trae consigo mermas crecientes de los servicios ambientales y del conocimiento tradicional acerca del uso de los árboles. Los servicios ambientales que se afectan son: la regulación del clima, el control de la erosión, el mantenimiento de biodiversidad, la formación y fertilidad del suelo, entre otros (MEA 2005).

Por otra parte, existe poca información sobre el uso de las plantas de las selvas caducifolias en México, máxime si se trata de comunidades rurales (Kishor y Mitchell 2004, Sola 2005). Los principales trabajos sobre conocimiento tradicional se han realizado con grupos indígenas (Caballero y Cortés 2001, Toledo *et al.* 1995) como los mayas (Rico-Gray *et al.* 1991), los mixtecos (Casas *et al.* 1994) y los lacandones (Levy *et al.* 2002). En zonas de poblaciones mestizas - 90% de la población rural (INEGI 2010) - y sobre todo en zonas costeras, hay pocos ejemplos, como el trabajo de Moreno-Casasola y Paradowska (2009) sobre el uso de árboles de selvas bajas caducifolias y los de González-Marín *et al.* (2012a,b) sobre el uso de palmas de selvas inundables. El conocimiento tradicional se está perdiendo rápidamente en las generaciones más jóvenes (Reyes-García 2009, González-Marín 2012b), quienes están cada vez menos interesados en el campo y no tienen un sentido de apropiación de los recursos (Marín-Muñoz 2013), lo que hace urgente documentar y valorar el conocimiento que todavía existe en las comunidades.

El 70% de los bosques de México son propiedad ejidal (sistema mexicano postrevolucionario de tenencia comunitaria de la tierra) (FAO 2010), haciendo imperativo el conocimiento de sus recursos, la generación de información sistemática y el diseño de mejores prácticas de manejo en el largo plazo junto con las comunidades rurales (Rzedowski 2006).

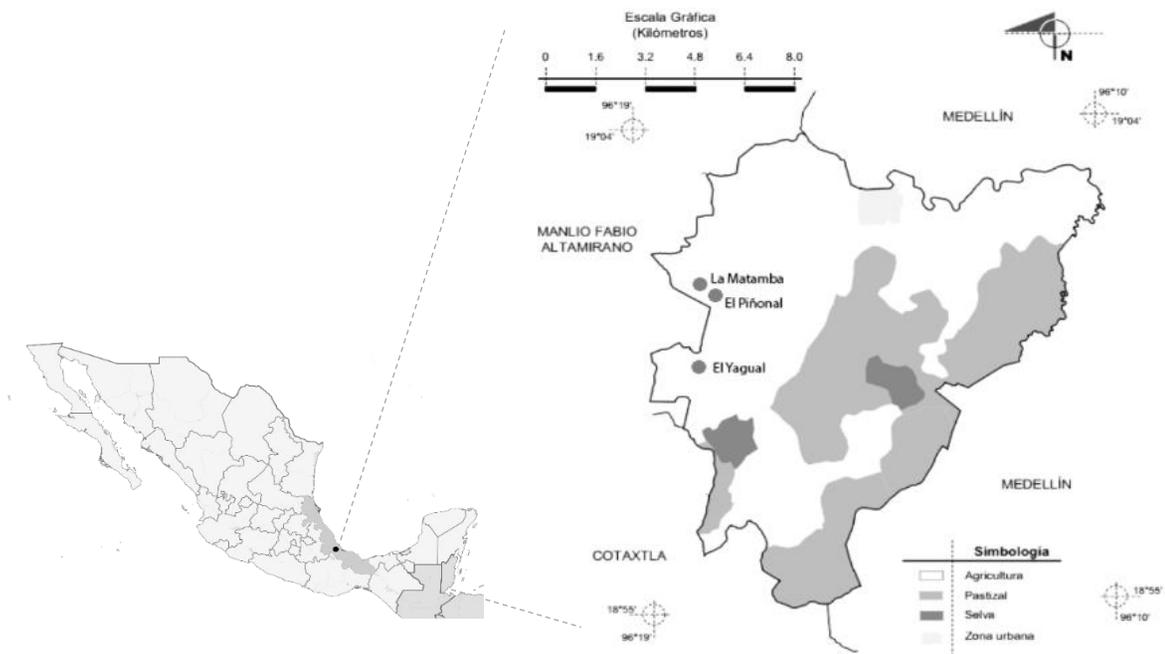
Este trabajo se enfoca en el uso de árboles en zonas rurales y escogimos el caso particular de Jamapa, en el estado de Veracruz, México, porque todavía quedan algunos remanentes de humedales y selva mediana y baja. Se trata de un sitio que ha sido habitado por largo tiempo y está perdiendo sus árboles de forma acelerada. Los objetivos de este trabajo son a) documentar y analizar el uso de los árboles en una comunidad rural de la planicie costera del Golfo de México y b) proponer prácticas de manejo de los árboles que permitan satisfacer sus necesidades y que promuevan perspectivas compatibles con el mantenimiento de los servicios ambientales.

Sitio de estudio

El municipio de Jamapa se ubica en la zona centro de Veracruz (Figura 1). Es una zona habitada desde hace siglos, todavía se reconocen remanentes de terrazas construidas por las culturas prehispánicas para la agricultura, donde posteriormente los españoles criaron ganado traído de

las marismas del Guadalquivir (Sluyter 2004, Guevara y Moreno-Casasola 2008). Jamapa tiene 39 localidades de las cuales 38 son rurales (SEFIPLAN 2013). Las vías de comunicación actuales permiten acceder al puerto de Veracruz –centro urbano más cercano- en media hora. La superficie del municipio es 60% agrícola, 35% pastizal, 4% vegetación secundaria y 1% zona urbana (INEGI 2005); la superficie de selva o de otra vegetación hidrófita no está considerada pues solo quedan pequeñas superficies aisladas (ver Figura 1). Es por tanto un municipio dedicado en más del 95% a actividades agrícolas (i.e. maíz y mango) y ganaderas, aunque solo un 19,1% de la población económicamente activa se dedica al sector primario (SEFIPLAN 2013). Existen manchones de selva baja caducifolia y selva inundable donde prevalece el uso tradicional de recursos, especialmente de las palmas y de la fauna, aunque corre el riesgo de desaparecer (González-Marín *et al.* 2012a,b, González-Marín 2013).

Figura 1. Ubicación, uso de suelo y vegetación del municipio de Jamapa, Veracruz, México, así como localización de las comunidades de El Piñonal, La Matamba y el Yagual (INEGI 2009).



El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de precipitación entre 1100 y 1300 mm anuales y con temperatura media entre 24°C y 26°C (SEFIPLAN 2013). El

municipio forma parte de la subcuenca del Río Jamapa-Cotaxtla (CSVA 2006). Para realizar este estudio se eligieron las comunidades rurales de la Matamba, el Piñonal y el Yagual, debido a que están ubicadas en los alrededores de los últimos remanentes de selva inundable y selva baja caducifolia.

Metodología

Se escogieron a los informantes de las comunidades por el método de “bola de nieve”, donde una persona sugiere a otra por su conocimiento y experiencia sobre el tema (Davis *et al.* 2010). El tamaño de la muestra se determinó por punto de redundancia y saturación de la información (Letts *et al.* 2007). Se aplicaron 19 entrevistas semiestructuradas, se aplicó un cuestionario con una guía de preguntas (Anexo 1), se dio espacio para comentarios y todas las respuestas se categorizaron (Vela 2008). El cuestionario tenía más de 50 preguntas incluyendo otros temas como percepciones sobre humedales y prácticas de manejo, sin embargo en este trabajo solo se presentan los resultados sobre usos de árboles y sus cambios a través del tiempo. La información se complementó con visitas a los predios y con talleres que permitieron corroborar los resultados y enriquecer la discusión del presente trabajo, como parte del enfoque de investigación participante (Tarrés 2004). Cada especie de árbol mencionada se colectó, se identificó y se depositó en el Herbario del Instituto de Ecología A.C. (XAL). Los nombres científicos se verificaron en The Plant List (www.theplantlist.org). El tipo de vegetación al que pertenecen fue consultado en la literatura y en el Herbario XAL.

Resultados

Se entrevistaron 19 personas: 5 mujeres y 14 hombres, de los cuales el 10,5% tenían menos de 40 años, 58% entre 41 y 60 años y 31,5% entre 61 y 80 años. Todos dedicados al campo – agricultura y/o ganadería- y algunos además realizan otros trabajos. Los entrevistados han tenido sus terrenos en la zona durante toda su vida, con excepción de una persona que adquirió el terreno hace menos de 10 años.

Se mencionaron 97 especies de plantas, de las cuales se excluyeron 21 por ser herbáceas y 8 por no poder determinarse botánicamente (por falta de flores y frutos). Las 68 especies restantes –

incluyen palmas- fueron identificadas con sus usos, las partes que se utilizan y el tipo de vegetación donde se encuentran (Tabla 1).

Las familias mejor representadas fueron Fabaceae (13 especies), Moraceae (8 especies) y Malvaceae (5 especies). Las especies mencionadas por más informantes fueron *Pachira aquatica* (14 menciones); *Gliricidia sepium* (12 menciones); *Maclura tinctoria*, *Cedrela odorata*, *Bursera simaruba*, *Attalea butyracea* (10 menciones cada una); *Ficus aurea* y *Tabebuia rosea* (9 menciones cada una). Las especies con mayor número de usos fueron *Gliricidia sepium* y *Maclura tinctoria* (10 usos cada una), *Tabebuia rosea* (8 usos), *Pachira aquatica*, *Mangifera indica* y *Cordia dodecandra* (7 usos cada una). Las especies de las que se usa un mayor número de partes fueron *Ficus aurea*, *Gliricidia sepium* y *Guazuma ulmifolia* con 6 partes cada una.

El 63% de todas las especies ocurren en la selva mediana, 54% en la selva baja y 40% en la selva alta; el 62% en zonas inundables y el 60% como vegetación secundaria. Las especies se distribuyen en varios tipos de vegetación, y las de más amplia distribución son *Bursera simaruba*, *Coccoloba barbadensis*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Ficus crocata*, *Genipa americana*, *Guazuma ulmifolia*, *Maclura tinctoria*, *Manilkara zapota*, *Muntingia calabura* y *Psidium guajava*.

Se identificaron 22 usos distintos de los árboles, que fueron agrupados en tres categorías: uso maderable, uso extractivo y uso no extractivo. Los usos maderables requieren el tronco entero, lo que provoca que se elimine completamente el árbol; los usos extractivos usan alguna parte del árbol permitiendo que se regenere y los usos no extractivos son los beneficios que se obtienen del árbol completo y vivo, lo que le permite seguir su desarrollo natural. La Tabla 2 muestra los tipos de uso y el número de especies registradas para cada uno. Los usos con una mayor diversidad de especies son el comestible, sombra, cerca viva y madera; mientras que para los usos como artesanías, insecticida, ornamental, techos de casas y conservación, se reportaron menos especies. Del total de usos, los maderables representan el 18%, los extractivos el 46% y los no extractivos el 36%.

Tabla 2. Tipos de usos de los árboles y número de especies por cada uno.

Maderables	Extractivos	No extractivos
construcción de casas (13)	artesanías (1)	cerca viva (19)
madera (16)	comestible (26)	conservación (4)
muebles (5)	forraje (12)	cortina rompevientos (2)
tinturas (3)	insecticida (1)	ornamental (1)
	leña (14)	refugio de vida silvestre (12)
	maduración de mangos (1)	ritual (2)
	medicinal (11)	sombra (20)
	postes (13)	tutor (1)
	techos (2)	
	utensilios (15)	

Usos maderables

Las especies con más usos de la categoría maderable y más mencionadas fueron *Tabebuia rosea* (3 usos/11 menciones), *Cedrela odorata* (2 usos/12 menciones), *Diphysa americana* y *Mangifera indica* (2 usos/5 menciones cada una). La Tabla 3 muestra los usos y las características de algunas especies maderables. Para la construcción de muebles se requieren maderas finas y fuertes como las de *Cedrela odorata* (6 menciones) y *Tabebuia rosea* (4 menciones). La producción de tinturas está en esta clasificación puesto que se utiliza el duramen de los árboles, es decir requiere troncos maduros, como en *Diphysa americana*, *Haematoxylum campechianum* y *Maclura tinctoria*. Aunque en las comunidades no les dan este uso los informantes lo refirieron.

Tabla 3. Especies usadas para madera y construcción de casas, su uso y/o características

Especie	Uso y/o características de la madera
<i>Acacia cochliacantha</i>	horquetas para enramadas*
<i>Attalea butyracea</i>	vigas y alfardas*
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	resistente a la intemperie, tiene una sustancia que irrita los ojos al trabajarla
<i>Diphysa americana</i>	madera muy dura
<i>Sabal mexicana</i>	vigas y alfardas*
<i>Salix humboldtiana</i>	madera suave para albañilería porque es fácil de clavar
<i>Tabebuia rosea</i>	varengas*
<i>Tabernaemontana alba</i>	madera suave
<i>Zuelania guidonia</i>	fustes derechos y largos, ideal para vigas*

*en la construcción de casas: las vigas son los troncos que soportan la mayor carga de la casa, las alfardas se colocan en los techos para sostener las hojas de palma, las varengas se usan para hacer corrales de madera, las horquetas son las ramas que tienen forma de Y, las enramadas son las construcciones ligeras y temporales que se ponen en la playa para dar sombra usualmente a turistas.

Usos extractivos

Numerosas especies proveen recursos a los pobladores locales. Las especies más conocidas con mayor número de usos extractivos fueron *Gliricidia sepium* (6 usos/21 menciones), *Maclura tinctoria* y *Guazuma ulmifolia* (5 usos/11 menciones cada una), *Pachira aquatica* (3 usos/20 menciones) y *Attalea butyracea* (3 usos/16 menciones). Para elaboración de artesanías se refirieron únicamente las semillas de *Cedrela odorata*; sin embargo se observó que un grupo de artesanas de La Matamba elabora productos con semillas de *Cocos nucifera* y *Acrocomia aculeata*. Para el uso comestible se aprovechan los frutos (mesocarpo) de todas las especies citadas excepto de *Gliricidia sepium* de la que se come la flor y de las palmas *Acrocomia aculeata* y *Attalea butyracea* de las que se come el endospermo de la semilla. Para el uso como forraje -alimento para diferentes tipos de ganado- se aprovechan los frutos de *Acacia cochliacantha*, *Annona reticulata*, *Attalea butyracea*, *Cordia dodecandra*, *Ficus aurea*, *Ficus yoponensis*, *Guazuma ulmifolia*, *Maclura tinctoria*, *Mangifera indica*, *Parmentiera aculeata*; las hojas de *Gliricidia sepium* y *Guazuma ulmifolia*; y las flores de *Ceiba pentandra*. Como insecticida natural solamente se mencionaron las hojas de *Azadirachta indica*. El uso como leña -combustible principalmente para cocinar- se señaló como casi obvio, especialmente de aquellos árboles que no proveen otros beneficios; no obstante subrayaron las características de algunos de ellos (Tabla 4).

Tabla 4. Características de la leña de algunas especies usadas en la zona de estudio

Especie	Características de la leña
<i>Acacia cochliacantha</i>	muy buena para hacer pan
<i>Ficus aurea</i>	buena para horno de ladrillos
<i>Gliricidia sepium</i>	no echa humo
<i>Guazuma ulmifolia</i>	puede arder en verde
<i>Maclura tinctoria</i>	echa chispas y truena
<i>Mangifera indica</i>	mala para cocinar, no deja brasa, buena para horno de ladrillos

Otro uso se da con las hojas de *Gliricidia sepium* cuando se mezclan con la fruta verde de mango (*Mangifera indica*) para acelerar su maduración. Para el uso medicinal las especies más señaladas fueron *Pachira aquatica*, *Pterocarpus officinalis* y *Cecropia obtusifolia*. La Tabla 5 muestra las especies para las que se indicó la parte utilizada y el padecimiento o dolencia para la cual se aplica.

Tabla 5. Especies de árboles medicinales, las partes que se utilizan y los padecimientos que tratan

Especie	Padecimiento (parte utilizada)
<i>Bursera simaruba</i>	sarampión, rubeola (hojas)
<i>Cecropia obtusifolia</i>	diabetes, dolor de huesos, reumatismo (hojas)
<i>Cordia cf. diversifolia</i>	dolor de rodillas (hojas)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	roña (cambium)
<i>Pachira aquatica</i>	diabetes (fruto)
<i>Parmentiera aculeata</i>	problema de riñón (fruto)
<i>Psidium guajava</i>	diarrea (hojas)
<i>Pterocarpus officinalis</i>	diabetes, anemia (corteza)
<i>Randia sp.</i>	picaduras de víbora (fruto)

Para postes -ramas o troncos en los que se fija un alambre haciendo una cerca que impide que el ganado salga del terreno- se utilizan 13 especies, de las que sobresalen *Maclura tinctoria* por su durabilidad y *Gliricidia sepium* y *Diphysa americana* por ser buenas madrinan -postes más fuertes situados en las esquinas y donde se tensa el alambre-. Para conservar la frescura de las casas tradicionales –escasas hoy día- suelen fabricar techos de hojas de palmas como *Attalea butyracea* (también reportada en la literatura como *A. liebmannii*) y *Sabal mexicana*. Los utensilios fabricados con materiales de árboles son frecuentemente cabos de herramientas como

azadones o hachas. La Tabla 6 muestra otros utensilios derivados de los árboles y las partes de las que se obtienen. La pólvora no se utilizan propiamente en la comunidad pero los informantes conocen ese uso porque les han comprado árboles para su extracción.

Tabla 6. Utensilios que se obtienen de diferentes partes de los árboles

Especie	Utensilios (parte utilizada)
<i>Castilla elastica, Ficus obtusifolia</i>	pelotas (látex)
<i>Ceiba aesculifolia, Ceiba pentandra</i>	almohadas (vilano de las semillas)
<i>Cordia dodecandra</i>	fibra para lavar trastes (hojas)
<i>Ficus aurea</i>	bateas (raíz), columpios (raíz)
<i>Ficus obtusifolia</i>	mangas de hule (látex)
<i>Gliricidia sepium</i>	maduración de mangos (hojas), horquetas para detener trojas –manojos- de ajonjolí (ramas bifurcadas y jóvenes)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	palos de escoba, cortineros (ramas derechas y jóvenes)
<i>Maclura tinctoria</i>	pólvora (resina)
<i>Pachira aquatica</i>	yugos de yunta (raíz, tronco)
<i>Salix humboldtiana</i>	escobas (ramas con hojas)

Usos no extractivos

A los árboles también se les reconocen propiedades que permiten aprovecharlos y beneficiarse de ellos por su sola presencia. Las especies con más usos de este tipo y más mencionadas fueron *Ehretia tinifolia* (4 usos/5 menciones), *Pachira aquatica* (3 usos/10 menciones), *Bursera simaruba* (3 usos/8 menciones), *Maclura tinctoria* (3 usos/6 menciones), *Ficus cotinifolia* (3 usos/3menciones), *Gliricidia sepium* (2 usos/12 menciones). Como cercas vivas –árboles que protegen y delimitan los terrenos- se escogieron *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba* y *Cordia dodecandra*. Para la conservación del agua y la vegetación emplean *Ehretia tinifolia*, *Ficus* spp., *Pachira aquatica* y *Salix humboldtiana*. Como cortina rompevientos usan *Casuarina equisetifolia* y *Ficus yoportunensis*. Como ornamental está la exótica *Cassia fistula* por sus vistosas flores amarillas. Como refugio de vida silvestre se nombraron especies que proveen frutos carnosos y numerosos como *Annona reticulata*, *Ficus* spp., *Maclura tinctoria* y *Manilkara zapota*; árboles con oquedades en su estructura como *Ehretia tinifolia* y *Ficus* spp., y de troncos muy altos como *Ceiba pentandra*. Para uso ritual *Ficus cotinifolia* sirvió para rezar bajo su copa para pedir por lluvias cuando hubo un tiempo prolongado de sequía y *Cedrela odorata* porque

se dice que allí se escondió la virgen con el niño Jesús. Para sombra las especies favorecidas fueron *Pachira aquatica*, *Ficus aurea*, *Gliricidia sepium*, *Mangifera indica* y *Tabebuia rosea*. Finalmente, el uso como “tutor” -el tronco sirve para dar sombra, mejorar las condiciones ambientales en la base o ser soporte para otras plantas de interés- señalaron *Ehretia tinifolia* como tutor de *Hylocereus undatus* (pitaya).

Partes que se utilizan

Las especies que reportan uso de todo el árbol se refieren usualmente a usos no extractivos. Se reportó que se usa el tronco de 41% de las especies, lo que representa principalmente usos maderables; el fruto de 46%, la mayoría para uso comestible o medicinal; las ramas de 32%, usualmente para leña y postes y las hojas de 19%. En mucho menor grado se usan las flores, semillas, corteza, brotes, raíz y látex. Solamente se reportó el uso de aserrín de una especie, *Ficus aurea*, para la cual en total se usan seis partes, que junto con *Gliricidia sepium* y *Guazuma ulmifolia* son las especies que se usan más integralmente. En el caso de *Cordia dodecandra* y *Maclura tinctoria* se usan cinco partes; para *Attalea butyracea*, *Bursera simaruba*, *Ficus crocata*, *Pachira aquatica* y *Salix humboldtiana* se reporta el uso de cuatro partes (Tabla 1).

Cambios en el uso de los árboles a lo largo del tiempo

Muchos árboles eran utilizados en el pasado y han sido sustituidos por electrodomésticos, plásticos, químicos u otros materiales o tecnologías (Tabla 7).

Tabla 7. Uso tradicional de árboles y sus sustitutos actuales

Uso tradicional	Sustituto actual
construcción de casas	casas de mampostería
leña para cocinar, brasero	estufa de gas
fruta de monte	fruta cultivada de otros sitios
atole	otras bebidas comerciales
construcción de techos tradicionales y frescos	lámina, uso de ventilador necesario para refrescar
remedios caseros	medicamentos de síntesis química
pelotas de hule	juguetes de plástico, videojuegos
muebles de madera	muebles de otros materiales como metal y tejidos
almohadas	almohadas con relleno sintético
tallar trastes	fibra de plástico
batea para lavar	lavadora
lugar para rezar	iglesia de mampostería
mangas de hule	mangas de plástico
chicle natural	chicle artificial
yugo de yunta	tractor
escobas	escobas de plástico

Discusión

Los resultados muestran que los informantes tienen conocimiento sobre las especies de árboles y los usos que se les dan en su zona. El muestreo por “bola de nieve” llevó a que casi el 90% de los informantes fueran mayores de 40 años, subrayando el desapego de los jóvenes al campo encontrado por Reyes-García (2009) y Marín-Muñoz (2013). El número de especies registradas en este trabajo (68) es menor a lo reportado sobre todo en zonas con población indígena. Esto puede deberse tanto al grado de deforestación como a una menor tradición y conocimiento sobre el paisaje y las especies. Al final de la revolución se dotaron los ejidos (1930-1950) y era frecuente que los ejidatarios fueran originarios de sitios con ecosistemas tan distintos que no conocían los usos de las especies de la nueva tierra y la tendencia fue a deforestar para abrir espacios agrícolas y posteriormente para la introducción del ganado cebú. En un bosque deciduo de Yucatán, Rico-Gray *et al.* (1991) reportaron 301 especies de árboles y arbustos útiles. Mutchnick y Mccarthy (1997) identificaron más de 80 especies de árboles útiles en la Reserva de la Biosfera Maya en Guatemala. De las 459 especies leñosas muestreadas en las tierras bajas del Atlántico de Costa Rica, en comunidades de vegetación secundaria, 70% de ellas tenía por

lo menos un uso (Chazdon y Coe, 1999). Nuestros resultados muestran también que varias especies de bosques secundarios son muy utilizadas. Predominan las especies reportadas en la literatura como propias de selvas bajas caducifolias y subcaducifolias, de selvas inundables y riparias y de acahuales o vegetación secundaria (Tabla 1), que constituyen los tipos de vegetación que se localizan actualmente en forma de manchones aunque debieron haber sido la vegetación predominante.

Usos

El 82% de los usos mencionados no corresponde a usos maderables, sino a usos extractivos y no extractivos, lo que justifica que haya una mayor conservación de especies y un mejor manejo de los árboles para usarlos sin afectarlos gravemente o eliminarlos. Las especies con fustes largos y derechos, como *Zuelania guidonia* casi han desaparecido como consecuencia de la tala, confirmando que el uso de árboles sin planificación ni resiembra es una práctica insustentable. Dentro de las 68 especies analizadas, diez tienen seis o más usos (alrededor del 15%), una de ellas cultivada. El mango es una especie introducida pero que ha pasado a formar parte de las especies más usadas en la comunidad. El 62% de las especies reportan uno o dos usos.

El uso comestible fue el más recurrente (alrededor del 38% de las especies) demostrando que los árboles constituyen una fuente importante de alimentación para estas poblaciones. No obstante ha cambiado el consumo de frutos silvestres o de monte y se han ido sustituyendo por otras frutas cultivadas o que llegan desde otros lugares. El fruto del coyol (*Attalea butyracea*) era consumido para hacer tortillas y atoles pero este conocimiento ya solo queda en las personas mayores (González-Marín *et al.* 2012a). Lascurain *et al.* (2010) proponen recuperar el consumo de frutos nativos como estrategia para combatir la pobreza rural.

El uso medicinal de los árboles sigue siendo importante (16% de las especies) (Escamilla 2013). Las tres especies más usadas son para tratamiento de la diabetes (Tabla 5), una enfermedad relativamente reciente en las zonas rurales y que se ha incrementado por el consumo de comida de baja calidad nutricional (Jiménez 2007), revelando un cambio radical en los hábitos de la población en detrimento de su salud.

Las especies para techado se limitan a dos tipos de palmas fundamentalmente, coincidiendo con González-Marín *et al.* (2012a). Las palmas como material para techar no tienen sustitutos, aumentando la importancia de conservarlas y propagarlas. El uso de una tercera palma de humedales, *Roystonea dunlapiana*, es más limitado porque es más escasa, crece lentamente, ha sido muy afectada por la disminución de humedales y está protegida legalmente (González-Marín 2012a). Además, como citan estos autores se han ido reemplazando las casas tradicionales por las de mampostería aunque sus precios sean mayores.

A nivel del país la leña aporta el 80% de la energía usada en el campo (Maserá *et al.* 2006), aunque es probable que se incremente su uso debido al alza en el precio del gas y por el aumento de población. La gente de la zona diferencia las características de la leña (21% de las especies) que las hacen más apropiadas para ciertas actividades. En otras regiones del mundo como el centro sur de África, la leña también es la principal fuente de energía en las zonas rurales y hay similitud de los resultados respecto a la caracterización de la leña, por ejemplo, brasa más duradera, leña que no eche chispa para calentar espacios, quemado lento para cocinar o para elaboración de tabiques (Abbot *et al.* 1997). Estos autores han identificado las características idóneas de la leña como la rapidez de secado, el peso o el contenido de humedad, la resistencia a termitas, la capacidad para iniciar un fuego y la facilidad de corte.

El uso de postes, cercas vivas, forraje y sombra (conjuntan el 18% de los usos) están asociados a actividades ganaderas, uso predominante del suelo en la zona. Los terrenos requieren evitar la salida del ganado con postes y alambres de tres hilos (Ley Ganadera 1992). Para dar idea de la magnitud de esta necesidad se puede pensar que una hectárea necesita alrededor de 130 postes que deben ser reemplazados cuando se dañan. Para las cercas vivas usualmente se escogen especies que se propagan por estaca porque ahorran tiempo de crecimiento y evitan que sean comidas o pisadas por el ganado. Las cercas vivas, especialmente si contienen especies de la selva, favorecen la conectividad del paisaje (Avendaño y Acosta 2000, Guevara *et al.* 2005). El uso de árboles forrajeros diversifica los recursos nutricionales para el ganado mejorando su rendimiento (Villa-Herrera *et al.* 2009). Los sistemas silvopastoriles combinan el manejo del ganado con el aprovechamiento de árboles, ayudan a mantener los servicios ambientales (Sánchez 1998) y son de alto valor cultural (Jiménez-Ferrer *et al.* 2008). La sombra es

indispensable para humanos y animales en los climas tropicales, se valoran los árboles que proporcionan sombras amplias y densas como *Mangifera indica*, *Ficus aurea* y *Pachira aquatica* y sorprendentemente también *Gliricidia sepium* y *Tabebuia rosea* que son caducifolios. La creencia de que la sombra impide el crecimiento del pasto es una de las causas de la tala inmoderada de árboles para la ganadería y la agricultura.

Los árboles que atraen a las aves y mamíferos, por sus frutos y estructura para alimentación, refugio o sitios de descanso y percheo, cumplen funciones ecológicas de conectividad del paisaje y de regeneración natural de la selva (Guevara *et al.* 2005). El uso de árboles para la conservación del agua refleja la percepción local sobre la relación entre los árboles y los servicios ambientales, en especial de las zonas de humedales. El uso ritual, incluido en los servicios ecosistémicos de MEA (2005), representa un alto valor no material que puede favorecer la conservación de los árboles (Svorc y Oliveira 2012).

Los árboles de los que se utilizan más partes son también los que tienen mayor número de usos y los que se mencionaron más, tal es el caso de *Gliricidia sepium*, *Maclura tinctoria*, *Ficus aurea*, *Guazuma ulmifolia* y *Cordia dodecandra*. Para encontrar la utilidad de las partes de los árboles se requiere observación y práctica, así que seguramente estos árboles han sido muy estudiados empíricamente, o bien ha habido un aprendizaje adquirido en otros sitios de distribución de la especie.

Vegetación

Después de las zonas inundables el segundo tipo de vegetación con mayor cantidad de especies fue la vegetación secundaria, lo que indica que a pesar de ser consecuencia de una perturbación tiene una gran importancia para el aprovisionamiento de recursos (Toledo *et al.* 1995, Chazdon y Coe 1999) y vale la pena darles un mejor manejo. Con la desaparición de la selva se va perdiendo también el conocimiento sobre la misma, haciendo un ciclo de que no se cuida un recurso porque no se conoce y no se conoce porque ya no hay. Hay especies de plantas no arbóreas comestibles como bejuco y herbáceas que también se han perdido como consecuencia de la tala de árboles. Esta escasez de productos silvestres puede estar influyendo en los cambios de hábitos en consumos alimenticios.

Algunas de las especies exóticas como *Azadirachta indica*, *Cocos nucifera*, *Gmelina arborea* y *Casuarina equisetifolia* han sido introducidas en la zona por agentes externos (y el propio gobierno) cambiando la composición florística de los terrenos y atendiendo a necesidades como insecticida para el ganado, consumo de frutos, madera de rápido crecimiento y cortina rompevientos respectivamente. Aunque *Mangifera indica* es una especie exótica, lleva más de 60 años en la región (Escamilla 2013) y ya es uno de los árboles con mayor número de usos. En contraste, *Azadirachta indica* se introdujo hace pocos años y aunque tiene muchos usos en su lugar de origen (India) (Biswas *et al.* 1995) en la zona solamente se utiliza como insecticida. Cabe recordar que la introducción de especies exóticas corre el riesgo de traer consecuencias ecológicas indeseables como plagas sin enemigos naturales y desequilibrio de cadenas tróficas (Vázquez-Yanez y Batis 1996).

Cambios en el tiempo

Aunque la deforestación es un problema muy grave, la pérdida de árboles no necesariamente motiva a los locales a sembrar más (Kishor y Mitchell 2004), especialmente si hay sustitutos de su función (Gordon *et al.* 2003), como en el caso de este estudio donde los electrodomésticos y los plásticos suplen los materiales naturales. De esta manera el tipo, el uso, la cantidad y la salud de los árboles son un reflejo del cambio en el modo de vida de los habitantes rurales. Estas transformaciones incluyen cambios culturales y aproximaciones a otros estilos de vida. Además hay una rápida reducción del arbolado porque los ejidatarios ya son personas mayores que están subdividiendo y dotando sus predios a los hijos, quienes los dedican a instalar sus casas, cambiando el uso del suelo y modificando profundamente el medio. No obstante, los árboles usualmente se conservan en los solares o patios de las casas (mientras haya suficiente terreno) para el aprovechamiento de frutos, leña o medicina y porque contribuyen a cubrir necesidades apoyando la economía del hogar (Sekhar 2004). Si bien estos cambios tienen beneficios para la población como mayor comodidad o mayor acceso a información, también tienen repercusiones como la generación de residuos no biodegradables, nuevas enfermedades, hábitos de alimentación menos saludables y desapropiación de los recursos naturales. En otro sentido la sustitución de materiales naturales por químicos, como en el caso de las tinturas, ha disminuido

la presión hacia los árboles. Hace falta encontrar maneras de no detener el cambio pero de orientarlo hacia una mayor sustentabilidad.

Conclusiones

Es inverosímil imaginar un paisaje sin árboles. El conocimiento, la elección, el uso y la conservación de especies de árboles están estrechamente vinculados. El desconocimiento de los beneficios que proporcionan los árboles propicia que éstos desaparezcan a un ritmo más acelerado. Reconocer los múltiples usos de los árboles, no solo maderables sino muchos otros, da más ideas y bases para manejar y mantener la diversidad arbórea. Uno de los grandes retos es sobrepasar la brecha generacional donde los jóvenes saben cada vez menos del campo y no valoran el conocimiento del entorno natural desarrollado por las generaciones precedentes. La situación se agrava cuando los terrenos más cotizados ahora son para construir y no para cultivar o para el autoabastecimiento de productos naturales (Ballesteros *et al.* 2006). La lista de árboles y sus usos no es suficiente, se requiere enmarcarlos en un contexto socio-económico local y global para generar prácticas innovadoras y retomar algunas antiguas. Este trabajo da las pautas para aumentar la cantidad de árboles nativos usándolos de manera más eficiente. Este diseño precisa de la participación activa de las comunidades rurales para lograr avances en la conservación (Ostrom y Nagendra 2006). Algunas ideas para implementar mejores prácticas de manejo y las especies recomendadas con base en la información proporcionada por los pobladores son:

- Recuperar el saber de las generaciones que aún vieron las selvas y las utilizaron.
- Promover programas de educación ambiental orientados a jóvenes.
- Plantar especies nativas de árboles para leña que han sido identificadas (Tabla 5) y evaluar el potencial de otras.
- Propagar especies nativas, las más utilizadas o que mayores servicios ambientales proporcionan son *Acacia cochliacantha*, *Attalea butyracea*, *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra*, *Diphysa americana*, *Ehretia tinifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Ficus* spp.,

Gliricidia sepium, Guazuma ulmifolia, Maclura tinctoria, Pachira aquatica, Salix humboldtiana, Tabebuia rosea.

- Producir frutos silvestres para autoconsumo y venta, buscando nuevas formas de usarlos y recuperar viejas tradiciones, se sugieren *Annona purpurea, Attalea butyracea, Cordia dodecandra, Diospyros nigra, Genipa americana, Maclura tinctoria, Spondias mombin.*
- Extraer madera bajo un plan de manejo sustentable comunitario a mediano y largo plazo. Establecer terrenos ejidales comunitarios con las principales especies maderables (Tabla 3) o bien en las propias parcelas.
- Incrementar el uso de cercas vivas con *Gliricidia sepium, Bursera simaruba, Diphysa americana, Guazuma ulmifolia, Pachira aquatica, Maclura tinctoria.*
- Diseñar y usar sistemas silvopastoriles y mezclas nutritivas de forrajes de árboles de *Attalea butyracea, Ficus spp. Guazuma ulmifolia, Leucaena leucocephala y Parmentiera aculeata.*
- Manejar los árboles para extracción de postes.
- Propagar, sembrar y manejar las palmas *Attalea butyracea, Roystonea dunlapiana, Sabal mexicana* para extracción de hojas para autoabastecimiento y venta.
- Sembrar árboles en zonas riparias y orillas de cuerpos de agua para controlar la erosión, aumentar fertilidad del suelo y mejorar la calidad del agua, entre ellos *Ceiba pentandra, Pachira aquatica, Roystonea dunlapiana, Salix humboldtiana.*
- Mantener la conectividad del paisaje asegurando la prevalencia de árboles en pie atractivos para animales frugívoros y polinívoros. Se sugiere usar especies como *Annona reticulata, Ceiba pentandra, Ehretia tinifolia, Ficus spp., Maclura tinctoria y Manilkara zapota.*

El diálogo, la sensibilización, el rescate del conocimiento tradicional, las mejores prácticas de manejo, así como los trabajos en equipo con las comunidades rurales, la sistematización de la información y la investigación sobre los servicios ambientales de los árboles son formas para encaminarse a un manejo más sustentable de los recursos.

Agradecimientos

A todos los entrevistados y sus familias, Carlos Ramírez por el apoyo en campo, Maricruz Peredo por la información del herbario XAL. Esta investigación fue realizada con fondos de OIMT del proyecto RED-PD 045/11 Rev.2 (M), y la beca doctoral otorgada por CONACYT a la primera autora (no. 208529).

Referencias

Abbot, P., Lowore, J., Khofi, C., Werren, M. 1997. Defining firewood quality: a comparison of quantitative and rapid appraisal techniques to evaluate firewood species from a Southern Africa Savanna. *Biomass and Bioenergy* 12(6): 429-437.

Avendaño, S. 1998. *BOMBACACEAE Fascículo 107*. Flora de Veracruz. INECOL. Xalapa.

Avendaño, S. Acosta, I. 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. *Madera y Bosques* 6(1): 55-71.

Ballesteros, P., Criado, F., Andrade, J. 2006. Formas y fechas de un paisaje agrario de época medieval: *A Cidade da Cultura* en Santiago de Compostela. *Arqueología Espacial* 26: 193-225.

Bellefontaine, R., Petit, S., Pain-Orcet, M., Deleporte, P., Bertault, J. 2002. *Los árboles fuera del bosque*. Guía FAO Conservación 35.

Biswas, S., Singh, P., Chandra, S. 1995. Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) a Versatile Multipurpose Tree. *The Indian Forester* 121(11): 1057-1062.

Caballero, J., Cortés, L. 2001. Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. En Rendón, B., Rebolgar, S., Caballero, J., Martínez-Alfaro, M. (Eds.) *Plantas, cultura y sociedad: estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI*. UAM-Iztapalapa, SEMARNAT: Distrito Federal, 79-100.

Casas, A. 2001. Silvicultura y domesticación de plantas en Mesoamérica. . En Rendón, B., Rebolgar, S., Caballero, J., Martínez-Alfaro, M. (Eds.) *Plantas, cultura y sociedad: estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI*. UAM-Iztapalapa, SEMARNAT: Distrito Federal, 123-158.

Casas, A., Viveros, J., Caballero, J. 1994. *Etnobotánica mixteca: sociedad, cultura y recursos naturales en la montaña de Guerrero*. Consejo Nacional de la Cultura y las Artes e Instituto

Nacional Indigenista: Distrito Federal.

Castillo-Campos, G., Medina, M. 2005. *Árboles y arbustos de la Reserva Natural de La Mancha, Veracruz*. Instituto de Ecología: Xalapa.

Castillo-Campos, G., Travieso-Bello, A. 2006. La Flora. En Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*. INECOL: Xalapa, 171-204.

Céspedes-Flores, S., Moreno-Sánchez, E. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación ambiental* 2(2): 5-13.

Chazdon, R., Coe, F. 1999. Ethnobotany of woody species in secondgrowth, old-growth, and selectively logged forests of Northeastern Costa Rica. *Conservation Biology* 13(6): 1312-1322.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2012. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009*. CONAFOR-SEMARNAT: Zapopan.

CSVA (Consejo del Sistema Veracruzano del Agua). 2006. *El Estado de Veracruz y sus Cuencas Hidrológicas*.

Davis, C., Gallardo, H., Lachlan, K. 2010. *Talking Straight About Communication Research Methods*. Kendall Hunt Publishing Co.: Dubuque.

Escamilla, B. 2013. *Valoración del servicio ambiental de provisión de los recursos naturales de un potrero derivado de selva-palmar inundable, en Jamapa, Veracruz*. Tesis Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Universidad Autónoma de Baja California.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010*. Estudio FAO Montes 163.

González-Marín, R., Moreno-Casasola, P., Orellana, R., Castillo, A. 2012a. Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico. *Environment, Development and Sustainability* 14(4): 541-555.

González-Marín, R., Moreno-Casasola, P., Orellana, R., Castillo, A. 2012b. Traditional wetland palm uses in construction and cooking in Veracruz, Gulf of Mexico. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 11(3): 408-413.

González-Marín, R. 2013. *Proponiendo alternativas para la conservación y sustentabilidad de humedales en la planicie costera de Veracruz, México*. Tesis Doctorado en Ciencias. Instituto de Ecología A.C.

Gordon, J., Barrance, A., Schreckenberg, K. 2003. Are rare species useful species? Obstacles to the conservation of tree diversity in the dry forest zone agro-ecosystems of Mesoamerica. *Global Ecology and Biogeography* 12(1): 13-19.

- Guevara, S., Laborde, J., Sánchez-Ríos, G. 2005. Los árboles que la selva dejó atrás. *Interciencia* 30(10): 595-601.
- Guevara, S., Moreno-Casasola, P. 2008. El dilema de los recursos naturales: La ganadería en el Trópico de México. *GUARAGUAO* 29: 9-23.
- Ibarra-Manriquez, G., Cornejo-Tenorio, G., González-Castañeda, N., Piedra-Malagón, E., Luna, A. 2012. El género *Ficus* L. (MORACEAE) en México. *Botanical Sciences* 90(4): 389-452.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005. Información por municipio.
- 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Jamapa, Veracruz de Ignacio de la Llave.
- 2010. Principales Resultados del Censo de Población y Vivienda 2010.
- Infante, D. 2011. Estructura y dinámica de las selvas inundables de la planicie costera central del Golfo de México. Tesis Doctorado en Ecología y Manejo de Recursos. Instituto de Ecología A.C.
- Infante-Mata, D., Moreno-Casasola, P., Madero-Vega, C. 2014. ¿*Pachira aquatica*, un indicador del límite del manglar? *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 143-160.
- Jimenez, A. 2007. Obesidad, diabetes y pobreza: costos e implicaciones. *CIENCIAS* 58(2).
- Kishor, K., Mitchell, C. 2004. Do Socio-psychological Factors Matter in Agroforestry Planning? Lessons from Smallholder Traditional Agroforestry Systems. *Small-scale Forest Economics, Management and Policy* 3(2): 239-255.
- Landgrave, R., Moreno-Casasola, P. 2012. Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación Ambiental* 4(1): 19-35.
- Lascurain, M., Avendaño, S., del Amo, S., Niembro, A. 2010. *Guía de frutos comestibles en Veracruz*. CONAFOR-CONACYT: México.
- Letts, L., Wilkins, S., Law, M., Stewart, D., Bosch, J., Westmorland, M. 2007. *Guidelines for Critical Review Form: Qualitative Studies*. McMaster University: Ontario.
- Levy, S., Aguirre, J., Martínez, M., Durán, A. 2002. Caracterización del uso tradicional de la flora espontánea en la comunidad Lacandona de Lacanhá, Chiapas, México. *Interciencia* 27(10): 512-520.
- Ley Ganadera del Estado de Veracruz-Llave. Última reforma publicada en la Gaceta Oficial 4 de abril de 1992. México.
- Lindenmayer, D., Laurance, W., Franklin, J. 2012. Global Decline in Large Old Trees. *Science* 338(6112): 1305-1306.
- López-Austin, A. 1997. El árbol cósmico en la tradición mesoamericana. *Monografías del Jardín Botánico de Córdoba* 5: 85-98.

- Marín-Muñoz, J. 2013. *Balance neto de carbono en suelos de humedales costeros de agua dulce: implicaciones ecológicas y sociales*. Tesis Doctorado en Ecología Tropical. Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana.
- Masera, O., Díaz, R., Berrueta, V. 2006. Programa para el uso sustentable de la leña en México: de la construcción de estufas a la apropiación de la tecnología. *Revista Digital Entorno TCSD* 03-05.
- MEA (Millenium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water*. World Resources Institute: Washington, D.C.
- Moreno-Casasola, P., Infante, D. 2008. *Manual del Manglar y Selvas Inundables*. INECOL: Xalapa.
- Moreno-Casasola, P., Paradowska, K. 2009. Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. *Madera y Bosques* 15(3): 21-44.
- Mutchnick, P., Mccarthy, B. 1997. An Ethnobotanical analysis of the tree species common to the subtropical moist forests of the Petén, Guatemala. *Economic Botany* 51(2): 158-183.
- Nash, D., Moreno, N. 1981. *BORAGINACEAE Fascículo 18*. Flora de Veracruz. INECOL: Xalapa.
- Niembro, A., Vázquez, M., Sánchez, O. 2010. *Árboles de Veracruz. 100 especies para la reforestación estratégica*. Gobierno de Veracruz: Xalapa.
- Ostrom, E., Nagendra, H. 2006. Insights on linking forests, trees, and people from the air, on the ground, and in the laboratory. *PNAS* 103(51): 19224-19231.
- Pennington, T., Sarukhán, J. 2005. *Árboles tropicales de México*. UNAM, Fondo de Cultura Económica: Distrito Federal.
- Quero, H. 1994. *PALMAE Fascículo 81*. Flora de Veracruz. INECOL: Xalapa.
- Reyes-García, V. 2009. Conocimiento ecológico tradicional para la conservación: dinámicas y conflictos. *PAPELES* 107: 39-55.
- Rico-Gray, V., Chemás, A., Mandujano, S. 1991. Uses of tropical deciduous forest species by the Yucatecan Maya. *Agroforestry Systems* 14(2): 149-161.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: Distrito Federal.
- Sánchez, M. 1998. *Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical*. Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. FAO.
- SEFIPLAN (Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz). 2013. *Cuadernillos Municipales. Jamapa*. Sistema de Información Municipal.

Sekhar, U. 2004. Local versus Expert Knowledge in Forest Management in a Semi-Arid Part of India. *Land Degradation and Development* 15(2): 133-142.

Sluyter, A. 2004. Los orígenes ecológicos y las consecuencias de la ganadería en la Nueva España durante el siglo XVI. En Velasco, J., Gardner, D. (Eds.) *De las Marismas del Guadalquivir a la Costa de Veracruz: Cinco perspectivas sobre cultura ganadera*. UV-Instituto de la Cultura de Veracruz: Xalapa, 14-37.

Sola, P. 2005. The Community Resource Management Plan: A tool for integrating IKS into natural resource management. *Ethnobotany Research and Applications* 3: 143-153.

Svorc, R., Oliveira, R. 2012. Uma dimensão cultural da paisagem: biogeografia e história ambiental das figueiras centenárias da Mata Atlântica. *GEOUSP –espaço e tempo* 32: 140-160.

Tarrés, M. 2004. *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. FLACSO: Distrito Federal.

Toledo, V. 1990. El proceso de ganaderización y la destrucción ecológica de México. En Leff, E. (Coord.) *Medio ambiente y desarrollo en México*. UNAM-CIIH-Porrúa: Distrito Federal, 191-228.

Toledo, V., Batis, A., Becerra, R., Martínez, E., Ramos, C. 1995. La selva útil: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia* 20(4): 177-187.

Vázquez-Yañez, C., Batis, A. 1996. Adopción de árboles nativos valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58: 75-84.

Vela, F. 2008. Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa. En Tarrés, M. (Coord.) *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa de la investigación social*. FLACSO, El Colegio de México y Miguel Ángel Porrúa: Distrito Federal, 63-95.

Velázquez, A., Díaz, J., Mayorga, R., Alcántara, P., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E., Palacio, J. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62: 21-37.

Villa-Herrera, A., Nava-Tablada, M., López-Ortiz, S., Vargas.López, S., Ortega-Jimenez, E., Gallardo-López, F. 2009. Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10(2): 253-261.

Zolla, C., Argueta, A., Mata, S. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. UNAM. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx>

Anexo 1. Entrevista semi-estructurada utilizada en el municipio de Jamapa

I. Datos del entrevistado

Nombre

Edad

Comunidad

Ocupación

II. Árboles

¿Qué árboles conoce y utiliza?

¿Para qué?

¿Qué parte?

III. Cambios en el tiempo

¿Cómo era la vida antes?

¿Cómo ha cambiado esta comunidad desde que usted se acuerda?

¿Los árboles tenían otros usos?

Tabla 1. Especies de árboles mencionadas y sus usos

Usos: A-leña; B-utensilios; C-construcción de casas; D-techos de casas; E-muebles; F-comestible; G-medicinal; H-postes o estantes; I-cerca viva; J-forraje para ganado; K-ornamental; L-sombra; M-vida silvestre; N-madera; O-conservación; P-artesanías; Q-ritual; R-cortina rompievientos; S-otros; T-tinta.

Tipo de vegetación con base en las referencias bibliográficas: al-selva alta; ba-selva baja; bq-bosque mesófilo/de encinos/de coníferas; cd-selva caducifolia/subcaducifolia; cult-cultivada; du-dunas; in-selva inundable/ripario/manglares/esteros; me-selva mediana; pl-palmar; pn-selva perennifolia/subperennifolia; pz-pastizal; vs-vegetación secundaria.

Referencias usadas para el tipo de vegetación: 1-Avenidaño 1998, 2-Castillo y Medina 2005, 3-Castillo y Travieso 2006, 4-Herbario XAL, 5-Ibarra *et al.* 2012, 6-Lascurain *et al.* 2010, 7-Moreno-Casasola e Infante 2008, 8-Nash y Moreno 1981, 9-Niembro *et al.* 2010, 10-Pennington y Sarukhán 2005, 11-Quero 1994, 12-Zolla *et al* web, 13-Gonzalez-Marín *et al.* 2012a .

Familia/Nombre científico	Nombre común	No. de menciones	Usos	Partes utilizadas	Tipo de vegetación	Referencias
ANACARDIACEAE						
<i>Mangifera indica</i> L.	mango	6	A,E,F,J,L,M,N	tronco, ramas, fruto	ba,bq,cd, cult,pn,pz	4,12
<i>Spondias mombin</i> L.	jobo	2	F,I,L	todo,fruto	al,cd,in,pn,vs	4,10
<i>Spondias purpurea</i> L.	ciruelo, ciruelo rojo	3	F,I	fruto	ba,bq,cd, cult,in,pn	4
ANNONACEAE						
<i>Annona muricata</i> L.	guanábana, guanábano	2	F	fruto	al,ba,cd,cult, me,pn	4
<i>Annona purpurea</i> Moç. & Sessé ex Dunal	ilama, ilana	3	F	fruto	ba,bq,cd,pn,vs	4,6
<i>Annona reticulata</i> L.	anono	2	A,F,J,M	ramas, hojas, fruto	ba,bq,cd,cult, in,me,pn, vs	4,12
APOCYNACEAE						
<i>Tabernaemontana alba</i> Mill.	lecherillo	2	B,H,N	tronco, ramas	ba,cd,me,vs	2
ARECAEAE						
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	palma de coyol redondo	1	F	semilla	ba,cd,du,me, pl,pz	3, 13
<i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex L.f.) Wess.Boer	palma de coyol real	10	C,D,F,I,J	tronco, hojas, fruto, semilla	al,cd,in,me,pl, pn	3, 10,13
<i>Roystonea dunlapiana</i> P.H.Allen	palma de yagua	5	C,H	tronco	in,pl	11,13

<i>Sabal mexicana</i> Mart.	palma de apachite	7	C,D	tronco, hojas	bq,du,in,me, pn	4, 7, 10, 11,13
BIGNONIACEAE						
<i>Parmentiera aculeata</i> (Kunth) Seem.	cuajilote	1	G	fruto	bq,cd,in,me, pn,pz,vs	3, 4
<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda	primavera	1	I	todo	cd,me	10
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	roble	9	A,B,C ,E,H,I ,L,N	todo,tronco, ramas	ba,cd,du,in, me,pn,pz,vs	3, 4
BORAGINACEAE						
<i>Cordia collococca</i> L.	nopo	3	C,I	tronco	bq,in,me,pn	8
<i>Cordia cf. diversifolia</i> Pav. ex.A.DC.	tepozán	1	G	hojas	ba,cd,me	3
<i>Cordia dodecandra</i> A.DC.	cópite	7	B,C,F ,I,J,M ,N	todo, tronco, ramas, hojas, fruto	ba,cd,cult,vs	4, 10
<i>Ehretia tinifolia</i> L.	frutillo, rayado	4	A,L, M,O, S	todo	al,ba,bq,cd,me ,pn,vs	4, 8, 9
BURSERACEAE						
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	mulato, palo mulato	10	G,I,L, M	tronco, ramas, hojas, corteza	al,ba,bq,cd,du, in,me,pn,pz,vs	3, 4, 10
CASUARINACEAE						
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	pino	1	R	todo	bq,cd,cult,du, in,pn,vs	4
COMBRETACEAE						
<i>Terminalia catappa</i> L.	almendro	1	F,L	todo, semilla	cult	-
EBENACEAE						
<i>Diospyros nigra</i> (J.F.Gmel.) Perrier	zapote negro, zapote prieto	6	F	fruto	al,ba,bq,cd, cult,in,me,pn	6,10
FABACEAE						
<i>Acacia cochliacantha</i> Willd.	huizache	6	A,C,H ,I,J	tronco, ramas, fruto	b,bq,m,cd, dun,inu,pz,vs	4
<i>Caesalpinia cacalaco</i> Humb. & Bonpl.	tihuil	7	A,H,I, N	todo, tronco, ramas	ba,cd	9
<i>Cassia fistula</i> L.	lluvia de oro	1	K,L	todo	ba,cd,cult,me, vs	4

<i>Diphysa americana</i> (Mill.) M.Sousa	amarillo, quebrache	7	B,H,I, L,N,T	todo, tronco, ramas, corazón	al,ba,cd,du,in, me,pn,vs	4, 10
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	nacaxtle, nacastle, nacaste	4	A,E,F	tronco, ramas, fruto	al,ba,bq,cd,du, in,me,pn,pz,vs	3, 4, 10
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	cocuite	12	A,B,C, F,H,I, J,L,N, S	todo, tronco, ramas, flor, hojas, brotes	bq,cd,du,in, me,pn,pz, vs	4, 10
<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	tinto	2	B,C,H, I,T	tronco, ramas,cora_ zón	ba,cd,in,pn,pz, vs	4
<i>Inga</i> sp.	chalahuite	1	G	corteza	-	-
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	guaje	2	F,G	corteza, fruto	al,ba,bq,cd,du, in,me,pn	4
<i>Lonchocarpus</i> sp.	marinero	5	A,C,L	todo, ramas	-	-
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	abí	1	C,N	tronco	bq,cd,me,pn, vs	4, 10
<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	sangregado	4	G	corteza	al,me,pn	4
<i>Tamarindus indica</i> L.	tamarindo	2	F,L	todo, fruto	bq,cd,du,cult, in,pn,vs	4
LAMIACEAE						
<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	melina	3	N	tronco	al,cult,me,pn, vs	4
LAURACEAE						
<i>Persea americana</i> Mill.	aguacate	1	F	fruto	al,bq,cd,cult, pn,vs	4, 10
MALPIGHIACEAE						
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	nanche	2	F	fruto	bq,cd,cult,du, in,pn,vs	4
MALVACEAE						
<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	pochota	1	B	semilla	cd,pn,pz	4
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	ceiba	6	B,J,L, M	todo,semill a, flores	al,ba,cd,du,in, me,pn,pz,vs	1, 4, 10

<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	guázamo, guázimo, taparabo	6	A,B,G,H,I,J	todo, tronco, ramas, hojas, corteza, fruto	ba,bq,cd,cult,du,in,me,pn,pz,vs	4, 10
<i>Luehea candida</i> (Moç. & Sessé ex DC.) Mart.	algodoncillo	1	A,B,C,N	tronco, ramas	bq,cd,in,pn,vs	4, 9
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	apompo	14	B,G,H,I,L,N,O	todo, tronco, ramas, fruto	al,ba,cd,du,in,pn,pz	1, 4, 6, 10
MELIACEAE						
<i>Azadirachta indica</i> A.Juss.	neem, nim, nin	1	S	hojas	cult	-
<i>Cedrela odorata</i> L.	cedro	10	E,I,N,P,Q	todo, tronco, ramas	ba,bq,cd,cult,in,me,pn,pz,vs	3, 4
<i>Swietenia macrophylla</i> King	caoba	1	N	tronco	al,me,cd,in,pn,pz,vs	4, 9
MORACEAE						
<i>Castilla elastica</i> Cerv.	hule	1	B,I	todo, látex	al,bq,cd,in,me,pn,vs	4, 10
<i>Ficus aurea</i> Nutt.	higuera blanca, negra, colorada	9	A,B,J,L,M,N	todo, tronco, ramas, fruto, raíz, aserrín	bq,cd,du,in,me,pn,vs	4, 5
<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	higuera prieta	2	L,M,Q	todo, fruto	al,ba,bq,cd,du,in,me,pn,pl	3, 4, 5
<i>Ficus crocata</i> (Miq.) Mart. ex Miq.	higuera negra, higuera de tendón	7	A,L,M	todo, tronco, ramas, raíz	al,ba,bq,cd,du,in,me,pn,pz,vs	4, 5
<i>Ficus obtusifolia</i> Kunth	hule	2	B	látex	ba,bq,cd,du,in,me,pl,pn,vs	2
<i>Ficus</i> sp.	higuera	3	O	todo		
<i>Ficus yoponensis</i> Desv.	higuera blanca	1	J,R	todo, fruto	al,bq,in,me,pn,pz,vs	4, 5
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	moral, mora	10	A,B,C,F,H,I,J,L,M,T	todo, tronco, ramas, fruto, corazón	al,ba,bq,cd,du,in,me,pn,pz,vs	3, 4, 10
MUNTINGIACEAE						

<i>Muntingia calabura</i> L.	capulín, nigüilla	1	F	fruto	ba,bq,cd, cult,du,in,me, pn,pz,vs	4
MYRTACEAE						
<i>Psidium guajava</i> L.	guayaba	2	F,G	hojas, fruto	al,ba,bq,cd, cult,du,in,me, pn,pz,vs	3, 4, 6, 10
POLYGONACEAE						
<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq.	uvero	1	I	todo	al,ba,bq,cd,du, in,me,pl,pn,pz, vs	3, 4, 10
PRIMULACEAE						
<i>Ardisia</i> sp.	capulín	1	F	fruto	-	-
RUBIACEAE						
<i>Genipa americana</i> L.	yual	3	F	fruto	al,ba,bq,cd, cult,in,me,pn, pz,vs	3, 4
<i>Randia</i> sp.	crucetillo	2	G,M	fruto	-	-
RUTACEAE						
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f.	limón	1	F	fruto	cult	-
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	naranja	2	F	fruto,hojas	cult	-
SALICACEAE						
<i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz.) Sleumer	catarrito	1	A	tronco, ramas	al,bq,cd,in,me, pn,vs	3, 4, 10
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	sauce	7	B,E,H ,L,N, O	todo, tronco, ramas, hojas	al,ba,bq,cd,in, me,pn,pz,vs	4, 7, 10
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp.	palo volador, volador	2	C,H	tronco	bq,cd,in,pn,pz, vs	4
SAPINDACEAE						
<i>Melicoccus oliviformis</i> Kunth	guaya	1	F	fruto	cd,pn	6
SAPOTACEAE						
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P.Royen	zapote chico, chicozapote	2	F,L,M	fruto, látex	al,ba,cd,cult, du,in,me,pn, pz,vs	4, 9
URTICACEAE						
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	chancarro, guarumo	3	G	hojas	ba,bq,cd,in,pn, vs	4, 10

d) Guía para Ecoguías

Introducción

El grupo de ecoturismo La Mancha en Movimiento tiene un banco de conocimientos y experiencias muy amplio que los ha acreditado como una empresa sobresaliente por su excelente formación. A lo largo de talleres participativos el grupo identificó el problema de que no todos los guías tenían la misma calidad y contenidos de conocimiento. Este conocimiento no es solo teórico sino también práctico en cuanto a las habilidades que requiere un guía. De esta manera son los mismos miembros del grupo que determinaron sus necesidades y son autores de su propia enseñanza y capacitación.

En este grupo hay equilibrio de género entre sus miembros, los hombres suelen ser los guías de campo que hacen los recorridos, pero las mujeres también juegan un papel fundamental en la orientación de los visitantes y proveen informaciones. Por esta razón encontraron importante que esta capacitación incluyera a todos los miembros sin importar su sexo o sus tareas.

Objetivo

Hacer prácticas donde los guías ecoturísticos aprendieran unos de otros –los de mayor experiencia y los de menor-, reforzaran su cuerpo de conocimientos y construyeran una guía entre todos los participantes que señalara la información básica y habilidades que todo guía del grupo debe adoptar y utilizar.

Justificación

Proveer los servicios de ecoturismo requiere que los guías estén capacitados adecuadamente. Asimismo el grupo requiere que todas estas personas tengan una formación homogénea para lograr que el recorrido ofrecido por cualquier guía sea de alta calidad.

Metodología

Las personas aprendemos el 10% de lo que leemos, el 50% de lo que vemos y escuchamos, el 80% de los que practicamos y el 95% de lo que enseñamos a otros (PIDAASSA 2008). Con esta premisa comienza la metodología “de campesino a campesino” que promueve el intercambio de conocimientos y experiencias entre campesinos para llevarlos después a la práctica (PIDAASSA

2008, Cuéllar y Kandel 2007). Esta metodología tiene como principios partir de las necesidades sentidas, trabajar con capacidades y recursos propios y locales, rescatar y valorar los conocimientos y la cultura local, favorece las relaciones equitativas entre hombres y mujeres y promover la forma de aprender haciendo (Martínez 2009). Tomando estos principios se diseñó la siguiente práctica:

El grupo determinó los temas que los guías deben conocer para hacer sus recorridos (e.g. dunas, selva, litoral). Los temas se repartieron aleatoriamente entre los participantes y cada uno tuvo una semana para preparar el tema y construir una presentación (con ayuda de la autora) -con textos y fotografías, desarrollando las habilidades de concretar los temas, ilustrarlos, construir presentaciones- para presentarla a sus compañeros. También el participante tenía que hacer un recorrido en campo guiando a los demás compañeros. En la presentación y el recorrido ante todo el grupo se dio espacio y tiempo para preguntas, complementar el tema y críticas constructivas sobre la información y manera de exposición. Con base en estas exposiciones, las opiniones de todo el grupo y complementando con más información, ejercicios e ilustraciones se elaboró la Guía para Ecoguías.

Resultados y discusión

Aunque hubo dificultades para algunos en el uso de la computadora, todos los participantes hicieron sus presentaciones en diversos días y al final se hizo un solo recorrido donde cada uno fue explicando la parte que les correspondía. Consideraron que la exposición ante un público constituido por sus compañeros era más difícil que cuando lo hacen ante los visitantes que atienden. Fue una actividad enriquecedora y en cierta manera de evaluación para los guías, identificaron las fortalezas y debilidades de su trabajo. Las mujeres que usualmente no son guías de campo, también se esforzaron por hacer sus presentaciones y hacer recorridos bien documentados.

El grupo invirtió este tiempo y otros recursos (como gasolina, alimentos) para llevar a cabo esta actividad de formación de sus integrantes; asimismo, incluyó a todos sus miembros por igual, lo que denota su interés en esta formación y capacitación interna mediante el intercambio de saberes.

La guía se diseñó en forma de un cuaderno de trabajo, con la idea de que cada guía tenga el suyo y lo utilice de acuerdo a sus gustos y necesidades. Se hizo una primera propuesta que fue revisada y corregida buscando la utilidad de este material para la capacitación de sus guías. El Anexo 3 contiene la guía completa.

A lo largo de este ejercicio se identificaron:

- La complejidad del trabajo de los guías, desde tener un conocimiento teórico amplio sobre muchos temas y tener las habilidades de hablar en público, de dirigir grupos con características diferentes (e.g. estudiantes, gente mayor, niños, público especializado), de resolver situaciones emergentes, de trabajar en equipo, de conservar una identidad grupal, de tener el objetivo claro de todo el proyecto, entre muchos otros temas.
- La necesidad de crear material fotográfico propio y ordenar el existente para generar material de apoyo en presentaciones. Se hizo hincapié en el tema de los créditos de las fotografías.
- La facilidad que tienen algunas mujeres para ser guías de campo, sin embargo algunas de ellas se mostraron reticentes a esta posibilidad por vergüenza y argumentando que si ellas hicieran recorridos no habría quien cocine. Cocinar es considerada en la comunidad una actividad casi exclusivamente femenina.
- La importancia de mantener a los miembros del grupo capacitados y actualizados para seguir garantizando recorridos y atención a los visitantes de alta calidad.
- El hecho de que cada persona tiene su propia forma de aprender y su propio estilo de guiar.

Conclusiones

El material de capacitación para grupos de ecoturismo comunitario usualmente es elaborado por agentes externos a las comunidades. No obstante, esta guía nace a partir de una necesidad identificada por el grupo de ecoturismo. Aunque se apoyó externamente con el uso de la computadora, complementando información y orientando el ejercicio, el contenido de la guía responde a las necesidades específicas del grupo y contiene su propia información y sus ideas. De esta manera ellos son los autores de la misma. Este tipo de trabajos tienen un alto nivel de

participación y utilidad de y para el grupo comunitario y que se puede extender e intercambiar con otras iniciativas parecidas.

Referencias

Cuéllar, N., Kandel, S. 2007. *Programa Campesino a Campesino de Siuna, Nicaragua. Contexto, logros y desafíos*. CIFOR, PRISMA: Jakarta.

Martínez, V. 2009. *La metodología campesino a campesino y el trabajo de CONFRAS*. Presentado en el VII Encuentro Nacional de Campesino a Campesino Cooperativa Las Mesas, El Simarrón, La Libertad, El Salvador. 2 y 3 de marzo del 2009.

PIDAASSA (Programa de Intercambio, Diálogo y Asesoría en Agricultura Sostenible y Seguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe). 2008. *Herramientas de Promoción y Difusión en la Metodología “de Campesino a Campesino”*. PIDAASSA: Bolivia.

Capítulo III.

Conociendo el funcionamiento de proyectos productivos rurales y los factores que influyen en su éxito



Serie fotoNatura-La Mancha

“Los guaraníes tenían el concepto de “sí mismo” –*teko* – ,que era inseparable del ambiente -
teko-ha-. Sin un hábitat natural no podría existir la persona; sin *teko-ha* no podía haber un
teko”

-Gudynas y Evia-

Conociendo el funcionamiento de proyectos productivos rurales y los factores que influyen en su éxito

Una de las estrategias de conservación que implica una mayor participación activa de comunidades rurales usuarias de humedales es la organización y puesta en marcha de proyectos productivos. Por el número y la naturaleza de las variables involucradas, estos proyectos son altamente complejos. En todo caso es fundamental conocer su funcionamiento para identificar los factores que influyen en su éxito y fracaso. Para ello se hizo una revisión extensiva de literatura, talleres participativos y tres años y medio (enero 2009-junio 2012) de observación participante en trabajo comunitario, sobre todo con el grupo de ecoturismo La Mancha en Movimiento. Algunas de las actividades que se llevaron a cabo en el proceso fueron:

- Caracterización de proyectos productivos (Anexo 4)
- Elaboración de un plan de negocios
- Análisis financiero detallado de un mes de actividades
- Taller de relaciones humanas
- Taller de contabilidad
- Apoyo en la certificación del distintivo M de calidad

En este periodo se fue construyendo, probando, destruyendo y volviendo a construir la propuesta de Empresa Rural Verde y fue publicada en 2014 en la revista *Forum de Sostenibilidad*, titulado “Empresa Rural Verde: desarrollando criterios de sustentabilidad con la comunidad rural” y cuyos autores son Lazos-Ruíz, A., Moreno-Casasola, P., Galante, E.

Empresa Rural Verde: desarrollando criterios de sustentabilidad con la comunidad rural

Resumen

Los proyectos productivos en zonas rurales en América Latina son una estrategia para hacer frente a la pobreza económica y para promover la conservación de los ecosistemas. Estos proyectos suelen ser impulsados por agencias de cooperación, ONGs y organismos de gobierno; sin embargo muchas veces no logran alcanzar el nivel de sustentabilidad deseado. Por ello, proponemos la Empresa Rural Verde (ERV) como un concepto que encamina los proyectos productivos hacia la sustentabilidad, ya que busca el uso racional de los recursos naturales, el desarrollo territorial, la visión empresarial y el desarrollo de la comunidad rural. La ERV es una apuesta para insertar la visión de empresa en los proyectos productivos rurales, considerando a la conservación como su base y directriz, tomando en consideración el involucramiento, participación y crecimiento de grupos locales de la zona rural y constituyendo parte de una estrategia de ordenamiento territorial. El trabajo con el grupo de Ecoturismo La Mancha en Movimiento ha sido un detonador clave para el diseño de los criterios y formas de evaluación de los mismos, promoviendo que sean los autores de su propio desarrollo.

Palabras clave: Conservación, Desarrollo rural, Empresa sustentable, Ordenamiento, Participación.

Los objetivos de conservación de la biodiversidad y del desarrollo rural son dos temas complejos y ambiciosos pero imprescindibles, máxime cuando se busca la combinación de ambos. Uno de los grandes retos es el trabajo con comunidades rurales, quienes necesitan cambiar de ser receptores de normativas administrativas a autores de sus propios proyectos (Pesci 2000).

Las zonas rurales de países latinoamericanos albergan una gran riqueza ambiental y cultural (Toledo y Barrera-Bassols 2008, Sarukhán *et al* 2010), comparten una historia parecida y se encuentran ante una situación económica que ejerce cada vez mayor presión sobre los colectivos

sociales pues las actividades primarias a pequeña escala no permiten alcanzar las metas de consumo que propugna el sistema económico actual, lo que orilla al éxodo rural.

Ante este problema las organizaciones no gubernamentales y agencias de cooperación han tomado un papel activo (Zeppel 2006) promoviendo proyectos productivos rurales que permitan desarrollar estrategias de conservación y desarrollo. Sin embargo, a pesar de que se invierten muchos recursos en mantener este tipo de proyectos no se ha demostrado su efectividad en el mundo rural como motor de desarrollo sustentable (Naudé 2010).

Nuestra propuesta, la Empresa Rural Verde (ERV), es un concepto que sugiere las situaciones ideales para que un proyecto productivo rural tenga una visión empresarial con objetivos sociales y de conservación claros. Así, cuando un proyecto siga estos principios y construya estas situaciones puede acercarse más a las metas deseadas de sustentabilidad.

Los principios de la ERV se construyen con una combinación de la teoría mediante la revisión extensiva de literatura relevante y de práctica con la experiencia del trabajo directo en campo con el grupo de Ecoturismo La Mancha en Movimiento (ELMM) considerado como exitoso (Marín *et al* 2005, Moreno-Casasola 2006) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ecoguias La Mancha en Movimiento

El grupo Ecoguias La Mancha en Movimiento surge del Plan de Manejo La Mancha-El Llano en 1998, en respuesta a la demanda de la población por encontrar soluciones a la tala ilegal de mangle. El grupo está conformado por pescadores, campesinos, amas de casa, jóvenes y estudiantes de la comunidad de La Mancha, en la costa de Veracruz, México. A partir de entonces ha obtenido premios al mérito ecológico y otras distinciones como una de las experiencias destacadas sobre gestión comunitaria de humedales en América Latina (Marín *et al.*, 2005).

Aunque el grupo de ELMM no es todavía una ERV consolidada, el trabajo de tres años que se ha llevado a cabo con este colectivo, buscando puntos mejorables en los proyectos y probando soluciones, dio pie a conocer de primera mano factores determinantes para el éxito o fracaso de proyectos de esta índole. A lo largo del escrito se usarán cuadros para aportar la información relevante sobre el estudio de caso de ELMM. Este documento tiene como objetivo presentar los

fundamentos de la Empresa Rural Verde, como una empresa ideal que promueve la sustentabilidad.

Uso racional de los recursos naturales

Hay muchas teorías del desarrollo que involucran al mundo rural. En línea con la idea de González *et al* (2008), aunque el modelo de desarrollo dominante actual está basado en el capital financiero, para la ERV el modelo de desarrollo más adecuado es el capital natural. En otras palabras, las decisiones se toman en función a la disponibilidad y mantenimiento de los recursos naturales a largo plazo, ya que ello garantiza el bienestar humano (MEA 2005).

El reconocimiento de esta relación naturaleza-bienestar humano no es novedosa, sino que se retoma de culturas indígenas (Toledo y Barrera-Bassols 2008) y otras corrientes de pensamiento (Bookchin 1978). Uno de los eventos que dieron origen al incremento de consumo energético y a los crecientes niveles de contaminación que padecemos, se sitúa en los orígenes de la revolución industrial cuyo impacto ambiental fue probablemente insospechado por los precursores de la misma en el siglo XVIII (Frosch y Gallopoulos 1989). Es un hecho reconocido actualmente la necesidad de disminuir el consumo energético y la contaminación y promover al mismo tiempo la educación ambiental como una manera de convencer e instruir a la población para que conozca su entorno, relacionándolo con su realidad cotidiana e idealmente lograr una conducta más amigable con el ambiente. El proceso de satisfacer las necesidades humanas dentro de los límites ecológicos requiere realmente de una revolución cultural (Holmgren 2002). Las comunidades rurales, aunque en un contexto distinto a las ciudades, comienzan a tomar parte de actividades de monitoreo y restauración de recursos y servicios ecológicos en sus lugares de origen, usualmente liderados por organizaciones con base científica (Deutsch *et al* 2005, Paré *et al* 2008). Así, la búsqueda de un modelo de desarrollo cuyo fundamento sea el uso racional de recursos naturales es uno de los componentes de la ERV.

Desarrollo territorial rural

La ERV considera que debe estar inserta en un territorio, definido como un espacio dinámico que no necesariamente es coincidente con demarcaciones políticas sino que considera similitudes sociales, ambientales, culturales, históricas, entre otras, y que conforman una

identidad propia (AEIDL 1999). Uno de los grandes desafíos, es que los territorios generalmente no están desocupados, son escenarios en los cuales las actividades humanas ya se están llevando a cabo, tienen una historia y unas consecuencias (Mestre 2007).

La ERV no está aislada, participa en una escala mayor, donde idealmente hay un ordenamiento que se asienta en un plan de manejo (Aquino *et al* 2006) y presenta una línea directriz para el mejoramiento del territorio. En una visión de territorio se debe tomar en cuenta el patrimonio natural y cultural y su contexto. La ERV tiene un impacto en la comunidad, en tanto que impulsa al territorio. Uno de los límites más claros y menos flexibles a los que se somete un territorio es al ámbito legal, ya que el Estado es necesario en su función de autoridad (Dourojeanni 2004); para ello la ERV se enmarca en el contexto legal, en especial la estabilidad en la tenencia de la tierra (Steck 1999), pues sin ello es difícil la planificación y la ordenación territorial.

En el caso de La Mancha el grupo de ecoturismo surgió del Plan de Manejo La Mancha-El Llano (Moreno-Casasola 2006) donde la escala del plan fue dada por la existencia de una gran diversidad territorial, con una gran riqueza de ecosistemas costeros (dunas, humedales y una laguna costera), la presencia del corredor de aves rapaces más importante del mundo y del remanente de una selva costera, lo cual planteaba la necesidad de regular el uso y manejo de los mismos (Cuadro 2). Por ello, tiene un enfoque de conservación y se considera indispensable la implicación de la comunidad local.

Cuadro 2. Riqueza biológica y cultural de la zona de La Mancha y su entorno.

Riqueza biológica (varios autores en Moreno-Casasola, 2006)

- 12 especies de anfibios (representa el 4,2% de la riqueza de anfibios de México)
- 36 especies de reptiles (4,9%)
- 52 especies de mamíferos (10,5%)
- 250 especies de aves (33,2%)
- 837 especies de plantas (3,5%)
- 44 especies de peces estuarinos
- 208 especies de invertebrados

Ecosistemas particulares

- arrecife rocoso
- remanente de una selva mediana sobre suelo arenoso
- hábitat de especies endémicas estabilizadoras de duna

Reconocimientos a su diversidad

- Para CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) corresponde a las regiones prioritarias marina Laguna Verde-Antón Lizardo (49) y a la región prioritaria terrestre Dunas Costeras Centro de Veracruz (123)
- Corresponde a la AICA (Áreas Importantes para la Conservación de las Aves) 152 y 158, Centro de Veracruz y reserva La Mancha, ya que la zona de trabajo se localiza en el paso del corredor migratorio de aves rapaces más importante del mundo.
- Sitio de monitoreo de aves migratorias de la Red Gulf Bird Observatory
- La Mancha-El Llano obtuvo la declaración de Sitio Ramsar no.1336 en 2005 (www.ramsar.org)

Importancia cultural

- La Mancha fue un asentamiento totonaco, ubicado en la región de Quiahuiztlán y Cempoala que son sitios arqueológicos prehispánicos. Quiahuiztlán es el único cementerio totonaca conocido
- Asimismo Villa Rica, 10 km al norte, constituye el punto de encuentro continental de dos grandes culturas, la indígena prehispánica y la europea; aquí se estableció el primer ayuntamiento.

Una aportación de David Díaz, fundador e integrante del grupo de ecoturismo de La Mancha, es considerar la importancia de que la ERV tenga un papel activo en círculos socio-políticos con un reconocimiento positivo, lo que constituye una forma de comunicar y enlazar a la ERV y al territorio mismo con otros territorios y sus pobladores y a diferentes escalas. En relación con este aspecto se ha estimado que los casos más exitosos desarrollan entre 10 y 15 relaciones de colaboración en varios niveles (internacional, nacional y local) y van generando más conforme la iniciativa madura y se enfrenta a nuevos retos y etapas (Seixas y Berkes 2010) (Cuadro 3).



Grupo local

La ERV es gestionada principalmente por un grupo comunitario, con el fin de regresar capacidades a lo interno rural (Boisier 2005). Aprendiendo de las lecciones de líderes rurales (Sherwood y Larrea 2001), las iniciativas de desarrollo rural deben buscar caminos para fortalecer el pensamiento crítico, las capacidades de organización y otras habilidades necesarias para participar en la sociedad. Se trata de construir el desarrollo con una sociedad más fuerte, consciente y educada que sea capaz de hacer un mejor uso de los recursos naturales con base en su inteligencia, voluntad y participación.

Los proyectos suelen desarrollarse como iniciativas externas (e.g. por agentes que identifican la posibilidad de conservar o mejorar el bienestar social como ONGs y otros), no obstante, cuando el grupo local se apropia de la causa y hace suyo el proyecto le da más oportunidad de mantenerse en el tiempo (Pesci 2000). Este empoderamiento mantiene la claridad del grupo y su motivación (Scheyvens 1999); sin estos elementos es probable que el proyecto termine una vez que se retire el apoyo externo (Ohl- Schacherer *et al* 2008). Pesci (2000) recalca como un

elemento fundamental de permanencia de los proyectos durante el proceso de proyectación ambiental, que los actores deben pasar a ser autores de su proyecto.

La dinámica interna del grupo requiere de la existencia de un líder (Sola 2005) capaz de enfocar los esfuerzos hacia la meta del proyecto y promover una atmósfera de cordialidad en el trabajo en la que se dé espacio para que los integrantes hagan propuestas innovadoras. Otro de los elementos a considerar es la perspectiva de género (ODM 2008), especialmente cuando en las zonas rurales el papel de la mujer está muy asumido solo para la atención de la casa y la crianza de los niños sin muchas oportunidades de salir y hacer actividades diferentes.

Para convertirse en gestores de una ERV, el grupo local necesita desarrollar habilidades empresariales que no son muy comunes en el contexto rural (Okazaki 2008). Ello comienza usualmente con la capacitación (Cuadro 4), para lo que se requiere la participación activa de los integrantes y la cual tiene que sostenerse para que haya homogeneidad de conocimiento entre los participantes. Aunque es también válido hacer alianzas con apoyos externos es importante lograr independencia económica y en el manejo de recursos (Speelman *et al* 2007, Ohl-Schacherer *et al* 2008).

Cuadro 4. Capacitación del grupo Ecoguías La Mancha en Movimiento

Ambiente

- Conocer el patrimonio ambiental y cultural
- Aprender el funcionamiento ecológico de los ecosistemas y su relación directa con ellos
- Observación de aves
- Geología local
- Identificar principales constelaciones estelares

Ecoturismo

- Hablar en público
- Desarrollo de guías para recorridos interpretativos
- Atención a clientes
- Primeros auxilios
- Mantenimiento de equipo e instalaciones
- Servicio de alimentos y restaurante

Organización

- Organización de grupos
- Trabajo en equipo

- Constitución legal
- Elaboración y aplicación de reglamento
- Delegación de responsabilidades
- Resolución de conflictos

Administrativa

- Contabilidad básica
- Hábitos de registro de cuentas
- Guardar documentos en orden
- Entrega de cuentas claras
- Habilidades para gestionar proyectos y conseguir fondos
- Hacer trámites legales
- Gestionar una cuenta bancaria

Relaciones públicas

- Presentación en foros y congresos
- Presentación en oficinas gubernamentales
- Relación con su comunidad y su entorno social

Emprendimiento orientado a la sustentabilidad

Un emprendedor comienza con una idea innovadora y diferente y la convierte en realidad (Pesci 2000); la empresa es una aventura, es una utopía alcanzable. Un proceso de desarrollo comunitario sustentable puede ser un mecanismo endógeno que permite a la comunidad tomar (o retomar) el control de los procesos que la afectan (Toledo 1997) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Visión y misión de la empresa de ecoturismo comunitario La Mancha en Movimiento

Visión: Ser una empresa consolidada y en mejora continua, beneficiando a sus socios y transmitiendo el mensaje de conservación de la naturaleza a su comunidad y a los visitantes.

Misión: Conservar los recursos naturales, generar empleos en la zona, promover La Mancha como un lugar maravilloso, asegurar la preservación de especies a través de proyectos productivos de bajo impacto ambiental.

Las empresas pueden impulsar el desarrollo sustentable de un territorio en lo económico, trayendo mayor flujo de dinero a la zona; en lo social, desarrollando habilidades, nuevas formas de organización y otros beneficios intangibles y en lo ambiental, cuando la empresa tiene objetivos claros de conservación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Impacto de Ecoguías La Mancha en Movimiento

En lo económico: contrata personal local (alrededor de 20 personas) permanente y temporalmente que los apoya en actividades de mantenimiento, comisiones, restaurante; atraen visitantes que gastan en los negocios locales como tiendas y restaurantes; y que pagan por entrar a la reserva natural.

En lo social: apoyo a la escuela primaria y otras necesidades comunitarias, limpieza de playa, desarrollando habilidades, nuevas formas de organización y otros beneficios intangibles

En lo ambiental: restauración de dunas, monitoreo de aves, construcción de vivero de plantas nativas, información y concientización de los visitantes, apoyo en los trabajos de monitoreo e investigación en la reserva

Las empresas comunitarias difieren de las convencionales en tanto que no están basadas en modelos económicos utilitarios sino que además tienen metas ambientales, políticas, sociales y culturales (Berkes y Davidson-Hunt 2010, Seixas y Berkes 2010). La ERV está en línea con los emprendimientos orientados a la sustentabilidad definidos por Parrish (2010) como aquellos que ven a la empresa y los ingresos derivados de la participación en el mercado como los medios para perpetuar los recursos naturales y mantener la calidad de su funcionamiento por el mayor tiempo posible. La visión de este tipo de empresa es a su vez alcanzar objetivos sociales con un contenido ético de la sustentabilidad (Bañón *et al* 2011). Por ejemplo, como menciona AEIDL (1999) una empresa no puede ser sustentable si consigue sus utilidades a un alto precio ambiental o social. Por eso, los emprendimientos convencionales donde la empresa es un medio para ganar a partir de la explotación de recursos bajo la lógica de utilizarlos para generar los mayores retornos financieros en el menor tiempo posible son casi opuestos a los emprendimientos orientados a la sustentabilidad (Parrish 2010).

Para trabajar bajo la visión de empresa se requieren elementos como plan de negocios, viabilidad económica, calidad de productos y servicios, contabilidad interna, precio competitivo, así como el análisis institucional de la empresa para considerar el respeto a las reglas dentro del grupo y la toma colectiva de decisiones (Ostrom 2000, Llambí y Pérez 2007). Las bases anteriores dan lugar a la transparencia y la equidad, necesarias para el funcionamiento de la ERV. Además, el impacto de la empresa en el entorno natural y la evaluación estratégica son formas de saber si la empresa está siguiendo el objetivo planteado (Margoluis y Salafsky 1998). Las percepciones de los integrantes también son tomadas en cuenta, ya que su participación genera valores intangibles -como el aprendizaje- y tangibles -como infraestructura o un ingreso económico-.

Conclusiones

No es suficiente con enunciar los objetivos económicos, sociales y ambientales si no se sabe cómo alcanzarlos y como están conectados con otros procesos (Gibbs 2009). Aunque los principios de la ERV pueden parecer ideales, constituyen una guía hacia dónde orientar el camino del desarrollo rural y la conservación. Lazos-Ruíz *et al* (2013) han desarrollado criterios evaluables, guías de cómo calificarlos y priorizarlos y de acciones para alcanzarlos.

Por todo ello, consideramos que la ERV es una apuesta para insertar la visión de empresa en los proyectos productivos rurales, considerando a la conservación como su base y directriz, tomando en consideración el involucramiento, participación y crecimiento de grupos locales de la zona rural y constituyendo parte de una estrategia de ordenamiento territorial. El trabajo con el grupo de ecoturismo de La Mancha ha sido un detonador clave para el diseño de los criterios y formas de evaluación de los mismos, promoviendo que sean los autores de su propio desarrollo.

Agradecimientos

Se agradece la participación de los integrantes del grupo Ecoguías La Mancha en Movimiento. El trabajo fue financiado por RED-PD 045/11 Rev.2.(M).

Referencias

AEIDL (Association Européenne pour l'Information sur le Développement Local). 1999. *La competitividad territorial. Construir una estrategia de desarrollo territorial con base en la experiencia de LEADER*. LEADER European Observatory: Bruselas.

Aquino, A., Haider, J., Renner, I., Sanchez, M. 2006. *Bases conceptuales y metodológicas para la elaboración de la guía nacional de ordenamiento territorial*. CONAM/GTZ: Lima.

Bañón, A., Guillén, M., Hoffman, W., McNulty, R. 2011. Rethinking the Concept of Sustainability. *Business and Society Review* 116: 171-191.

Berkes, F., Davidson-Hunt, I. 2010. Innovating through commons use: community-based enterprises. *International Journal of the Commons* 1(4): 1-7.

Boisier, S. 2005. ¿Hay espacio para el desarrollo local en la globalización? *Revista de la CEPAL* 86: 47-62.

Bookchin, M. 1978. *Por una sociedad ecológica*. Gustavo Gili: Barcelona.

Deutsch, W., Duncan, B., Romagnoli, O., Ruiz, S. 2005. *Monitoreo Físico-Químico del Agua*. Universidad de Auburn: Auburn.

Dourojeanni, A. 2004. Si sabemos tanto sobre qué hacer en materia de gestión integrada del agua y cuencas ¿por qué no lo podemos hacer? En Cotler, H. (Ed.) *El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. INE-SEMARNAT: Distrito Federal, 135-171.

Frosch, R., Gallopoulos, N. 1989. Strategies for Manufacturing. *Scientific American* 261(3): 144-152.

Gibbs, D. 2009. Sustainability entrepreneurs, ecopreneurs and the development of a sustainable economy. *Greener Management International* 55: 63-78.

González, J., Montes, C., Santos, I., Monedero, C. 2008. Invirtiendo en capital natural: un marco para integrar la sostenibilidad ambiental en las políticas de cooperación. *Ecosistemas* 17(2): 52-69.

Holmgren, D. 2002. *Permaculture: Principles and Pathways Beyond Sustainability*. Holmgren Design Services: Victoria.

Lazos-Ruíz A., Moreno-Casasola P., Galante E. 2013. Green Rural Enterprises: Guidelines for Empowering Local Groups towards Sustainable Ventures. *Journal of Environmental Planning and Management*, DOI: 10.1080/09640568.2013.844107.

Llambí, L., Pérez, E. 2007. Nuevas ruralidades y viejos campesinismos. Agenda para una nueva sociología rural latinoamericana. *Cuadernos Desarrollo Rural* 59(4): 37-61.

Margoluis, R., Salafsky, N. 1998. *Measures of success: designing, managing, and monitoring conservation and development projects*. Island Press: Washington D.C.

Marín, M., Criado, J., Bravo, J. 2005. *Experiencias destacadas sobre gestión ambiental participativa en humedales de las Américas*. FUNGAP-Grupo Antigua: San José.

MEA (Millenium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water*. World Resources Institute: Washington, D.C.

Mestre, Y. 2007. Ordenamiento territorial ancestral desde la visión de los cuatro pueblos indígenas (Arhuaco, Kággaba, Wiwa y Kanbuamo) de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. En Donato, M., Escobar, E., Escobar, P., Pazmiño, A., Ulloa, A. (Eds.) *Mujeres indígenas, territorialidad y biodiversidad en el contexto latinoamericano*. Universidad Nacional de Colombia-Fundación Natura de Colombia-Unión Mundial para la Naturaleza-UNODC: Bogotá, 101-108.

Moreno-Casasola, P. 2006. *Entornos Veracruzanos: La Costa de la Mancha*. Instituto de Ecología A.C.: Xalapa.

Naudé, W. 2010. *Promoting Entrepreneurship in Developing Countries: Policy Challenges*. Policy Brief 4. United Nations University: Helsinki.

ODM (Objetivos de Desarrollo del Milenio). 2008. *Informe 2008*. Naciones Unidas: Nueva York.

- Ohl-Schacherer, J., Mannigel, E., Kirkby, C., Shepard, G., Yu, D. 2008. Indigenous ecotourism in the Amazon: A case study of "Casa matsigenka" in Manu National Park, Peru. *Environmental Conservation* 35(1): 14-25.
- Okazaki, E. 2008. A Community-Based Tourism Model: Its Conception and Use. *Journal of Sustainable Tourism* 16(5): 511-529.
- Ostrom, E. 2000. *El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva*. Fondo de Cultura Económica: Distrito Federal.
- Paré, L., Fuentes, T., García-Coll, I., Gerez, P., Muñiz-Castro, M., Vidriales, G. 2008. Gestión de la cuenca del Río Pixquiac y su interacción con la zona conurbada de Xalapa: esfuerzos desde la sociedad civil. En Soares, D., Vargas, S., Nuño, M. (Eds.) *La gestión de los recursos hídricos: realidades y perspectivas*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Universidad de Guadalajara: Jiutepec, 228-256.
- Parrish, B. 2010. Sustainability-driven entrepreneurship: Principles of organization design. *Journal of Business Venturing* 25(5): 510-523.
- Pesci, R. 2000. *La vida como proyecto: del Titanic al velero*. Fundación CEPA: La Plata.
- Sarukhán, J., Koleff, P., Urquiza-Hass, T. 2010. Evaluación del capital natural de México: conocimiento, conservación y manejo sustentable. *Forum de Sostenibilidad* 4: 127-134.
- Seixas, C., Berkes, F. 2010. Community-based enterprises: the significance of partnerships and institutional linkages. *International Journal of the Commons* 1(4): 183-202.
- Scheyvens, R. 1999. Ecotourism and the Empowerment of Local Communities. *Tourism Management* 20(2): 245-249.
- Sherwood, S., Larrea, S. 2001. Looking back to see ahead: Farmer lessons and recommendations after 15 years of innovation and leadership in Güinope, Honduras. *Agriculture and Human Values* 18: 195-208.
- Sola, P. 2005. The Community Resource Management Plan: A tool for integrating IKS into natural resource management. *Ethnobotany Research and Applications* 3: 143-153.
- Speelman, E., López-Ridaura, S., Colomer, N., Astier, M., Masera, O. 2007. Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. *The International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 14(4): 345-361.
- Steck, B. 1999. *Sustainable Tourism as a Development Option*. GTZ, Federal Ministry for Economic Co-operation and Development: Eschborn.

Toledo, V. 1997. Sustainable development at the village community level: a third world perspective. En Smith, F. *Environmental Sustainability. Practical global implications*. St. Lucie Press: Boca Raton, 233-250.

Toledo, V., Barrera-Bassols, N. 2008. *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Junta de Andalucía – Icaria: Barcelona.

Zeppel, H. 2006. *Indigenous Ecotourism. Sustainable Development and Management*. CABI: Oxfordshire.

Capítulo IV.

Proponiendo formas de participación de la comunidad rural con énfasis en lograr su intervención activa en la conservación de su entorno



Serie fotoNatura-La Mancha

“Enrique Romero: campesino, maestro albañil, ecoguía y experto en observación de aves”

Proponiendo formas de participación de la comunidad rural con énfasis en lograr su intervención activa en la conservación de su entorno

La propuesta Empresa Rural Verde (ERV) necesitaba una manera concreta de ayudar a orientar los proyectos productivos hacia los ideales de la ERV. Para lograrlo se crearon indicadores que se describen y se da una guía para asignar valores. Con esta evaluación se puede identificar la prioridad con la que cada punto necesita ser atendido. Así también, se pueden hacer comparaciones interesantes entre grupos o entre la situación de un proyecto en diferentes momentos. Una de las innovaciones de la propuesta es que los participantes rurales hacen una autoevaluación de su propio emprendimiento, lo que ayuda a crear un espacio donde se manifiesta su opinión directa encaminando un empoderamiento cada vez mayor. La metodología de evaluación y los resultados se presentan en el artículo publicado en 2013 en el *Journal of Environmental Planning and Management*, titulado “Green Rural Enterprises: guidelines for empowering local groups towards sustainable ventures.” y cuyos autores son Lazos-Ruíz, A., Moreno-Casasola, P., Galante, E.

Green Rural Enterprises: guidelines for empowering local groups towards sustainable ventures

Introduction

Although rural areas in developing countries are frequently plagued by economic poverty, they are often rich in biodiversity and natural resources. Therefore, it is important to orient rural development towards sustainability. The developmental strategy of combining the conservation of natural resources with the proposed economic growth of rural areas is supported by numerous organizations (i.e. state governments and NGOs). This strategy is embodied by our concept of a Green Rural Enterprise (GRE), a sustainability-oriented economic venture that makes a wise use of natural resources, holds a territorial approach to rural development and involves local groups in its management. One example addressed in this article is community-based ecotourism defined as ecologically friendly tourism developed and managed by local people for their own benefit (Norris *et al* 1998).

Although many studies suggest the importance of community participation in conservation ventures, the practical actions required to achieve and evaluate such participation have seldom been articulated (Okazaki 2008, Kumar and Inoue 2008). Many authors argue that it is essential that ecotourism conserves local resources, involves the community and generates income, especially when business and economic development are prioritized over conservation (Scheyvens 1999, Barkin 2003). Yet community members participating in ecotourism ventures often encounter operational difficulties such as lack of education and business experience, which may increase the transaction costs and maintenance (Okazaki 2008). This is especially true in developing countries, where Zeppel (2006) finds that the majority of ventures are supported and funded by NGOs and other development agencies. These ventures are often considered as business alternatives to extractive land uses instead of community, family, or individual ventures. Considering the amount of resources that are invested in such enterprises, it is necessary to establish a method that can evaluate whether or not the enterprise is sustainable.

Efforts to define sustainability have led to disagreements about its defining indicators, yet some form of measurement is necessary in order to evaluate the effects of different strategies

(Stevenson and Lee 2001). Ideally, sustainability indicators provide valuable information for decision makers at all levels of organization – local, state, and national (Yli-Viikari *et al* 2012). We are interested in small enterprises in rural areas of developing countries, where primary extraction and transformation of natural resources is the most common way of sustaining the local livelihood (Toledo 1997).

The design of sustainability indicators is subjective, where stakeholders (including researchers) often define indicators in terms of their own values (Bell and Morse 2008). Therefore, some authors (Stevenson and Lee 2001, Bell and Morse 2008, Njuki *et al* 2008) have referenced the need to involve a wide range of stakeholders in the process of defining indicators. However, defining indicators at the local level would likely limit the possibility of extending the methodology to other situations. The bottom-up approach, where local stakeholders actively participate in the decision-making process, is likely to result in indicators that better reflect local realities versus using the traditional top-down approach, where decisions are made by external institutions or authorities (Roberts and Tribe 2008). It is necessary to consider local people's knowledge and opinions (Cantrill 2012), where indicators should not be conceptualized as isolated facts but also as expressions of underlying processes (Turcu 2012).

Several methods exist for assessing the sustainability of rural enterprises. One example is the Framework for Assessing the Sustainability of Natural Resource Management Systems (MESMIS, the acronym in Spanish) (Speelman *et al* 2007), which was developed in Mexico for the evaluation of agroecosystems and has been applied in several different Latin American countries. The International Fund for Agricultural Development (IFAD 2003) also promotes a methodological framework for project evaluation, which is guided by key questions and matrices of change over time. This analysis is complex and relies mostly on external evaluators, and even though the local participants are considered the language and process may be too technical for them. Scheyyens (1999) proposes another framework to empower community-based ecotourism ventures, where the assessment includes an array of economic, psychological, social, and political indicators, although they are not measured quantitatively.

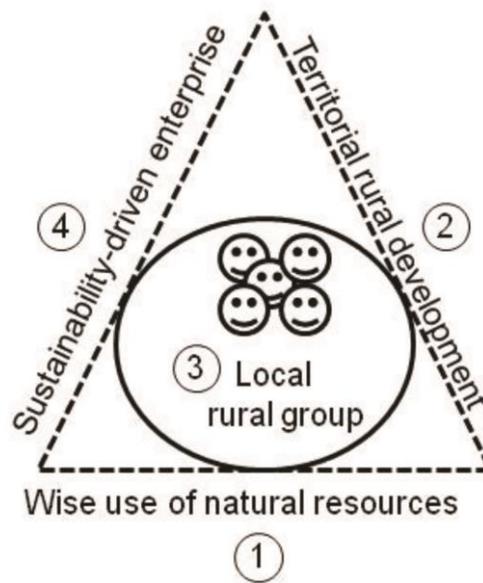
We propose the model of the Green Rural Enterprise (GRE), where the adherence of an enterprise to this model is measured by 38 specific indicators. The assessment of a GRE is

carried out by the involved participants as a means of empowerment. This allows the group to detect deficiencies in enterprise operations in order to develop strategies to address problems and orient future growth towards the model of a sustainable rural enterprise. This paper focuses on the self-assessment of three community-based ecotourism enterprises in Mexico using GRE indicators.

Categories and Indicators of the GRE

This study adopts 38 indicators divided into four categories for assessing the sustainability of GREs. Considering the concepts outlined in Figure 1, we explain the rationale for each of the four broad categories and the indicators associated with each of them (Table 1, Table 2, Table 3, and Table 4 respectively). The indicators were designed based on an extensive review of relevant literature and on empirical experience working with organized rural groups (Webster 1999).

Figure 1. Sustainability triangle sustaining the Green Rural Enterprise based on the wise use of natural resources (1), territorial approach to rural development (2), a local group running the enterprise (3), and sustainability driven entrepreneurship (4).



Wise use of natural resources. This forms of the basis of the proposed system, where use of natural resources is considered sustainable if it fosters ecosystem functioning (González *et al* 2008, MEA 2005). (See Table 1)

Territorial approach to rural development. A territorial approach takes into consideration the functional, sociological, and cultural context of rural areas. These rural landscapes are shaped by natural resource use and the interactions between different ecosystems (Guevara and Laborde 2008). Within a territorial context of development it is important to appraise territorial resources, give an added value to territorial and local production, and establish relationships and boundaries with other territories of the world (AEIDL 1999, Gómez *et al* 2010). (See Table 2)

Local groups running the enterprise. It is essential that the local population benefits from the enterprise and is in charge of its management. The internal characteristics of the local group managing the GRE are important to evaluate in order to identify weaknesses and strengths that serve as indicators so that the group may fully develop its potential. (See Table 3)

Sustainability driven entrepreneurship. Sustainability driven entrepreneurship might be the analogue of the traditional “economic” pillar of sustainability, but we stress the importance of seeing the enterprise and its income as a means of perpetuating natural resource availability and maintaining the quality of ecosystem functions long-term (Parrish 2010). (See Table 4)

Table 1. Wise use of natural resources. GRE indicators: their definition, sources and guidelines for assessment.

Indicator	Description	Source	Assessment guidelines
I.a. Awareness of the importance of conservation	The group recognizes the need to maintain the functioning of natural resources in the long term.	Bookchin 1978, Gudyas and Evia 1991, González et al. 2008	1: There is no awareness of the importance of conservation. 10: There is a deep understanding of ecosystem functioning and the value of conserving it, as well as the capacity to defend this point of view and to transmit it persuasively. Application of this knowledge in daily activities.
I.b. Local knowledge about the environment	The knowledge of the group concerning ecosystem functioning, uses of plants and animals and the state of their populations.	Sillitoe 2006, Sola 2005, Zhou and Jiang 2004	-1: Irrational application of knowledge bringing about more degradation (e.g. overexploitation of medicinal plants or animals). 1: There is no knowledge of the environment. 10: Local knowledge is used in all of the pertinent activities of the project, and is applied in the management plan for the area.
I.c. Clear conservation objectives in the project	Priority is given to conservation objectives; natural capital is considered the foundation of the enterprise.	González et al. 2008	1: There are no conservation objectives. 10: Project objectives include expressed, high priority conservation aims, as well as proposed actions to reach them.
I.d. Environmental education	Education in environmental care, conservation, changes in behaviour toward better ecological awareness.	Fuks 2004, Freire 2005, Zanotti and Chernela 2008	1: There is no environmental education program and/or no involvement of the group in an environmental education program. 10: There is active environmental education within the group and the members constantly share their knowledge, especially with the rest of the community and visitors.
I.e. Ecological monitoring and restoration by the community	Participation of the group in environmental research, restoration activities, monitoring local environmental conditions to understand its functioning and its effects on the community.	Deutsch et al. 2005, Paré et al. 2008	1: There is no monitoring or restoration program and/or no involvement of the group in these programs. 10: The group participates in ecological monitoring (e.g. fauna census, water quality assessments) and identifies changes that need further specialized analysis. The group actively participates in the restoration of the ecosystem (e.g. reforestation, cleaning water bodies). The group understands the importance and benefits of restoration.
I.f. Decrease in pollution and energy consumption	The quantity of residues and energy consumption resulting from the activities and elaboration of products of the enterprise.	Frosch and Gallopoulos 1989, De Carlo and Drummond 1998, Iribarren et al. 2010	-1: Producing the product or service generates more untreatable residues than before the enterprise started operating (e.g. residues that cannot be recycled or reused or that pollute a lot), introduction of new contaminants, dangerous waste, and/or invasive species. 1: Producing the product or service generates untreatable residues, equivalent to those generated before the enterprise started operating. 10: The enterprise endeavours to reduce the generation of waste and/or convert them into their least polluting form. Actions such as environmental education, recycling, prevention of poaching. Actions result from an analysis of life-cycle, carbon footprint estimation, the use of eco-technologies and decreased energy consumption.

Table 2. Territorial approach to rural development. GRE indicators: their definition, sources and guidelines for assessment.

Indicator	Description	Source	Assessment guidelines
2.a. Management Plan	The strategy of land use management used for the development of the region, with human development and natural conservation as its heart.	Aquino et al. 2006	1: There is no Management Plan in the area of influence of the enterprise. 10: There is a Management Plan in the area and it truly promotes the conservation of the region; the group participates in its preparation.
2.b. Heritage inventory	The list of elements that constitute the cultural and environmental heritage of the region.	Arango and Rivera 2010	-1: The information about the heritage of the region is used to the detriment of the resources (e.g. poaching in strategic sites). 1: There is no information about the cultural and environmental heritage of the region 10: There is an inventory of the heritage of the region and it is continuously updated.
2.c. Law	Legal framework for the enterprise.	Steck 1999, Pinson 2008	-1: The endeavours of the enterprise fall outside the framework for legal activities. 1: It is not known what legislation applies to the enterprise. 10: The enterprise is legally registered, has a clean record and is regulated by ethical principles.
2.d. Land tenure	Legality of land rights.	Steck 1999, Sola 2005	1: Fragile and changing land use or tenure is a source of conflict. 10: The group has its own land and ownership is clear and protected.
2.e. Presence in socio-political circles	Capacity of the enterprise to establish networks and participate in different social and political spaces, with the highest ethical principles.	D. Diaz, pers. comm., Scheyvens 1999	-1: Government institutions and other organizations (e.g. universities, NGOs) know of the enterprise, but it has a poor reputation (e.g. corruption, poor management). 1: Other organizations are not aware of the enterprise. 10: Different organizations know about the enterprise, which has earned respect and an excellent reputation (e.g. transparency, quality). These organizations are allies of the enterprise.
2.f. Impact in the community	The assemblage of effects brought about by the enterprise in the rural community where it is located.	Gibbs 2009, Lazos-Ruiz 2010, Scheyvens 1999	-1: There is a negative impact on the community. 1: The community does not perceive any effect from the enterprise. 10: The community benefits from the enterprise even if they are not members of the group. The enterprise carries out conservation and social actions in the community.

Table 3. Local group running the enterprise. GRE indicators: their definition, sources and guidelines for assessment.

Indicator	Description	Source	Assessment guidelines
3.a. Empowerment	The members of the group take the enterprise on as their own, and take care of it.	D. Díaz, pers. comm., Scheyvens 1999	1: The group does not regard the enterprise as its own. 10: The group considers the enterprise its own and is interested in fighting adversity when necessary.
3.b. Economic independence and independence in resource management	The capacity of the enterprise for self-maintenance in terms of human and financial resources.	Speelman et al. 2007, Ohl-Schacherer et al. 2008	1: In order to operate, the enterprise depends exclusively on transient agents (e.g. students, volunteers, government employees). 10: The group is able to manage all its resources by itself or hires professionals (e.g. project preparation, reinvestments), and has access to healthy financing.
3.c. Initiative	The action of starting the enterprise from the conception of the idea to proposing the participation of a community group.	Ulloa-Rivera 2007, Ohl-Schacherer et al. 2008	1: The initiative of the project was external to the group and it is very possible that the project will finish when those who started it leave. 10: The initiative of the project originated with a community group or the initiative was external but the group has made the project its own and if those who started it leave the project will continue in the long run.
3.d. Motivation	The reason that moves the group to continue with the enterprise with interest and diligence.	Scheyvens 1999	-1: The group has become discouraged and is not able to build up self-motivation. 1: Motivation is very low. 10: The group is motivated and enthusiastic about the project even in times of adversity.
3.e. Leadership	Ability to be recognized as the legitimate head of the group.	Sola 2005	1: The group does not recognize a leader. 10: The group recognizes a legitimate leader who has a clear vision of conservation and keeps the group strong. Different areas of leadership are recognized based on abilities and talents.
3.f. Internal harmony of the group	An atmosphere of cordiality within the enterprise.	Quintero, Africano, and Faría 2008	1: There is frequent unpleasantness and conflict in the group that the members are unable to solve or work as a group. 10: Everyone respects the diversity of opinions and each other's personalities.
3.g. Gender focus	Equal opportunities for women and men.	ODM 2008, Scheyvens 1999	1: There is no gender focus. 10: Women have the same opportunities to work, receive fair payment and to be trained, occupy decision-making positions, and allowances are made when they are pregnant.

Table 3. Continuation...

Indicator	Description	Source	Assessment guidelines
3.h. Training	Transmission of knowledge for the development of capacities for the group and for the enterprise.	Scheyvens 1999	1: There is no access to training. 10: All of the members of the group are trained in diverse areas and share their knowledge with each other. They move from theory into practice; look for training according to practical needs; conduct self-learning, and learn from these when needed.
3.i. Level of technical knowledge and homogeneity	Level and uniformity of the knowledge of the group's members when delivering the product or service offered by the enterprise.		1: The members of the group do not have the knowledge to develop or deliver the product or service. 10: All members have a solid base of abilities and knowledge to develop, deliver and improve the product or service.
3.j. Active integration	The number of members that participate actively in the tasks of the enterprise.		1: Even when the group has several members, less than 50% of the membership participates regularly and the proportion is decreasing. 10: The majority of the members of the group participate actively (90-100%).
3.k. Innovation	Creative capacity of the group members applied to improving the enterprise and its services.	D. Díaz, pers. comm.	1: Nobody is interested in making changes in the enterprise. 10: The creativity of the group is encouraged all the time; new products and services are invented, innovations are constantly applied. The group responds actively to these creative spaces.

Table 4. Sustainability driven entrepreneurship. GRE indicators: their definition, sources and guidelines for assessment.

Indicator	Description	Source	Assessment guidelines
4.a. Business Plan	The planning document of the enterprise containing information such as market study and promotion objectives; useful for estimating economic feasibility.	Pinson 2008	1: There is no business plan. 10: There is a business plan known by all the members of the group; it is used and constantly updated.
4.b. Internal accounting	System that allows an account of the assets and duties of the enterprise, it shows the financial condition of the enterprise.	Pinson 2008	1: There is no internal accounting. 10: Internal accounts are impeccable. The financial statements are used in decision making and favour transparency.
4.c. Economic feasibility	Capacity of the enterprise to cover its own expenses, generate capital and have healthy finances.	Scheyvens 1999	1: The enterprise loses money or uses the members' personal money for maintaining the enterprise. 10: Profits are distributed among all members of the group.
4.d. Quality	The set of conditions that makes the service or product worthwhile.	Quintero, Africano, and Faria 2008, Gutierrez-Pulido 2010	-1: The product or service is of low quality and is progressively getting worse. 1: The product or service sporadically attains acceptable levels of quality. 10: The high quality of the product or service is recognized and is continuously improving.
4.e. Competitive price	The amount of money required to buy the final product or obtain the service.	AEIDL 1999	-1: The price that can be obtained for the product or service does not cover the entire cost of production, and/or the price is competitive, but the social and ecological costs are high. 1: The price barely covers the cost of production for the product or service, limiting profit. 10: The price of the product or service covers all expenses incurred (including labour) and yields some profit; the target public is willing to pay this price.
4.f. Respect for the rules within the group	Following the norms that regulate the group and the enterprise for its proper functioning.	North 1993, Ostrom 2000, Llambi and Pérez 2007	-1: There are rules, everyone knows what they are and approved them. However, when they are broken there is no sanction or consequence; the rules have totally lost their legitimacy. 1: There are no rules or the group does not know what they are. 10: All members respect all the rules all the time and if there is an omission it is discussed or penalized; the rules are only rarely broken.
4.g. Collective decision making	How decisions for the enterprise are made as a group.	Ostrom 2000, Scheyvens 1999	1: The group is not consulted about matters requiring decisions. 10: There is room for the open expression of opinions and decisions are taken collectively.

Table 4. Continuation...

Indicator	Description	Source	Assessment guidelines
4.h. Transparency	Access to enterprise information is open to all the members of the group.		-1: Poor management of resources. 1: Management of resources is not reported systematically, and/or the report is not openly available to the whole group, and/or the group does not trust the information that is given. 10: All members have open access to reports that systematically present information on the management of resources, and they trust them.
4.i. Equity	The fair distribution of benefits derived from the enterprise.	Whitaker and Shenoi 1997, Scheyvens 1999	1: Benefits are not fairly distributed, only a few are favoured. 10: The distribution of benefits is fair (according to the work done) and the group recognizes this.
4.j. Type of participation	The way in which members get involved in the enterprise.	Pretty et al. 1995, Marín, Criado, and Bravo 2005, Speelman et al. 2007, Scheyvens 1999	1: Passive participation level: people listen to what is going to happen. The information belongs to professional outsiders. 10: Self-mobilization level: People take the initiative to change systems, independently of external agents.
4.k. Impact on the natural environment	The set of effects in nature caused by the enterprise's actions over time.		-1: The enterprise has had a negative impact on the ecosystem. 1: The enterprise has neither a positive nor negative impact on the natural environment. 10: Degradation of the ecosystem has decreased since the enterprise started.
4.l. Perception of material benefits	The recognition of material benefits such as infrastructure and equipment, derived from the enterprise.		1: Material benefits are not perceived. 10: Material benefits are perceived and acknowledged.
4.m. Perception of intangible benefits	The recognition of nonmaterial benefits such as knowledge, experience and new abilities, derived from the enterprise.	Lazos-Ruiz 2010, Asquint, Vargas, and Wunder 2008, Scheyvens 1999	1: Intangible benefits are not perceived. 10: Benefits such as new knowledge, abilities and increased self-confidence are acknowledged.
4.n. Perception of extra income	Recognition that working in the enterprise brings in extra income.		1: There is no extra economic benefit. 10: There is an extra economic benefit that increases family incomes.
4.o. Strategic evaluation	Mechanism for evaluating the performance of the group and the enterprise in order to design better strategies for its functioning.	Margoluis and Salafsky 1998, IFAD 2003, Walmer-Toews and Kay 2005, Pesci, Pérez, and Pesci 2007.	1: There is no evaluation of the enterprise's performance. 10: Continuous and systematic evaluations are carried out to help the enterprise stay on target with respect to its objectives.

The list of indicators has been revised, summarized, and shortened when possible. Some indicators seem to be similar, but each was carefully selected and defined to stress the importance of that particular indicator. We consider that if the criterion is too general, then subtle differences may be overlooked.

While local participants in our study did not design the indicators, we took into account their ideas as expressed in workshops and group conversations. For instance, the indicators of presence in socio-political circles (Table 2, Indicator 2.e.), empowerment (Table 3, Indicator 3.a.) and innovation (Table 3, Indicator 3.k.), were suggested as important by participants. The incorporation of local participations in the overall process was given a high priority through the process of self-evaluation.

Description of the Sustainability Metric

The GRE methodology allows for the identification of problems in the operation of the enterprise and helps to establish priorities and guidelines for strategic actions to remedy identified problems. The indicators are not only a list of items to tick off, as proposed by some authors (Becker 2010), but rather as Yli-Viikari *et al* (2012) point out, each indicator needs to provide guidelines to reach the desired sustainable state. Criteria that are too abstract or technical might be difficult to pose as a simple question; thus we tried to propose clear and simple definitions. The phrasing of the indicator can also affect its interpretation (Becker 2010), yet the definitions of the elements belonging to each indicator may be adjusted depending on local language use and conceptualization.

The method proposes that people from the local community involved in the operation of the rural enterprise (at least 50% plus 1 participant) should function as the evaluators. Commonly perceived problems and their accepted solutions are often discovered via collaboration (Okazaki 2008) and collective action (Jones 2005). External evaluators, or people who do not belong to the group, can also apply the same evaluation, but the focus of this paper is on the process of internal evaluation.

The assessment is based on assigning a number to each indicator on a scale from 1 to 10, where 1 is the least sustainable and 10 is the most sustainable. The guidelines for each indicator provide

a framework for assigning a score. It is possible score a -1 for critical cases where a scenario exists that could potentially bring the enterprise to a breaking point, similar to the signs of disempowerment as proposed by Scheyyens (1999). These critical cases were defined using a Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) (Cortés and Gutierrez 2001), where potential failures were assessed for each indicator with respect to potential effects, severity of the failure, cause of the failure, possibility of occurrence, and degree of risk.

The initial assessment was based on a scale from 1 to 3, but after a trial was changed from 1 to 10, where -1 is associated with the aforementioned risk. This change was made because internal evaluators were more familiar with a scale from 1 to 10, as it is often used in regional schools. We observed that for illiterate people evaluating on a scale from 1 to 10 is difficult, so in some cases it might be recommendable to apply an oral evaluation with a scale ranging from harmful to excellent.

This method gives the same weight to each indicator, although it is evident that some indicators may be more important than others (Sarandón and Flores 2009). Each case of evaluation will reflect the degree of experience of the group, the development stage of the enterprise, as well as the context, cultural background of the participants, and many other variables. Thus each evaluation will generate findings and data that are specific to the nature of that project (IFAD 2003). In addition, indicator that identifies a problem at the beginning of the process has the potential to later be converted into a strength, depending on the historical movement of the enterprise (*helicoid sensu Pesci et al 2007*). Due to this variance in group dynamics we consider that weighting the different indicators would be a complicated and subjective task. Instead, we consider that the evaluators themselves will signify through their scoring which indicators result more relevant to their specific situation. The points obtained for a given indicator would determine the degree of urgency for which that issue should be addressed. Indicators that received a score of -1 to 0 are classified as urgent, or the indicators most in need of being addressed to avoid collapse of the enterprise. Indicators rated from 1 to 4 are considered high priority. A rating of 5 to 6 is considered medium priority. Indicators with a rating of 7 to 8 are of low priority. Finally, indicators rating from 9 to 10 are considered satisfactory and indicate the best performance.

The application of the method requires a trained person to act as a moderator that possesses the following abilities: 1) Able to fine-tune the moderation style, 2) Offer an optimal and objective explanation of the indicators so that the evaluators have a common understanding of what is being assessed, 3) Deal with struggles that might arise as rural participants and external evaluators may have their “own language” and interpretation, 4) Record data and carry out simple analysis in a database software (i.e. Microsoft Excel), 5) Understand the importance of maintaining reliable results, and 6) Report the findings to the group and suggest possible strategies to follow. This person could be a member of the local group, though he or she may need training from an external organization that promotes this type of self-evaluation. An external evaluator can also offer support with the processing of the results as long as consideration and respect is given to the process of the self-evaluation.

Once the indicators have been scored the information is processed. For each indicator, the number of times it was scored as urgent, high priority, medium priority, low priority, and satisfactory is recorded. The most relevant indicators for the group would be those classified as urgent or high priority, which would denote weaknesses within the enterprise, as well as satisfactory, which would signify group strengths. In addition, indicators with heterogeneous responses across all intervals are also considered important, since this indicates difference of opinion or conflict among group members. The following dynamics can be assessed to determine future strategy: 1) Identify the perceived strengths and weaknesses of the enterprise, 2) Determine group priorities, 3) Detect differences among internal evaluators, 4) Find differences between internal and external evaluators, 5) Compare different assessments over time, and 6) Compare results between enterprises. For the comparison analyses we recommend using a radial graph as a visual aid to represent and quantify indicators and assess the extent to which the objective – in this case achieving the defining characteristics of a GRE – have been reached (Brink *et al* 1991).

The environment in which the evaluation is carried out should foster an atmosphere of trust, allowing the evaluators to freely and democratically express their opinions so that everyone has a chance to participate in the discussion. Major differences in opinion among the evaluators can result from multiple factors such as 1) Interpreting the concepts under evaluation differently,

2) Existent inequity or power conflicts, 3) Hiding information from the moderator, 4) Idealizing or underestimating the capacity of the enterprise, 5) Carrying out evaluations at different times, 6) Gathering data from only a few members of the group or the leader. The evaluation should be carried out in a group setting and include all members of the enterprise in order to allow for a deeper understanding of the group's organization. The ideal is that the enterprise would adopt this exercise as a systematic way of obtaining feedback and making decisions as part of a cyclical process that would strengthen the group (Lagunas-Vazquez *et al* 2008).

Figure 2. Map showing the location of the study area along the coast of Veracruz, Mexico.



Context

We selected three communities located in key coastal wetland areas in the Gulf of Mexico (Figure 2), where community-based ecotourism enterprises have been promoted since 1998 as means of diversifying the local economy, which is largely based on primary extraction and production (Moreno-Casasola 2004, Moreno-Casasola 2006). Although a variety of interests and objectives exist for those participating in the ecotourism venture, in each case the founding vision was oriented towards the conservation of wetlands. The studied enterprises are run by groups of local people, mainly farmers, cattle ranchers, fishermen and their wives, whom have been trained by several organizations but mainly by the Institute of Ecology, A.C. (a public research institute). The groups were trained in workshops about the practical importance of

conservation, how to organize groups, accountancy, first-aid, and other subjects. They received support in order to achieve legal representation and to participate in calls for funding from various public dependencies, such as the National Forestry Commission and the Ministry of the Environment and Natural Resources, which have been their main source of funding. The local people involved have invested time and effort into training and working together as a group and have established in some cases land-trusts and institutional agreements in order to set up a community enterprise.

The three enterprises are organized in an assembly with an executive board composed of a president, secretary, treasurer, oversight committee, education committee, and admission committee. The assembly was in charge of defining their own rules for the functioning of the enterprise in which the main goals were providing economic benefits for their members and for the community, as well as conserving natural resources.

Area of Study

The most common economic activities in the areas of study have traditionally been agriculture (sugar cane, mango, corn), raising livestock, and small-scale fishing. Many locals arrived to the area in the 1950s hoping to acquire a tract of land during the time when new *ejidos* were being formed. *Ejido* land arrangements are unique to Mexico and are tracts of land that have a community tenancy and management. All of the enterprises make use of the *ejido* communal land during ecotourism activities, such as guided tours. The majority of the inhabitants have only a primary school education. Rates of emigration to the United States are high, and many young generations are beginning to leave the traditional rural way of life and are beginning to lose contact with agricultural activities (Paradowska 2006).

Application

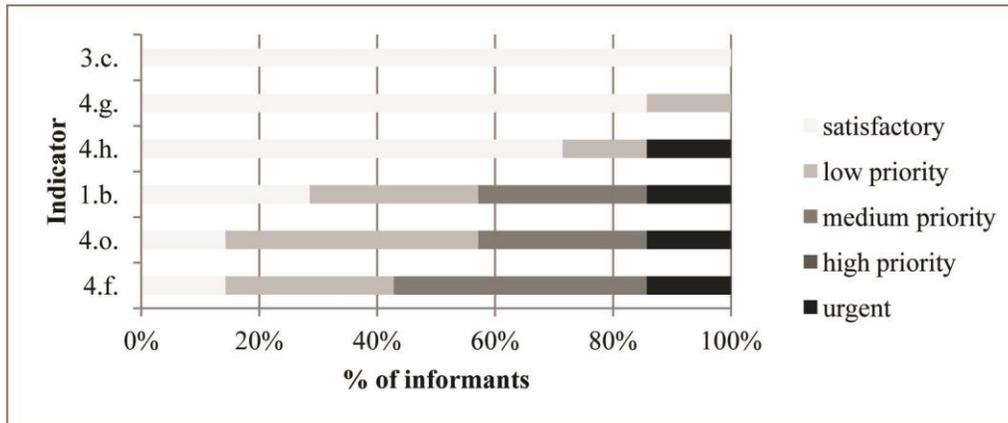
The methodology was applied to three rural community-based ecotourism enterprises (A, B, and C) within the context described above. Groups A and B were created 3 years ago, and Group C has more than 12 years of experience. We had 7 (out of 12), 14 (out of 16), and 9 (out of 12) participants respectively, representing more than 50% of each group. One potential drawback to this approach is that the sample was self-selected and only respondents taking an active part

in the operation of the enterprise were included, while “difficult to reach” (non-active) respondents were excluded (Turcu 2012). The first author, who has been working directly and indirectly with these groups for more than two years, was the moderator. Data was collected over three sessions (one for each group) during which the respondents were given a printed version of the indicators with space to write their numerical assessment. In our trials reviewing each indicator and giving a verbal explanation to the whole group of participants was more efficient and better understood than individual reading due to low levels of reading comprehension. During the session participants could ask as many questions as required to understand the indicator concept, but discussion about personal points of view was not allowed so that bias would not be introduced by group leaders. It was explained that the participants’ point of view had to be reflected in the evaluation as a number on a scale from 1 to 10. The evaluations were completed anonymously so that respondents would feel free to express their true opinions.

Results

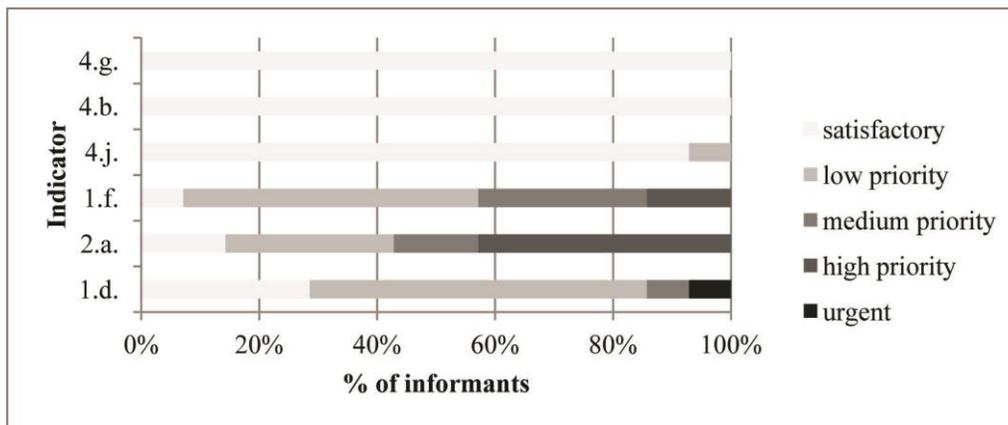
Only the highest and lowest rated indicators are presented in the results. Group A (Figure 3) showed a satisfactory response to the initiative indicator (3.c.), where the homogeneity of responses demonstrates the common vision of the group and capacity to survive in the long term. Taking collective decisions (4.g.) was also recognized as satisfactory. The rating of transparency (4.h) was more divided, as 70% of the respondents stated that this indicator was satisfactory, while a minority stated that this indicator was an issue of urgent priority. The three lowest rated indicators received a score of “urgent,” although by only one person. Meanwhile, the indicators of local knowledge use (1.b), strategic evaluation (4.o) and respect of the rules within the group (4.f.) received heterogeneous scores and were divided between low and high priority.

Figure 3. The best three and the worst three indicators in Group A.



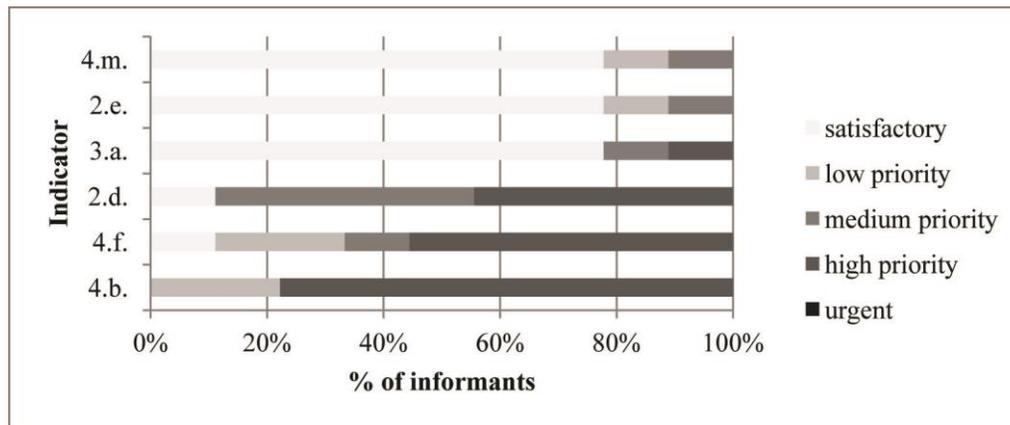
Group B (Figure 4) (the most numerous group) gave a satisfactory rating to collective decision making (4.g.), internal accounting (4.b.) and notable participation (4.j.). In contrast, environmental education (1.d.) received the lowest rating, although the scores were divided among the evaluators. Other lowly rated indicators were those of having a management plan (2.a.) and a decrease in pollution and energy consumption (1.f.).

Figure 4. The best three and the worst three indicators in Group B.



Group C responses (Figure 5) were more heterogeneous than the previous two groups. The highest rated indicators were perceived as intangible benefits (4.m.), presence in socio-political circles (2.e.), and empowerment (3.a.). The lowest rated indicators included land tenure (2.d.), respect for the rules within the group (4.f.) and internal accounting (4.b.).

Figure 5. The best three and the worst three indicators in Group C.



Discussion

The scores received on the GRE indicators give insight into group dynamics, strengths, and weaknesses, which allow for specific recommendations tailored to each group. This method should stimulate internal discussion, clarify perceptions among group members, and prioritize the indicators most important to address for future group dynamics. For Group A the initiative indicator (3.c.) signifies that the group momentum is well-established and will continue if founding members leave, and may be considered as one of the great strengths of the enterprise. On the other hand, it is necessary to understand why one participant indicated a transparency problem. It is evidence that one of the group members has probably been excluded from the group process. The three lowest rated indicators received at least one score of “urgent,” and although these indicators were rated as urgent by only one evaluator it nonetheless requires consideration. It is necessary for the group as a whole to discuss these points and attend to indicators rated as urgent.

For Group B the highest rated indicators reflect an inclusive and participative organization with good management of financial resources. In the specific case of internal accounting indicator (4.b.) and given the characteristics of the executive board of this enterprise, part of the high score may be accredited to the group having a good treasurer. A strategy that addresses the lowest rated indicators should start with the formulation of a management plan with

conservation aims that include environmental education and actions for decreasing pollution and energy consumption.

The responses of Group C are reasonable considering that this enterprise has the most experience. The development of strengths within groups requires time; for example, group members in Group C have a history of participation with different organizations (socio-political circles) and have gained positive recognition. Due to their experiences they have acquired knowledge, experience, and new abilities that can only come from working in the enterprise for several years. The problems identified were lack of respect for the rules within the group and internal accounting, which seem to be rather basic for such an experienced group; even so, guided actions to remedy these difficulties could greatly benefit the enterprise. Land tenure problems are delicate and can take a long time to solve, and their solution does not depend solely on the group. Internal accounting was an identified strength for Group B but a weakness for Group C, so one possible action is to promote an exchange of experiences between these groups. Group C could implement a new and more effective internal accounting system that would likely include the proper training of the treasurer. Lack of respect for the rules was also a significant problem for Group A. Following the suggested guidelines, one way to address this problem would be to develop a penalty system and apply it objectively and firmly (see Ostrom 2000). This indicator is even more problematic when the rules have lost their legitimacy, and it is clear that the whole group needs to break away from this vicious cycle. New actions must be taken to solve this situation if the enterprise wishes to continue, that is, be sustainable over time.

Our results have also shown that GRE assessment completed by internal evaluators can also provide useful hints about performance to external evaluators. For this paper we only presented the three highest and lowest rated indicators, but there is more detailed information that can be obtained and analyzed considering the results of the 38 indicators. It is difficult to decide which indicators best flag a sustainable GRE (See justification of weighting of indicators in the “Description of Sustainability Metric” section). Although it is worth mentioning that the indicators are not fixed and may evolve according to new conditions, each enterprise can also adopt the method and adapt it to their own needs. This methodology is meant to evaluate

established enterprises but can also be considered as a guideline in the planning of new enterprises.

Several other evaluations of ecotourism ventures in Mexico have been applied in different scenarios. Fernández and colleagues (2012) used a SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) analysis and business management indicators to assess five ecotourism enterprises in Oaxaca. Information was obtained through semi-structured interviews. The main finding was that the lack business skills and management was one of the principal problems plaguing the enterprises. Barbosa *et al* (2010) used six evaluation categories with different weighting, proposing a quantitative evaluation done mostly by external evaluators who interviewed participating locals. Analyzing interview data is always done based on the criteria of the interviewer, which may allow for some bias. Our GRE methodology shares the objective of evaluation, but also provides a means for summing indicator scores and thus allowing for quantitative analyses. In addition the method helps to identify priorities and guide steps to reach GRE ideals. Another difference of GRE in comparison to other methods is that it has a strong orientation towards the wise use of natural resources and defends the use of self-evaluation of local entrepreneurs as a means of empowerment. It would be valuable to explore other possibilities, such as the work of Stronza and Gordillo (2008), who proposed an ethnographic approach where local people actively collaborate in the definition of benefits and the selection of success indicators.

Any rural enterprise can be assessed under the GRE framework, and the indicators can be adapted to local conditions. We are aware and open to the need to test GRE indicators on different types of rural enterprises that participate in other resource extraction industries including forestry, agriculture, and fisheries. Even though GRE was designed for enterprises in developing countries, the concept can be generalized and applied to ventures in developed countries. However, the criteria should always be adjusted to the local context. For example, indicators such as “law” and “land tenure” are likely to be more regulated and ordered in developed countries.

Conclusions

The GRE method outlines clear sustainability indicators to evaluate with solid supporting arguments and helps to define priorities for future enterprise actions. Even though rural inhabitants often have different values and opportunities from their city counterparts, the current market-based culture requires rural communities to assimilate to a business oriented scheme of development. The GRE method promotes a learning process while adhering to clear conservation and social welfare objectives. This method invites the internal evaluators of rural enterprises to get involved in their own assessment as a means of empowerment, promoting individual reflection on the enterprise's sustainability and encouraging all members to take an active part in discussions and problem solving.

The self-assessment of rural enterprises has been little explored. Evaluation tasks are often delegated to technicians or external organizations. It is evident that researchers and organizations must establish open communication channels with rural people who have distinct perceptions and understandings of natural resource management and local enterprise. Taking into consideration the local participants' opinions, knowledge, and decision making processes are important in promoting adequate natural resource use and for the future of biodiversity.

This method can be used as a systematic evaluation in rural enterprises looking to achieve sustainability. Local groups can implement this methodology on their own, adapting it to their specific needs and possibilities. Governments, NGOs, and other agencies can support GREs with financial and technical assistance, especially in order to develop conservation objectives and business management skills among local entrepreneurs. It is essential to invest in human capacities that allow a GRE to be autonomously sustainable in both the mid- and long term future (Gómez *et al* 2010).

Acknowledgements

This research was funded by ITTO (PD349/05 Rev.2(F)) and RED-PD 045/11 Rev.2 (M), CONACYT (scholarship 208529). We thank those who participated in the evaluation for helping us develop and test this methodology, especially David Díaz for his contribution to the GRE indicators; the Institute of Ecology A.C. (Mexico) (902-17), the Iberoamerican

Biodiversity Centre (CIBIO) of the University of Alicante (Spain), Bianca Delfosse, Rubén Lazos, Allison Jermain, and the anonymous reviewers who enriched this paper with their valuable comments.

References

- AEIDL (Association Européenne pour l'Information sur le Développement Local). 1999. *La competitividad territorial. Construir una estrategia de desarrollo territorial con base en la experiencia de LEADER*. LEADER European Observatory: Bruselas.
- Aquino, A., Haider, J., Renner, I., Sanchez, M. 2006. *Bases conceptuales y metodológicas para la elaboración de la guía nacional de ordenamiento territorial*. CONAM/GTZ: Lima.
- Arango, A., Rivera, A. 2010. *Ecoturismo e interpretación del patrimonio*. SEMARNAT: Oaxaca.
- Asquint, N., Vargas, M., Wunder, S. 2008. Selling two environmental services: In-kind payments for bird habitat and watershed protection in Los Negros, Bolivia. *Ecological Economics* 65(4): 675-684.
- Barbosa, S., Molina, D., Escalona G., Bello, E. 2010. Organización y ecoturismo en ejidos del sureste mexicano. *Revista Estudios Agrarios*: 141-160.
- Barkin, D. 2003. Alleviating poverty through ecotourism: promises and reality in the Monarch Butterfly Reserve of Mexico. *Environment, Development and Sustainability* 5: 371-382.
- Becker, J. 2010. Use of backcasting to integrate indicators with principles of sustainability. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 17(3): 189-197.
- Bell, S., Morse, S. 2008. *Sustainability Indicators. Measuring the Immeasurable?* Earthscan: London.
- Bookchin, M. 1978. *Por una sociedad ecológica*. Gustavo Gili: Barcelona.
- Brink, T., Hosper, S., Colijn, F. 1991. A Quantitative Method for Description and Assessment of Ecosystems: the AMOEBA-approach. *Marine Pollution Bulletin* 23: 265-270.
- Cantrill, J. 2012. Amplifiers on the Commons: Using Indicators to Foster Place-Based Sustainability Initiatives. *Environmental Communication: A Journal of Nature and Culture* 6 (1): 5-22.
- Cortés, J., Gutiérrez, M. 2001. *Procedimiento para elaborar el AMEF de un proyecto*. DTP Consultores. Accessed June 2008. <http://dtpconsultores.com.mx/>
- De Carlo, S., Drummond, J. 1998. The Yawanawá-Aveda Bixa Project: A Business Partnership Seeking Sustainability in an Amazonian Indigenous Community. En Hoff, M. (Ed.) *Sustainable Community Development. Studies in Economic Environmental, and Cultural Revitalization*. Lewis: Boca Raton, 63-84.

- Deutsch, W., Duncan, B., Romagnoli, O., Ruiz, S. 2005. *Monitoreo Físico-Químico del Agua*. Universidad de Auburn: Auburn.
- Fernández, M., Castillejos, B., Ramírez, J. 2012. Empresas sociales y ecoturismo en Bahías de Huatulco, México. *Estudios y Perspectivas en Turismo* 21: 203-224.
- Freire, P. 2005. *Pedagogía del Oprimido*. Siglo XXI: Distrito Federal.
- Frosch, R., Gallopoulos, N. 1989. Strategies for Manufacturing. *Scientific American* 261(3): 144-152.
- Fuks, V. 2004. *Environmental Education and Nature Schools in Denmark. A study of the role of nature schools in environmental education and environmental awareness rising among schoolchildren*. Tesis International Master Degree Course in Environmental Policy Thesis. Roskilde University.
- Gibbs, D. 2009. Sustainability entrepreneurs, ecopreneurs and the development of a sustainable economy. *Greener Management International* 55: 63-78.
- Gómez, L., Díaz, A., Gámez, H., Chávez, J. 2010. *Evaluación del Programa Joven Emprendedor Rural y Fondo de Tierras (JERFT)*. SRA, ONU: Distrito Federal.
- González, J., Montes, C., Santos, I., Monedero, C. 2008. Invirtiendo en capital natural: un marco para integrar la sostenibilidad ambiental en las políticas de cooperación. *Ecosistemas* 17(2): 52-69.
- Gudynas, E., Evia, G. 1991. *Marco conceptual de la Ecología Social. Introducción a las metodologías de la Ecología Social*. CIPFE-CLAES-NORDAN: Montevideo.
- Guevara, S., Laborde, J. 2008. The Landscape Approach: Designing New Reserves for Protection of Biological and Cultural Diversity in Latin America. *Environmental Ethics* 30(3): 251-262.
- Gutierrez-Pulido, H. 2010. *Calidad total y productividad*. McGraw Hill: Distrito Federal.
- IFAD (International Fund for Agricultural Development). 2003. *A Methodological Framework for Project Evaluation*. International Fund for Agricultural Development: Roma.
- Iribarren, D., Hospido, A., Moreira, M., Feijoo, G. 2010. Carbon footprint of canned mussels from a business-to consumer approach. A starting point for mussel processors and policy makers. *Environmental Science and Policy* 13(6): 509-521.
- Jones, A. 2005. Community-Based Ecotourism: The Significance of Social Capital. *Annals of Tourism Research* 32(2): 303-324.
- Kumar, T., Inoue, M. 2008. Why did the project fail to achieve its objectives in some villages? The experience of the Upland Settlement Project (USP) in Bangladesh. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 15: 153-169.

- Lagunas-Vázquez, M., Beltrán-Morales, L., Urciaga-García, J., Ortega-Rubio, A. 2008. Evaluación rural participativa: uso de los recursos naturales en la reserva de la biosfera El Vizcaíno, BCS, México. *Economía, Sociedad y Territorio* 8(26): 451-476.
- Lazos-Ruíz, A. 2010. *Mujer Campesina*. Video-documentary. Interviews with rural women in Palmas de Abajo, Veracruz, Mexico, INECOL-ITTO (PD349/05 Rev.2(F)). Spanish language.
- Llambí-Insua, L., Pérez-Correa, E. 2007. Nuevas ruralidades y viejos campesinismos. Agenda para una nueva sociología rural latinoamericana. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 4(59): 37-61.
- Margoluis, R., Salafsky, N. 1998. *Measures of success: designing, managing, and monitoring conservation and development projects*. Island Press: Washington D.C.
- Marín, M., Criado, J., Bravo, J. 2005. *Experiencias destacadas sobre gestión ambiental participativa en humedales de las Américas*. FUNGAP-Grupo Antigua: San José.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water*. World Resources Institute: Washington, D.C.
- Moreno-Casasola, P. 2004. A case study of conservation and management of a tropical sand dune system: La Mancha-El Llano. En Martínez, M., Psuty, N., Luke, R. (Eds.) *Coastal sand dunes. Ecology and conservation. Ecological Studies*. Springer Verlag: Nueva York, 319-334.
- Moreno-Casasola, P. 2006. *Entornos Veracruzanos: La Costa de la Mancha*. Instituto de Ecología A.C.: Xalapa.
- Njuki, J., Mapila, M., Kaaria, S., Magombo, T. 2008. Using community indicators for evaluating research and development programmes: experiences from Malawi. *Development in practice* 18(4-5): 633-642.
- Norris, R., Wilber, J., Morales-Marín, L. 1998. Community-Based Ecotourism in the Maya Forest: Problems and Potentials. En Primack, R., Bray, D., Galletti, H., Ponciano, I. *Timber, Tourists, and Temples. Conservation and Development in the Maya Forest of Belize, Guatemala, and Mexico*. Island Press: Washington D.C., 327-342.
- North, D. 1993. *Instituciones, cambio institucional y desempeño económico*. Fondo de Cultura Económica: Distrito Federal.
- ODM (Objetivos de Desarrollo del Milenio). 2008. *Informe 2008*. Naciones Unidas: Nueva York.
- Ohl-Schacherer, J., Mannigel, E., Kirkby, C., Shepard, G., Yu, D. 2008. Indigenous ecotourism in the Amazon: A case study of "Casa Matsigenka" in Manu National Park, Peru. *Environmental Conservation* 35(1): 14-25.
- Okazaki, E. 2008. A Community-Based Tourism Model: Its Conception and Use. *Journal of Sustainable Tourism* 16(5): 511-529.
- Ostrom, E. 2000. *El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva*. Fondo de Cultura Económica: Distrito Federal.

- Paradowska, K. 2006. El poblamiento y el territorio. En Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos Veracruzanos: La Costa de la Mancha*. Instituto de Ecología A.C.: Xalapa, 35-64.
- Paré, L., Fuentes, T., García-Coll, I., Gerez, P., Muñiz-Castro, M., Vidriales, G. 2008. Gestión de la cuenca del Río Pixquiac y su interacción con la zona conurbada de Xalapa: esfuerzos desde la sociedad civil. En Soares, D., Vargas, S., Nuño, M. (Eds.) *La gestión de los recursos hídricos: realidades y perspectivas*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Universidad de Guadalajara: Jiutepec, 228-256.
- Parrish, B. 2010. Sustainability-driven entrepreneurship: Principles of organization design. *Journal of Business Venturing* 25(5): 510-523.
- Pesci, R., Pérez, J., Pesci, L. 2007. *Proyectar la sustentabilidad. Enfoque y metodología de FLACAM para proyectos de sustentabilidad*. CEPA: La Plata.
- Pinson, L. 2008. *Anatomy of a Business Plan: the step-by-step guide to building a business and securing your company's future*. OM.IM: California.
- Pretty, J., Guijt, I., Thompson, J., Scoones, I. 1995. *Participatory Learning and Action: A Trainer's Guide*. International Institute for Environment and Development: Londres.
- Quintero, N., Africano, N., Faría, E. 2008. Clima organizacional y desempeño laboral del personal de la empresa "Vigilantes asociados", Costa Oriental del Lago. *NEGOTIUM Ciencias gerenciales* 9: 33-51.
- Roberts, S., Tribe, J. 2008. Sustainability Indicators for Small Tourism Enterprises -An Exploratory Perspective. *Journal of Sustainable Tourism* 16(5): 575-594.
- Sarandón, S., Flores, C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología* 4: 19-28.
- Scheyvens, R. 1999. Ecotourism and the empowerment of local communities. *Tourism Management* 20(2): 245-249.
- Sillitoe, P. 2006. Ethnobiology and applied anthropology: *rapprochement* of the academic with the practical. *Journal of the Royal Anthropology Institute* 12(1): 119-142.
- Sola, P. 2005. The Community Resource Management Plan: A tool for integrating IKS into natural resource management. *Ethnobotany Research & Applications* 3: 143-153.
- Speelman, E., López-Ridaura, S., Colomer, N., Astier, M., Masera, O. 2007. Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. *The International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 14(4): 345-361.
- Steck, B. 1999. *Sustainable Tourism as a Development Option*. GTZ, Federal Ministry for Economic Co-operation and Development: Eschborn.

- Stevenson, M., Lee, H. 2001. Indicators of sustainability as a tool in agricultural development: partitioning scientific and participatory processes. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 8(1): 57-65.
- Stronza, A., Gordillo, J. 2008. Community Views of Ecotourism. *Annals of Tourism Research* 35(2): 448-468.
- Toledo, V. 1997. Sustainable development at the village community level: a third world perspective. En Smith, F. *Environmental Sustainability. Practical global implications*. St. Lucie Press: Boca Raton, 233-250.
- Turcu, C. 2012. Re-thinking sustainability indicators: local perspectives of urban sustainability. *Journal of Environmental Planning and Management* 56(5): 695-719.
- Ulloa-Rivera, L. 2007. *La cooperación internacional en la era de la globalización*. IPN: Distrito Federal.
- Waltner-Toews, D., Kay, J. 2005. The Evolution of an Ecosystem Approach: the Diamond Schematic and an Adaptive Methodology for Ecosystem Sustainability and Health. *Ecology and Society* 10(1): 38.
- Webster, P. 1999. The Challenge of Sustainability at the Farm Level: Presidential Address. *Journal of Agricultural Economics* 50(3): 371-387.
- Whitaker, M., Shenoi, P. 1997. Agricultural Sustainability, Growth, and Poverty Alleviation in the Indian Semi-Arid Tropics. En Vosti, S., Reardon, T. *Sustainability, Growth, and Poverty Alleviation: A Policy and Agroecological Perspective*. The John Hopkins Press: Baltimore y Londres, 261-277.
- Yli-Viikari, A., Risku-Norja, H., Aakkula, J. 2012. Sustainability Indicators: Providing Policy Indications or Just Adding Informative Chaos. *Journal of Sustainable Agriculture* 36(1): 127-150.
- Zanotti, L., Chernela, J. 2008. Conflicting Cultures of Nature: Ecotourism, Education and the Kayap'ó of the Brazilian Amazon. *Tourism Geographies* 10(4): 495-521.
- Zeppel, H. 2006. *Indigenous Ecotourism. Sustainable Development and Management*. CABI: Oxfordshire.
- Zhou, Z., Jiang, Z. 2004. International Trade Status and Crisis for Snake Species in China. *Conservation Biology* 18(5):1386-1394.

Capítulo V.
Discusión general



Serie fotoNatura-La Mancha

“Migra, transforma”

“La Mancha es un importante corredor de migración de mariposas y libélulas. Recorren miles de kilómetros cambiando el frío del norte del continente hasta tierras más calientes de México, Centro y Sudamérica.”

Discusión general

Los habitantes de la comunidad tienen información valiosa sobre el uso de recursos que se puede combinar con conocimiento científico para mejorar sus prácticas de manejo.

La gente local demostró tener información valiosa sobre el uso de sus recursos. No solamente encontramos un conocimiento amplio proveniente de varias generaciones atrás como el caso del uso de árboles en Jamapa, sino también conocimiento que se ha ido desarrollando recientemente a partir de su participación en proyectos productivos como el caso de las mujeres de Palmas de Abajo. Asimismo es importante destacar la combinación entre el conocimiento adquirido y construido a través de capacitaciones y prácticas en el emprendimiento rural y la experiencia cotidiana en agricultura, pesca y otras actividades como el caso de Ecoguías de La Mancha en Movimiento.

Se utilizaron diferentes metodologías de documentación para explorar distintas formas de aprendizaje y la producción de materiales diversos. Todos coinciden en que la documentación del conocimiento tradicional lleva implícita una tarea de selección y evaluación de la información tanto por quienes poseen el conocimiento como de los agentes que lo documentan. Estos últimos necesitan competencias adecuadas para hacerlo y darle salida a fin de devolver los resultados a quienes detentan dicho conocimiento. Una de las mayores ganancias de la comunidad es tener un documento con su información, que pueden consultar y pasar a las siguientes generaciones. Mucha de la tradición de transmisión del conocimiento es oral y ciertamente el hábito de registro no es muy extendido en las comunidades de trabajo, tener un material escrito o en imágenes o audiovisual es una forma de salvaguardar su patrimonio intangible. Además es un activo valioso para fundamentar decisiones, planear estrategias, establecer canales de comunicación e incluso demostrar la existencia y el valor de sus recursos y de ser menester defenderlos.

Las competencias para la documentación científica del conocimiento incluyen habilidades, aptitudes y actitudes para “traducir” bilateralmente la información de una cultura a otra, es decir, entre la gente de la zona rural y los investigadores que lo estén llevando a cabo. Necesariamente se requieren los métodos provenientes tanto de las ciencias naturales como de las ciencias

sociales (Johannes 1993), y adoptar una pluriepistemología, es decir no sólo entrar en otras disciplinas, sino también penetrar en otras formas de conocimiento distintas a la científica y ver que eso vale, aceptarlo y articularlo con lo otro (Doñate i Sastre *et al* 2008). Por otra parte, la documentación involucra necesariamente a la población local y es importante tener claros para que intereses sirve esta documentación (Reyes-García 2009). Uno de los intereses más importantes es que este conocimiento no se pierda pues está desapareciendo a un ritmo acelerado. Estamos hablando de que las personas de mayor edad son las últimas que vieron el ecosistema original y que poseen la información más antigua en todos los sitios; mientras que las generaciones más jóvenes están alejándose cada vez más del campo aunque serán los que próximamente tomarán decisiones sobre los terrenos de su familia. En el trabajo de FotoNatura-La Mancha se notó la estrecha relación de los niños con el ambiente. Sin embargo cuando salen a estudiar o emigran, difícilmente vuelven a su pueblo llevando sin devolución esa relación. De esta manera, es urgente la revitalización de los valores del campo, no sólo en los aspectos agrícolas, sino en todas las potencialidades de la zona rural. Las empresas rurales verdes pueden ser una salida para que los jóvenes puedan elaborarse un futuro más promisorio de desarrollo personal y económico, aprovechando el cuerpo de conocimiento ya construido en el pasado y las nuevas tecnologías del presente.

Por su génesis, el conocimiento comunitario está muy bien adecuado a las condiciones locales; lo que muchas veces no alcanzan otras informaciones foráneas. En la Guía de Ecoguías, la información es apropiada a las necesidades del grupo en función a su entorno y sitio de trabajo, fomentando la profundización de su saber y la incorporación de sus observaciones personales sobre los cambios u otros detalles que detecten. En el caso del trabajo en Jamapa, la lista de árboles resultante, complementada con la determinación botánica, el registro de los usos presentes y pasados, y la investigación del tipo de vegetación a que pertenecen, constituye un inventario –no exhaustivo- de recursos locales y el reflejo de las transformaciones en la comunidad a través del tiempo. Aunque se impulsa el uso de especies nativas, es interesante ver los cambios en la conformación de la vegetación en función a los usos y prácticas dominantes de cada temporada; por ejemplo, la introducción de especies y su incorporación a la vida cotidiana de los pobladores a través de su uso y experiencia. Hoy día la vegetación secundaria

es dominante y está compuesta en buena parte por una gran cantidad de plantas que lograron adaptarse a condiciones de perturbación y encontraron un nicho ecológico, y por una selección antrópica de las especies más utilizadas de la vegetación primaria. Al superponer los datos de los árboles existentes con las historias contadas por los habitantes locales, se puede tener una idea de las mudanzas que ha sufrido el paisaje y las huellas que han dejado hasta el presente (Oliveira 2010). De esta manera, la recopilación sistematizada y ordenada de la información botánica e histórica facilitó la elaboración de recomendaciones sobre las mejores prácticas en los terrenos, que si se adoptan tendrán un alto impacto en la conservación de la biodiversidad y en el mantenimiento de los servicios ambientales del ecosistema.

El proceso de pérdida de conocimiento sobre uso de las plantas y otros recursos naturales es más rápido cuando no se sabe lo que se está perdiendo, no se aprecia su valor o no se dispone de algún otro incentivo para conservarlo (Brosi *et al* 2007, Fandohan *et al* 2010, Johannes 1993). Conocer la riqueza natural de un lugar y explotarla indiscriminadamente para fines opuestos a la conservación y mantenimiento de recursos ambientales es una de las situaciones que pueden causar mayor detrimento de los mismos, y fue considerada por la metodología de medición de la ERV como un foco de emergencia. No obstante, pensando con la intención de bienestar de los usuarios de los ecosistemas a largo plazo, conocer la riqueza natural de su lugar, así como los beneficios que trae mantenerla es presumiblemente una manera de avanzar hacia su conservación duradera.

Los emprendimientos rurales necesitan altos niveles de organización e incluir una visión empresarial para ser más exitosos en el marco del desarrollo sustentable.

Migrar de una actividad de sólo campesino a la de campesino y empresario ambiental es un cambio no solo de actividad productiva sino de visión, valores y vida, lo que implica una obligación ética considerar que estas intervenciones tienen posibilidades transformadoras (Stille 2011). La Empresa Rural Verde (ERV) que se propone en esta tesis implica un cambio en habilidades y actitudes de los emprendedores. Se trata de un proceso que no busca sustituir a las actividades primarias tradicionales sino desatar nuevas potencialidades en las personas y en su forma de uso de los recursos naturales. La ERV tiene a la conservación como una de las metas principales pero también juega en las reglas de la economía actual, no para servirla sino para

utilizarla en favor de hacer una sociedad rural más activa, con más posibilidades especialmente para las generaciones más jóvenes que próximamente se harán cargo de sus tierras y recursos.

Como ha sido descrito, la ERV busca una nueva mirada de la zona rural, no solo como agrícola, sino como diversificada y dinámica, con un tejido social activo y empoderado. Este modelo de participación en empresas para la conservación requiere construir o reenfocar habilidades como el trabajo en equipo y la organización social. Se encontró a lo largo de esta tesis que una buena parte de los conflictos que se suscitan en los grupos productivos son de naturaleza sociales (i.e. respeto a las reglas, respeto entre compañeros, conflictos de poder, entre otros), más que técnicos. Los problemas sociales son los más difíciles de sortear y por lo tanto requieren mayores inversiones (i.e. de planeación, esfuerzo, tiempo) cuando se plantean proyectos de largo plazo (Ostrom 2000).

El manejo de una ERV tiene un enfoque multidisciplinar puesto que aunque se puede asociar con expertos en temas diversos, es importante que los miembros de la empresa tengan nociones de cada uno para al menos darles seguimiento; a lo largo del tiempo cada participante va encontrando y desarrollando sus talentos y haciéndose más diestro en alguno u otro tema. La ERV identifica factores que determinan su éxito o fracaso (Ostrom 2007 en Seixas y Berkes 2010), aunque deja la posibilidad abierta de cambio, de construcción y adaptación de indicadores y de espacio para aquellas cosas que ni pasaron por la mente, incluso el azar. Se han dado líneas de orientación para hacer un emprendimiento rural más sustentable pero la práctica, la forma de afrontar retos y la experiencia determinarán el desempeño de la misma.

Sin la participación activa de los habitantes rurales los programas de conservación pueden dar lugar a un diseño aparentemente bueno pero difícil de implementar en la práctica.

Coincidimos con la conclusión de González-Marín (2013) en que la conservación solo puede darse trabajando junto con los usuarios de los recursos, quienes son los que están en un contacto más directo con ellos (Toledo 2013) y también son los más afectados cuando se degradan los ecosistemas. Como se dijo en un inicio, la participación puede tener diferentes niveles y perseguimos el más activo, en que la sociedad construya sus propios proyectos adoptando los principios de conservación. Esta postura asume que la sociedad rural necesita convencerse de

que le conviene conservar (aunque esta convicción no solo debería ser en la zona rural sino en cualquier lado). Así, se pretende que una buena parte de los resultados de este trabajo se interpreten como formas de apoyar este convencimiento, explorando diferentes aproximaciones a ello como la fotografía, el video y el trabajo en proyectos productivos. La Tabla 1 muestra las actividades llevadas a cabo en esta tesis, el nivel de participación logrado con los grupos o habitantes rurales, elementos de intervención externa y los materiales que se dejaron para la comunidad; lo que permite comparar el alcance de cada ejercicio.

El video documental fue considerado en el nivel de participación de consulta porque las mujeres entrevistadas contestaron a unas preguntas previamente elaboradas, sin embargo no concuerda con la propuesta de Pretty *et al* (1995) en cuanto a que las visiones de la gente no son tomadas en cuenta. Se ubicó en el nivel de incentivos porque habría la ganancia de tener un video de ellas mismas. Como se discutió en el apartado correspondiente la producción del documental no logró superar la desmotivación que pretendía aminorar.

Foto-Natura La Mancha alcanzó el nivel de participación por incentivos pues era atractiva la propuesta de aprender el uso de las cámaras, además de que, como se discutió con anterioridad, se trataba de una actividad muy novedosa por los pocos acercamientos al arte en la comunidad. También se consideró el nivel de participación funcional pues se hizo un grupo de trabajo para alcanzar ciertos objetivos y se lograron aunque con la dependencia en los facilitadores externos. Cabe mencionar que el aprendizaje de usar la cámara como un medio de expresión es una habilidad que pueden seguir poniendo en práctica a lo largo de su vida, especialmente por la disponibilidad de teléfonos celulares con cámara cada vez más comunes en la zona de estudio.

La documentación de los árboles de Jamapa se ubicó en el nivel de participación de consulta pues las preguntas estaban ya planteadas por los investigadores aunque también alcanza el nivel de participación interactivo porque la determinación de la importancia de cada especie fue dada por los entrevistados, fueron ellos quienes decidieron cuáles eran los árboles más valiosos y parte del análisis de cómo se podían implementar estos conocimientos en las prácticas de manejo de los terrenos se hizo en conjunto por medio de un taller participativo en el campo.

Tabla 1. Actividades ordenadas en niveles de participación basados en la propuesta de Pretty *et al* 1995 (ver Introducción General).

Actividad	Nivel de participación	Forma de participación	Colaboración externa	Material para la comunidad
Video documental Mujer Campesina	consulta/ incentivos	<ul style="list-style-type: none"> • reflexionando sobre temas propuestos • compartiendo experiencias 	<ul style="list-style-type: none"> • guía de preguntas • equipo de grabación • exposición de video 	<ul style="list-style-type: none"> • un video documental
FotoNatura-La Mancha	incentivos/ funcional	<ul style="list-style-type: none"> • aprendiendo sobre fotografía • manifestando sus percepciones libremente 	<ul style="list-style-type: none"> • propuesta del tema • equipo y técnicas • escritura de textos • exposición de fotos 	<ul style="list-style-type: none"> • aprendizaje de técnicas básicas de fotografía • página web con fotos
Árboles de Jamapa	consulta/ interactiva	<ul style="list-style-type: none"> • aportando su conocimiento y experiencia • eligiendo las especies más importantes • asistiendo y discutiendo en taller participativo en campo 	<ul style="list-style-type: none"> • propuesta de tema • compilación de información • publicación de datos 	<ul style="list-style-type: none"> • información básica sobre árboles • rescate de conocimiento tradicional • documentación de parte de su historia • taller participativo en campo • propuesta de mejores prácticas para mantener los servicios ambientales
Guía de ecoguías	interactiva	<ul style="list-style-type: none"> • identificando el problema • revisando información • intercambiando experiencias 	<ul style="list-style-type: none"> • motivación para identificar problemas • orden de ideas • organización de las prácticas • publicación de guía 	<ul style="list-style-type: none"> • una guía adecuada a sus intereses y necesidades
Implementación de la ERV	incentivos/ funcional/ interactiva/ auto-mobilización	<ul style="list-style-type: none"> • asumiendo nuevas responsabilidades • aportando tiempo, esfuerzo y recursos 	<ul style="list-style-type: none"> • ayuda en la organización • capacitación técnica • apoyo de seguimiento de empresa 	<ul style="list-style-type: none"> • una guía para orientar su empresa hacia un camino más sustentable
Autoevaluación ERV	consulta/ interactiva/ auto-mobilización	<ul style="list-style-type: none"> • reflexionando • calificando 	<ul style="list-style-type: none"> • apoya en la moderación de la autoevaluación 	<ul style="list-style-type: none"> • una reflexión para reorientar su empresa • herramientas para mejorar la sustentabilidad de la empresa

La guía de ecoguías se situó en el nivel interactivo, muy alto en la escala de participación, porque la elaboración de este trabajo surgió de una necesidad identificada por los miembros del grupo. Del mismo modo, la selección de temas, compilación parcial de información y la capacitación práctica se llevó a cabo entre ellos y demostraron interés por seguir con este procedimiento periódicamente.

La implementación de una ERV tendría una mezcla de motivaciones y tipos de participación en función a la etapa de madurez en que se encuentre la empresa. Por un lado estaría la participación por incentivos pues una ERV funcional actuaría como generadora de empleos (escasos en el medio rural mexicano actual) proveyendo ingresos económicos; la participación funcional en cuanto a que se requiere de un grupo organizado que maneje la empresa para lograr los objetivos planteados; la participación interactiva cuando el mismo grupo haga análisis conjuntos, plantee planes de acción y tomen decisiones locales; y la participación de auto-movilización cuando sea una empresa manejada enteramente por el grupo y tome iniciativas independientes a los agentes externos.

La autoevaluación en la ERV fue también ubicada en varios tipos de participación. Por un lado en el nivel de consulta puesto que la metodología de evaluación fue diseñada previamente y solo se pide su calificación en forma numérica; sin embargo los indicadores de la ERV también quedan abiertos a modificaciones, lo que aumentaría la autonomía de un grupo para utilizar este tipo de evaluación conforme a sus necesidades. En el nivel interactivo porque se hace un análisis conjunto de los resultados, se identifican prioridades y se organizan planes de acción conforme a los resultados. Y en el nivel de auto-movilización porque la autoevaluación se considera una herramienta para que la misma empresa tome iniciativas independientes y haga cambios de sus instituciones en base a sus propios resultados.

Es difícil encasillar los procesos en un solo tipo de participación, ya que pueden existir elementos de varios de ellos incluso aunque no sean consecutivos; también puede variar a nivel de individuos. Este ejercicio ayuda también a reflexionar sobre el grado de aportación de esfuerzos y recursos de cada uno de los actores. Se nota que conforme aumenta el nivel de participación también aumenta el nivel de impacto en las personas y la responsabilidad en el proyecto, máxime en el largo plazo. Para comprender un poco más la magnitud de esta cuestión

es interesante el punto de vista de Jakubaszko (2006), quien reflexiona sobre los problemas que debe abordar un campesino en su vida diaria como ¿qué plantar?, ¿cuánto?, ¿cuándo? y su empeño constante en tomar las mejores decisiones y no ser derrotado por la naturaleza; de esta manera, cuando le cuesta trabajo adoptar una nueva visión, cambiar sus prácticas aparentemente conservadoras o tomar nuevas responsabilidades probablemente es porque está pensando en los riesgos posibles.

Una buena parte de lograr la participación activa de la sociedad rural es creando puentes de comunicación efectiva. Muchas veces los proyectos de investigación parten de supuestos sin conocer la cultura local, por ello es tan importante que la participación no sea unilateral, es decir de los campesinos participando en proyectos de desarrollo e investigación como sujetos observados en la zona de confort y dominio de los investigadores, sino que también los investigadores se involucren personalmente en las actividades y formas de vida de los campesinos –en la zona de confort y dominio de los campesinos - (Flores 2005). Sin esta interacción es difícil lograr una comprensión mutua de las perspectivas sobre el mundo de cada uno (Bookchin 1978, Altieri 1991). Este enfoque requiere tiempo, flexibilidad de mente y de acciones y aptitudes a veces no incluidas en los programas de investigación y desarrollo, siendo no obstante una prioridad su consideración.

Aunque este trabajo parte del trabajo de la academia, como capacitadores, facilitadores o apoyo; debe mantenerse como premisa no crear una dependencia de la comunidad rural en esta relación, pues uno de los puntos más controvertidos del trabajo comunitario es su destino cuando esta influencia externa se va. Tanto la comunidad rural como los externos deben tener claridad en los objetivos y alcances de los proyectos y tratar de alcanzar el estado de auto-movilización.

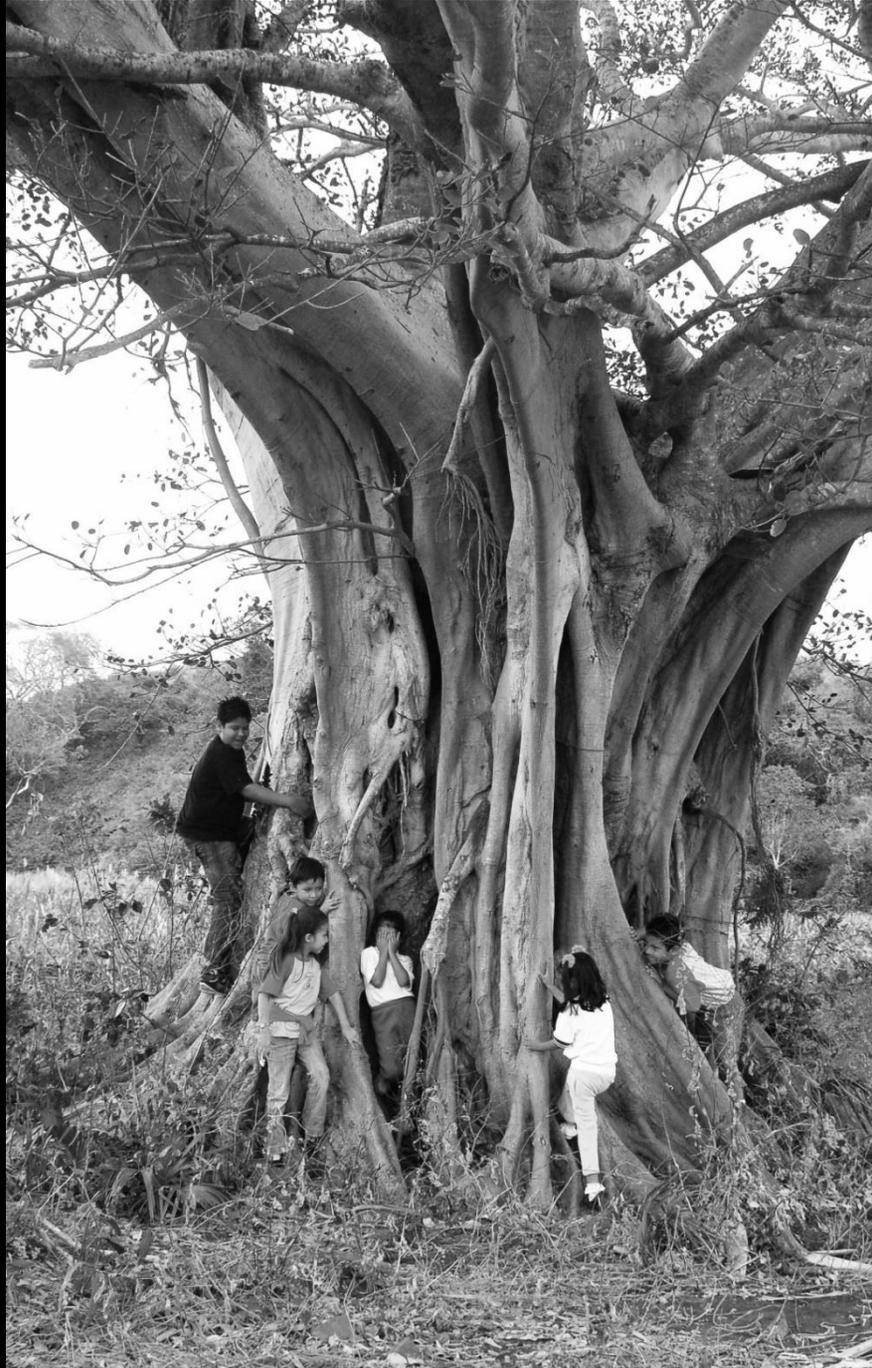
La componente de participación local es indispensable para el éxito de un emprendimiento, pero no está aislada. Un programa de conservación requiere de muchos otros elementos como el conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas, apoyos financieros, compromisos políticos, reformas en políticas públicas que apoyen este proceso, entre otros. Por ello cabe recordar que esta tesis forma parte de un proyecto más amplio que abarca estos temas.

El enfoque que desarrolla esta tesis es dar relevancia a la participación rural de alto nivel en los proyectos de conservación, partiendo del reconocimiento de su rol fundamental, su conocimiento tradicional y tomando parte de iniciativas como la empresa rural verde para hacer un campo más dinámico y con mayores herramientas de auto movilización. Aunque las comunidades con que se trabajaron están asociadas a zonas de humedales, este enfoque es una idea que se puede aplicar y adecuar a cualquier tipo de ecosistema.

Este trabajo pretende haber descubierto sólo una punta del *iceberg* que representa el largo y en ocasiones inexplorado camino por recorrer para lograr programas de conservación exitosos junto y para las comunidades rurales; de todas maneras, consideramos que aporta elementos valiosos para aproximarse a un enfoque que estimula una sociedad más activa en pro de la conservación.

Capítulo VI.

Conclusiones



Serie fotoNatura-La Mancha

“Una vieja higuera representa el pasado, la herencia de esta nueva generación. La inocencia de los niños de La Mancha juega entre las raíces de sus ancestros... Todos tenemos el poder de conservarlos, ¿cuántas generaciones más verá este árbol?”

Conclusiones

1. Lograr y promover una mayor participación de la sociedad rural en la conservación implica más responsabilidades que necesitan tener beneficios claros como contraparte (e.g. relación de servicios ambientales con vida cotidiana).
2. Para lograr un mayor impacto, las actividades de educación ambiental, de capacitación, de participación, entre otras, necesitan articularse a un plan de acción con un eje que dirija esos esfuerzos a formar parte de una estrategia de largo plazo. Las ERVs pretenden dar esa dirección y requieren un trabajo continuo en aras de lograr la independencia (auto-movilización) de la empresa.
3. Se requiere fortalecer los canales de comunicación y comprensión entre los habitantes rurales y los científicos, así como otros agentes implicados en la conservación. Vale la pena explorar o inventar metodologías que abarquen diferentes formas de aprendizaje como recorridos en campo, intercambios de experiencias, uso de material didáctico, hacer equipos de trabajo con campesinos, entre otros.
4. Los habitantes de zonas rurales son agentes clave para la conservación de recursos a largo plazo. Aunque no se trató el tema en esta tesis, debemos recordar que el trabajo de conservación en la zona rural es indispensable para el abastecimiento de recursos en las zonas urbanas. Esto debe ser tomado en cuenta transversalmente en las políticas públicas de apoyo al campo, de conservación, de educación, de regulación de uso de recursos, de seguridad pública, entre otras.
5. La visión de esta tesis es la de un campo mexicano más dinámico, donde se considere el conocimiento tradicional como un activo para el diseño de estrategias de conservación y la implementación de ERVs para la revitalización de la zona rural.
6. Los problemas ambientales son sociales, por lo que demandan análisis y soluciones planteadas desde diferentes puntos de vista, un trabajo integrado con los usuarios de los ecosistemas y desde diferentes disciplinas.

7. Uno de los trabajos más importantes de los investigadores de la sustentabilidad es convencer a los demás de la conveniencia de conservar y hacer un uso racional de los recursos, no solo en base a informaciones fatalistas (i.e. la degradación de los recursos naturales) sino en base a la apreciación de la riqueza y maravilla natural.

Propuestas de investigación para el futuro

- Investigación de largo plazo para encontrar relaciones entre participación y su impacto en la conservación.
- Probar la metodología de evaluación ERV en otras empresas con diferentes giros y en diferentes estados de madurez.
- Analizar las relaciones urbano-rurales en la conservación de servicios ambientales.
- Explorar nuevas formas de convencer al público en general de la necesidad de conservar.
- Propuestas de política pública para promover la participación efectiva

Referencias

Altieri, M. 1991. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? *Agroecología y Desarrollo* 1(1): 16-24.

Bookchin, M. 1978. *Por una sociedad ecológica*. Gustavo Gili: Barcelona.

Brosi, B., Balick, M., Wolkow, R., Lee, R., Kostka, M., Raynor, W., Gallen, R., Raynor, A., Raynor, P., Lee, D. 2007. Cultural Erosion and Biodiversity: Canoe-Making Knowledge in Pohnpei, Micronesia. *Conservation Biology* 21(3): 875-879.

Doñate i Sastre, M., Márquez-Porras, R., Romero i Noguera, P. 2008. Conversando con Eduardo Sevilla Guzmán. De la Sociología Rural a la Agroecología: la revalorización del conocimiento local como constante. *Revista d'antropologia i investigació social* 2: 5-17.

Fandohan, B., Ephrem, A., Glèlè, R., Kyndt, T., De Caluwé, E., Claude, J., Sinsin, B. 2010. Women's Traditional Knowledge, Use Value, and the Contribution of Tamarind (*Tamarindus indica* L.) to Rural Households' Cash Income in Benin. *Economic Botany* 64(3): 248-259.

- Flores, C. 2005. Video indígena y antropología compartida: una experiencia colaborativa con videastas maya-q'eqchi' de Guatemala. *Revista LiminaR. Estudios Sociales y Humanísticos* 3(2): 7-20.
- González-Marín, R. 2013. *Proponiendo alternativas para la conservación y sustentabilidad de humedales en la planicie costera de Veracruz, México*. Tesis Doctorado en Ciencias. Instituto de Ecología A.C.
- Jakubaszko, R. 2006. *Marketing rural. Como se comunicar com o homem que fala com Deus*. UFV: Viçosa.
- Johannes, R. 1993. Integrating Traditional Ecological Knowledge and Management with Environmental Impact Assessment. En Inglis, J. (Ed.) *Traditional Ecological Knowledge: Concepts and cases*. Canadian Museum of Nature: Ottawa, 33-39.
- Oliveira, R. 2010. *As marcas do homem na floresta: história ambiental de um trecho urbano de mata atlântica*. PUC: Rio de Janeiro.
- Ostrom, E. 2000. *El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva*. Fondo de Cultura Económica: Distrito Federal.
- Pretty, J., Guijt, I., Thompson, J., Scoones, I. 1995. *Participatory Learning and Action: A Trainer's Guide*. International Institute for Environment and Development: Londres.
- Reyes-García, V. 2009. Conocimiento ecológico tradicional para la conservación: dinámicas y conflictos. *PAPELES* 107: 39-55.
- Seixas, C., Berkes, F. 2010. Community-based enterprises: the significance of partnerships and institutional linkages. *International Journal of the Commons* 1(4): 183-202.
- Stille, S. 2011. Framing Representations: Documentary Filmmaking as Participatory Approach to Research Inquiry. *Journal of Curriculum and Pedagogy* 8(2): 101-108.
- Toledo, V. 2013. El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad* 136: 41-71.

Anexos



Serie fotoNatura-La Mancha

“La laguna de la Mancha”

Anexo 1. Video documental Mujer Campesina

El video documental está disponible en CD.

Anexo 2. FotoNatura-La Mancha

Se muestran algunas fotografías con sus respectivos textos y la galería completa, la descripción del proyecto, los sitios de exposiciones, la composición del equipo de trabajo, patrocinadores y espacio para comentarios se pueden ver en:

<http://www.wix.com/proyectosconsentido/fotonatura-lamancha>

Anexo 3. Guía de Ecoguías

La Guía de Ecoturismo es un material hecho por los Ecoguías de La Mancha en Movimiento. Está adecuada a sus necesidades pero puede ser usada como ejemplo para otros grupos comunitarios. Está disponible en formato electrónico y en papel.

Anexo 4. Caracterización de grupos

a) Caso: Vivero de la Mujer Campesina

Objetivos de la empresa

Los objetivos de esta empresa son a) producir plantas de buena calidad; b) difundir el mensaje de cuidado del medio ambiente y conservación de la diversidad biológica; c) seguir disfrutando con la realización del proyecto; d) obtener ingresos económicos con esta actividad y e) contribuir a la creación de empleo en la comunidad.

Caracterización del proyecto

Se identificaron los elementos importantes de la empresa, así como sus relaciones. Esta caracterización (Figura 1) está basada en la metodología MESMIS (<http://mesmis.gira.org.mx/>).

Grupo. Las integrantes del grupo que constituye el proyecto productivo del Vivero de la Mujer Campesina habitan en la comunidad de Palmas de Abajo, a un kilómetro del terreno del vivero. El grupo se conforma solo por mujeres, en el grupo han prevalecido solo unas pocas que han sabido sortear los problemas cotidianos, desde incomprensiones hacia su trabajo por el resto de la comunidad hasta perder plantas por un huracán. La mayoría de ellas guardan algún parentesco. Unas de estas mujeres están solteras, casadas, separadas o viudas. Varias de ellas tienen la responsabilidad primordial de la manutención de sus hijos, por lo que además de las actividades del hogar hacen otras actividades que les traen remuneración económica diferente al vivero (e.g. repostería, molienda de maíz, tejido de zapatos). En el caso de las casadas, la pareja se ayuda mutuamente. Las mujeres del grupo cuentan con un acervo de conocimiento y experiencia de su entorno.

Comunidad. Es el conjunto de familias que habitan en la comunidad de Palmas de Abajo. Se entiende que son aquellas personas que viven en la misma localidad pero que no forman parte directamente del grupo. En general la estructura familiar en la comunidad es de los padres y dos o tres hijos, donde las mujeres cotidianamente están dedicadas al hogar y al cuidado de los hijos

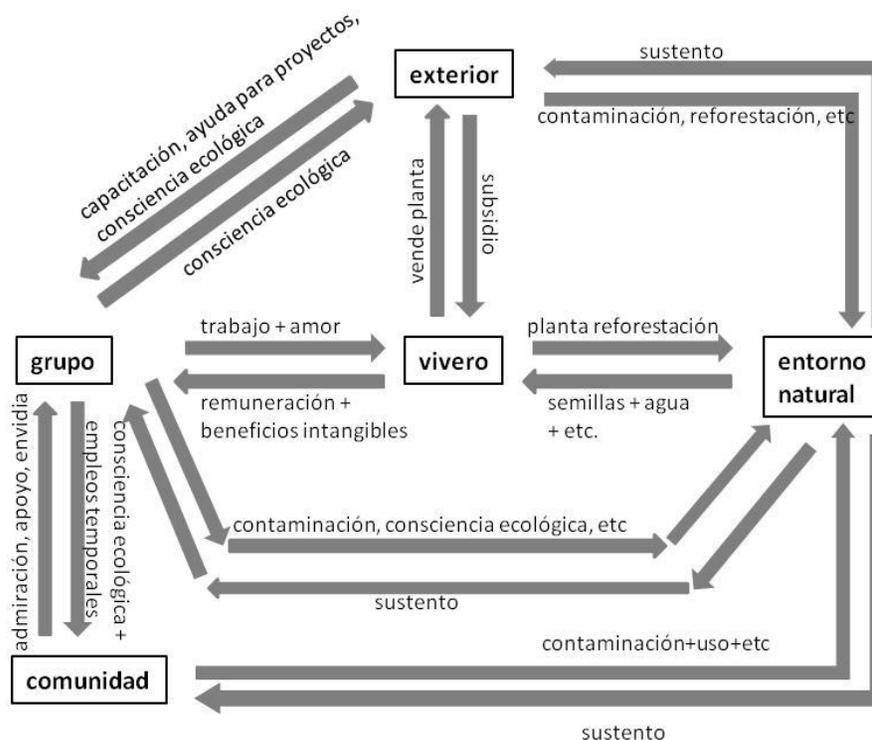
y los hombres al campo y a otros trabajos. Hay un alto índice de migración a Estados Unidos, sobre todo de hombres, lo que hace que muchas mujeres se hagan cargo solas de su familia.

Exterior. Se trata de las entidades exteriores a la comunidad de Palmas de Abajo. En este subsistema entran desde los investigadores y estudiantes del INECOL y otras instituciones, así como las organizaciones que otorgan subsidios como CONAFOR, los clientes, entre otros.

Entorno natural. Se refiere al entorno natural de la región, con sus procesos ecológicos esenciales y con el cual interactúa toda la gente (e.g. familia, comunidad, exterior).

Vivero. Es el lugar donde se lleva a cabo la producción de plantas. Se cuenta con un terreno de dos ha a nombre del grupo productivo. Se tiene una infraestructura básica de bodega y equipo de poda. Asimismo, están las instalaciones de un jardín botánico que nunca ha sido inaugurado ni puesto en marcha. No se cuenta con pozo. El problema principal es la falta de agua y el desnivel del terreno que da lugar a inundaciones en tiempo de lluvias y huracanes.

Figura 1. Caracterización del proyecto productivo de Vivero de la Mujer Campesina. Elaboración propia basada en MESMIS (<http://mesmis.gira.org.mx/>).



Relaciones

Las integrantes del equipo naturalmente combinan sus conocimientos con aquellos que obtienen de la capacitación externa para aplicar el conjunto de los mismos en su trabajo en el vivero. En este caso en particular, se ha caído en el error de la dependencia del grupo en ayuda externa para temas fundamentales como la búsqueda de clientes. Si bien, las posibilidades de capacitación pueden ser infinitas, los recursos de tiempo, esfuerzo y dinero tendrán que ser orientados al desarrollo de habilidades esenciales para la supervivencia del proyecto.

Se incluyó el amor en la relación entre el grupo y el vivero pues fue ampliamente mencionado por las integrantes del grupo. A pesar de que tratar de convertir el amor en un término cuantificable es un tanto álgido, hay que considerar que aunque inconmensurable, es un factor que las integrantes identifican como esencial para el éxito del proyecto, especialmente al tratarse de seres vivos como las plantas, a las que hablan.

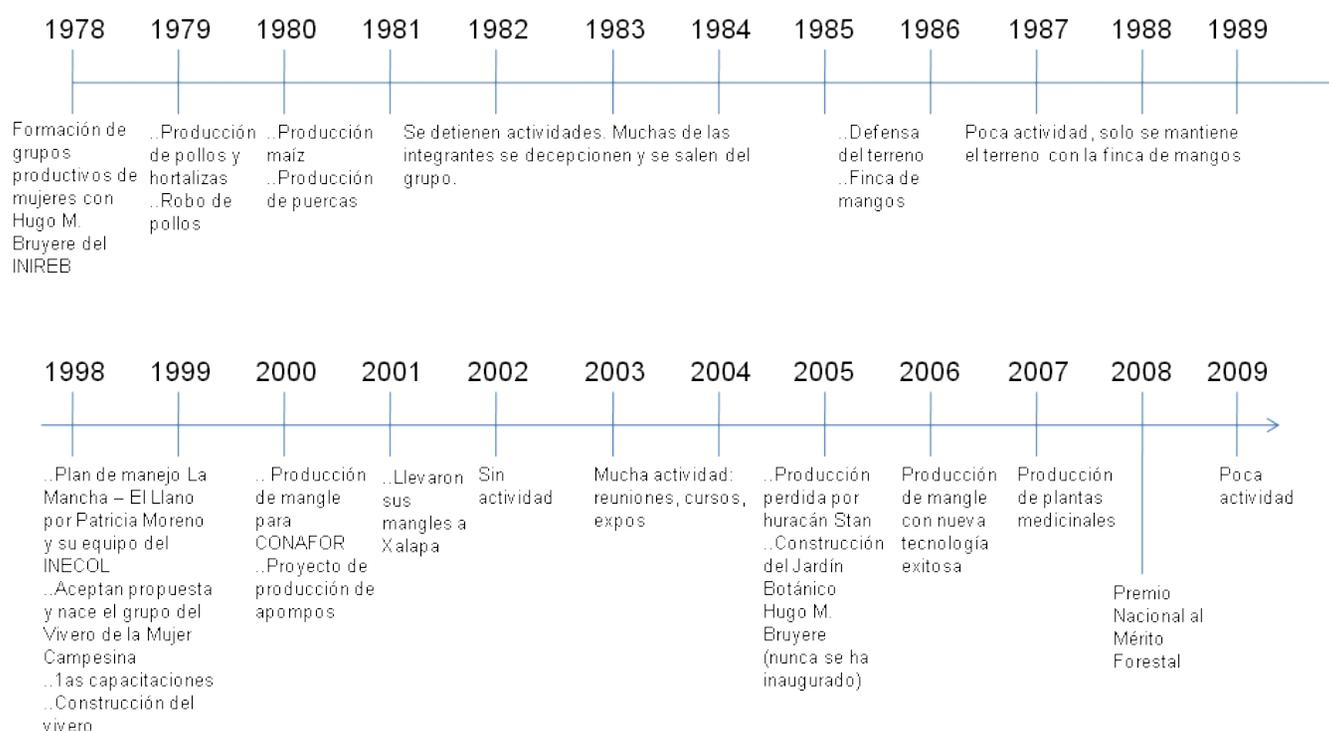
Continuando con la relación del vivero a la familia, se subrayan en este caso los beneficios intangibles de la participación en el proyecto. Entre ellos se encuentran el desarrollo de mayor seguridad en sí mismas; la posibilidad de conocer gente de fuera de la comunidad; la posibilidad de tener un espacio para platicar, de “terapia”; la certeza de tener capacidades variadas, no solamente para atender el hogar y criar niños; el reconocimiento de sus hijos como gente trabajadora y que hace un bien al medio ambiente; la posibilidad de salir de su comunidad; la posibilidad de aprender cosas nuevas y divertirse haciéndolo; satisfacción por finalizar proyectos con éxito y ver los resultados de su esfuerzo, entre otros. Ello a su vez tiene implicaciones directas en el desarrollo de sus propios hijos, a quienes ellas observan que son más conscientes de la importancia de la conservación y quienes parecen más seguros de sí mismos, implicaciones importantes para el desarrollo de las generaciones siguientes.

La relación entre las integrantes del equipo con la comunidad ha sido variable como se ve en la historia del grupo. Comenzando por el escepticismo e incluso el insulto o boicot de la comunidad cambiando a lo largo del tiempo por respeto y admiración.

La relación del vivero con el entorno natural trata de reciprocidad, un ejemplo de extracción y devolución a la tierra directa. Sacar semilla del entorno para ayudarle a convertirla en planta y regresarla en reforestación (Lazos-Ruíz, 2010).

Historia y evolución del grupo

Figura 2. Cronología de la historia del grupo cuando éste se formó y cuando tomó el giro de Vivero de la Mujer Campesina. Elaboración propia con base en entrevista grupal.



Visión del grupo

Tabla 1. Evolución del grupo Vivero de la Mujer Campesina. Elaboración propia con base en entrevistas grupales y personales.

Hace 10 años	Ahora	Visualizando el futuro
Poco conocimiento sobre plantas	Amplio conocimiento de plantas y su producción. Reconocimiento de la importancia de la conservación.	Seguir aprendiendo.
Parte de un grupo sin objetivos claros	Grupo sólido y con una misión clara. Constituido como una S.S.S.	Que tengan trabajo constante para poder dedicarle más tiempo, que llegue a ser la actividad económica principal
Escepticismo y poca aceptación de la comunidad	Más respeto de la comunidad y solicitud de empleos	Que puedan dar empleo a otras personas de la comunidad
Más mujeres involucradas en el grupo	Solo siete mujeres más activas, otras por temporadas	Que sus hijos e hijas participen
No tenían terreno propio, ni equipo	Terreno con escrituras a nombre del grupo, equipo comprado con sus reinversiones	Tener un vivero tecnificado.
Ayuda y capacitación externa	Estancamiento por falta de proyectos, dependencia en que otros les ayuden a obtenerlos	Independencia
No muy alta autoestima	Más seguridad en sí mismas, desarrollo de capacidades de exposición, oratoria, sensación de logro y fortaleza	Transmitir esos valores a sus hijos
Ver el entorno y las prácticas que en él se llevaban como “normales”	Mayor conciencia sobre la importancia de la conservación. Algunos de sus hijos ya tienen esa conciencia.	Que la comunidad entera coopere conservando

Potencialidades y conflictos

Después del taller participativo se encontraron los participantes encontraron las siguientes potencialidades y conflictos:

Potencialidades

- aprendizaje rápido
- ya tienen terreno propio
- son muy unidas
- tienen ganas de trabajar
- son alegres
- son tercas
- tienen amor a lo que hacen
- tienen el apoyo de su familia

Conflictos

- falta hacer el proyecto más profesional
- dependen de que otros les ayuden
- falta tener clientes más frecuentemente
- falta asesoría para gestionar proyectos
- irregularidad en abastecimiento de agua, cuando hay secas no hay agua y cuando llueve hay exceso.
- desnivel del terreno, es fácil que se inunde y aumenta la probabilidad de perder planta

Las potencialidades del grupo giran alrededor del carácter y la confianza de las participantes, lo que hace un proyecto muy interesante pues en términos de desarrollo humano ya se ha avanzado considerablemente. Los conflictos que se notan en el grupo son graves pues después de tantos años tienen dos necesidades básicas, una es la independencia para buscar sus propios clientes y otra es el acceso regular al agua, que es esencial para la producción de plantas. La dependencia en la gestión de proyectos inhabilita a las mujeres para seguir con su proyecto en caso de que

no haya un agente externo disponible para ayudarles. De esta manera es de gran importancia llevar a cabo esta capacitación.

Por otra parte, los problemas técnicos de falta de agua y desnivel del terreno también requieren colaboraciones externas, pues se requiere de medios de captación de agua o de extracción de la misma y reinventar los sistemas de cultivo para hacer frente a la posibilidad de inundaciones en la zona. Las potencialidades del grupo seguramente les permitirán superar estos conflictos.

Cuadro de beneficios

Recurso	Beneficios
Natural	Reforestación de zonas cercanas a la comunidad con especies nativas Mensajes de conservación a todos los visitantes
Financiero	Cinco empleos generados al mes (aunque con pagos bajos) Apoyos económicos de organizaciones como CONAFOR
Físico	Terreno, equipo de vivero
Humano	Capacitaciones en áreas como producción de plantas, colecta de semillas, trabajo en equipo, etc. Cambios de actitud y conducta en los hijos de las participantes Desarrollo de la mujer en el ámbito rural
Sociopolítico	Participación en foros Premio al Mérito Forestal 2008 Reconocimiento por organizaciones como INECOL, CONAFOR, etc.
Estatus actual: Inactivo	

b) Caso: Ecoguías La Mancha en Movimiento

Objetivos

Los objetivos de esta empresa son a) que el proyecto sea rentable económicamente; b) esparcir el mensaje de conservación de la naturaleza y c) ayudar a la creación de empleos para la comunidad y zonas aledañas.

Caracterización del proyecto

Se identificaron los elementos importantes de la empresa, así como sus relaciones. Esta caracterización (Figura 2) está basada en la metodología MESMIS (<http://mesmis.gira.org.mx>).

Grupo. Los integrantes del grupo que conforma la empresa habitan en la comunidad de La Mancha. Se conforma por hombres y mujeres de edades diversas, muchos de ellos guardan algún parentesco entre sí, incluidas varias parejas. Las actividades económicas principales son el campo, la pesca o la albañilería para los hombres; y para las mujeres son las labores de hogar y el cuidado de los hijos y algunas se dedican a la venta de productos por catálogo. Algunos jóvenes del grupo también son ahora profesionistas. Dentro de las actividades del proyecto, aunque todos son llamados Ecoguías, son generalmente los hombres los que desempeñan el papel de guías en senderos y recorridos en lancha. Las mujeres están más tiempo en las actividades de la preparación de alimentos y hospedaje. Entre todos se turnan para cuidar el campamento algunos días por semana. Las actividades y responsabilidades están divididas por áreas (i.e. bodega, limpieza, cocina, etc.) para equilibrar la participación y responsabilidad de todos los miembros. Por otra parte, cada persona ha tomado algún papel de forma informal de acuerdo a sus habilidades y gustos (e.g. el que lleva los asuntos de informática, el buen motorista, el buen observador de aves, la administradora). Los integrantes del grupo cuentan con un amplio acervo de conocimiento y experiencia de su entorno.

Comunidad. Es el conjunto de familias que habitan en la comunidad de la Mancha. Se entiende que son aquellas personas que viven en la misma localidad pero que no forman parte directamente de la empresa. Las familias se conforman de cuatro o cinco integrantes, los padres

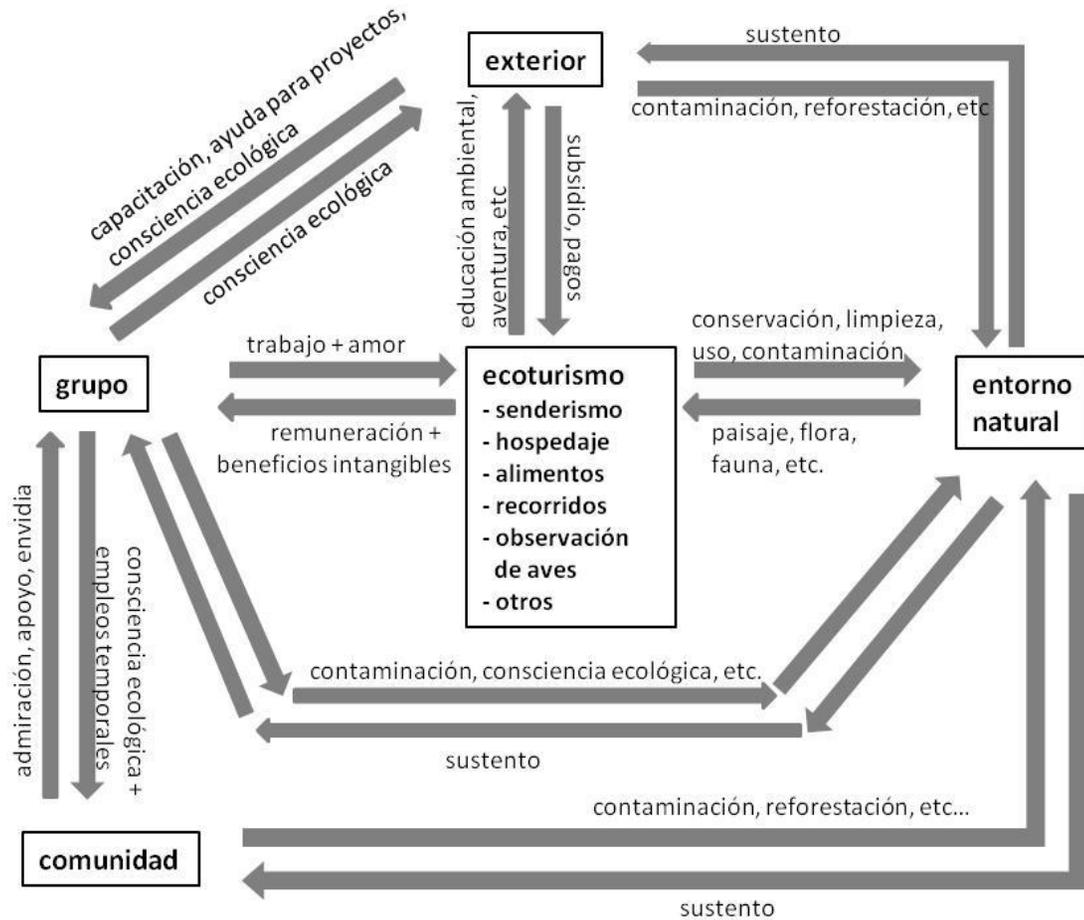
y dos o tres hijos. Generalmente tienen una actividad económica principal como la agricultura o la pesca, aunque en ocasiones migran a Estados Unidos para tener un trabajo que les permita enviar dinero a sus familias. Las mujeres se dedican la mayor parte del tiempo al hogar y al cuidado de los hijos, aunque también algunas han emigrado.

Exterior. Se trata de las entidades exteriores a la comunidad de la Mancha. En este subsistema entran investigadores, estudiantes, organizaciones que otorgan subsidios como la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), los clientes, las comunidades vecinas, entre otros.

Entorno natural. Se refiere al entorno natural de la región, con sus procesos ecológicos esenciales y con el cual interactúa toda la gente (i.e. familia, comunidad, exterior).

Ecoturismo. Se refiere al conjunto de actividades de senderismo, hospedaje, alimentación, recorridos, observación de aves y otras que hace el grupo. El senderismo interpretativo se hace por caminos ya trazados donde se van mostrando a los clientes diferentes especies de flora y fauna, así como algunos conocimientos etnobiológicos (e.g. usos medicinales de plantas). Se muestran la selva baja, sistema dunar, los humedales de agua dulce, los manglares, la laguna y el litoral. Los recorridos en lancha se hacen por la laguna dando explicaciones sobre el manglar y sus funciones, flora y fauna, así como la importancia de su conservación. La observación de aves se ofrece con el equipo necesario y una explicación e instrucción sobre esta actividad. La Mancha es uno de los lugares más adecuados para esto pues es un punto estratégico en el corredor de aves migratorias. Las otras actividades incluyen la producción y venta de miel, la renta de kayaks y el agroturismo. El hospedaje se brinda en el campamento “El Mangal”, que renta la empresa a un miembro del grupo. Allí han construido cabañas rústicas de madera con capacidad para ocho o diez personas. Se tiene también espacio para acampar, hacer fogatas y otras actividades. El servicio de restaurante ofrece comida a la carta y paquetes a grupos con previo aviso. También venden productos diversos como galletas, refrescos y frituras.

Figura 3. Caracterización del proyecto productivo de Ecoguías la Mancha en Movimiento.
 Elaboración propia basada en MESMIS (<http://mesmis.gira.org.mx/>).



Relaciones

La relación del ecoturismo con el exterior involucra a una gran cantidad de agentes. Reciben apoyos en forma de capacitación y fondos económicos de órganos de gobierno, universidades, institutos de investigación y ONGs. La relación es generalmente una de mutuo beneficio y puede ayudar a fortalecer a la empresa en caso de que la relación sea buena. Si no lo fuera los agentes externos también ejercerían mucha presión sobre la empresa. Ello implica que se ha considerado que actividades como ésta deben recibir apoyo por los beneficios sociales, económicos y

ecológicos que puedan traer a la comunidad y de esta manera se pueda conservar la paz social y el bienestar de los habitantes. Al mantener sus principios éticos en el manejo de los recursos, este grupo ha ganado la confianza y respeto de los donantes.

La relación con los visitantes es muy interesante en cuanto a que hay un espacio de convivencia que tiene un objetivo de educación ambiental mezclado con esparcimiento y diversión. Esta interacción puede traer profundas repercusiones para bien de la naturaleza y de la sociedad. El potencial de educación ambiental puede ser estudiado más a fondo trabajando con la manera de los Ecoguías de difundir el mensaje y con los clientes (generalmente urbanos) de captar el mensaje y ligarlo con su realidad diaria. Existe también una relación de este tipo con habitantes de comunidades vecinas, cuando los Ecoguías proporcionan actividades de educación ambiental a niños vecinos.

El ecoturismo suele ser una actividad amigable con el entorno natural, al menos en esta empresa en particular la conservación de la naturaleza ha sido uno de los ejes conductores del proyecto. En otras palabras es una estrategia de conservación en dos vías, una es que el grupo es sensibilizado acerca de la importancia de la conservación y la transmisión de este conocimiento y reflexión a sus visitantes; y por otra parte el entorno natural necesita estar conservado para poder seguir ofreciendo los servicios de ecoturismo.

El entorno natural es el sitio de trabajo para los Ecoguías. Esta relación se nota en el cuidado que le ponen, desde una constante vigilancia hasta mantenerlo limpio. Algunas acciones tienen un pequeño impacto como el uso de combustible para los motores de la lancha en la laguna o la producción de basura por parte de los visitantes, pero en realidad es un impacto muy bajo.

El grupo de ecoturismo ha tenido grandes cambios de vida aportando su tiempo, su trabajo y su talento a la empresa. Aunque hay diferentes motivaciones personales, todo el grupo percibe algún tipo de beneficios materiales como remuneración económica y construcción del patrimonio de la empresa; y beneficios intangibles como el conocimiento, la experiencia, la satisfacción y sensación de logro.

Uno de los objetivos de la empresa es la creación de empleos para la comunidad. Ello puede ser un detonador para la economía local, impulsando más empleos directos e indirectos. Los

visitantes del sitio de ecoturismo también consumen en las tiendas, restaurantes y proveedores de otros servicios cercanos. Darse cuenta de esto a nivel comunitario, encontrando los beneficios comunes que pueden encontrar da lugar en el mejor de los casos a encadenamientos productivos.

Además de la generación de empleos, cabe mencionar el potencial de expansión de la conciencia ecológica dentro de la comunidad al saber la importancia de la misma y cambiar actitudes. Si bien este tipo de cambios toma tiempo en permear en la cultura.

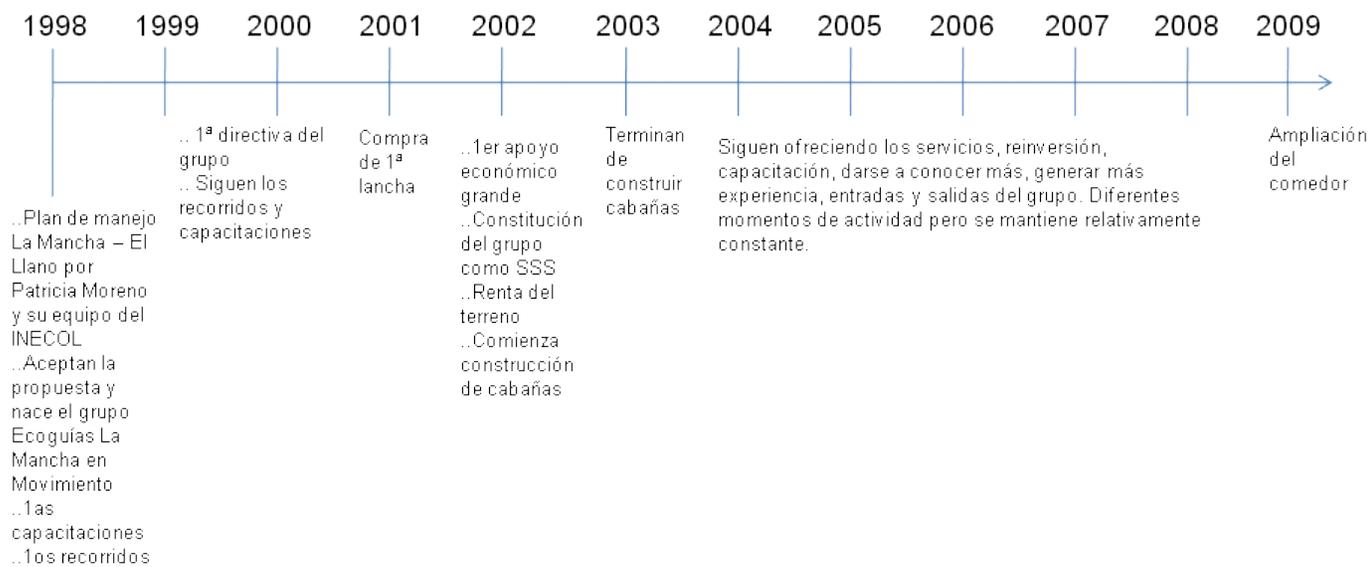
Otro de los matices de esta relación es que parece tener contradicciones emocionales. Por una parte, se encuentra el apoyo y la admiración de la comunidad al grupo y por otra la envidia y el escepticismo. Según las observaciones de algunas personas cercanas al grupo, la importancia que se le dé a las habladurías y los rumores en el entorno comunitario juega un papel determinante en el éxito o fracaso de la empresa.

La comunidad depende también del entorno natural para tener su sustento, tanto para la pesca como para actividades agropecuarias. Asimismo, hay cierto impacto de la comunidad en el ambiente en forma de desechos orgánicos, residuos de agroquímicos y basura. La participación de la comunidad en el cuidado del entorno es fundamental para sostenerlo.

El entorno natural es el sustento de toda la humanidad, especialmente en el caso de los humedales costeros que aportan una gran cantidad de servicios ambientales. Esta relación tan amplia y vital es la que da la razón de ser a las estrategias de conservación como la creación de empresas como esta.

Historia y evolución del grupo

Figura 4. Cronología de la historia del grupo Ecoguías La Mancha en Movimiento. Elaboración propia con base en entrevista grupal.



Visión del grupo

Tabla 2. Evolución del grupo Ecoguías La Mancha en Movimiento. Elaboración propia con base en entrevistas grupales y personales.

Hace 10 años	Ahora	Visualizando futuro
Poco conocimiento sobre el entorno.	Amplio conocimiento sobre el entorno. Reconocimiento de la importancia de la conservación.	Enseñar a más gente sobre ello.
Trabajos usuales en el campo, la pesca o la albañilería.	Aunque siguen sus actividades tradicionales, están más involucrados en el proyecto de ecoturismo.	Que el ecoturismo contribuya a la economía principal.
Escepticismo y poca aceptación de la comunidad.	Más respeto de la comunidad	Que puedan dar empleo a otras personas de la comunidad.
Dificultad para hablar en público (fundamental para los recorridos).	Fluidez y confianza en las explicaciones. Mucha experiencia.	Enseñar a otros.
Constitución informal del grupo. No tenían terreno propio, ni equipo.	Constitución del grupo como S.S.S. Tienen una amplia infraestructura propia construida por ellos mismos con apoyo de CONAFOR, SEDESOL y CONANP. Cuentan con varias cabañas, lancha, etc. a base de reinvertir sus ganancias en el proyecto aunque no tengan un sueldo fijo.	Ampliar y mejorar las instalaciones (e.g. más cabañas)
Ayuda y capacitación externa.	Siguen recibiendo capacitación y ayuda externa pero también son capacitadores para otros grupos. Son capaces de elaborar sus propios proyectos.	Seguir capacitándose, aprendiendo y enseñando.
Ver el entorno y las prácticas que en él se llevaban como "normales"	Mayor conciencia sobre la importancia de la conservación.	Que la comunidad entera coopere. Transmitir el mensaje ecológico a toda la gente que sea posible, especialmente niños.

Potencialidades y conflictos

Después del taller participativo se encontraron los participantes encontraron las siguientes potencialidades y conflictos:

Potencialidades

- gusto por aprender
- amplia disposición para mejorar
- ya han logrado mucho
- compromiso con el medio ambiente

Conflictos

- falta equipo y construcción de otras cabañas
- falta de compromiso de algunos miembros para estudiar y aprender de todos los temas necesarios para ser guías
- falta de conocimiento de inglés, informática y gastronomía
- falta de puntualidad.- este problema se da en las reuniones, no en la oferta de los servicios
- falta de apoyo mutuo

Los miembros del equipo identificaron problemas en común y se abrió un espacio para que todos externaran su punto de vista. Varios de los conflictos que se encontraron tienen que ver con la organización interna como la comunicación, el respeto y la falta de compromiso. Cabe mencionar que este ejercicio abrió el espacio para una discusión mayor donde resultó un punto interesante, que no necesariamente tener una capacitación garantiza que se mejoren las actividades del grupo. Por una parte, porque generalmente la capacitación la reciben sólo algunos miembros y no siempre se extiende la información a los demás, o bien no se aplican los conocimientos adquiridos. Por otra parte, la falta de habilidades como el uso del ordenador, limita la posibilidad de capacitación para la mayoría de los miembros.

Se nota un problema fuerte de pobre comunicación en el equipo. Se observó un conflicto de jerarquías en el grupo, pues casi todos son familiares y hay una tendencia a descalificar las ideas de los más jóvenes. Ello se ve reflejado en la percepción de falta de respeto y apoyo mutuo.

La disposición para mejorar y el gusto por aprender son dos características que se pueden encauzar al progreso del grupo. De esta discusión salieron dos propuestas directas, una es la elaboración de un manual de capacitación para guías y otra es un taller sobre relaciones humanas.

Cuadro de beneficios

Recurso	Beneficios
Natural	Reforestación de zonas aledañas con plantas nativas Mensajes de conservación a todos los visitantes Aprovechamiento de recursos naturales de forma sustentable
Financiero	Más de 20 empleos generados al mes con un pago mayor al jornal agrícola Apoyos económicos de organizaciones como CONANP, CONAFOR, FASOL, etc.
Físico	Cabañas, restaurante, kayaks, equipo de observación de aves, etc.
Humano	Capacitaciones en áreas como turismo de naturaleza, botánica, observación de aves, geología, trabajo en equipo, restauración, finanzas, administración, etc. Cambio de actitud y conducta hacia la conservación Nuevos conocimientos
Sociopolítico	Participación en múltiples foros Premios y reconocimiento por organizaciones como INECOL, SEMARNAT, CONAFOR, PRONATURA, etc. Participación en puestos gubernamentales
Estatus actual: Activo	

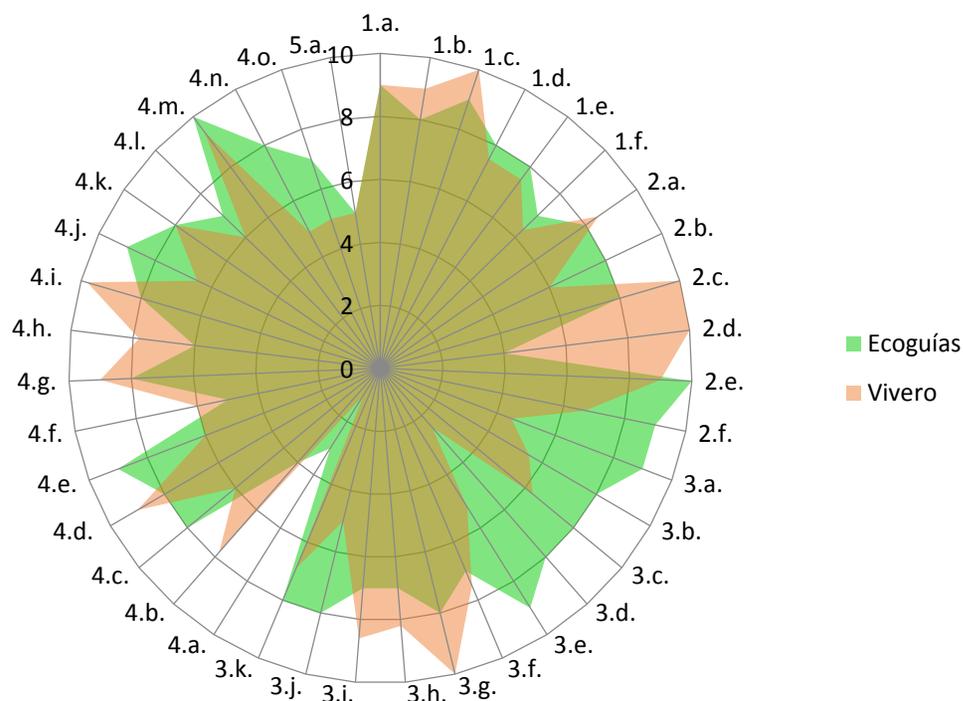
Con el esquema de caracterización de las empresas se puede visualizar fácilmente la dependencia de todos los actores (comunidad y externos) en el entorno natural, valorando el uso de los recursos naturales (qué se extrae) y analizando cuál es el efecto de estas actividades en el medio natural (qué se regresa). Se ha hecho hincapié en que el entorno natural provee el sustento a todas las personas en términos de agua, oxígeno, alimentos y materiales, y se devuelve en forma de contaminación (desechos inorgánicos, tóxicos, etc.). Cabe reconocer que la conciencia ecológica es una retroalimentación positiva al entorno natural.

Los dos grupos han manifestado la dificultad que han tenido a lo largo de los años para lograr la aceptación de la comunidad, la cual también va evolucionando en el tiempo y cada vez han tenido más reconocimiento de parte de ella. Está claro para ambos proyectos que uno de sus objetivos principales es apoyar a la comunidad y repercutir en un beneficio más generalizado,

sobre todo en materia de empleos y educación ambiental. Cada grupo se evaluó con la metodología ERV (ver capítulos III y IV) y se presentan los resultados para compararlos:

Comparación entre casos

Figura 5. Gráfica con promedios de evaluación ERV de empresa Ecogúías en verde y empresa Vivero en rosa. La zona café es la de traslape entre evaluaciones.



En la comparación de ambos casos (Figura 5) se nota en general un mejor desempeño de la empresa Ecogúías. Los puntos de mayor diferencia (más de tres puntos en el promedio) favoreciendo a los Ecogúías (área verde) son por una parte la motivación (3.d.), el empoderamiento (3.a.), el liderazgo (3.e.) y la independencia económica y de gestión de recursos (3.b.) que tienen que ver con las características de organización del grupo. De esta manera se nota que al menos en estos dos ejemplos, la construcción de bases sólidas al interior del grupo son muy importantes para la sustentabilidad de la empresa. Es notable, que la inactividad actual del Vivero seguramente se deba entre otras cosas a esta falla en la construcción social.

Por otra parte, los ingresos económicos extras (4.n.), el precio competitivo (4.e.) y el tipo de participación (4.j.) son los otros elementos en los que Ecoguías tienen un mejor desempeño y tienen que ver con la visión de empresa orientada a la sustentabilidad de la ERV. Las ventajas del Vivero respecto a Ecoguías son claramente la seguridad en la tenencia de la tierra (2.d.) y la contabilidad interna (4.b.).

Los puntos comunes a mejorar en ambas empresas, lo que podría hablar de lo mejorable en la estrategia que se siguió en la formación de los grupos es primeramente la falta de un plan de negocios (4.a.), luego la falla en el respeto a las reglas del grupo (4.f.), lo que habla de la fuerte necesidad de establecer reglamentos internos bien delineados, consensuados y validados por los grupos o bien encontrar otros mecanismos que permitan establecer las reglas y la manera de acatarse a ellas. Una de las principales aportaciones de Elinor Ostrom¹ fue hacer todo un análisis de las instituciones (i.e. reglas del juego) fundamentales para el funcionamiento de organizaciones de larga duración. Asimismo la evaluación estratégica (4.o.) se debe mejorar en ambas empresas, lo que tiene sentido si se hace una planeación que se va revisando cada cierto tiempo y se realizan acciones en función a dicha evaluación. A pesar de que ambas empresas tienen equipo e infraestructura, la percepción de beneficios materiales (4.l.) no es totalmente satisfactoria. Asimismo, hay que reforzar la disminución de contaminación y consumo energético (1.f.), máxime si se trata de proyectos cuyo eje principal es la conservación y como empresas orientadas a la sustentabilidad. Resalta que cuatro de los cinco puntos mencionados tienen que ver con la visión empresarial de la ERV.

Los puntos fuertes en común entre las dos empresas es la percepción de beneficios intangibles (4.m.), lo que habla de un mayor desarrollo humano; la presencia en círculos socio-políticos (2.e.) que refleja que la gente que normalmente no salía de la comunidad ahora es capaz de relacionarse en diferentes círculos con una buena reputación; los objetivos claros de conservación (1.c.) y la consciencia de la importancia de la conservación (1.a.), que es un gran logro de los que comenzaron la iniciativa de formación de los emprendimientos puesto que se

¹ Ostrom, E. 2000. *El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva*. Fondo de Cultura Económica: Distrito Federal.

trasmitió la idea principal y fue adoptada por los grupos. Se puede decir que este tipo de empresas tienen un gran potencial de generación de conciencia ecológica en la sociedad que participa, desde la misma comunidad hasta las personas que vienen de exterior. Este cambio de actitud repercute positivamente en el objetivo de conservación a largo plazo. No obstante, sería interesante evaluar cómo el nivel de conciencia ecológica desarrollado por los grupos se refleja en sus actos cotidianos fuera del proyecto.

Los resultados de la evaluación son una fotografía de la empresa en un momento dado por lo que es valioso y se recomienda hacer otras evaluaciones y comparar el movimiento de la empresa en las gráficas de radar. Es una herramienta importante para la evaluación estratégica de la empresa en general.

Reunido el Tribunal que suscribe en el día de la fecha acordó otorgar, por a la
Tesis Doctoral de Dña. Adi Estela Lazos Ruíz la calificación de .

Alicante, de de

El Secretario,

El Presidente,

UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Escuela de Doctorado

La presente Tesis de Dña. Adi Estela Lazos Ruíz ha sido registrada con el nº del
registro de entrada correspondiente.

Alicante de de

El Encargado del Registro



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante





**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ**

**USO DE HUMEDALES ARTIFICIALES COMO CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO DE
SEDIMENTO-PLANTA (CCMSP), PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD Y TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (SINTÉTICAS)**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA BIOQUÍMICA

PRESENTA:

IBQ. ROGELIO CERVANTES ALCALÁ

ASESORES:

DR. LUIS ALBERTO PERALTA PELÁEZ

DRA. PATRICIA MORENO CASASOLA BARCELÓ

DR. VÍCTOR JOSÉ ROBLES OLVERA

H. VERACRUZ, VERACRUZ, MÉXICO.

ABRIL 2014

Este trabajo está dedicado a todas las personas que hicieron posible el logro de una meta más en mi vida.

Primeramente a mis padres Rogelio Cervantes Solís y Aurora Alcalá Virgen, por todo el amor y apoyo brindado durante toda mi vida, por ser el pilar y aliento que he necesitado, los amo. A Dalia Valerio Torres por su paciencia, comprensión, soporte y amor. Quien se ha convertido en parte importante e indispensable en mi vida. Te amo. A mi director de tesis y amigo el Dr. Luis Alberto Peralta Peláez, por sus consejos y guía en mi formación profesional y personal, por todo el aprendizaje obtenido y por depositar su confianza en mí, gracias doc.

A los doctores Patricia Moreno, Víctor Robles, Rosa María Oliart y Guadalupe Aguilar, por sus valiosas aportación a este trabajo.

A los chavos del Laboratorio de Ingeniería Ecológica, Ambiental y Ciencias que en diferentes etapas me ayudaron a hacer posible la culminación de este trabajo: Johnny, Aline, Tavo, Gil y Tomás. Por los momentos de trabajo, diversión y convivencia.

RECONOCIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado en la beca de maestría No. 442265.

A la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) como parte del proyecto “Servicios ecosistémicos de bosques costeros y sus sistemas de reemplazo: una evaluación ambiental y económica” -RED-PD 045/11 Rev.2 (M).

Al CONACYT-SEP por el financiamiento del proyecto No. 0106451 “procesos de estructuración de comunidades de flora y fauna durante la restauración de humedales”

A la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) por el financiamiento y apoyo en el proyecto “Percepciones ambientales, hidroperíodo y vegetación acuática de los humedales de la zona conurbada Veracruz - Boca del Río – Medellín” Núm. 4398.11-P.

RESUMEN

Cervantes Alcalá, Rogelio. M.C. en Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Veracruz, Abril, 2014, Uso de humedales artificiales como Celdas de Combustible Microbiano-Planta (CCMSP), para la generación de electricidad y tratamiento de aguas residuales domésticas (sintéticas). Asesores: Dr. Luis Alberto Peralta Peláez, Dra. Patricia Moreno Casasola Barceló y Dr. Víctor José Robles Olvera.

El cambio climático es un problema global, por ello, se han realizado investigaciones en busca de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Por otro lado, el problema del agotamiento del agua con calidad para uso humano (potable), ha llevado al desarrollo de nuevas tecnologías para la depuración de aguas contaminadas para permitir su posterior reutilización. Buscando una solución de manera simultánea a ambas problemáticas se ha propuesto utilizar humedales artificiales como Celdas de Combustible Microbiano de Sedimento-Planta (CCMSP) para el tratamiento de agua residual y la generación de energía eléctrica.

Existen diferentes tipos de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. En este trabajo se utilizaron los de flujo sub-superficial, dado que presentan ventajas en la remoción de contaminantes del agua, desconociéndose el efecto que el tipo de sustrato (soporte para las plantas) utilizado tiene sobre la generación de energía eléctrica. En este trabajo se planteó como objetivo evaluar el uso de CCMSP en humedales artificiales de flujo sub-superficial para la generación de energía eléctrica y la remoción de contaminantes en el tratamiento de aguas residuales domésticas sintéticas.

Para alcanzar este objetivo se realizaron dos experimentos: en el primero se evaluó el efecto del tipo de sustrato (arena, tezontle y grava) sobre la generación de energía eléctrica y remoción de contaminantes. En el segundo experimento se determinó la influencia del sistema de electrodos dentro del humedal sobre la remoción de contaminantes durante el tratamiento de agua residual doméstica. Las corrientes y potencias máximas alcanzadas fueron 220.41 mA/m^2 y 199.18 mW/m^2 en celdas con soporte de grava. Los resultados mostraron que la naturaleza y tamaño del sustrato son características que deben considerarse para el diseño de CCMSP.

No se encontró diferencia en la remoción de contaminantes entre los humedales con electrodos (CCMSP) y los humedales convencionales. Sin embargo, no se puede aseverar que los electrodos no ayuden a mejorar la remoción de contaminantes, debido a que pudieran haberse presentado problemas de transporte de masa (polarización de la concentración en los electrodos) dentro del humedal, dado que los humedales operaron en régimen laminar.

ABSTRACT

Cervantes Alcalá, Rogelio. M.C. in Biochemical Engineering. Veracruz Institute of Technology, April, 2014, Use of constructed wetlands as Sediment-Plant Microbial Fuel Cells (SPMFC) for electricity generation and domestic wastewater treatment. Thesis committee: Dr. Luis Alberto Peralta Peláez, Dr. Patricia Moreno Casasola Barceló and Dr. Víctor José Robles Olvera.

Climate change is a global problem, thus research has been conducted in order to decrease the emission of greenhouse gases to the atmosphere. On the other hand, due to the depletion of water with good quality (for human consumption) has developed new technology for the purification of contaminated water to allow its reuse. Looking for a simultaneous solution to both problems the use of constructed wetlands as Sediment Plant Microbial Fuel Cells (SPMFC) has been proposed for wastewater treatment and electricity generation.

There are different types of constructed wetlands for wastewater treatment. In this work Horizontal Subsurface Flow Wetlands (subsurface type wetlands) were used, due they could offer advantages in contaminants removal from wastewater. Nevertheless, there is a lack of knowledge about the effect of substrates (plant support) on the electricity generation in SPMFC. The objective of this work was: assess the use of Horizontal Subsurface Flow constructed wetlands as SPMFC to generate electricity and remove contaminants in the synthetic wastewater treatment.

To achieve this objective two experiments were conducted: in the first experiment the substrate effect on electricity generation and contaminant removal was assessed with three different substrates: sand, tezontle (volcanic rock) and gravel. In the second experiment the influence of electrodes in contaminant removal

during domestic wastewater treatment was assessed. Maximum current and power reached were 220.41 mA/m^2 y 199.18 mW/m^2 in gravel cells. The results indicate that size and nature of the substrate are characteristics that should be considered for SPMFC design.

No difference was found between wetlands and SPMFC in contaminant removal. However, it cannot asseverate that the electrodes have no effect in contaminant removal process. This due that in these systems could have presented mass transport problems (concentration polarization in the electrodes) inside the wetland, caused by the laminar flow in which wetlands were operated.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	4
1.1. CAMBIO CLIMÁTICO Y NECESIDADES ENERGÉTICAS.....	4
1.2. PROBLEMÁTICA DE AGUAS RESIDUALES EN MÉXICO.....	5
1.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.....	6
1.4. HUMEDALES.....	8
1.5. PLANTAS DE HUMEDALES.....	9
1.6. HUMEDALES ARTIFICIALES.....	10
1.7. CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO.....	13
1.8. TIPOS DE CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO.....	13
1.8.1. CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO-PLANTA (CCMP).....	13
1.8.2. CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO DE SEDIMENTO (CCMS).....	14
1.8.3. CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO DE UNA SOLA CÁMARA.....	15
1.8.4. CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO DE SEDIMENTO-PLANTA (CCMSP).....	16
1.9. PLANTAS UTILIZADAS EN CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO.....	17
1.10. FUNDAMENTOS DE LAS CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO.....	18
1.11. METABOLISMO EN CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO.....	19
1.12. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE ELECTRONES AL ÁNODO.....	19
1.12.1. TRANSFERENCIA DIRECTA DE ELECTRONES.....	20
1.12.2. TRANSFERENCIA MEDIADA DE ELECTRONES.....	20
1.13. FUERZA ELECTROMOTRIZ.....	21
1.14. PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LA GENERACIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA.....	23
1.15. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN Y EFICIENCIA COULOMBICA.....	24
1.16. GENERACIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE.....	25
1.17. CURVA POLARIMETRICA Y CURVA DE DENSIDAD DE POTENCIA.....	27
1.18. ANTECEDENTES EN GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN AGUAS RESIDUALES.....	28
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	34
HIPÓTESIS.....	35
JUSTIFICACIÓN.....	36
OBJETIVO GENERAL.....	37
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	37

MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
2.1. EXPERIMENTO 1: EFECTO DEL SUSTRATO SOBRE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN CCMSP.....	40
2.2. EXPERIMENTO 2: INFLUENCIA DE LA PRESENCIA DE ELECTRODOS EN EL HUMEDAL SOBRE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN EL AGUA RESIDUAL SINTÉTICA	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
3.1. EXPERIMENTO 1: EFECTO DEL SUSTRATO SOBRE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN CCMSP.....	45
3.2. EXPERIMENTO 2: INFLUENCIA DE LA PRESENCIA DE ELECTRODOS EN EL HUMEDAL SOBRE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN EL AGUA RESIDUAL SINTÉTICA.....	57
CONCLUSIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	69
APÉNDICE A. TÉCNICAS DE DETERMINACIÓN DE CONTAMINANTES	
A.1. OXÍGENO DISUELTO.....	76
A.2. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.....	78
A.3. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)(REFLUJO CERRADO, MÉTODO TITULOMÉTRICO).....	80
A.4. AMONIO (MÉTODO DE NESSLER).....	83
A.5. NITRATOS (MÉTODO DEL ULTRAVIOLETA).....	86
A.6. FOSFATOS (MÉTODO DEL ÁCIDO VANADOMOLIBDOFOSFÓRICO).....	88

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1. Principales componentes del agua residual doméstica.....	7
TABLA 1.2. Concentraciones de oxígeno disuelto en un humedal artificial de flujo superficial...	33
TABLA 2.1. Composición del agua residual sintética utilizada.....	40
TABLA 2.2. Variación de la concentración de la fuente de carbono para observar el efecto de la carga orgánica sobre la generación de energía eléctrica.....	44
TABLA 3.1. Valores promedio de corrientes y potencias generadas por las CCMSP con distintos sustratos (a=arena, t= tezontle y g= grava), b indica que son los reactores blanco.....	50
TABLA 3.2. Valores promedio de parámetros físico-químicos monitoreados en las celdas durante el periodo de circuito cerrado.....	52
TABLA 3.3. Comparación de generación de electricidad en humedales usados como CCMSP...	52
TABLA 3.4. Valores promedio de remoción de contaminantes en las CCMSP con distintos tipos de sustrato (A=Arena, T= tezontle y G= grava), B indica que son las CCMSP blanco.....	55
TABLA 3.5. Valores promedio de parámetros físico-químicos monitoreados en el fondo de las CCMSP en el primer y segundo periodo del experimento 2.....	59
TABLA 3.6. Valores promedio de corrientes y potencias generadas en el experimento 2 con variación de la carga orgánica	60
TABLA 3.7. Porcentajes de remoción de contaminantes promedio en los distintos periodos en el experimento 2.....	65
TABLA A2. Volumen de muestra para distintos rangos de DBO.....	78
TABLA A3. Cantidades de muestra y reactivos para diferentes tubos de ensayo.....	80
TABLA A6. Longitudes de onda para diferentes concentraciones de fósforo.....	87

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1. Aumento histórico de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera debido a las actividades antropogénicas.....	4
FIGURA 1.2. Similitudes de zonas reductoras y oxidativas entre a) humedales y b) celdas de combustible microbiano.....	9
FIGURA 1.3. Tipos de humedales artificiales. a) humedal de flujo superficial, b) humedal de flujo subsuperficial y c) humedal de flujo vertical.....	11
FIGURA 1.4. Esquema de una Celda de Combustible Microbiano-Planta.....	14
FIGURA 1.5. Sistemas de CCMS en diferentes ambientes.....	15
FIGURA 1.6. A) Dibujo esquemático y b) fotografía de prototipo de escala laboratorio de una CCM sin membrana.	16
FIGURA 1.7. Esquema de una CCMS.	13
FIGURA 1.8. Esquema de mecanismo de transferencia de electrones. A) Transferencia por citocromos membranales y b) transferencia por medio de pilis.....	20
FIGURA 1.9. Transferencia mediada de electrones.....	21
FIGURA 1.10. Ejemplo de una curva de polarización y curva de densidad de potencia.....	27
FIGURA 1.11. Dibujo del primer humedal de flujo superficial acoplado a una CCM para el tratamiento de agua residual.....	30
FIGURA 1.12. Humedal de flujo vertical utilizado para la remoción de colorante y generación de energía eléctrica.....	31
FIGURA 2.1. Fabricación de electrodos de grafito.....	38
FIGURA 2.2. Esquema de las CCMS construidas para el primer experimento. A) celdas con planta y b) celdas blanco.....	41
FIGURA 2.3. Celdas de Combustible Microbiano de Sedimento Planta (CCMS) utilizadas para el experimento dos, especie hidrófita: <i>Pontederia sagittata</i>	43
FIGURA 3.1. Voltajes de las CCMS con distintos sustratos durante el periodo en circuito abierto, en el día 8 se agregó el primer lote de agua residual sintética. A) arena, b) tezontle y c) grava.....	46
FIGURA 3.2. Voltajes de las CCMS con distintos sustratos en circuito cerrado, en los días 2, 7 y 12 se suministró el agua residual sintética. A) CCMS con arena, b) CCMS con tezontle y c) CCMS con grava.....	48
FIGURA 3.3. Ciclos de 24 horas de las celdas de grava en circuito cerrado: efecto de la luz solar sobre la generación de electricidad. A) inicio del seguimiento 8 a.m. b) inicio del seguimiento 6 p.m.....	53
FIGURA 3.4. Comportamiento polarimétrico de la CCMS g1 con sustrato de grava. (línea azul =curva polarimétrica) (línea roja= curva de potencia)...	54
FIGURA 3.5. Corriente generada en el segundo experimento con variación de carga orgánica: periodo uno del día 1 al 33 (600 mg/L de sacarosa), periodo dos del día 34 al 60 (1800 mg/L de sacarosa), periodo tres del día 61 al 90(600 mg/L de sacarosa) y periodo cuatro del día 91 al 104 (200 mg/L de sacarosa).....	58

FIGURA 3.6. Generación de corriente eléctrica en los diferentes intervalos monitoreados durante el día. Mañana (8 a 10 a.m.), medio día (12 a 2 p.m.) y tarde (6 a 8 p.m.).....	62
FIGURA 3.7. Comportamiento polarimétrico a) celda CC1 en el tercer periodo y b) celda CB3 en el cuarto periodo (línea azul =curva polarimétrica) (línea roja= curva de potencia).....	63

LISTA DE ABREVIACIONES

ARS	Agua Residual Sintética
CCM	Celda de Combustible Microbiano
CCMP	Celda de Combustible Microbiano-Planta
CCMS	Celda de Combustible Microbiano de Sedimento
CCMSP	Celda de Combustible Microbiano de Sedimento-Planta
CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico
CICOLMA	Centro de Investigaciones Costeras La Mancha
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
FAO	Food and Agriculture Organization
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MFC	Microbial Fuel Cell
MIP	Membrana de Intercambio de Protones
O.D.	Oxígeno Disuelto
ORP	Oxidation Reduction Potential
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SEMAR	Secretaría de Marina
TRH	Tiempo de Residencia Hidráulico
US EPA	United States Environmental Protection Agency
VCA	Voltaje en Circuito Abierto

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se ha considerado como una prioridad a nivel mundial. La mayoría de estas emisiones son ocasionadas por la quema de combustibles fósiles para la producción de energía eléctrica, y por tal motivo se ha impulsado fuertemente la búsqueda de fuentes alternativas de energías renovables (IPCC, 2007).

Como resultado de la búsqueda de fuentes energéticas renovables, la producción de energía eléctrica a partir de la oxidación de materia orgánica ha surgido como una alternativa. Esta transformación es llevada a cabo en sistemas llamados Celdas de Combustible Microbiano (CCM), en donde microorganismos electrónicamente activos son los encargados de degradar la materia orgánica y como producto de su metabolismo se genera una corriente eléctrica (Logan *et al.*, 2006).

Por otra parte, la contaminación del agua con diferentes sustancias y organismos (micro y macroscópicos) se ha convertido en un problema, ya que la calidad de la misma se ha visto afectada impactando no solo sus características y propiedades fisicoquímicas, sino también afectando la flora y fauna de los distintos cuerpos de agua. Por tal motivo, el tratamiento de aguas residuales, ya sea municipales o industriales, ha cobrado un gran interés.

Desafortunadamente en México no se cuenta con la infraestructura suficiente para tratar el agua residual generada por la población. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en el 2008, de los 6.56 km³/año de agua residual municipal que se producen, solo 2.64 km³/año fueron tratados, es decir menos del 50%.

Uniendo ambas problemáticas abordadas anteriormente (la necesidad de fuentes alternativas de generación de energía y la contaminación de cuerpos de agua por agua residuales no tratadas) surgen las CCM que han sido propuestas para la generación de electricidad a partir del tratamiento de aguas residuales (Liu *et al.*,

2004; Min y Logan 2004). Esta tecnología presenta ventajas con respecto a otras fuentes alternativas de energía, ya que la generación de energía es directa, evitando procesos de combustión o purificación (Strik *et al.*, 2008).

En los humedales existen de forma natural ambientes reductores en el fondo del suelo rico en materia orgánica (anaerobiosis) y ambientes oxidativos en las superficies de agua (aerobiosis). De manera similar, las CCM presentan ambientes reductores donde tiene lugar la generación de electrones (ánodo) y ambientes oxidativos (cátodo). Considerando las similitudes entre humedales y CCM se ha propuesto el uso de humedales artificiales como Celdas de Combustible Microbiano de Sedimento-Planta (De Schamphelaire *et al.*, 2008a). Teóricamente, el sistema de electrodos para la generación de electricidad ayudaría a la remoción de contaminantes e incluso podría disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, que de forma natural emiten los humedales, dando así un valor agregado a los humedales artificiales (De Schamphelaire *et al.*, 2008b); sin embargo se ha explorado muy poco esta área.

En esta tesis el objetivo fue: evaluar el uso de CCMSp en humedales artificiales de flujo sub-superficial para la generación de energía eléctrica y la remoción de contaminantes en el tratamiento de agua residual doméstica (sintética).

La hipótesis planteada para este trabajo fue: es posible mejorar la generación de electricidad en humedales artificiales de flujo sub-superficial usados como CCMSp a partir del tratamiento de agua residual doméstica (sintética) con respecto al uso de humedales artificiales de flujo superficial. Las preguntas a resolver para esta hipótesis fueron: ¿Qué efecto tienen los sustratos (soportes para plantas) sobre la generación de electricidad? ¿La remoción de contaminantes es mejorada en humedales artificiales implementando un sistema de electrodos para generación de electricidad?

Los resultados mostraron que la naturaleza y tamaño del sustrato son características que puede afectar la generación de electricidad, por lo tanto, deben considerarse para el diseño de CCMSp. De los sustratos utilizados para este trabajo

grava fue el sustrato que permitió la mayor generación de energía eléctrica. Por otro lado, no se encontró diferencia significativa en la remoción de contaminantes entre sistemas sin electrodos (humedales artificiales) y con electrodos (CCMSP). Las potencias y corrientes máximas alcanzadas fueron mayores a lo reportado con sistemas de humedales de flujo superficial, por lo cual fue aceptada la hipótesis planteada para este trabajo.

ANTECEDENTES

1.1. CAMBIO CLIMÁTICO Y NECESIDADES ENERGÉTICAS

El cambio climático es atribuido al aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en el planeta. El principal gas de efecto invernadero es el dióxido de carbono (CO_2), cuya concentración en la atmósfera ha incrementado en un 40% desde la época pre-industrial; la generación de este gas en su mayoría es debida al uso de combustibles fósiles (Fig. 1.1). Además de este gas, el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O) son los gases con mayor afectación, estos dos gases son generados principalmente por actividades de la agricultura (IPCC, 2013).

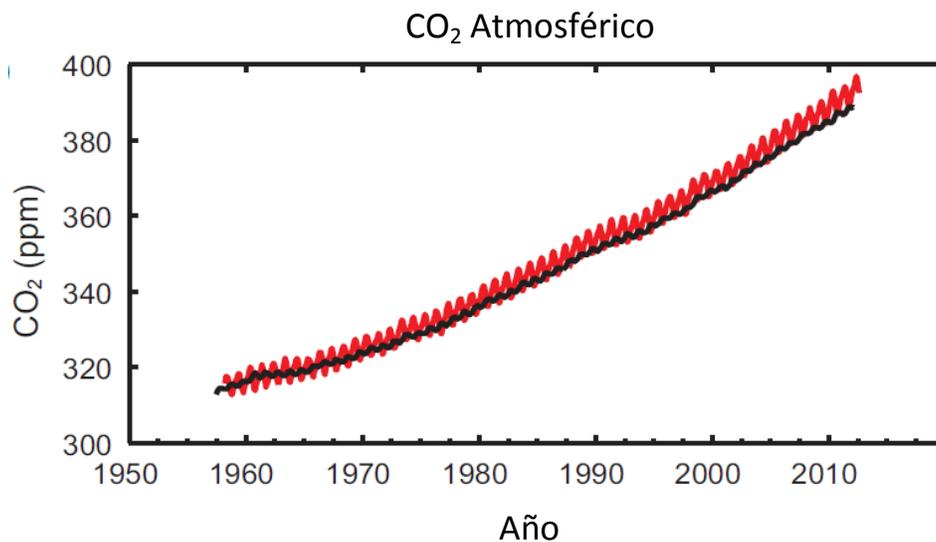


FIGURA 1.1. Aumento histórico de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera debido a las actividades antropogénicas (IPCC, 2013).

Como se mencionó anteriormente, la quema de combustibles fósiles es la principal causa del incremento de la concentración de CO_2 en el planeta. Debido al calentamiento global y al agotamiento de las reservas de combustibles fósiles, ha

surgido la necesidad de cambiar los procesos de obtención de energía por procesos alternativos que puedan ser renovables y en base a desechos.

En la última década dicha búsqueda se ha enfocado a la producción de biocombustibles a partir de maíz y biomasa de madera en Estados Unidos, y a partir de caña de azúcar y semillas de *Jatropha curcas* en México (SAGARPA, 2011).

Las tecnologías alternativas para obtención de energía eléctrica se encuentran encaminadas al aprovechamiento de desechos agroindustriales. Sin embargo, el uso de biocombustibles presenta inconvenientes, debido a que la combustión de estos puede generar mayor cantidad de algunos contaminantes (óxidos de azufre y nitrógeno) en comparación con la combustión de gasolina (US EPA, 2011).

En la última década ha surgido una tecnología basada en la degradación de materia orgánica por vía microbiana, la cual presenta ventajas importantes con referencia a otros procesos, esto debido a que la generación de energía se realiza de forma directa, sin la necesidad de realizar combustión alguna. Esta tecnología es llamada Celdas de Combustible Microbiano (CCM), a partir de las cuales se han generado diferentes variantes, las cuales se abordarán en secciones posteriores (Logan *et al.*, 2006).

1.2. PROBLEMÁTICA DE AGUAS RESIDUALES EN MÉXICO

El aumento poblacional en el planeta ha ocasionado el incremento de la demanda de servicios. Dentro de los servicios vitales para las poblaciones se encuentra el del agua potable. En México el gobierno ha realizado programas para abastecer el suministro de agua potable a la población. Para el año 2011 en México se registró un nivel de cobertura del servicio de agua potable del 91.6% de la población (CONAGUA, 2012). Sin embargo, no se ha realizado el mismo esfuerzo para darle un tratamiento adecuado al agua, una vez que ha sido utilizada por la población. Según datos de la CONAGUA (2012) solo el 46.5% del agua residual generada es tratada de forma adecuada en plantas de tratamiento.

Por otro lado, la mayoría de las plantas de tratamiento de agua en México presentan problemas en su operación. Esto debido al tipo de tecnologías empleadas en los diseños de dichas plantas. El tratamiento en reactores de lodos activados es el más empleado, el caudal tratado por esta vía corresponde al 46% del volumen de agua tratada en todo el país. Sin embargo, esta tecnología genera la emisión de gases contaminantes como el amoniaco y grandes cantidades de lodos tóxicos, para los cuales no se tiene lugares seguros para su disposición final (Lahera-Ramón, 2010).

Por lo anterior, el desabasto de las plantas de tratamiento y la emisión de aguas residuales a cuerpos de aguas representa una problemática. Para contrarrestar este problema han surgido nuevos sistemas de tratamiento, tal es el caso de los humedales artificiales. El uso de los humedales artificiales como sistemas de depuración de aguas ha incrementado en México, actualmente existe registro de 134 plantas de tratamiento que utilizan humedales artificiales (CONAGUA, 2012). Los humedales artificiales ofrecen ventajas sobre los sistemas convencionales, las cuales serán abordadas en incisos posteriores.

1.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Las aguas residuales son definidas por Ley de Aguas Nacionales en México (2004) como: *“Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas”*.

En lo particular las aguas residuales domésticas están constituidas por agua con pequeñas concentraciones de sólidos disueltos y suspendidos ya sean orgánicos o inorgánicos. Los componentes orgánicos presentes son principalmente carbohidratos, lignina, grasas, jabones, detergentes sintéticos, proteínas y sus

productos de descomposición. En cuanto a los componentes inorgánicos que pueden presentarse en las aguas residuales domésticas se encuentran: arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, zinc, etc. (FAO, 1992).

Las aguas residuales pueden clasificarse de acuerdo a la concentración de dichos componentes en: fuertes, medianas y débiles (Tabla 1.1). Los países de clima árido o semiárido donde el consumo de agua es menor, las concentraciones de los componentes aumentan generando aguas fuertes. Mientras que para países de clima tropical donde el consumo de agua es mayor, se observa un fenómeno de dilución presentando aguas débiles (Henze, 2008).

Tabla 1.1. Principales componentes del agua residual doméstica. (Henze, 2008).

Componente	Concentraciones en mg/L		
	Fuerte	Media	Débil
Demanda Química de Oxígeno (DQO) total	1200	750	500
Demanda Química de Oxígeno soluble	480	300	200
Demanda Química de Oxígeno suspendida	720	450	300
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	560	350	230
Ácidos Grasos Volátiles (como ácido acético)	80	30	10
Nitrógeno total	100	60	30
Nitrógeno como amonio	75	45	20
Fosforo total	25	15	6
Ortofosfatos	15	10	4
Sólidos suspendidos totales	600	400	250

En los países Latinoamericanos el consumo de agua per cápita es alto (70-190 L/d), por cual, se puede considerar que México presenta generación de aguas residuales del tipo débiles (Metcalf y Eddy, 2003).

1.4. HUMEDALES

En México la Ley de Aguas Nacionales (2004), define a los humedales como *“las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos”*.

Los humedales son ecosistemas que proporcionan distintos servicios ambientales, los cuales se encuentran relacionados con la presencia, cantidad, calidad y movimiento de agua a través de ellos. Estos servicios se encuentran también relacionados con los propios procesos de automantenimiento y de las relaciones con sus alrededores (Mitch y Gosselink, 2000). Las funciones realizadas por los humedales se clasifican en tres categorías principales: hidrología, biogeoquímica y hábitat.

La hidrología de los humedales está relacionada con la mitigación de inundaciones, la recarga y descarga de mantos acuíferos. En biogeoquímica se encuentra la adsorción de fósforo, los procesos de nitrificación y denitrificación, la reducción de sulfatos, la adsorción de metales y el almacenamiento de carbono. La función de hábitat, alberga plantas y animales que pueden utilizarse para fines de consumo humano (Cronk y Fennessy, 2001), además de microorganismos que juegan un papel fundamental en la biogeoquímica.

Dentro de los humedales existen zonas aerobias con ambientes oxidativos y zonas anaerobias con ambientes reductores; además, poseen una gran cantidad de materia orgánica en el suelo debido a la abundante vegetación que en ellos existe (Fig.1.2). Estas características son similares a las necesarias para la implementación de una CCM por lo cual han sido consideradas como un sistema potencial para la producción de electricidad (De Schamphelaire *et al.*, 2008b).

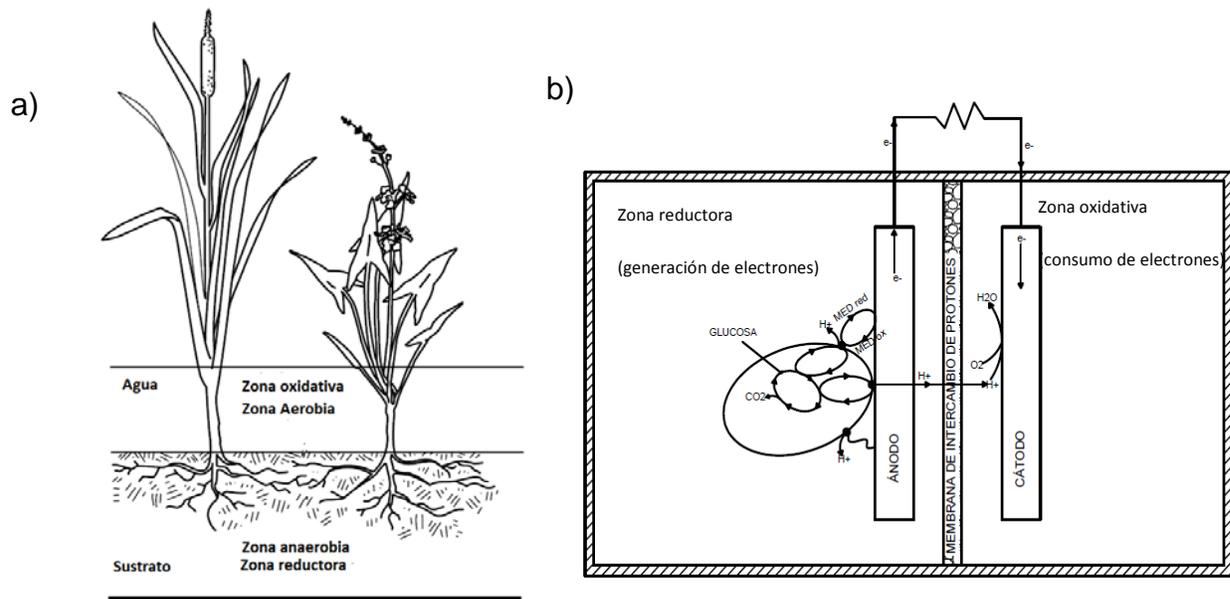


FIGURA 1.2. Similitudes de zonas reductoras y oxidativas entre a) humedales y b) celdas de combustible microbiano. a) Kadlec y Wallace, 2009; b) Logan *et al*, 2006).

1.5. PLANTAS DE HUMEDALES

La vegetación en los humedales juega un rol importante desde el punto de vista biológico. Algunas de las funciones más importantes que realiza la vegetación dentro de los humedales son: fijación de la energía por medio de procesos fotosintéticos y suministro de oxígeno a otros organismos, por lo que fungen como hábitat (Cronk y Fennessy, 2001).

Las plantas de humedales están caracterizadas por su tolerancia a las condiciones de inundación. Dichas plantas capaces de crecer en condiciones de inundación son denominadas hidrófitas, las cuales están definidas como plantas creciendo en agua o en un sustrato que periódicamente se encuentra deficiente en oxígeno como resultado del excesivo contenido de agua (Cronk y Fennessy, 2001).

Según Cronk y Fennessy (2001) las plantas de humedales pueden clasificarse de acuerdo a su forma de crecimiento con referencia al suelo y agua. Las categorías

en las cuales se pueden agrupar las plantas de humedales son: emergentes, sumergidas, de hojas flotantes y flotantes.

Las plantas emergentes se encuentran enraizadas en el sustrato pero sus tallos, hojas y órganos reproductivos son aéreos. Las especies sumergidas pasan su vida entera debajo de la superficie del agua, la mayoría se encuentran enraizadas al sustrato. Las hojas de las plantas de hojas flotantes como su nombre lo dice flotan sobre la superficie del agua mientras sus raíces se encuentran ancladas en el sustrato. En el caso de las plantas flotantes tanto las hojas y tallos se encuentran flotando sobre la superficie del agua mientras que sus raíces se encuentran colgando libres en el agua sin anclarse al sustrato.

1.6. HUMEDALES ARTIFICIALES

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales pueden considerar diferentes tecnologías. Una de ellas son los humedales artificiales, que representan un tratamiento eficiente acompañado de ahorro económico e incluso pueden utilizarse para remoción de metales pesados (Jarvis y Younger, 1999). Estos sistemas son diseñados con base en los procesos naturales de los humedales.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1996) los describe como: *“Un humedal artificial es una tierra que no era humedal bajo condiciones naturales pero ahora exhibe características de humedal debido a la influencia de actividades humanas”*.

Existen tres tipos de humedales artificiales de acuerdo con los patrones de flujo hidráulico: a) de flujo superficial, b) de flujo sub-superficial y c) de flujo vertical. Los primeros son sistemas de flujo libre que pueden tener plantas flotantes, emergentes y sumergidas (Fig. 1.3a), mientras que los segundos presentan una cama de sustrato (grava, tezontle, etc.), el agua corre por debajo de la superficie del sustrato y solo pueden tener plantas enraizadas emergentes (Fig. 1.3b), en tanto que los terceros al igual que los de flujo sub-superficial tienen una cama de sustrato y

plantas emergentes, sin embargo en los de flujo vertical el agua es tratada mientras percola a través de las raíces de las plantas (Kadlec y Wallace, 2009) (Fig. 1.3c).

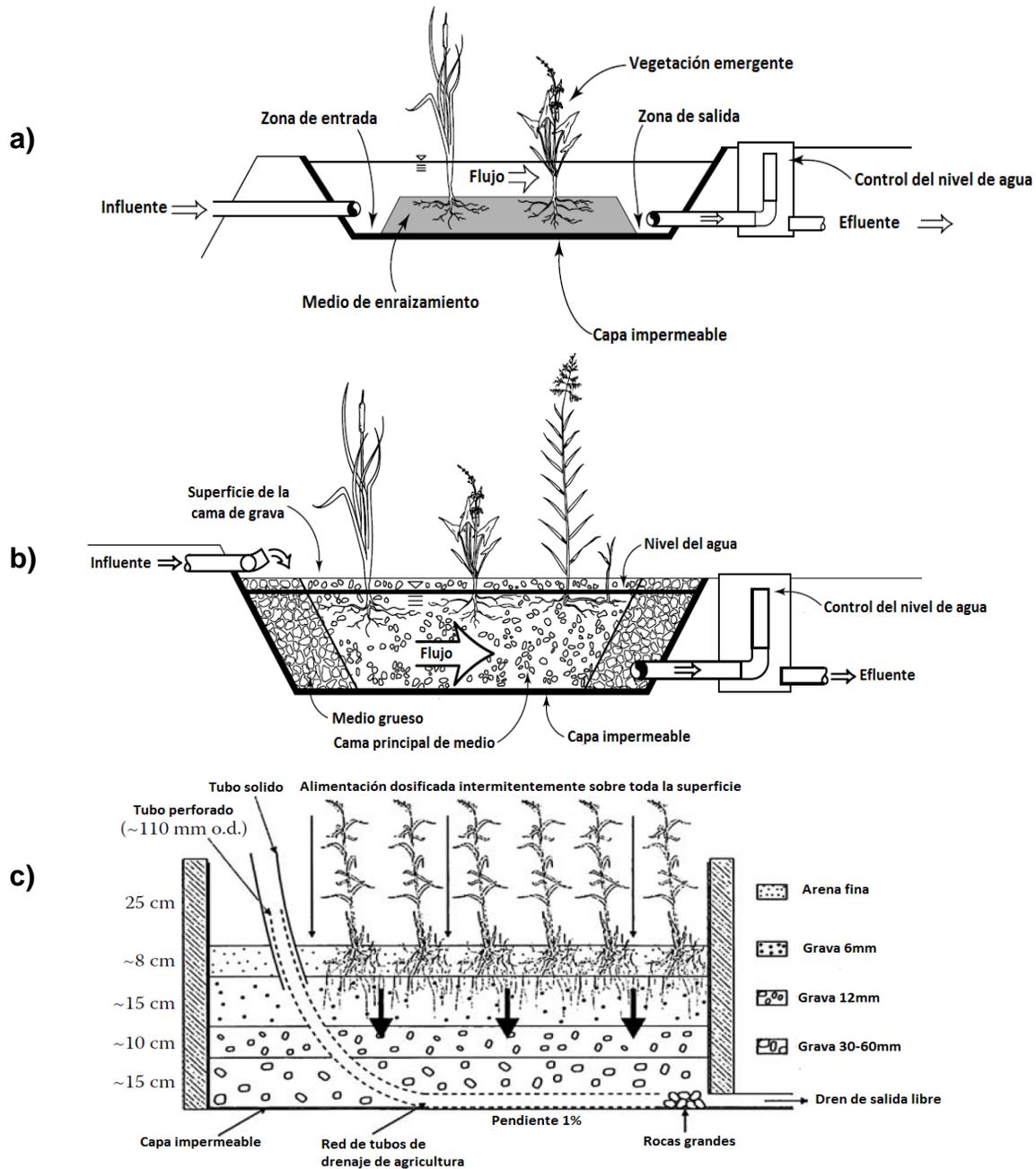


FIGURA 1.3. Tipos de humedales artificiales. a) Humedal de flujo superficial, b) Humedal de flujo sub-superficial y c) Humedal de flujo vertical. (Kadlec y Wallace, 2009).

Los humedales usados mayormente son los de flujo superficial, esto debido a su bajo costo de instalación. Por su naturaleza, los humedales de flujo superficial pueden representar riesgo de contacto con patógenos, ya sea para humanos o para la fauna, por lo que este tipo de humedales se usan principalmente como un tratamiento terciario. La mayoría de los procesos de degradación en los humedales de flujo superficial son dependientes de oxígeno, lo cual genera cierta cantidad de lodos en el humedal que deben ser removidos periódicamente (Kadlec y Wallace, 2009).

Aunque los humedales de flujo sub-superficial requieren una mayor inversión que los de flujo superficial, los costos de mantenimiento son más bajos con respecto a otras tecnologías convencionales. Los humedales de flujo vertical han tenido menor aplicación y en su mayoría son utilizados para el tratamiento de lodos. En los humedales de flujo sub-superficial el agua no se encuentra expuesta a la atmósfera, por lo que el riesgo de contacto con organismos patógenos se minimiza, debido a esto los humedales de flujo sub-superficial pueden ser utilizados como sistemas de tratamiento secundario (Kadlec y Wallace, 2009).

Además de lo anterior, la cama de sustrato les confiere otras ventajas a los humedales de flujo sub-superficial. Por ejemplo, si se usan materiales porosos se puede aumentar la superficie de fijación de microorganismos en el sustrato, aumentando la capacidad de degradación del humedal, y debido a que en estos casos los procesos de biodegradación son anaerobios, se disminuye la producción de lodos, por lo cual estos sistemas se puede operar por tiempos prolongados (Shuib y Baskaran, 2011).

En los humedales de flujo sub-superficial el sustrato o medio de soporte para las plantas es de gran importancia, ya que dependiendo de la naturaleza y tamaño de éste puede favorecerse o reprimirse el crecimiento de raíces, y algunos procesos físico-químicos que favorecen la disponibilidad de ciertos nutrientes para las plantas.

1.7. CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO

Las Celdas de Combustible Microbiano (CCM) son dispositivos que aprovechan la degradación de materia orgánica a través del metabolismo microbiano para la producción de energía eléctrica (Logan *et al.*, 2006).

Estos dispositivos cuentan con una cámara aniónica en donde se lleva a cabo la degradación (oxidación) de la materia orgánica; esta cámara contiene un ánodo al cual se transfieren los electrones producidos. Posteriormente, los electrones se transfieren a la cámara catiónica por medio de un circuito externo donde el cátodo cede los electrones a un aceptor final (reducción), por ejemplo el oxígeno. Para mantener el gradiente de iones las cámaras son separadas por una membrana de intercambio de protones (MIP) (Fig. 1.2b).

1.8. TIPOS DE CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO

La tecnología de las CCM se encuentra en desarrollo. En la búsqueda de mejorar el desempeño de las celdas han surgido variantes con referencia a las fuentes de alimento, materiales de construcción de los electrodos y diseños de las celdas (Logan *et al.*, 2006; De Schamphelaire *et al.*, 2008b; Strik *et al.*, 2008). Sin embargo, no se ha logrado establecer una base para el escalamiento de esta tecnología. Las celdas de combustible microbiano pueden clasificarse como: Celdas de Combustible Microbiano Planta (CCMP), Celdas de Combustible Microbiano de Sedimento (CCMS), Celdas de Combustible Microbiano de una sola cámara, y Celdas de Combustible Microbiano de Sedimento Planta (CCMSP).

1.8.1. CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO-PLANTA (CCMP)

En este tipo de celda se introduce una planta en la cámara aniónica con la finalidad de mantener la producción continua de electricidad (Strik *et al.*, 2008) (Fig. 1.4). Las plantas realizan un proceso natural de transferencia de materia orgánica al

sustrato a través de las raíces. Este proceso llamado rizodeposición, alimenta a las comunidades microbianas presentes en la rizósfera. También se realizan aportes de material orgánico por medio de las plantas que mueren. En este caso, la rizodeposición es la fuente de alimentación para generar la corriente eléctrica.

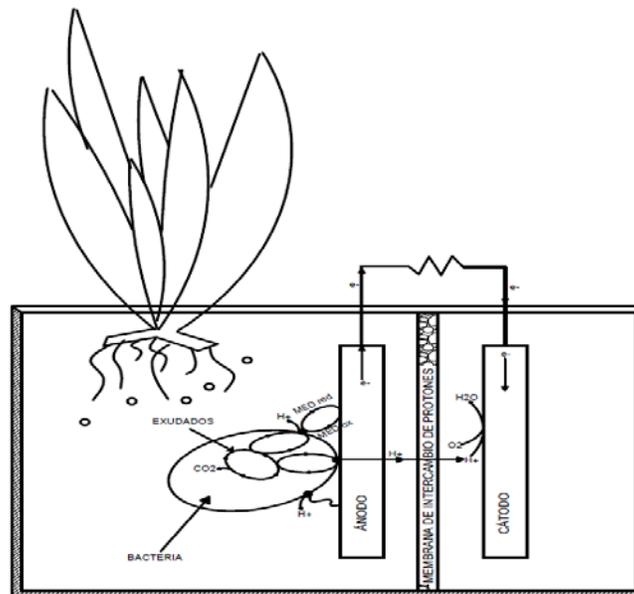


FIGURA 1.4. Esquema de una Celda de Combustible Microbiano-Planta (Strik *et al*, 2008).

1.8.2. CELDA DE COMBUSTIBLE MICROBIANO DE SEDIMENTO (CCMS)

En estas celdas se utiliza el principio observado en el sedimento marino, en el cual existe un gradiente natural de potencial redox entre el fondo del sedimento marino y el agua superficial. En este caso, el ánodo es colocado en el sedimento marino donde se lleva a cabo la degradación de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas, y el cátodo es colocado en el agua superficial donde el aceptor final de electrones es el oxígeno disuelto. Con esta propuesta se logra eliminar la MIP, la cual resulta en un aumento considerable en el costo de fabricación, además de algunas limitaciones en el proceso de producción de energía eléctrica donde se

pueden presentar fenómenos de polarización de la concentración y taponamiento de la membrana por biomasa (*biofouling*) (Tender *et al.*, 2002) (Fig.1.5).

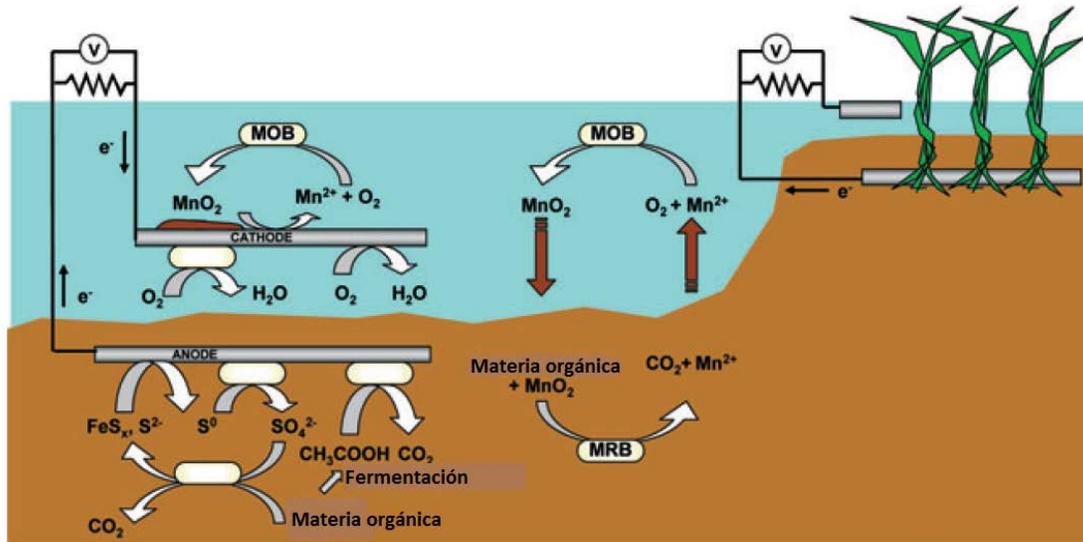


FIGURA 1.5. Sistemas de CCMS en diferentes ambientes. (De Schampelaire *et al.*, 2008b).

1.8.3. CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO DE UNA SOLA CÁMARA

Como se mencionó anteriormente, la MIP presenta un reto en la construcción y diseño de las CCM convencionales, ya que impide aumentar la producción de corriente eléctrica. Haciendo uso del principio de las CCMS surgió una nueva arquitectura en la cual las CCM son denominadas de una sola cámara o CCM sin membrana (*membrane-less* MFC por sus siglas en inglés) (Fig. 1.6). En esta arquitectura el movimiento de iones está dirigido por un gradiente de concentración, los iones positivos se difunden hacia el cátodo donde son consumidos al igual que los electrones (Jang *et al.*, 2004; Liu *et al.*, 2004).

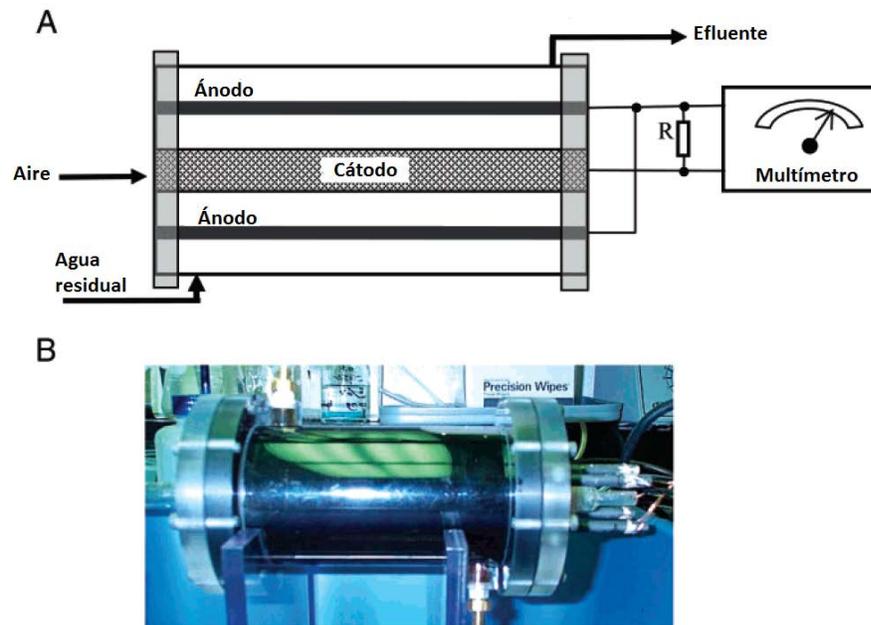


FIGURA 1.6. A) Dibujo esquemático y B) fotografía de prototipo de escala laboratorio de una CCM sin membrana (Liu *et al.*, 2004).

1.8.4. CELDA DE COMBUSTIBLE MICROBIANO DE SEDIMENTO-PLANTA (CCMSP)

Estos dispositivos usan el principio de las CCMS combinado con la inserción de una planta, en este caso en sistemas de agua dulce (Fig.1.7). Cabe mencionar que las plantas utilizadas en celdas deben cubrir ciertas características como soportar condiciones de inundación, como es el caso de las plantas de los humedales, por ejemplo *Oryza sativa* L. (planta de arroz) (De Schampelaire *et al.*, 2008a; Kaku *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2012) y *Typha domingensis* (Cervantes-Alcalá *et al.*, 2012).

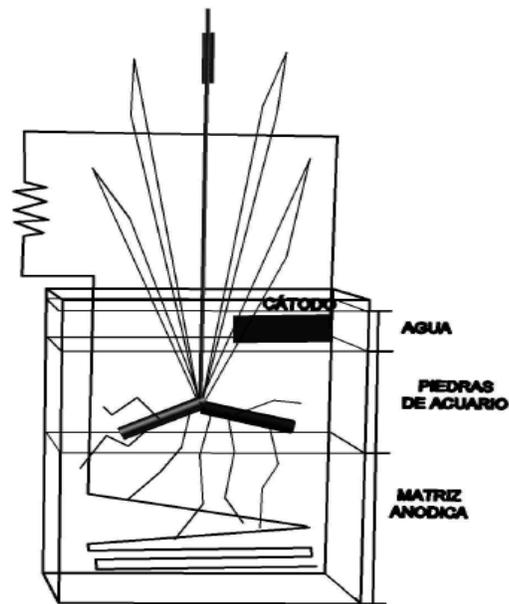


FIGURA 1.7. Esquema de una CCMSP (Cervantes-Alcalá *et al.*, 2012).

1.9. PLANTAS UTILIZADAS EN CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO

Las plantas tienen un papel importante dentro de la generación de electricidad en CCM. Además de transformar la energía solar en energía química, presentan procesos de rizodeposición y oxigenación por medio de sus raíces.

Se ha demostrado que la implementación de plantas tiene como consecuencia una mayor generación de energía eléctrica, esto derivado del proceso de rizodeposición (De Schamphelaire *et al.*, 2008a). Sin embargo, el proceso de oxigenación en las raíces de algunas especies puede resultar desfavorable (Cervantes-Alcalá *et al.*, 2012). Por tal motivo, la oxigenación por medio de las raíces es un criterio de selección de especies a utilizar en CCM.

Debido a que los trabajos realizados se han llevado a cabo en diferentes partes del mundo, las especies de plantas utilizadas son variadas. Algunos autores han utilizado plantas enraizadas (Strik *et al.*, 2008; De Schamphelaire *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2012; Cervantes-Alcalá *et al.*, 2012), mientras que otros han optado por

plantas flotantes o una combinación de plantas enraizadas y flotantes (Yadav *et al.*, 2012; Chiranjeevi *et al.*, 2013).

En México se ha utilizado *Typha domingensis* Pers., una planta enraizada de fácil crecimiento. Esta especie es la más encontrada en los humedales costeros de la zona del Golfo de México. Se ha encontrado que soporta condiciones grandes cantidades de nutrientes (Moreno-Casasola *et al.*, 2010). Sin embargo, esta especie presenta una oxigenación excesiva, la cual no permite la operación de sistemas de celdas de combustible microbiano por tiempos prolongados (Cervantes-Alcalá *et al.*, 2012). De tal modo que es conveniente explorar la implementación de otras especies originarias de humedales mexicanos.

1.10. FUNDAMENTOS DE LAS CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO

Las bacterias obtienen energía transfiriendo electrones de sustratos tales como la glucosa o acetato (donadores de electrones) a un aceptor final de electrones como el oxígeno, en el caso de los sistemas aerobios. Mientras mayor es la diferencia de potencial entre donador y aceptor de electrones mayor es la ganancia de energía para la bacteria.

En las CCM, las bacterias transfieren los electrones a un electrodo en este caso el ánodo, en lugar del aceptor final que normalmente usan. De esta forma la energía es convertida directamente en electricidad, lo cual aumenta la eficiencia en la conversión de la energía (Rabaey y Verstraete, 2005).

En distintos trabajos se ha denominado como biocatalizadores a los microorganismos involucrados en la producción de electricidad en CCM, sin embargo debe considerarse que las bacterias usan parte de la energía producida, por lo que este proceso debe ser descrito de mejor manera como una biotransformación (Schröder, 2007).

1.11. METABOLISMO EN CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO

Las rutas metabólicas que controlan el flujo de electrones y protones son claves para estos dispositivos, en cuyo caso, además del sustrato (glucosa, acetato, etc.), el potencial del ánodo determina el metabolismo bacteriano. De acuerdo al potencial del ánodo pueden existir metabolismos con alto potencial redox, de mediano a bajo y fermentaciones. Por lo que en las CCM se pueden encontrar microorganismos aerobios, anaerobios facultativos y anaerobios estrictos (Rabaey y Verstraete, 2005).

Cuando se encuentran en un potencial de ánodo alto, las bacterias pueden usar la cadena respiratoria en un metabolismo oxidativo (Kim *et al.*, 2004). Si el potencial del ánodo disminuye en presencia de otros aceptores de electrones tales como sulfato, es probable que los electrones se transfieran a los aceptores alternativos al ánodo. Si no existen aceptores alternativos, la ruta metabólica principal es la fermentación dando como resultado un potencial de ánodo bajo. Aunque la eficiencia de esta vía no es alta, existen organismos anaerobios capaces de degradar estos productos de fermentación y ceder los electrones al ánodo (Vandevivere y Verstraete, 2001).

1.12. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE ELECTRONES AL ÁNODO

Debido a que los electrodos son sólidos, la transferencia de electrones debe llevarse a cabo por medio de contacto físico, por lo que los electrones son transferidos del interior de la célula al exterior a través de compuestos reducidos o proteínas redox que se encuentran en la membrana celular. Estos compuestos electrónicamente activos pueden ser mediadores, proteínas redox membranales o metabolitos reducidos (Schröder, 2007). Dependiendo del modo de transferencia de electrones se pueden clasificar distintos mecanismos de transferencia: directa o mediada.

1.12.1. TRANSFERENCIA DIRECTA DE ELECTRONES

Existen bacterias capaces de ceder electrones directamente al ánodo. Para que este proceso ocurra la bacteria se debe encontrar adherida a la superficie del electrodo. En este proceso se encuentran involucrados algunos citocromos que se encuentran en el exterior de la célula. Otro proceso de transferencia directa es por pilis, en cuyo caso la bacteria se encuentra adherida al electrodo (Schröder, 2007) (Fig.1.8).

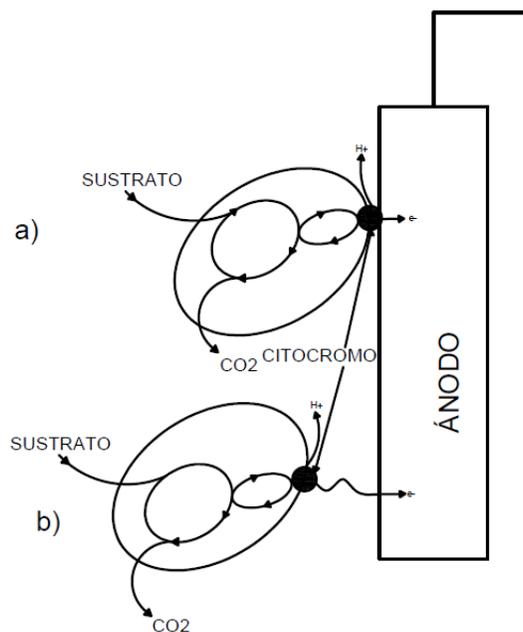


FIGURA 1.8. Esquema de mecanismo de transferencia de electrones. a) Transferencia por citocromos membranales y b) Transferencia por medio de pilis. Modificado de Schröder, 2007.

1.12.2. TRANSFERENCIA MEDIADA DE ELECTRONES

Esta transferencia puede ser realizada por distintas sustancias (mediadores, proteínas redox membranales o metabolitos reducidos) ya sean excretadas por la misma bacteria o adicionadas externamente. En el primer caso se pueden considerar metabolitos primarios y secundarios, los cuales posteriormente son transportados al

electrodo donde al contacto físico cederán la energía que transportan (Fig. 1.9). En algunos trabajos con celdas los autores denominan a los dispositivos como CCM “sin mediadores” (*mediator-less MFC* del inglés), se debe aclarar que en estos casos el autor se refiere a que no hay adición externa de mediadores (Jang *et al.*, 2004; Mohan *et al.*, 2007).

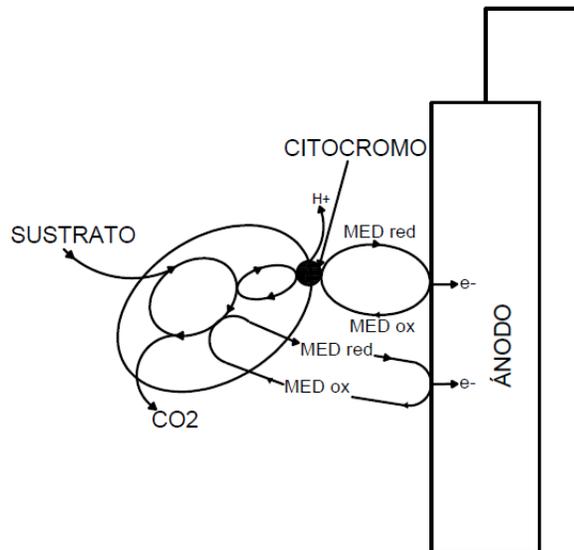


FIGURA 1.9. Transferencia mediada de electrones. Modificado de Schröder, 2007.

1.13. FUERZA ELECTROMOTRIZ

La fuerza electromotriz es la fuerza impulsora que en este caso genera la corriente eléctrica. En las celdas de combustible microbiano es la diferencia de potencial entre el ánodo y el cátodo y es medida en Volts. Para que se pueda llevar a cabo la producción de energía eléctrica en una CCM la reacción global debe ser termodinámicamente favorable. Conforme lo anterior, de acuerdo con Logan *et al.*, (2006) la reacción puede ser evaluada en términos de la energía libre de Gibbs:

$$\Delta G_r = \Delta G_r^0 + RT \ln(\Pi) \quad (1)$$

Donde:

ΔG_r es la energía libre de Gibbs en condiciones específicas (Joules)

ΔG_r^0 es la energía libre de Gibbs bajo condiciones estándar (Joules)

R es la constante universal de los gases ($\text{Joule mol}^{-1} \text{K}^{-1}$)

T es la temperatura absoluta (Kelvin)

Π es el cociente de la reacción calculado como las actividades de los productos divididas entre las actividades de los reactivos (adimensional)

Sin embargo para CCM es más conveniente realizar los cálculos basado en la fuerza electromotriz (Logan *et al*, 2006).

$$E_{fem} = E_{cat} - E_{an} \quad (2)$$

Donde:

E_{fem} es el potencial de la fuerza electromotriz (Volts)

E_{cat} es el potencial del cátodo (Volts)

E_{an} es el potencial del ánodo (Volts)

La fuerza electromotriz es un parámetro que no toma en cuenta las pérdidas internas del sistema, por lo que se deben realizar correcciones para los cálculos correspondientes (Logan *et al.*, 2006).

El voltaje en circuito abierto (VCA) es la diferencia de potencial máxima entre los electrodos, la cual puede ser medida con el sistema sin conectar una resistencia externa. Teóricamente el VCA se debe acercar a la fuerza electromotriz, sin embargo en la práctica este potencial se reduce por las pérdidas electroquímicas al momento de producir la corriente eléctrica (Logan *et al*, 2006).

1.14. PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LA GENERACIÓN DE CORRIENTE ELECTRICA.

De acuerdo con Clauwaert *et al.*, (2008) las pérdidas de energía dentro del sistema se pueden clasificar en pérdidas por sobrepotencial en los electrodos y pérdidas óhmicas.

Las pérdidas por sobrepotencial se presentan en los electrodos y son descritas como resultado de la resistencia que ofrecen los electrodos a la transferencia de electrones. Dentro de esta categoría existen pérdidas por activación es decir debido a que se requiere consumir energía para iniciar la reacción por parte de las bacterias y las debidas al fenómeno de polarización de la concentración. Este fenómeno aparece cuando la velocidad de oxidación de los compuestos en la superficie del ánodo es más rápida que la velocidad a la cual se transportan los compuestos reducidos a la superficie del electrodo, lo que genera una disminución en la generación de corriente.

Las pérdidas óhmicas pueden ser causadas por dos tipos de fenómenos: el transporte de energía a través de los electrodos y el transporte de iones en el electrolito (Clauwaert *et al.*, 2008). Por lo tanto, la fuerza electromotriz puede representarse por la siguiente ecuación (Clauwaert *et al.*, 2008):

$$E_{fem} = VCA - E\eta - E\Omega \quad (3)$$

Donde:

E_{fem} es el potencial de la fuerza electromotriz (Volts)

VCA es el voltaje en circuito abierto (Volts)

$E\eta$ son las pérdidas por sobrepotencial (Volts)

$E\Omega$ son las pérdidas óhmicas (Volts)

1.15. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN Y EFICIENCIA COULÓMBICA

A diferencia de otros sistemas, las CCM teóricamente podrían obtener un cien por ciento de la energía disponible ya que la transformación es directa y no existen pérdidas por calor. Sin embargo existen limitantes intrínsecas del sistema que no hacen posible esta teoría, como ya se mencionó en el punto anterior.

Generar potencia es el principal objetivo en las CCM, por lo que la eficiencia energética es un factor clave para describir el desempeño del sistema. La eficiencia coulombica es un término que relaciona los electrones disponibles en el sustrato y los electrones recuperados por el sistema. Para un sistema por lote alimentado, dicha eficiencia puede ser estimada integrando el término de la corriente eléctrica generada con respecto al tiempo del lote, este término es el equivalente a los electrones recuperados por el sistema (Logan *et al.*, 2006).

$$\epsilon_{Cb} = \frac{M \int_0^{tb} I dt}{F b \nu_{An} \Delta DQO} \quad (4)$$

Donde:

ϵ_{Cb} es la eficiencia Coulombica

M es el peso molecular del aceptor de electrones (32 para el oxígeno por ejemplo)(g mol⁻¹)

I es la corriente eléctrica generada (A)

F es la constante de Faraday (C mol⁻¹)

b es el número de electrones transferidos (4 electrones por cada mol de oxígeno)

ν_{An} es el volumen del líquido del compartimento anódico (L)

ΔDQO es el cambio de la demanda química de oxígeno en el tiempo t_b (g L⁻¹)

t_b es el tiempo de duración del lote

Para el caso de sistemas continuos el cálculo es realizado en base al estado estacionario de la corriente eléctrica resultando (Logan *et al.*, 2006):

$$\epsilon_{cb} = \frac{MI}{Fbq\Delta DQO} \quad (5)$$

Donde:

ϵ_{cb} es la eficiencia Coulombica

M es el peso molecular del aceptor de electrones (32 para el oxígeno por ejemplo)(g mol⁻¹)

q es la velocidad de flujo volumétrico de la entrada de sustrato al sistema.

I es la corriente eléctrica generada (A)

F es la constante de Faraday (C mol⁻¹)

b es el número de electrones transferidos (4 electrones por cada mol de oxígeno)

ΔDQO es el cambio de la demanda química de oxígeno en el tiempo t_b (g L⁻¹)

Esta eficiencia puede ser afectada por distintos fenómenos (ver inciso 1.10), por ejemplo en los casos en los que existen aceptores de electrones alternativos al ánodo y en procesos de competencia entre microorganismos electroquímicamente activos y aquellos que no son capaces de ceder sus electrones al ánodo (Logan *et al.*, 2006).

1.16. GENERACION DE VOLTAJE Y CORRIENTE

Las CCM siguen las leyes de electricidad, por lo cual el voltaje se encuentra en función de la resistencia externa que es colocada en el circuito. Siguiendo la ley de Ohm que se expresa como:

$$V = I \cdot R_{ext} \quad (6)$$

Donde:

V es el voltaje (Volts)

I es la corriente (Ampers)

R_{ext} es la resistencia (Ohms)

Debido a que la corriente generada en estos sistemas es pequeña (en el orden de mA o μ A), es más preciso determinarla midiendo la diferencia de potencial y calcular la corriente generada a partir de la ley de Ohm.

En las CCM la generación de electricidad se encuentra en función de las colonias microbianas, de la capacidad y rapidez de colonizar y transferir energía al electrodo ya sea ánodo o cátodo.

Una forma útil de expresar la energía generada es por medio de la potencia, la cual se encuentra definida por el voltaje y la corriente eléctrica del sistema.

$$P = V \cdot I \quad (7)$$

Donde:

P es la potencia (Watts)

V es el voltaje (Volts)

I es la corriente (Ampers)

Con la finalidad de comparar la producción de electricidad en dispositivos de diferentes tamaños y arquitecturas, Logan *et al.*, (2006) propusieron normalizar las medidas de corriente y potencia obtenidos en base al área de ánodo. Sin embargo, también se han propuesto otras alternativas como la normalización con respecto al volumen de la celda o al área de la cámara aniónica, las cuales han tenido menor utilidad.

1.17. CURVA DE POLARIZACIÓN Y CURVA DE DENSIDAD DE POTENCIA

Para la producción de electricidad en CCM se busca maximizar la generación de potencia. Como se mencionó anteriormente la potencia se encuentra en función de la diferencia de potencial y la corriente producida en el sistema.

La curva de polarización es una herramienta útil para describir el comportamiento del sistema en cuanto a generación de electricidad. En ésta, la corriente se describe en función del voltaje cambiando la resistencia externa del sistema. A cada valor de resistencia se obtiene un valor de voltaje y su correspondiente valor de corriente. En ésta curva, de manera general, se observan tres regiones: (1) caída rápida del voltaje a baja corriente (pérdidas por activación), (2) una disminución lineal del voltaje (pérdidas óhmicas) y (3) una nueva caída rápida de voltaje a alto valor de corriente (pérdidas por polarización de la concentración (Fig.1.10). A partir de los datos obtenidos en la curva de polarización se calcula la potencia generada a cada valor de resistencia y posteriormente se normalizan los datos con respecto al área (por ejemplo el área de contacto del ánodo). La finalidad de la realización de la curva de densidad de potencia es encontrar el punto máximo de potencia, que servirá de referencia para colocar el valor apropiado de la resistencia externa para maximizar la energía obtenida (Logan *et al*, 2006).

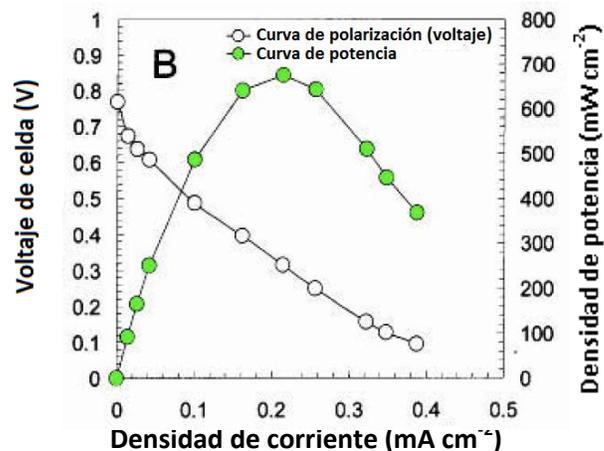


FIGURA 1.10. Ejemplo de una curva de polarización y curva de densidad de potencia (Logan, 2008).

1.18. ANTECEDENTES EN GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN AGUAS RESIDUALES.

Los primeros trabajos realizados utilizando aguas residuales como fuente de alimentación fueron reportados en el año 2004, de un mismo grupo de trabajo. Min y Logan (2004) utilizaron la arquitectura de dos cámaras, mientras que Liu *et al.*, (2004) utilizaron CCM de una sola cámara. En ambos trabajos se utilizó como inóculo y fuente de alimentación agua residual doméstica clarificada de una planta de tratamiento. Los cátodos fueron cubiertos con un catalizador de platino, para mejorar las reacciones de oxidación con el oxígeno suministrado a través de bombas de aire. Los sistemas en ambos trabajos fueron operados en continuo, con temperatura controlada (30°C). Las potencias promedio obtenidas fueron 72 mW/m² (470 Ω)(Min y Logan, 2004) y 26 mW/m² (69 Ω)(Liu *et al.*, 2004).

Sin embargo, aunque Min y Logan (2004) obtuvieron mayor generación de potencia, observaron menor porcentaje de remoción de la carga orgánica como Demanda Química de Oxígeno (DQO) con un 46%, en comparación con Liu *et al.*, (2004), quienes obtuvieron remociones hasta del 80%. En ambos trabajos se concluye que este hecho está relacionado con el tiempo de retención hidráulico (TRH), con un TRH corto se aumenta la generación de electricidad y se disminuye la remoción de carga orgánica y viceversa con un TRH largo se aumenta la remoción de carga orgánica y disminuye la generación de electricidad.

Posteriormente Mohan *et al.*, (2007) realizaron un estudio de la influencia de la carga orgánica sobre la generación de electricidad. Este experimento fue realizado en celda de dos cámaras, en este caso los electrodos no fueron cubiertos por ningún catalizador. Agua residual sintética con cuatro distintas cargas orgánicas fue preparada (0.517, 0.574, 0.646 y 1.033 kg DQO/m³ día) y suministrada en la cámara anódica. La potencia máxima fue alcanzada con la carga orgánica de 0.574 (62.5 % de remoción de DQO), con el aumento de la carga orgánica ellos observaron una disminución de generación de electricidad.

También en el año 2007 Ghangrekar y Shinde presentaron un trabajo en celdas de una sola cámara, donde estudiaron el efecto de la distancia entre electrodos (cátodo y ánodo) y del tamaño del ánodo sobre la generación de electricidad. El estudio fue realizado utilizando como fuente de alimentación agua residual sintética, manteniendo temperatura y pH controlados (28 ± 2 °C y pH controlado entre 7.2-7.6). Las distancias entre electrodos probadas fueron 20, 24 y 28 cm, mientras que los tamaños de ánodo fueron 70.21, 140.43 y 210.64 m² de superficie. Ellos encontraron que la distancia de 20 cm fue la que mayor generación de electricidad permitió con una potencia de 10.9 mW/m², con un porcentaje de remoción de 88% de DQO. Con referencia al tamaño del ánodo observaron que mientras mayor era el área del electrodo, la densidad de potencia era menor, lo cual atribuyen al tamaño del reactor. Es decir, que la proporción de superficie de electrodo y tamaño de la celda no eran adecuados, pero que para celdas de mayor volumen es apropiado aumentar el tamaño del ánodo.

En el año 2010 fue presentado otro trabajo en el cual se demuestra el efecto que tiene la carga orgánica sobre la generación de energía eléctrica y la eficiencia de remoción de materia orgánica (Mohan *et al.*, 2010). La celda utilizada fue de dos cámaras, la cual fue operada por lote alimentado utilizando agua residual de una industria lechera como fuente de alimentación. El agua residual fue recirculada en la cámara anódica durante la operación. Cuatro cargas orgánicas fueron evaluadas: 0.45, 0.71, 2.67 y 4.44 kg DQO/m³. En ambos fenómenos (generación de electricidad y eficiencia de remoción de carga orgánica) se observó que al incrementar la carga se aumentó la remoción y la energía generada: 0.45 kg DQO/m³ (67.69%, 0.65 W/m³), 0.71 kg DQO/m³ (86.67%, 0.83 W/m³), 2.67 kg DQO/m³ (92.95%, 0.88 W/m³) y 4.44 kg DQO/m³ (95.49%, 1.1 W/m³).

Hasta este punto los antecedentes presentados fueron realizados en celdas de combustible microbiano que no incorporan en su diseño la presencia de plantas. Esto debido a que dichos trabajos con plantas en celdas de combustible microbiano y aguas residuales fueron estudiados a partir del año 2011. A continuación se

presentan los antecedentes concernientes al uso de humedales artificiales como celdas de combustible microbiano de sedimento.

Mohan *et al.*, (2011) presentaron el primer trabajo con aguas residuales en un humedal artificial de flujo superficial. El experimento fue dividido de acuerdo con la carga orgánica que era suministrada, al inicio del experimento utilizaron agua residual doméstica (420 mg/L de DQO) y posteriormente agua residual de una destilería (620 y 1350 mg/L de DQO). La especie utilizada en este experimento fue *Eichhornia crassipes*, una planta flotante de rápido crecimiento encontrada principalmente en cuerpos de agua contaminados. Además de las plantas, estos autores incorporaron caracoles (*Cyphoma gibbosum*), estos fueron adicionados con la finalidad de mantener controlado el crecimiento de alga dentro del sistema (Fig. 1.11). El sistema fue operado en modo continuo en un tanque con un volumen de trabajo de 24 L con un flujo de 20 L/día.

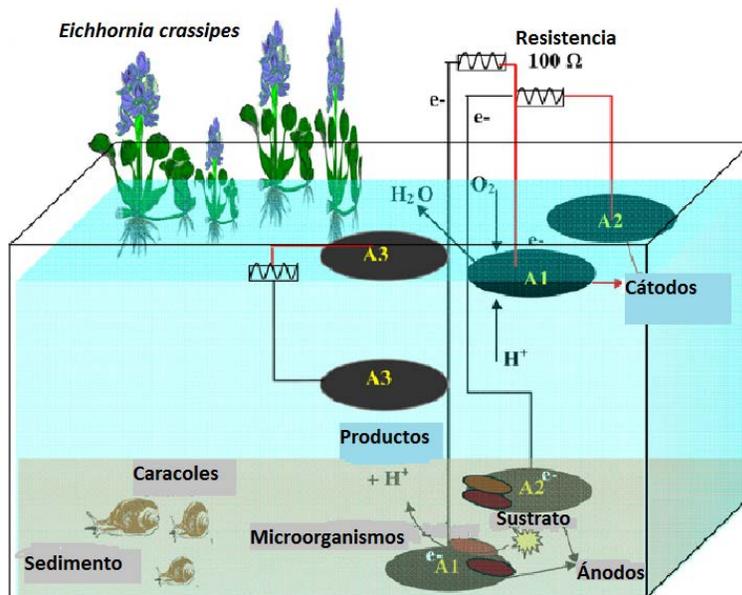


FIGURA 1.11. Dibujo del primer humedal de flujo superficial acoplado a una CCM para el tratamiento de agua residual (Mohan *et al.*, 2011)

Los resultados presentados por Mohan *et al.*, (2011) muestran el mismo comportamiento que las celdas sin planta presentada con anterioridad. Es decir, tanto la generación de electricidad como la eficiencia de remoción de materia

orgánica son mejoradas con el aumento de la carga orgánica. En la operación con agua residual domestica no presentan datos de la máxima densidad de potencia. Para la operación con agua residual de destilería en la primera etapa (620 mg/L de DQO) la potencia máxima alcanzada 16.72 mW/m^2 , mientras que para el segundo periodo (1350 mg/L de DQO) fue de 21.93 mW/m^2 en un solo par de electrodos.

En 2012 Yadav *et al.*, presentaron un trabajo en un humedal de flujo vertical para el tratamiento de agua residual, a la cual le adicionan azul de metileno, esto con la finalidad de observar la remoción del colorante a diferentes concentraciones. La especie de planta utilizada en este humedal fue *Canna indica*, la cual fue utilizada por los mismo autores en otros humedales (Fig. 1.12). Las concentraciones de colorante utilizadas fueron 500, 1000, 1500 y 2000 mg/L de azul de metileno. El humedal fue operado por lotes. Los resultados mostraron que la mayor remoción de colorante fue obtenida a la menor concentración (500 mg/L con 93.15% de remoción). La generación de electricidad disminuyó con el incremento de la concentración de azul de metileno, esto debido a los altos niveles de toxicidad. La mayor potencia generada fue registrada con la concentración de 1000 mg/L de colorante, de 15.73 mW/m^2 .

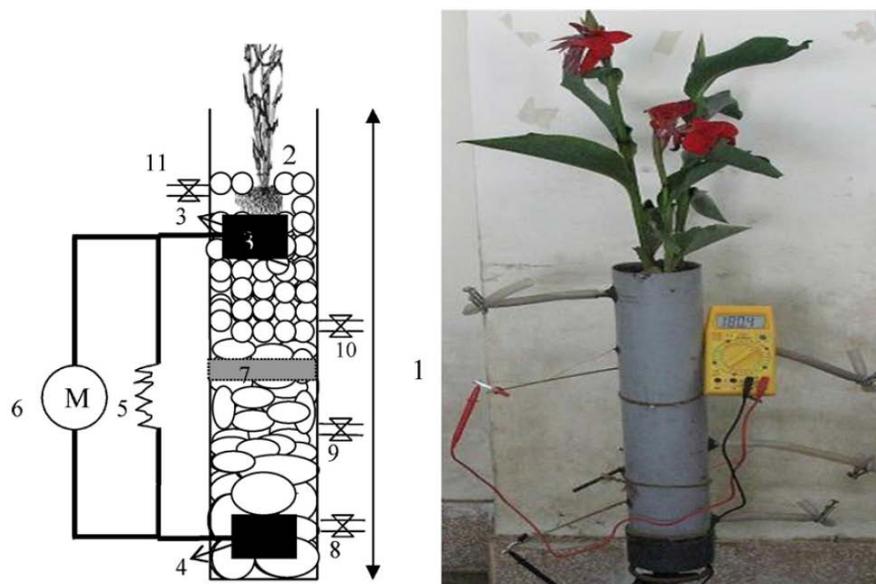


FIGURA 1.12. Humedal de flujo vertical utilizado para la remoción de colorante y generación de energía eléctrica (Yadav *et al.*, 2012).

En 2013 Chiranjeevi *et al.*, realizaron la continuación de trabajo presentado por Mohan *et al.*, en el 2011 en el mismo humedal de flujo superficial (Volumen de trabajo de 24 L). Trabajaron nuevamente con agua residual doméstica y agua residual de una destilería, pero con diferentes cargas orgánicas. La carga del agua residual doméstica fue de 124 mg/L de DQO, mientras que las cargas con agua de la destilería fueron 146 y 180 mg/L de DQO. El sistema fue operado en continuo con un flujo de 2.2 L/día.

En este nuevo trabajo los autores (Chiranjeevi *et al.*, 2013) incorporaron nuevas especies de plantas, tanto plantas emergentes como sumergidas. Las plantas emergentes utilizadas fueron: *Bryophyllum pinnatum*, *Solanumlyco persicum*, *Oryza sativa*, *Lycopodium* y *Adiantum*; las plantas sumergidas fueron: *Hydrilla verticillata* y *Myriophyllum*. Mientras que caracoles (*Cyphoma gibbosum*) fueron la fauna presente en el humedal. Además de la remoción de material orgánica y generación de electricidad, la concentración de oxígeno disuelto fue monitoreada a distintas horas del día, a la entrada y salida del humedal.

Los resultados de este trabajo mostraron nuevamente un aumento de la generación de electricidad con el aumento de la carga orgánica de 3.07 a 4.18 mA en la primera y segunda etapa del experimento (del agua residual doméstica de 124 mg/L de DQO al agua residual de la destilería 146 mg/L de DQO), sin embargo en un segundo aumento de la carga orgánica (de la segunda a la tercera etapa de agua residual de la destilería de 146 a 180 mg/L de DQO) se observó un comportamiento desfavorable disminuyendo la generación de electricidad de 4.18 a 2.66 mA. Por otro lado, se observó la disminución de la eficiencia de remoción con el aumento de la carga orgánica, en la primer etapa con 87.9%, 82.88% en la segunda y 82.22 en la tercera, lo cual discrepa con lo reportado por el mismo grupo de trabajo anteriormente (Mohan *et al.*, 2011).

Con referencia a las concentraciones de oxígeno disuelto dentro del humedal, se observó que durante las mañanas (8 a.m.) las concentraciones fueron menores con respecto a las de las tardes (4 p.m.), así como también las concentraciones

fueron disminuyendo con el aumento de la carga orgánica (Tabla 1.2). Estos cambios son atribuidos a la actividad fotosintética tanto de plantas sumergidas y algas presentes en el humedal, presentando mayores concentraciones a la salida del humedal con respecto a las concentraciones de entrada.

TABLA 1.2. Concentraciones de oxígeno disuelto en un humedal artificial de flujo superficial. Elaborada a partir de datos de Chiranjeevi *et al.*, 2013.

Hora	Agua residual doméstica 124 mg/L de DQO	Agua de la destilería 1 146 mg/L de DQO	Agua de la destilería 2 180 mg/L de DQO
Mañanas (8 a.m.)	3.9 mg O ₂ /L	3.1 mg O ₂ /L	2.9 mg O ₂ /L
Tardes (4 p.m.)	5.4 mg O ₂ /L	4.8 mg O ₂ /L	4.2 mg O ₂ /L

De acuerdo a los antecedentes presentados en esta sección los trabajos con CCMSP son pocos, en los cuales se ha utilizado diferentes tipos de vegetación, plantas flotantes, emergentes y sumergidas. Estos sistemas se han trabajado en humedales artificiales de flujo superficial y vertical, pero no en humedales de flujo subsuperficial. El uso de humedales de flujo sub-superficial ha sido registrado solo en sistemas donde la rizodeposición de las plantas es la fuente de “combustible” (De Schamphelaire *et al.*, 2008a; Cervantes-Alcalá *et al.*, 2012), y no se ha estudiado a fondo el efecto que los sustratos (soportes para plantas) pueden tener en la generación de electricidad y tratamiento de aguas residuales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio climático es un problema global y preocupante y las investigaciones en busca de fuentes alternativas y renovables de energía han surgido como respuesta a este problema. Además de las necesidades energéticas, el tratamiento de aguas residuales es una necesidad del mundo actual. Buscando solución a estos dos problemas al mismo tiempo surge la tecnología de las CCMSP como una alternativa prometedora para la generación de energía a partir de desechos, en particular de aguas residuales.

Las investigaciones con CCMSP se han realizado en humedales de flujo superficial y vertical. La falta de información en sistemas de humedales de flujo subsuperficial presenta una posibilidad de explorar un nuevo tipo de sistemas en CCMSP para la depuración de aguas residuales. En México y en particular en el Estado de Veracruz se cuentan con plantas hidrófitas que pueden ser de uso potencial para la tecnología de CCMSP, por lo que es necesario evaluar el potencial de plantas de humedales tropicales en estos sistemas en condiciones ambientales.

HIPÓTESIS

Es posible mejorar la generación de electricidad en humedales artificiales de flujo sub-superficial usados como CCMSF a partir del tratamiento de agua residual doméstica (sintética) con respecto al uso de humedales artificiales de flujo superficial.

JUSTIFICACIÓN

En las costas del Golfo de México se presentan condiciones ambientales favorables para el desempeño de dispositivos de generación de energía eléctrica que son dependientes de la temperatura y radiación solar como son las CCMSP. Por ello se piensa que para el futuro de esta tecnología sería más fácil realizar el proceso de escalamiento sin inversión de energías extras para realizar el proceso de producción de energía eléctrica.

La instalación de sistemas de generación de electricidad en los humedales artificiales puede disminuir las emisiones de metano que se generan de forma natural en los humedales y que representan un punto negativo en la implementación de estos sistemas de tratamiento de aguas residuales. El uso de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales es de los tratamientos más baratos y además los humedales obtendrían un valor agregado al servir como fuentes generadoras de energía.

Los humedales de flujo subsuperficial presentan ventajas en los procesos de remoción de contaminantes en el tratamiento de aguas residuales sobre los humedales de flujo superficial. Esto debido a que el soporte para plantas proporciona mayor área para crecimiento bacteriano, este hecho podría generar beneficios en los procesos de generación de energía eléctrica si son utilizados como CCMSP. Debido a que la generación de energía utilizando humedales artificiales de flujo subsuperficial con agua residual no ha sido explorada, se desconoce el comportamiento de estos sistemas.

Lo anterior genera la posibilidad de explorar un nuevo tipo de sistemas en el campo de las CCMSP. El estudio de este tipo de sistemas podría ayudar a mejorar el entendimiento del comportamiento de las CCMSP, para el proceso de escalamiento de esta tecnología.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el uso de CCMSP en humedales artificiales de flujo sub-superficial para la generación de energía eléctrica y la remoción de contaminantes en el tratamiento de agua residual doméstica (sintética).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir las celdas de combustible microbiano de sedimento-planta (CCMSP).
- Seleccionar la(s) planta(s) nativas de humedales naturales en el estado de Veracruz para utilizar en las CCMSP.
- Seleccionar el sustrato (soporte para plantas) que permita la mayor generación de electricidad.
- Caracterizar electroquímicamente los sistemas (generación de electricidad y comportamiento polarimétrico)
- Determinar la eficiencia de remoción de contaminantes de las aguas residuales en el efluente del tratamiento con las CCMSP.
- Determinar la influencia del sistema de electrodos en la remoción de contaminantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos concernientes al presente trabajo fueron realizados en condiciones ambientales naturales dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Veracruz en la ciudad de Veracruz, México (19° 12' 30" latitud N y 96° 05' 00" longitud O, altitud media sobre el nivel del mar de 10 metros), la cual presenta una temperatura media anual de 25.3 °C y precipitación media anual de 1500 mm. En total se realizaron dos experimentos, a continuación se presenta la metodología que compartieron ambos y posteriormente se detalla la metodología específica para cada fase experimental.

Los electrodos (ánodos y cátodos) utilizados fueron fabricados con hilo de grafito de 3 mm de diámetro (ICYTSA, México). Los cuales fueron conectados hacia el exterior con cable de cobre estañado. Las uniones del hilo de grafito y el cable de cobre fueron aisladas con tubo termo-contráctil (thermofit) (STEREN, México), con la finalidad de evitar procesos de oxidación (Fig. 2.1).



FIGURA 2.1. Fabricación de electrodos de grafito.

Se construyeron e instalaron piezómetros de acuerdo a Peralta-Peláez *et al.* (2009), realizando adecuaciones de acuerdo a los humedales construidos. Por medio

de los piezómetros se monitorearon los siguientes parámetros en el fondo de los humedales: oxígeno disuelto, pH, temperatura, conductividad y potencial óxido-reducción (Oxidation Reduction Potential: ORP de sus siglas en inglés), por medio un equipo multiparamétrico modelo HI9828 (Hanna Instruments, USA).

La vegetación hidrófita utilizada fue colectada en un humedal natural en el Centro de Investigaciones Costeras de La Mancha (CICOLMA) ubicado en la zona costera central del estado de Veracruz, México. Las especies de plantas utilizadas fueron *Pontederia sagittata* y *Eleocharis interstincta*. Ambas especies son hidrófitas emergentes características de los humedales herbáceos de la planicie costera central de Veracruz, México (Moreno-Casasola *et al.*, 2010). Las dos especies de plantas han sido utilizadas en el tratamiento de aguas residuales con altas cargas orgánicas exitosamente (Olguín *et al.*, 2008; Tapia-González *et al.*, 2009), lo cual las posiciona como adecuadas para su utilización en CCMSP en humedales de flujo subsuperficial.

Del mismo sitio donde fueron colectadas las plantas fue extraído lodo, con el cual fueron inoculados los humedales artificiales para el inicio de su operación. Debido a que los humedales permanecen bajo inundación la mayor época del año, las colonias bacterianas encontradas en ellos son en su mayoría anaerobias. Para la generación de electricidad en CCM se necesitan en el ánodo comunidades bacterianas anaerobias, por lo que el lodo de los humedales es una buena fuente de inóculo.

Los voltajes generados fueron monitoreados en tres intervalos al día: a) de 8 a 10 a.m., b) de 12 a 2 p.m. y c) de 6 a 8 p.m., con un multímetro Fluke modelo 289 (Fluke Corporation, USA) durante cada intervalo los voltajes fueron registrados cada hora a menos que se especifique. La corriente generada fue calculada por medio de la ley de Ohm y la potencia por medio de la relación $P= I.V$, donde P es la potencia, I es la corriente y V es el voltaje. Las corrientes y potencias registradas fueron normalizadas al área superficial de ánodo, de acuerdo con lo sugerido por Logan *et al.* (2006).

En el afluente y efluente de los humedales fueron determinados los siguientes parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO) (método de refluo cerrado), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$) (método de Nessler), Nitrogeno como nitratos ($N-NO_3^-$) (método del ultravioleta) y Fosfatos(PO_4^{3-}) (método del ácido Vanadomolibdofosfórico) (APHA, 1998), esto con la finalidad de determinar porcentajes de remoción de contaminantes. En el anexo A se detallan las técnicas aquí mencionadas.

Los humedales fueron alimentados con agua residual sintética (ARS), cuya composición se presenta en la Tabla 2.1, usando sacarosa como fuente principal de carbono.

TABLA 2.1. Composición del agua residual sintética utilizada.

Componente	Concentración (mg/L)
Sacarosa	200
KH_2PO_4	19
K_2HPO_4	19
NH_4Cl	60
$CaCl_2$	20
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	25

2.1. EXPERIMENTO1: EFECTO DEL SUSTRATO SOBRE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN CCMSP.

Este experimento fue realizado con la finalidad de determinar el efecto del sustrato (soporte de las plantas) sobre la generación de energía eléctrica en las CCMSP. Se probaron tres sustratos: arena, tezontle y grava.

Las CCMSP fueron fabricadas utilizando contenedores cilíndricos de plástico con un volumen total de 19 L (26 cm de diámetro y 36 cm de altura) y un volumen de

trabajo de 18L (Fig. 2.2), en todos los casos el sustrato fue colocado hasta una altura de 30 cm. Cuatro CCMSP fueron construidas por cada sustrato, tres con plantas y un blanco sin plantas. Las celdas son referidas posteriormente con la letra inicial del nombre del sustrato (por ejemplo las celdas con tezontle son TB para el blanco, T1, T2 y T3). Para este experimento las especies hidrófitas utilizadas fueron *Pontederia sagittata* y *Eleocharis interstincta*.

Los electrodos utilizados como ánodos contaron con 500 cm² de área superficial, mientras los cátodos con 300 cm². Los ánodos fueron colocados a 10 cm del fondo del contenedor y los cátodos fueron colocados sobre la superficie del sustrato a 30 cm del fondo. Esto se hizo con el objetivo de mantener condiciones anaerobias en el ánodo y condiciones de aerobias en el cátodo.

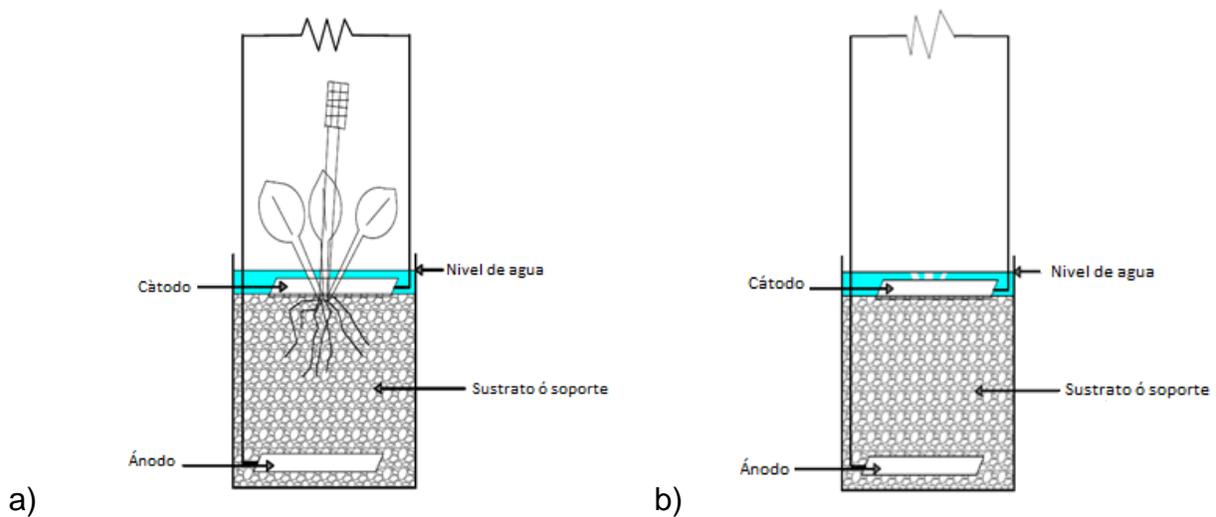


FIGURA 2.2. Esquema de las CCMSP construidas para el primer experimento. a) Celdas con planta y b) Celdas blanco.

Al inicio del experimento todas las CCMSP fueron operadas en circuito abierto (10 días), posteriormente los circuitos de tres CCMSP de cada sustrato fueron cerrados con resistencias de 82 Ω (dos con plantas y el blanco) para evaluar la generación de corriente y potencia (las celdas A3, T3 y G3 se mantuvieron en circuito abierto los cuales fungieron como controles), en este experimento el registro de

voltajes se realizó solamente una vez en cada intervalo del día. Al inicio del experimento todos los reactores fueron inoculados con 100 g de lodo del mismo lugar donde fueron colectadas las plantas (CICOLMA), con la finalidad de asegurar la presencia de consorcios anaerobios

Para este primer experimento los humedales fueron operados por lotes, cada lote con una duración de cinco días, los lotes fueron alimentados en la superficie de cada celda con agua residual sintética (Tabla 2.1). Los parámetros fisicoquímicos (O.D., pH, temperatura, conductividad y ORP) fueron monitoreados una vez al día en un horario de 5 a 6 p.m.

Durante el experimento se realizaron dos ciclos de 24 horas, en los cuales se realizaron mediciones de parámetros físico-químicos con el equipo multiparamétrico HI9828 cada dos horas y monitoreo de voltajes cada hora.

2.2. EXPERIMENTO 2: INFLUENCIA DE LA PRESENCIA DE ELECTRODOS EN EL HUMEDAL SOBRE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN EL AGUA RESIDUAL SINTÉTICA.

Para este experimento las CCMSP fueron fabricadas utilizando contenedores rectangulares de plástico (39 cm de ancho, 69 cm de largo y 30 cm de altura) con un volumen total de 94.1 L y un volumen de trabajo de 80.7 L. Se colocaron en total doce CCMSP, todas con plantas (tres individuos por celda), de las cuales nueve fueron instaladas con electrodos y tres blancos sin electrodos (Fig. 2.3).

Las nueve celdas con electrodos se dividieron en tres series (A, B y C), de acuerdo al tamaño de la planta colocada. En la serie A el tamaño promedio de las plantas fue de 25.88 cm, en la serie B de 33.08 cm y en la serie C de 40.27 cm. La especie hidrófita utilizada fue *Pontederia sagittata* y se usó como sustrato grava para construcción. El sustrato fue colocado hasta una altura de 25 cm.



FIGURA 2.3. Celdas de Combustible Microbiano de Sedimento Planta (CCMSP) utilizadas para el experimento dos, especie hidrófita: *Pontederia sagittata*.

Los electrodos fabricados para este experimento como ánodos contaron con un área superficial de 5000 cm^2 y los cátodos con 3000 cm^2 . Los ánodos fueron colocados a 5 del fondo del contenedor, mientras que los cátodos fueron situados sobre la superficie del sustrato a 25 cm de altura.

Desde el inicio del experimento se colocaron resistencias de 100Ω para evaluar la generación de corriente y potencia en las celdas, normalizando los datos con respecto al área del ánodo. El monitoreo de parámetros fisicoquímicos fue realizado tres veces al día de acuerdo a los horarios de monitoreo de voltajes.

El agua residual sintética suministrada fue preparada en un tanque de 1000 L y distribuida por medio de un sistema de goteo a cada CCMSP, las celdas fueron alimentadas de manera continua con un flujo de 9 mL/min , con un tiempo de retención de tres días.

Este experimento fue separado en cuatro periodos de acuerdo a la carga orgánica suministrada a las CCMSP. La variación de la carga orgánica se realizó cambiando la concentración de sacarosa en el agua residual sintética (Tabla 2.2), dejando los demás componentes de acuerdo a la Tabla 2.1.

El primer periodo tuvo una duración de treinta y tres días, en el cual la alimentación contenía una concentración de 600 mg/L de sacarosa. Durante este periodo el agua residual sintética fue suministrada en la superficie de las celdas y el efluente fue colectado en la parte inferior de los contenedores, después de haber cumplido con el tiempo de retención especificado. En el segundo periodo la concentración de sacarosa fue elevada a 1800 mg/L, dejando la alimentación y la recolección de muestras de la misma manera que en el primer periodo. Este periodo duró veintisiete días en operación.

Para el tercer periodo (treinta días) la concentración de sacarosa fue disminuida a 600 mg/L. La alimentación de agua residual sintética a las celdas fue cambiada a la parte inferior y la recolección de muestras del efluente se llevó a cabo en la superficie de los contenedores. En el cuarto y último periodo la concentración de sacarosa en el agua residual sintética fue disminuida a 200 mg/L, este periodo tuvo una duración de quince días.

TABLA 2.2. Variación de la concentración de la fuente de carbono para observar el efecto de la carga orgánica sobre la generación de energía eléctrica.

Periodo	Carga orgánica (mg sacarosa/L)	Duración (días)	Alimentación
1	600	33	Superficie
2	1800	27	Superficie
3	600	30	Fondo
4	200	15	Fondo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. EXPERIMENTO 1: EFECTO DEL SUSTRATO SOBRE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN CCMSP.

Los primeros diez días de este experimento las CCMSP fueron operadas en circuito abierto. Del día 1 al 7 las celdas usaron la rizodeposición de las plantas como fuente de alimento, ya que solo se agregó agua potable a las celdas. En este periodo las celdas con arena y grava mostraron potenciales por debajo de 100 mV, mientras que las celdas con tezontle mostraron potenciales de hasta 800 mV (Fig. 3.1). Estos potenciales son característicos de CCMSP utilizando rizodeposición como fuente de alimento (De Schamphelaire *et al.*, 2008a).

En el día 7 fue suministrado el primer lote de agua residual sintética. Un día después de agregar el agua residual, las celdas con grava incrementaron los potenciales a 800 mV, sin embargo las CCMSP con arena y tezontle disminuyeron los potenciales. En el caso del tezontle se invirtió la polaridad hasta -800 mV (Fig. 3.1). Este comportamiento no ha sido observado con anterioridad y puede estar ocasionado por la composición química de los sustratos.

Al final de éste periodo se observó el crecimiento de algas en la superficie de las CCMSP, siendo éste más evidente en las celdas con grava. La aparición de algas en cuerpos de agua dulce se encuentra relacionado con el aumento de la concentración de nutrientes, principalmente nitrógeno y fosforo, y es comúnmente encontrado en sistemas de tratamiento de aguas como lagunas de estabilización y humedales (Yeh *et al.*, 2011).

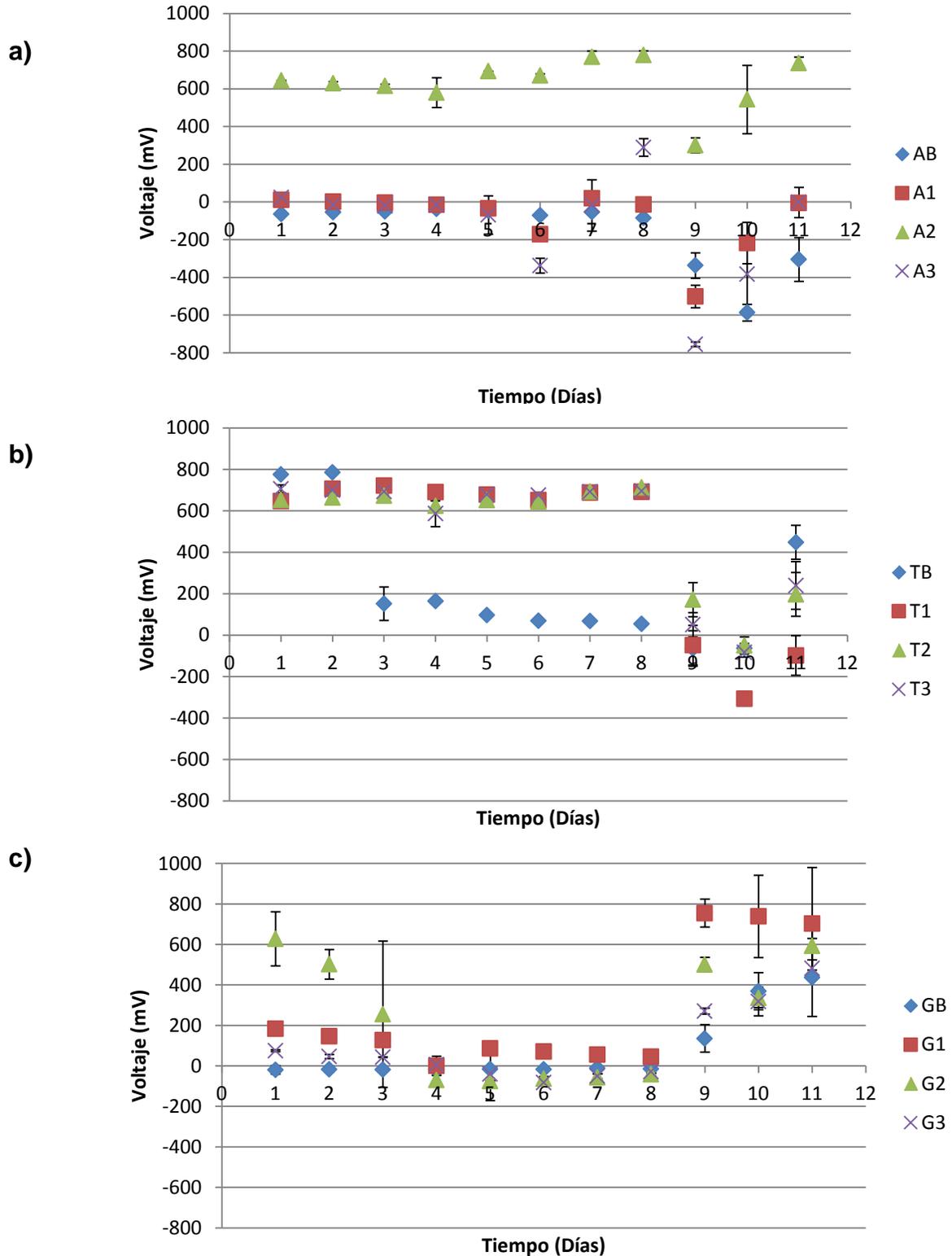


FIGURA 3.1. Voltajes de las CCMSP con distintos sustratos durante el periodo en circuito abierto. En el día 8 se agregó el primer lote de agua residual sintética. a) arena, b) tezontle y c) grava.

AB=celda blanco con sustrato de arena
 TB=celda blanco con sustrato de tezontle
 GB=celda blanco con sustrato de grava

A1, A2, A3=celdas con arena 1,2 y 3
 T1, T2, T3=celdas con tezontle 1,2 y 3
 G1, G2, G3=celdas con grava 1,2 y 3

En el décimo día se cerraron los circuitos de las celdas para evaluar la generación de corriente eléctrica. En el periodo de circuito cerrado se observó que las celdas con grava y plantas presentaron una tendencia a aumentar sus potenciales después de la adición de cada lote nuevo de agua residual sintética. Por ejemplo la celda G1 en el primer lote obtuvo un potencial máximo diario de 270 mV, mientras que para el tercer lote el potencial máximo diario incremento a 480 mV. Sin embargo, el blanco (GB) tuvo un comportamiento inverso al disminuir sus potenciales máximos, de 570 mV en el primer lote a 430 mV en el tercer lote (Fig. 3.2c). Este comportamiento muestra la importancia de la planta en el proceso de generación de electricidad, lo cual concuerda con lo reportado por De Schamphelaire *et al.* (2008a) y Cervantes-Alcalá *et al.* (2012), quienes demostraron que las celdas con plantas generan mayor electricidad que las celdas sin plantas.

Las CCMSP con arena no presentaron incremento en la generación de corriente aún con el suministro de agua residual sintética, alcanzando potenciales por encima de los 100 mV (Fig. 3.2a). Este hecho puede estar ocasionado por problemas de transporte de masa. Este efecto es parecido al reportado por Kaku *et al.*, (2008), quienes realizaron un trabajo en suelo de campo de arroz, en el cual reportan valores de potenciales máximos alrededor de 300 mV.

Las celdas con sustrato de tezontle presentaron un comportamiento inverso al esperado con el aumento de la carga orgánica, ya que los potenciales disminuyeron al inicio de cada adición de agua residual sintética, y aumentaron los potenciales al final de cada lote, aun cuando la fuente de carbono se encontraba agotada, este comportamiento fue más evidente en la celda T2 (Fig. 3.2b). El tezontle es usado en México principalmente en cultivos hidropónicos y en la construcción de humedales artificiales, debido a que es inerte, tiene un pH cercano al neutro y capacidad de intercambio catiónico (CIC)(Trejo-Téllez *et al.*, 2013).

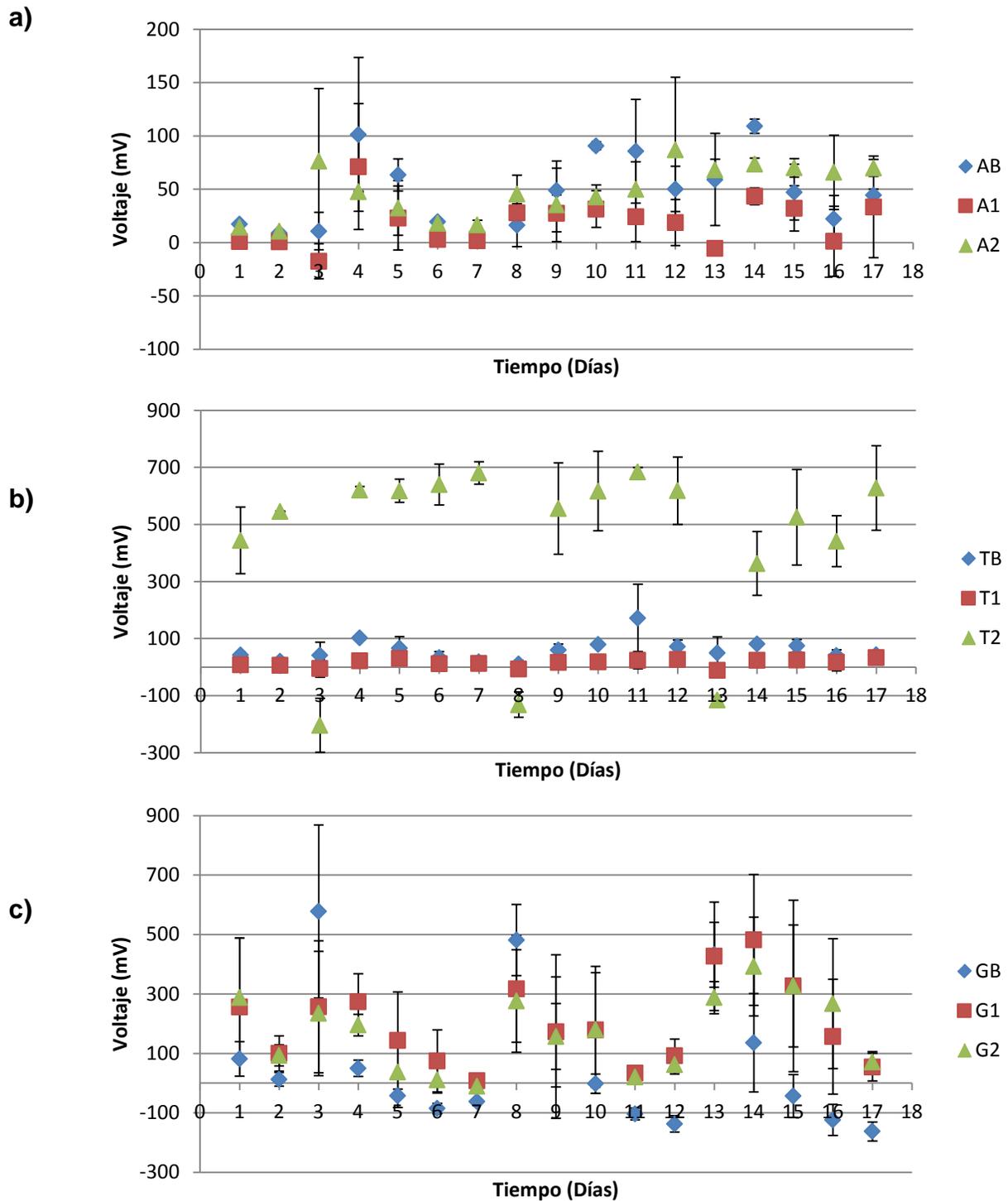


FIGURA 3.2. Voltajes de las CCMSP con distintos sustratos en circuito cerrado. En los días 2, 7 y 12 se suministró el agua residual sintética. a) CCMSP con arena, b) CCMSP con tezontle y c) CCMSP con grava.

AB=celda blanco con sustrato de arena
 TB=celda blanco con sustrato de tezontle
 GB=celda blanco con sustrato de grava

A1, A2, A3=celdas con arena 1,2 y 3
 T1, T2, T3=celdas con tezontle 1,2 y 3
 G1, G2, G3=celdas con grava 1,2 y 3

La capacidad de intercambio de cationes es una propiedad conferida por la composición química del sustrato y en hidroponía es relacionada con el crecimiento de las plantas, ya que debido a esto el sustrato retiene nutrientes (Cationes como K^+ , Ca^+ , Mg^+ , Na^+) y los mantiene disponibles para las plantas (Trejo-Téllez *et al.*, 2013). Aunque la capacidad de intercambio de cationes es baja para el tezontle esta propiedad pudo interferir en la generación de electricidad, al retener los protones generados en la degradación de contaminantes. De igual manera, el tezontle, por su CIC, pudo retener nutrientes en la superficie de las celdas, favoreciendo la degradación aerobia de contaminantes. Por consiguiente al realizarse la degradación aerobia, la concentración de oxígeno disuelto disminuyó alrededor del cátodo, afectando las reacciones de oxidación del mismo.

En la Tabla 3.1 se presentan los valores promedio de corriente y potencia generada en las CCMSP con los distintos sustratos, en donde se observa que la celda T2 fue la que mayor cantidad de corriente generó ($107.18 \pm 74.03 \text{ mA/m}^2$). Sin embargo, dicha celda se consideró como un caso aislado al no presentar un comportamiento similar al de las demás celdas con tezontle; se desconoce el fenómeno relacionado con esta celda, ya que los mayores potenciales fueron alcanzados cuando la carga orgánica se encontraba agotada (después del tercer día). Por lo anterior, se considera que las celdas con grava y plantas fueron las que presentaron mayor generación de corriente y potencia, ya que se registró un comportamiento parecido en todas ellas (Tabla 3.1). Durante la operación de las CCMSP la corriente máxima obtenida en los reactores con grava se generó en la G1 con 8.4 mA, esta corriente es el doble de la corriente obtenida por otros autores en humedales de flujo superficial (Mohan *et al.*, 2011; Chiranjeevi *et al.*, 2013), quienes reportan una corriente máxima de 4.24 y 4.18 mA.

La presencia de algas en el cátodo de las celdas de grava fue el factor clave para la generación de electricidad (Tabla 3.2). Debido al oxígeno liberado durante la actividad fotosintética de éstas, las reacciones de oxidación en el cátodo permitieron una mayor generación de energía eléctrica (Mohan *et al.*, 2009), como se puede

observar en la Tabla 3.2, las celdas con grava presentaron concentraciones de oxígeno disuelto mayores que las celdas con los sustratos de tezontle y arena.

TABLA 3.1. Valores promedio de corrientes y potencias generadas por las CCMSp con distintos sustratos (A=Arena, T= Tezontle y G= Grava), B indica que son las CCMSp blanco.

CCMSp	Corriente (mA/m²)	Potencia (mW/m²)
AB	11.29±9.31	0.52±0.36
A1	4.31±6.69	0.076±0.18
A2	11.83±8.25	0.57±0.28
TB	14.33±11.84	0.84±0.57
T1	3.7±4.56	0.056±0.085
T2	107.18±74.03	47.09±22.47
GB	16.82±57.94	1.16±13.76
G1	47.73±47.01	9.34±9.05
G2	41.31±42.82	6.99±7.51

Habitualmente en textos sobre CCM los autores se limitan a exponer los resultados de corrientes y potencias máximas obtenidas. En el presente trabajo se pueden observar las corrientes y potencias promedio que generaron las celdas durante toda la operación, como consecuencia de esto en la Tabla 3.1 se puede observar que las desviaciones estándar pueden ser mayores que los valores promedio. Estas desviaciones estándar son debidas a la gran variación que se puede presentar en la generación de electricidad en CCMSp.

Como se mencionó anteriormente el proceso de generación de energía eléctrica en CCMSp es dependiente de la radiación solar y de los procesos fotosintéticos de plantas y algas. Por consiguiente, en las horas de oscuridad o en las

primeras horas de la mañana, las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua pueden ser muy bajas o incluso de cero, este hecho afecta las reacciones de oxidación en el cátodo causando potenciales cercanos a 0 mV o incluso diferencias de potencial invertidas, es decir por debajo de 0 mV. Alrededor de las 3 P.M. se registran los potenciales máximos de las celdas durante el día, los cuales se pueden encontrar entre 500-800 mV. Al atardecer, nuevamente disminuye la actividad fotosintética y con ella la concentración de oxígeno disuelto, disminuyendo también la generación de electricidad.

Debido a las variaciones explicadas en el párrafo anterior, si se desea generar valores promedio de corrientes y potencias se puede encontrar con datos de desviaciones demasiado grandes, como es el caso en la Tabla 3.1.

El potencial oxido-reducción puede utilizarse como un indicador de la presencia o ausencia de oxígeno en un medio (aerobiosis o anaerobiosis). Si el ambiente se torna reductor (anaerobio a potenciales menores a 0 mV), indica la presencia de un exceso de electrones, tal es el caso de la cámara aniónica en donde es deseable la prevalencia de condiciones reductoras para una mayor generación de electricidad. En el caso de las celdas con tezontle presentaron potenciales oxido-reducción más reductores (Tabla 3.2) que las celdas con grava. Sin embargo, las celdas con tezontle no presentaron mayor generación de electricidad que las celdas de grava. Lo anterior puede deberse a la falta de oxígeno alrededor del cátodo, haciendo del cátodo el factor limitante para el caso de las celdas con tezontle.

Durante los ciclos de veinticuatro horas se pudo observar la dependencia de estos sistemas a la radiación solar (Fig. 3.3), principalmente en las celdas con grava. El primer ciclo fue realizado iniciando a las 8 a.m. y el segundo a las 6 p.m. Esta dependencia a la radiación solar está relacionada con la liberación de oxígeno por parte de plantas y algas durante la fotosíntesis, ya que en las horas de oscuridad las concentraciones de oxígeno pueden disminuir drásticamente (Kadlec y Wallace, 2009) por la respiración, convirtiendo todo el sistema anaerobio y afectando la generación de electricidad.

TABLA 3.2. Valores promedio de parámetros físico-químicos monitoreados en las celdas durante el periodo de circuito cerrado.

CCMS	Oxígeno disuelto (mg O ₂ /L)	pH	ORP (mV)	Temperatura (°C)	Conductividad (µS/cm)
AB	1.13 ± 1.32	6.87 ± 0.48	-140.39 ± 25.94	27.13 ± 3.3	927 ± 44
A1	1.35 ± 1.25	7.02 ± 0.45	-160.04 ± 15.84	26.13 ± 3.1	819 ± 58
A2	0.52 ± 0.78	6.74 ± 0.38	-174.14 ± 13.55	25.69 ± 3.2	848 ± 77
A3	1.20 ± 1.46	6.99 ± 0.45	-174.22 ± 13.28	26.17 ± 3.3	922 ± 48
TB	0.55 ± 1.20	7.13 ± 0.31	-254.15 ± 41.25	26.63 ± 3.6	791 ± 53
T1	1.07 ± 1.59	6.96 ± 0.38	-206.99 ± 27.32	26.9 ± 3.8	861 ± 81
T2	0.41 ± 0.73	6.99 ± 0.35	-231.18 ± 31.66	26.99 ± 4.03	852 ± 82
T3	0.8 ± 1.13	6.99 ± 0.35	-207.63 ± 23.59	26.58 ± 3.7	853 ± 66
GB	4.08 ± 2.55	7.58 ± 0.39	-155.05 ± 33.67	26.61 ± 4.02	739 ± 55
G1	1.80 ± 1.42	7.27 ± 0.34	-182.72 ± 83.33	26.52 ± 4.07	791 ± 37
G2	1.30 ± 1.17	7.29 ± 0.34	-214.73 ± 128.17	26.53 ± 4.09	807 ± 36
G3	1.30 ± 1.08	7.28 ± 0.33	-200.99 ± 109.16	26.59 ± 4.1	828 ± 24

En el segundo ciclo de 24 horas se obtuvieron las corrientes y potencias máximas generadas en la celda G1, obteniendo potenciales de 903.7 mV, (220.41 mA/m² y 199.18 mW/m²) (Fig. 3.3). Estos valores de corriente son similares a los obtenidos por otros autores en sistemas de flujo libre (Mohan *et al.*, 2011; Chiranjeevi *et al.*, 2013) (Tabla 3.3), sin embargo cabe mencionar que el presente trabajo fue realizado bajo condiciones ambientales naturales. Durante el periodo de realización de este experimento no se registraron precipitaciones pero si eventos de norte, sin embargo no se observó afectación en el desempeño de los sistemas, lo cual muestra la robustez de estos sistemas ante eventos climatológicos.

TABLA 3.3. Comparación de generación de electricidad en humedales usados como CCMSP.

Autor	Densidad de corriente (mA/m ²)	Densidad de potencia (mW/m ²)	Carga orgánica (DQO) mg O ₂ /L	Tipo de humedal
Mohan <i>et al.</i> , 2011	224.93	-	1350	Superficial
Chiranjeevi <i>et al.</i> , 2013	221.75	-	146	Superficial
Este trabajo	220.41	199.18	224	Sub-superficial

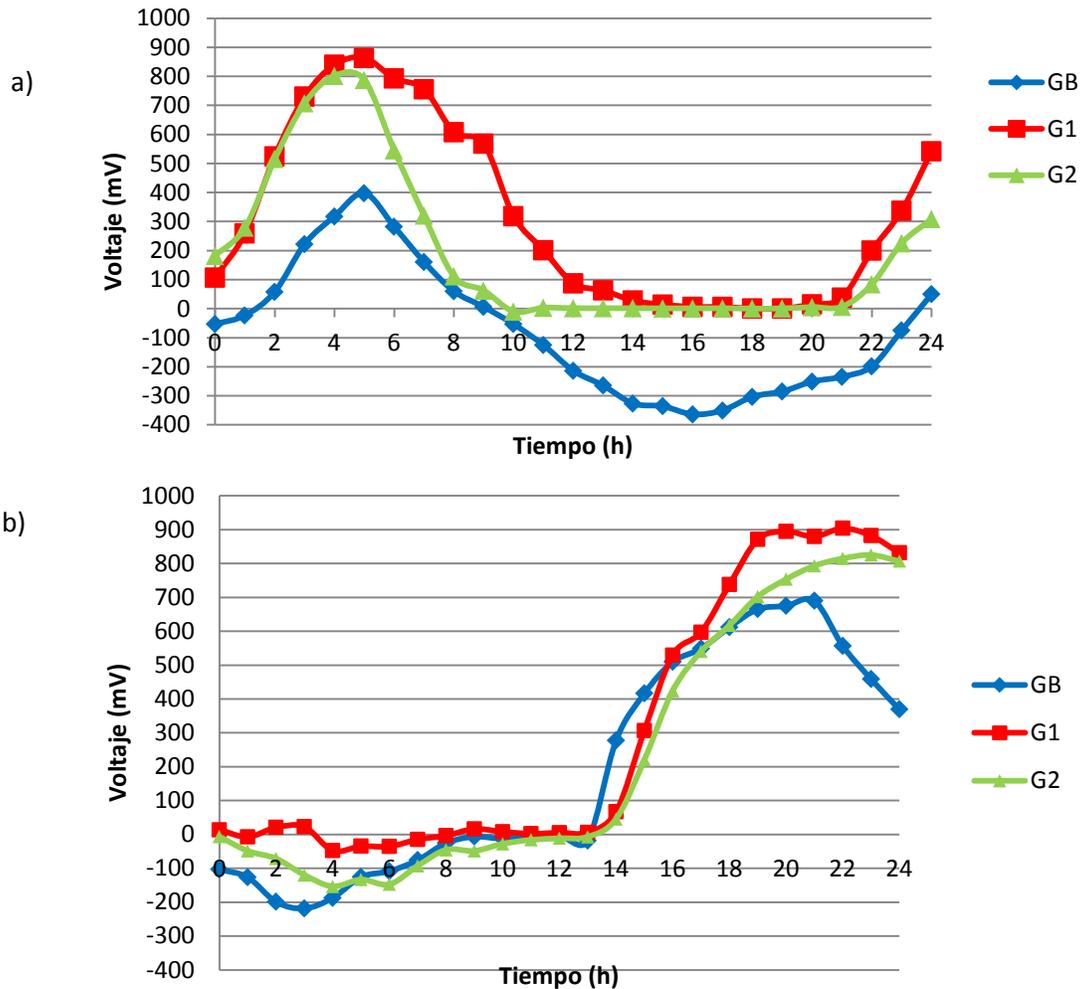


FIGURA 3.3. Ciclos de 24 horas de las celdas de grava en circuito cerrado: efecto de la luz solar sobre la generación de electricidad. a) Inicio del seguimiento 8 a.m. b) Inicio del seguimiento 6 p.m.

En la Figura 3.4 se muestra la caracterización polarimétrica de la celda G1, en la cual se puede observar un comportamiento casi lineal. La rápida caída de la diferencia de potencial puede estar asociada a la baja conductividad del sistema (pérdidas óhmicas), la cual es característica de sistemas de agua dulce (Tabla 3.2). En la curva de potencia, el máximo valor alcanzado fue de 11.96 mW/m^2 con una resistencia de 270Ω .

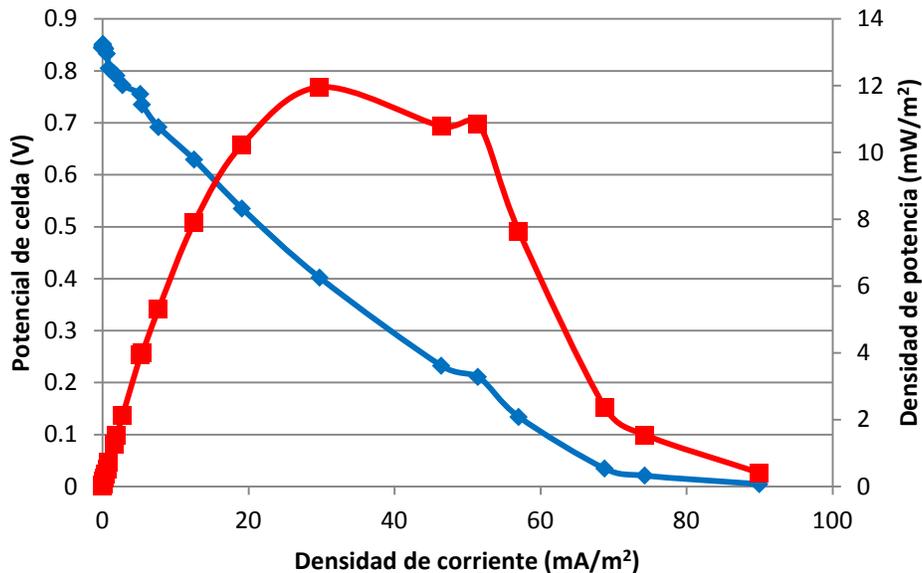


FIGURA 3.4. Comportamiento polarimétrico de la CCMSP G1 con sustrato de grava. (Línea azul =curva polarimétrica)(Línea roja= curva de potencia).

Con respecto al tratamiento del agua residual sintética, todas las CCMSP mostraron un porcentaje de remoción eficiente de la carga orgánica (DQO) del 85%, porcentaje similar a lo reportado por Mohan *et al.*, (2011) y Chiranjeevi *et al.*, (2013) en CCMSP, con valores de 86.67% y 87.9% respectivamente. En este experimento el influente de agua residual sintética contenía una concentración de 224 mg/L de DQO, reduciéndose en el influente a 32 mg/L. El porcentaje de remoción alcanzado por las CCMSP se encuentra por encima de los reportados para humedales de flujo sub-superficial en el tratamiento de agua residual doméstica, el cual se encuentra entre 64 y 82 % (Vymazal y Kröpfelová, 2009). Resultados similares en remoción de materia orgánica fueron obtenidos por Olguín *et al.*, (2008) (80.62%), quienes trabajaron con humedales de flujo subsuperficial y *P. sagittata* en el tratamiento de agua residual de vinaza de caña de azúcar.

En referencia a nitrógeno amoniacal se obtuvo en promedio un 94% de remoción (Tabla 3.4), este porcentaje se encuentra por arriba de lo reportado por otros autores en humedales de flujo subsuperficial usando *E. insterstincta* (75%) con tiempos de retención de cinco días (Tapia-González *et al.*, 2009). Esta diferencia puede radicar en el modo de operación de los humedales, de acuerdo con Tapia-González *et al.*, (2009), autores que utilizan un sistema de alimentación continuo obtienen menor remoción de nitrógeno amoniacal, que los que utilizan un sistema de lote alimentado o de lote, como es el caso del presente trabajo. Debido a que el nitrógeno amoniacal en aguas residuales domésticas es más del 50% del nitrógeno total (Kadlec y Wallace, 2009) y los porcentajes de remoción de nitrógeno total típicos para humedales de flujo sub-superficial se pueden encontrar en un rango del 11 al 85%, se considera que el porcentaje de remoción en este experimento es aceptable. Sin embargo, no se observó diferencia significativa (Tukey $p < 0.05$) en los porcentajes de remoción (tanto de DQO como de nitrógeno amoniacal) entre los distintos sustratos, celdas con plantas y los blancos (Tabla 3.4).

TABLA 3.4. Valores promedio de remoción de contaminantes en las CCMSP con distintos tipos de sustrato (A=Arena, T= Tezontle y G= Grava), B indica que son las CCMSP blanco. Tukey $p < 0.05$, letras diferentes denotan diferencia significativa.

CCMSP	PORCENTAJES PROMEDIO DE REMOCIÓN (%)			
	DQO	DBO ₅	Amonio	Fosfatos
AB	85.7a	76.6a	97.8a	90.0ab
A1	85.7a	83.6a	99.2a	76.6bc
A2	78.6a	79.8a	98.8a	90.4ab
A3	89.3a	86.5a	98.6a	74.8bcd
TB	85.7a	80.2a	82.2a	87.8ab
T1	85.7a	87.8a	98.6a	95.4a
T2	85.7a	89.1a	99.2a	91.7ab
T3	85.7a	88.1a	98.0a	94.6a
GB	92.9a	91.3a	95.6a	65.4cde
G1	89.3a	84.5a	99.4a	59.1de
G2	85.7a	90.3a	99.8a	52.0e
G3	85.7a	88.0a	99.2a	67.5cde

En la Tabla 3.4 se puede observar que la celda blanco (GB) obtuvo mayor porcentaje de remoción de la DQO que las celdas con plantas, esto puede relacionarse con la presencia de algas, las cuales utilizan nutrientes del agua para su crecimiento. La cantidad de algas presentes en el blanco fue mayor que en las demás celdas con grava, ya que las plantas pueden liberar sustancias que impiden el crecimiento de algas (Yeh *et al.*, 2011).

En relación a la remoción de fósforo como fosfatos, las celdas con grava mostraron un desempeño deficiente (61% en promedio), comparado con las celdas con sustrato de arena y tezontle, las cuales mostraron remociones por arriba del 80% (Tabla 3.4). Sin embargo, las celdas con grava presentaron mayores porcentajes de remoción con respecto a lo reportado en la literatura para humedales artificiales de flujo subsuperficial, los cuales se encuentran en el rango 31-39% (Lee *et al.*, 2004).

En las aguas residuales domésticas el fósforo es encontrado en exceso, por lo cual es difícil obtener altos porcentajes de remoción si no se elige adecuadamente el sustrato para el humedal artificial (Kadlec y Wallace, 2009). Dentro de los humedales el fósforo se sedimenta y es retenido por el sustrato, lo cual aumenta su disponibilidad para ser removido por la vegetación que lo incorpora como nutriente. Los altos porcentajes de remoción de fósforo en el presente trabajo puede estar ocasionados por el modo de operación de los humedales ya que se amplía el tiempo de sedimentación. La capacidad de retención de fósforo se encuentra asociada a la composición química, de manera que los sustratos con mayor contenido de metales tienen mayor capacidad de retención, como es el caso del tezontle donde se observaron mayores porcentajes de remoción, de hasta un 95% (Tabla 3.4) (Raviv *et al.*, 2002).

3.2. EXPERIMENTO 2: INFLUENCIA DE LA PRESENCIA DE LOS ELECTRODOS EN EL HUMEDAL SOBRE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN EL AGUA RESIDUAL SINTÉTICA.

La generación de energía eléctrica se vio afectada con la variación de la carga orgánica suministrada a las CCMSP. En la Figura 3.5 se observan la generación de corriente eléctrica en promedio de las nueve celdas utilizadas para este experimento, ya que estrictamente las nueve son repeticiones del mismo tratamiento. En el primer cambio de concentración de sacarosa (del periodo 1 al 2), se observa una notable disminución de la corriente eléctrica generada en el segundo periodo, mientras en el primer periodo la máxima corriente se fue de 1.7 mA para el segundo periodo la máxima corriente fue de apenas 0.5 mA, esta corriente generada se encuentra muy por debajo de lo reportado por Chiranjeevi *et al.*, (2013), quienes reportan máximas corrientes de hasta 4.18 mA. La baja generación de corriente en este trabajo puede deberse a la baja concentración de oxígeno disuelto en el agua de 0.2 mg O₂/L (Tabla 3.5), ya que este hecho limito el desempeño del cátodo disminuyendo la generación de electricidad, lo cual para Chiranjeevi *et al.*, (2013) no presento una limitante, ya que reportan concentraciones de oxígeno disuelto de hasta 5.4 mg O₂/L.

En referencia a celdas individuales la celda CA1 obtuvo la mayor generación de corriente con 2.39 mA/m² para el primer periodo, sin embargo, esta misma celda para el segundo periodo obtuvo solamente 0.01 mA/m² (Tabla 3.6), lo cual muestra el efecto negativo que se registró al aumentar la carga orgánica, lo cual concuerda con lo reportado por Chiranjeevi *et al.*, (2013). Este suceso puede estar relacionado con la falta de oxígeno alrededor del cátodo, al aumentar la carga orgánica también aumenta la demanda de oxígeno por parte de bacterias aerobias para realizar los procesos de biodegradación. Hasta el momento no se ningún autor ha realizado alguna explicación para este fenómeno.

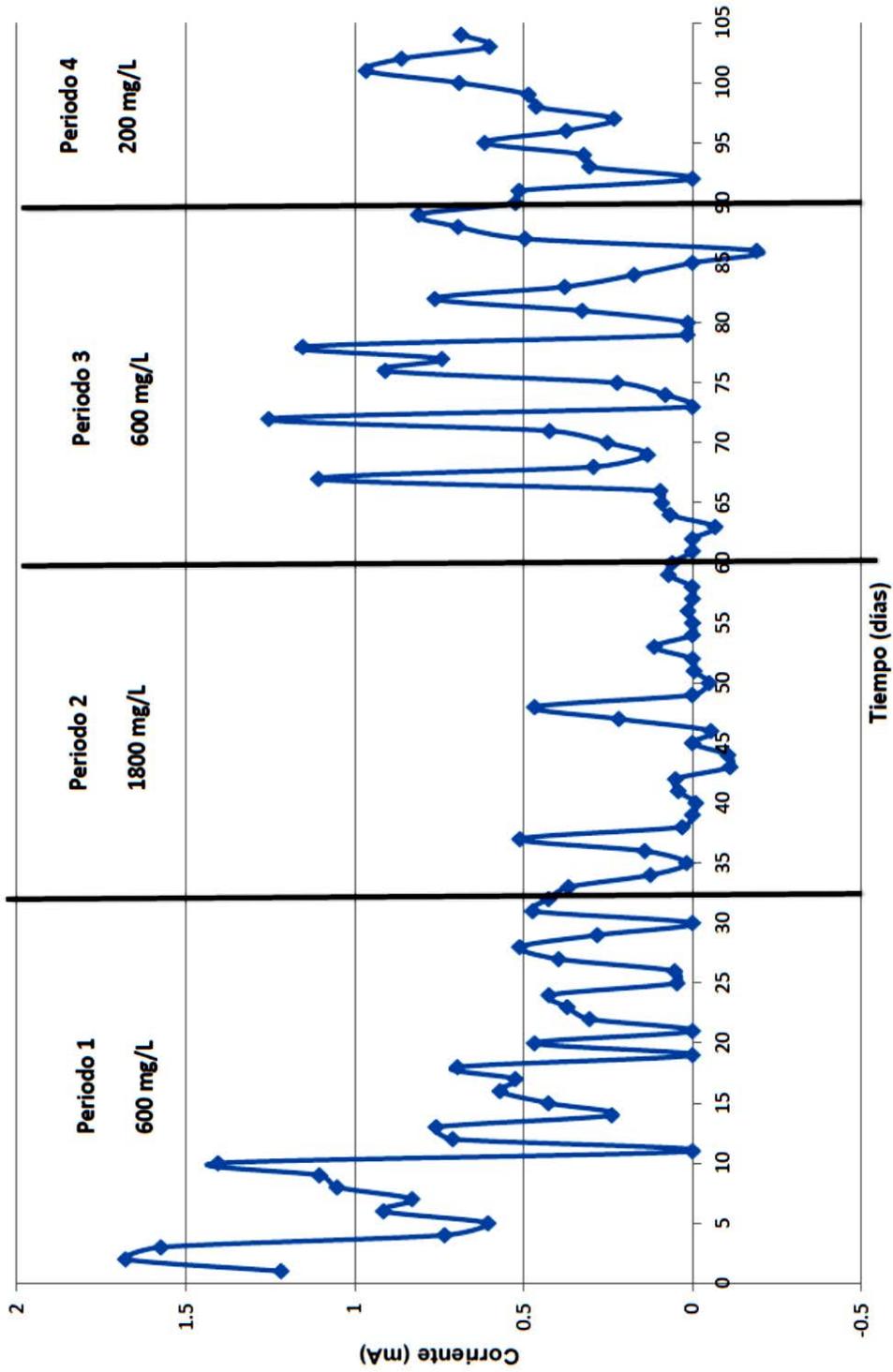


FIGURA 3.5. Corriente generada en el segundo experimento con variación de carga orgánica: periodo uno del día 1 al 33 (600 mg/L de sacarosa), periodo dos del día 34 al 60 (1800 mg/L de sacarosa), periodo tres del día 61 al 90(600 mg/L de sacarosa) y periodo cuatro del día 91 al 104 (200 mg/L de sacarosa).

TABLA 3.5. Valores promedio de parámetros físico-químicos monitoreados en el fondo de las CCMSP en el primer y segundo periodo del experimento 2.

CCMSP	Periodo 1 (600 mg/L de sacarosa)					Periodo 2 (1800 mg/L de sacarosa)				
	O.D. (mg O ₂ /L)	pH	Temp. (°C)	Conductividad (µS/cm)	ORP (mV)	O.D. (mg O ₂ /L)	pH	Temp. (°C)	Conductividad (µS/cm)	ORP (mV)
CA1	0.20	7.29	30.30	709.00	-316.94	0.01	7.01	29.37	772.84	-269.24
CA2	0.13	7.05	31.23	746.94	-311.15	0.01	6.94	29.87	749.05	-268.37
CA3	0.11	7.09	31.01	735.18	-304.77	0	6.67	29.34	934.58	-277.84
CB1	0.11	7.04	31.28	735.62	-329.51	0	6.81	70.67	736.68	-268.86
CB2	0.07	7.10	31.39	724.87	-324.74	0	6.81	30.30	859.07	-282.71
CB3	0.09	7.09	31.69	755.78	-329.28	0	6.95	30.44	750.63	-277.78
CC1	0.02	7.72	31.08	750.61	-323.01	0	6.90	29.97	737.70	-267.75
CC2	0.16	7.11	31.15	728.62	-316.57	0	6.81	29.70	767.18	-270.72
CC3	0.16	7.11	31.36	738.22	-320.24	0	6.69	29.72	808.19	-270.99
B1	0.07	7.14	30.95	716.40	-309.56	0	6.77	30.08	767.92	-264.96
B2	0.20	7.02	31.48	751.10	-325.86	0	6.86	30.09	684.77	-265.06
B3	0.10	7.13	31.55	727.48	-325.66	0.01	6.88	30.38	724.62	-270.63

En el tercer periodo, sin embargo no se obtuvieron corrientes similares a las generadas en el primer periodo con la misma carga orgánica, por ejemplo: en el tercer periodo la celda CB3 obtuvo la mayor generación de corriente (1.28mA/m²), lo cual corresponde casi a la mitad de lo obtenido en la celda CA1 en el primer periodo (Tabla 3.6).

Al inicio del tercer periodo las celdas de la serie B fueron operadas en circuito abierto, con la finalidad de observar los potenciales máximos de las celdas (VCA). En el tiempo en el que las celdas “B” fueron operadas en circuito abierto se obtuvieron potenciales mayores a 500 mV, poniendo de manifiesto que los sistemas mostraban un bajo rendimiento. Este bajo rendimiento está relacionado con la baja concentración de oxígeno disuelto, para el periodo tres las plantas cubrían la superficie del humedal, lo que evito el crecimiento de algas que suministraran el oxígeno necesario. Yeh *et al.*, (2011) demostraron que las hidrófitas impiden el crecimiento de algas, por medio de diversos mecanismos, lo cual ocurrió en este experimento.

TABLA 3.6. Valores promedio de corrientes y potencias generadas en el experimento 2 con variación de la carga orgánica.

CCMSP	Periodo 1 (600 mg/L)		Periodo 2 (1800 mg/L)		Periodo 3 (600 mg/L)		Periodo 4 (200 mg/L)	
	Corriente (mA/m ²)	Potencia (mW/m ²)	Corriente (mA/m ²)	Potencia (mW/m ²)	Corriente (mA/m ²)	Potencia (mW/m ²)	Corriente (mA/m ²)	Potencia (mW/m ²)
CA1	2.39 ± 2.09	0.49 ± 0.61	-0.01 ± 0.55	0.01 ± 0.03	--	--	--	--
CA2	0.53 ± 0.98	0.06 ± 0.20	0.25 ± 0.62	0.02 ± 0.04	--	--	--	--
CA3	0.70 ± 0.92	0.06 ± 0.10	-0.08 ± 0.59	0.01 ± 0.06	--	--	--	--
CB1	1.75 ± 1.53	0.26 ± 0.34	0.07 ± 0.50	0.01 ± 0.03	-0.94 ± 0.79	0.07 ± 0.08	-1.39 ± 1.73	0.23 ± 0.34
CB2	0.99 ± 1.18	0.11 ± 0.18	0.01 ± 0.43	0.008 ± 0.02	0.29 ± 0.52	0.01 ± 0.02	0.97 ± 0.69	0.07 ± 0.06
CB3	1.01 ± 1.05	0.10 ± 0.18	0.29 ± 0.58	0.02 ± 0.04	1.28 ± 1.21	0.14 ± 0.13	3.53 ± 1.44	0.72 ± 0.53
CC1	1.88 ± 1.08	0.23 ± 0.21	0.33 ± 0.64	0.02 ± 0.06	1.05 ± 1.57	0.19 ± 0.33	1.62 ± 1.58	0.25 ± 0.29
CC2	1.40 ± 1.59	0.22 ± 0.45	0.41 ± 1.01	0.05 ± 0.12	0.88 ± 2.0	0.18 ± 0.61	0.47 ± 0.63	0.03 ± 0.04
CC3	1.04 ± 0.98	0.10 ± 0.19	-0.26 ± 0.54	0.01 ± 0.03	0.04 ± 0.74	0.02 ± 0.05	1.50 ± 1.16	0.17 ± 0.18

En el cuarto periodo, se observó nuevamente una disminución de la generación de energía eléctrica en las celdas con respecto al tercer periodo, al disminuir la carga orgánica (Tabla 3.6). En el cuarto periodo la máxima corriente se encontró alrededor de 1 mA. De tal manera que podemos decir que se observó el mismo fenómeno reportado por Chiranjeevi *et al.*, (2013) con respecto a la variación de carga orgánica, es decir que se obtiene un incremento con el aumento de la carga orgánica, hasta un punto donde la concentración genera un efecto inverso. En este caso se aumentó la carga de 200 mg/L a 600 mg/L de sacarosa y se observó un incremento de 1 a 1.7 mA, sin embargo al aumentar más la carga de 600 a 1800 mg/L de sacarosa se obtiene una disminución de la corriente eléctrica de 1.7 a 0.5 mA.

En el segundo periodo se registraron concentraciones de oxígeno disuelto de cero en el fondo de las celdas (Tabla 3.5), asegurando la completa anaerobiosis en el ánodo. Al tener concentraciones de cero de oxígeno disuelto se espera la disminución del potencial óxido-reducción del agua, sin embargo estos potenciales aumentaron del primer periodo al segundo. Por ejemplo la celda CA1 pasó de un ORP de -316.94 a -269.24 (Tabla 3.5). Este fenómeno puede estar asociado a los procesos de adaptación de las plantas a condiciones de anaerobiosis, la oxigenación por medio de las raíces hacia el sustrato (Cronk y Fennessy, 2001) pudo generar microambientes que contribuyeron al aumento de los potenciales de óxido-reducción del agua. La carga orgánica durante este periodo fue elevada, lo que pudo ocasionar el consumo total de oxígeno alrededor del cátodo afectado el desempeño de los electrodos en las reacciones de oxidación. Ambos fenómenos descritos en este párrafo pudieron contribuir al bajo desempeño de las celdas en el segundo periodo. En la Figura 3.6 se puede observar la variación de la generación de electricidad en los diferentes intervalos del día en los que fue monitoreado el experimento. En esta Figura se puede distinguir que la generación de electricidad es mayor en los intervalos de medio día (12-2 P.M.) y tarde (6-8 P.M.), que son las horas en las que mayor oxígeno disuelto es liberado por las plantas en su proceso fotosintético (Mohan *et al.*, 2009).

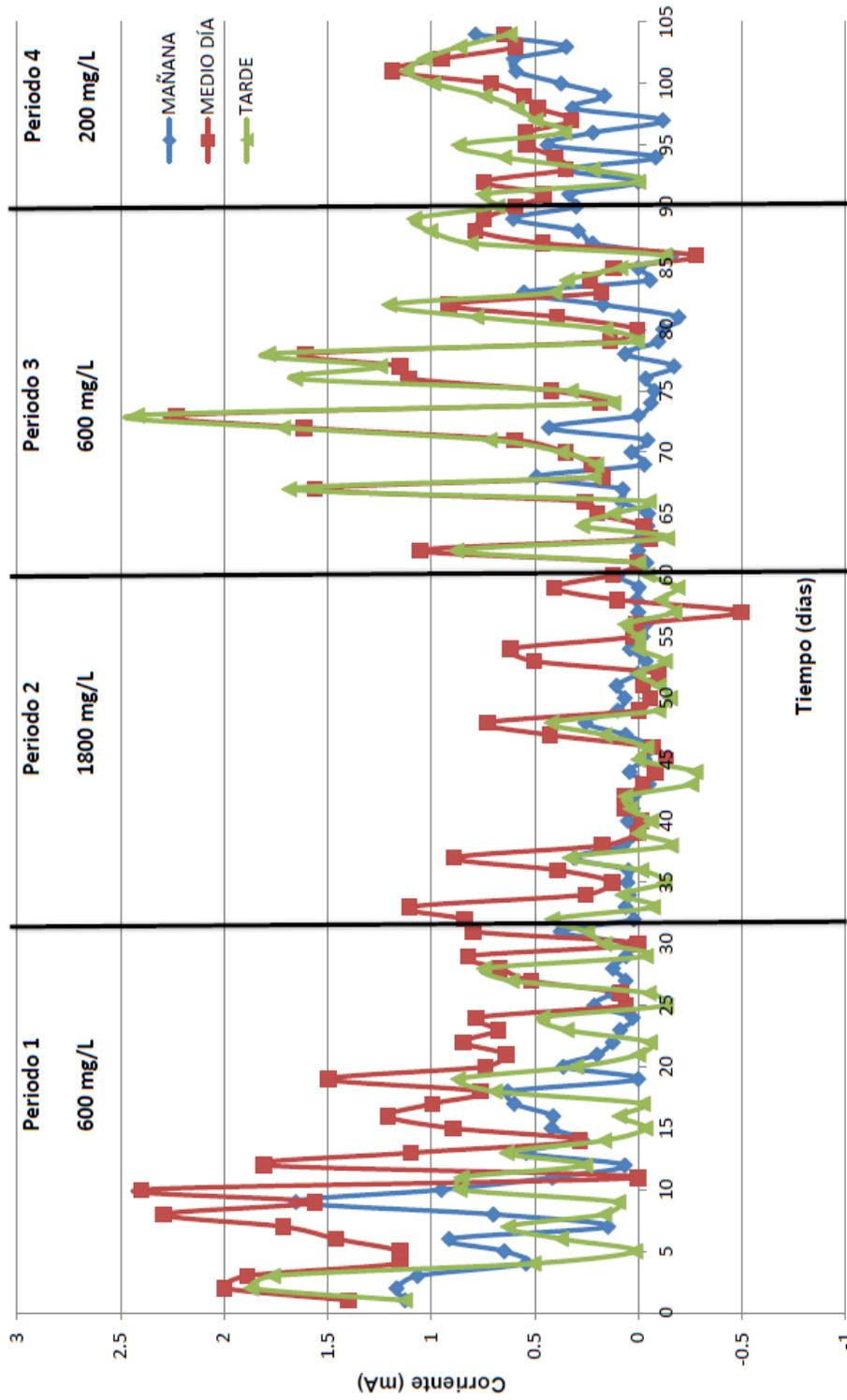


FIGURA 3.6. Generación de corriente eléctrica en los diferentes intervalos monitoreados durante el día. Mañana (8 a 10 a.m.), medio día (12 a 2 p.m.) y tarde (6 a 8 p.m.).

Se evaluó el comportamiento polarimétrico de las celdas en los periodos 3 y 4. En la Figura 3.7 puede observarse que el comportamiento polarimétrico de estos sistemas es similar independientemente de la carga orgánica suministrada. Esta similitud también concuerda con el comportamiento de las celdas de grava del primer experimento (Fig. 3.4), en todos los casos se registró un comportamiento típico para celdas de combustible microbiano (Logan *et al*, 2006).

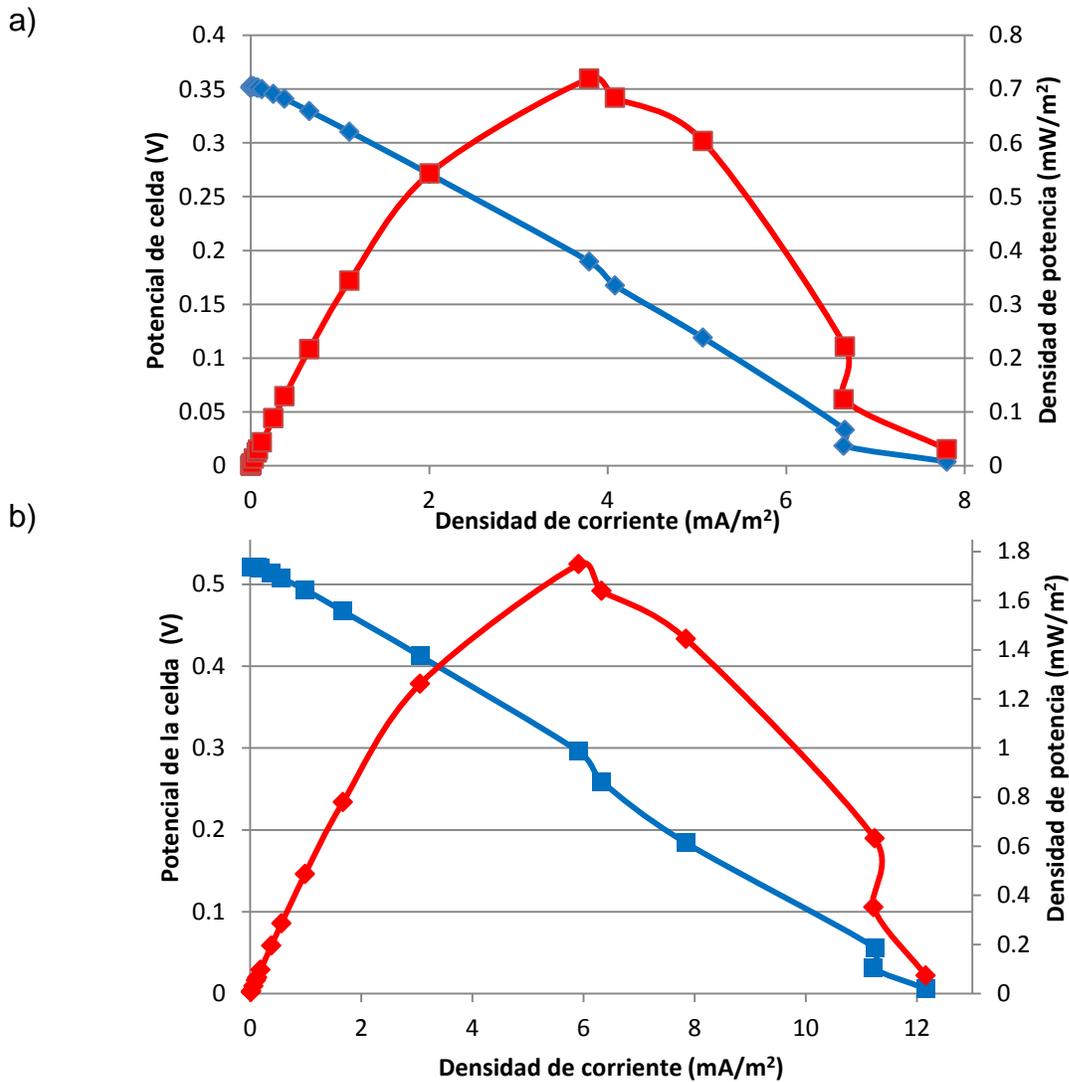


FIGURA 3.7. Comportamiento polarimétrico a) Celda CC1 en el tercer periodo y b) Celda CB3 en el cuarto periodo. (Línea azul = curva polarimétrica) (Línea roja = curva de potencia).

La potencia máxima obtenida en ambas curvas de potencia fue registrado con una resistencia de 100Ω (Fig. 3.7), para el tercer periodo fue de 0.72 mW/m^2 y para el cuarto periodo de 1.75 mW/m^2 . Debido a que las potencias máximas fueron obtenidas a 100Ω , se puede decir que las celdas operaron con una resistencia adecuada para alcanzar los potenciales máximos. Sin embargo las potencias alcanzadas en este experimento fueron menores a lo obtenido en el primer experimento, esto posiblemente debido al bajo desempeño del cátodo, el cual fue el factor limitante para el caso del segundo experimento.

Con relación al desempeño en la remoción de materia orgánico (DQO), se obtuvieron en promedio porcentajes de remoción por encima del 80%. Se observó una variación de la eficiencia en los distintos periodos con el cambio de la carga orgánica suministrada, observando una disminución de la remoción de DQO con el aumento de la carga orgánica (Tabla 3.7). Vymazal y Kröpfelová (2009) muestran que los porcentajes de remoción en promedio son similares en humedales de flujo sub-superficial sin importar el aumento o disminución de la carga orgánica. Por lo cual es necesario realizar más investigación con respecto al comportamiento presentado en este trabajo.

En el tercer periodo se obtuvieron mayores porcentajes de remoción de DQO que en el primer periodo (Tabla 3.7). Posiblemente esto se deba al cambio de la alimentación al fondo de la celda favoreciendo la degradación anaerobia, ya que la mayor parte del sistema carecía de oxígeno, podría pensarse que la cantidad de bacterias anaerobias era mayor con respecto a las aerobias. No se encontró diferencia significativa (Tukey $p < 0.05$), entre los porcentajes de remoción de los sistemas con electrodos y los blancos, contrario a lo que fuera planteado por De Schampelaire *et al.* (2008b), quienes fundamentaron la idea de que un sistema con electrodos podría ayudar a la oxidación de materia orgánica aumentando la disponibilidad de aceptores de electrones para las bacterias anaerobias.

TABLA 3.7. Porcentajes de remoción de contaminantes promedio en los distintos periodos en el experimento 2. Tukey $p < 0.05$, letras diferentes denotan diferencia significativa.

CCMSP	Periodo 1 (600 mg/L de sacarosa)			Periodo 2 (1800 mg/L de sacarosa)			Periodo 3 (600 mg/L de sacarosa)			Periodo 4 (200 mg/L de sacarosa)		
	DQO	Amonio	Fosfatos	DQO	Amonio	Fosfatos	DQO	Amonio	Fosfatos	DQO	Amonio	Fosfatos
CA1	87.54a	74.30a	58.40a	87.87a	86.81a	63.04a	--	--	--	--	--	--
CA2	81.01a	71.17a	47.72a	86.54a	87.73a	63.59a	--	--	--	--	--	--
CA3	87.19a	70.65a	57.75a	89.28a	86.30a	65.89a	--	--	--	--	--	--
CB1	86.07a	73.01a	52.01a	89.58a	87.48a	62.57a	92.52a	--	68.14a	83.61a	--	69.03a
CB2	83.77a	72.93a	52.85a	92.33a	86.29a	40.74a	92.59a	--	57.84a	82.81a	--	60.62a
CB3	77.63a	72.12a	47.98a	96.73a	88.22a	75.47a	92.43a	--	61.67a	81.79a	--	76.12a
CC1	84.90a	69.93a	63.05a	91.32a	85.20a	68.70a	92.49a	--	70.97a	87.92a	--	65.01a
CC2	83.78a	73.26a	61.77a	93.29a	87.24a	78.64a	92.88a	--	81.63a	88.50a	--	84.43a
CC3	82.99a	73.56a	55.39a	92.78a	85.83a	63.78a	92.54a	--	61.78a	88.13a	--	51.84a
B1	84.59a	74.77a	52.58a	89.14a	85.08a	59.41a	92.17a	--	71.44a	88.33a	--	65.66a
B2	78.80a	75.65a	39.53a	91.59a	90.81a	83.76a	92.48a	--	69.43a	88.75a	--	65.37a
B3	82.77a	78.06a	51.69a	94.94a	89.25a	68.25a	93.09a	--	73.76a	90.00a	--	63.41a

De la misma manera que en los porcentajes de remoción de DQO, los porcentajes de remoción de amonio y fósforo fueron mayores al incrementar la carga orgánica suministrada a las celdas. Cabe resaltar que en el primer y segundo periodo tampoco se encontró diferencia significativa entre los porcentajes de remoción de amonio y fosfatos entre los sistemas con electrodos y los blancos (Tabla 3.7).

Los porcentajes de remoción de materia orgánica se mantuvieron entre 64 y 82 %, los porcentajes típicos de remoción en humedales artificiales de flujo subsuperficial (Vymazal y Kröpfelová, 2009). Sin embargo, en relación al amonio se obtuvieron porcentajes de remoción menores a los presentados en el primer experimento, esta diferencia puede deberse al modo de operación de los humedales (Tapia-González *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

El uso de las especies hidrófitas *Pontederia sagittata* y *Eleocharis interstincta*, originarias de humedales tropicales mexicanos en CCMSP, mostró un buen desempeño, al no presentar procesos de oxigenación excesiva en la rizósfera, permitiendo alcanzar condiciones adecuadas de anaerobiosis a nivel del ánodo para la generación de energía eléctrica de forma renovable.

El sustrato (soporte de las plantas) utilizado en las CCMSP mostró tener efecto sobre la generación de energía eléctrica. De los sustratos probados en este trabajo la grava permitió la mayor generación de electricidad, sin embargo mostró bajos porcentajes de remoción de fósforo. Por lo que se recomienda explorar otros sustratos que puedan favorecer ambos procesos, la generación de electricidad y la remoción de contaminantes en aguas residuales.

Dentro de la caracterización eléctrica del sistema se observó que las máximas potencias alcanzadas fueron obtenidas a resistencias cercanas a las resistencias con que fueron operadas las celdas y se observó un comportamiento similar en diferentes dispositivos, siendo el cátodo el factor limitante en el desempeño de las celdas. La presencia de algas alrededor del cátodo es un factor importante para la generación de electricidad en las CCMSP, ya que proveen oxígeno que es usado en las reacciones de oxidación en el cátodo. El comportamiento polarimétrico mostró que las principales pérdidas de energía fueron debidas a pérdidas óhmicas, ocasionadas por la baja conductividad del medio que es característica de sistemas de agua dulce. Se obtuvieron diferencias de potencial mayores de 900 mV en circuito cerrado, potenciales que no han sido reportados con anterioridad, lo que evidencia el potencial del uso de estos dispositivos en lugares de clima tropical.

Los porcentajes de remoción de contaminantes registrados en la operación de las CCMSP son adecuados para su implementación como sistema de tratamiento de agua residual doméstica, sin embargo no se observó aumento en la remoción de contaminantes con la presencia de los electrodos.

Se observó que la remoción de contaminantes es afectada por distintos factores como el tipo de sustrato, la carga orgánica del influente y el modo de alimentación de la celda.

BIBLIOGRAFÍA

1. APHA (1998) *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th Edition.
2. Cervantes-Alcalá, R., Arrocha-Arcos, A.A., Peralta-Peláez, L.A. y Ortega-Clemente, L.A. 2012. Electricity generation in Sediment Plant Microbial Fuel Cells (SPMFC) in warm climates using *Typha domingensis* Pers. *Int.Res.J.Biotechnol.* **3**(9): 166-173.
3. Chen, Z., Huang, Y., Liang, J., Zhao, F. y Zhu, Y. 2012. A novel sediment microbial fuel cell with a biocathode in the rice rhizosphere. *Bioresour. Technol.* **108**: 55-59.
4. Chiranjeevi, P., Chandra, R. y Mohan, V. 2013. Ecologically engineered submerged and emergent macrophyte based system: An integrated eco-electrogenic design for harnessing power with simultaneous wastewater treatment. *Ecol. Eng.* **51**: 181-190.
5. Clauwaert, P., Aelterman, P., Pham, T.H., De Schampelaire, L., Carballa, M., Rabaey, K. y Verstraete, W. 2008. Minimizing losses in bio-electrochemical systems: the road to applications. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **79**(6): 901-913.
6. Comisión Nacional del Agua (2008) Plantas de tratamiento de aguas residuales 2008. Recuperado de: <http://www.conagua.gob.mx/atlas/atlas.html?seccion=2&mapa=3>. Recuperado el 12 de diciembre de 2013.
7. Comisión Nacional del Agua. 2012. Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento. SEMARNAT, México.
8. Cronk, J. y Fennessy, S. 2001. *Wetland Plants: Biology and Ecology*. Lewis publishers. US.

9. Department of Agriculture. 1996. Rules and Regulations. **61**(174): 47027.
10. De Schamphelaire, L., Van Den Bossche, L., Dang, H.S., Höfte, M., Boon, N., Rabaey, K. y Verstraete, W. 2008a. Microbial Fuel Cells Generating Electricity from Rhizodeposits of Rice Plants. *Environ.Sci. Technol.* **42**: 3053-3058.
11. De Schamphelaire, L., Rabaey, K., Boeckx, P., Boon, N. y Verstraete, W. 2008b. Outlook for benefits of sediment microbial fuel cells with two bio-electrodes. *Microb.Biotechnol.* **1**(6): 446–462.
12. Food and Agriculture Organization (FAO). 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO, Rome, Italy.
13. Ghangrekar, M.M. y Shinde, V.B. 2007. Performance of membrane-less microbial fuel cell treating wastewater and effect of electrode distance and area on electricity production. *Bioresour. Technol.* **98**: 2879-2885.
14. Henze, M. (2008) Biological Wastewater Treatment: Principles Modelling and Design. (Ed. Henze, M., Van Loosdrecht, M.C.M., Ekama, G.A. y Brdjanovic, D.) IWA Publishing, London, UK.
15. IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
16. IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

17. Jang, J.K., Pham, T.H., Chang, I.S., Kang, K.H., Moon, H., Cho, K.S. y Kim, B.H. 2004. Construction and operation of a novel mediator and membrane-less microbial fuel cell. *Proc. Biochem.* **39**: 1007-1012.
18. Jarvis, A. P. y Younger, P.L. 1999. Design, Construction and Performance of a Full-Scale Compost Wetland for Mine-Spoil Drainage Treatment at Quaking Houses. *J.CIWEM.* **13**: 313-318.
19. Kadlec, R.H., y Wallace, S.D. 2009. Treatment Wetlands. 2nd. Ed. CRC Press, Boca Raton, FL. USA.
20. Kaku, N., Yonezawa, N., Kodama, Y. y Watanabe, K. 2008. Plant/microbe cooperation for electricity generation in a rice paddy field. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **79**: 43-49.
21. Kim, B.H., Park, H.S., Kim, H.J., Kim, G.T., Chang, I.S., Lee, J. y Pung, N.T. 2004. Enrichment of microbial community generating electricity using a fuel-cell-type electrochemical cell. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **63**: 672-681.
22. Lahera-Ramón, V. 2010. Infraestructura sustentable: Las plantas de tratamiento de aguas residuales. *Quivera.* **12** (2): 58-69.
23. Lee, C.Y., Lee, C.C., Lee, F.Y., Tseng, S.K. y Liao, C.J. 2004. Performance of subsurface flow constructed wetland taking pretreated swine effluent under heavy loads. *Bioresour. Technol.* **92**: 173-179.
24. Liu, H., Ramnarayanan, R. y Logan, B.E. 2004. Production of electricity during Wastewater treatment using a single chamber microbial fuel cell. *Environ. Sci. Technol.* **38**(7): 2281-2285.
25. Logan, B.E., Hamelers, B., Rozendal, R., Schöder, U., Keller, J., Freguia, S., Aelterman, P., Verstraete, W. y Rabaey, K. 2006. Microbial fuel cells: Methodology and Technology. *Environ Sci. & Technol.* **40**(17): 5181-5192.
26. Logan, B.E. 2008. Microbial Fuel Cells 1ra Ed. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. pp 50.

-
27. Metcalf & Eddy., Tchobanoglous, G., Burton, F. L. 1., & Stensel, H. D. 2003. *Wastewater engineering: Treatment and reuse* 4th ed. McGraw-Hill. Boston. US.
28. Min, B. y Logan, B.E. 2004. Continuous electricity generation from domestic wastewater and organic substrates in a flat plate microbial fuel cell. *Environ. Sci. Technol.* **38**: 5809-5814.
29. Mitsch, W.J. y Gosselink, J.G. 2000. *Wetlands*. John Wiley & Sons. 3rd edition. New York. U.S.
30. Mohan, S.V., Raghavulu, S.V., Srikanth, S. y Sarma, P.M. 2007. Bioelectricity production by mediatorless microbial fuel cell under acidophilic condition using wastewater as substrate: Influence of substrate loading rate. *Curr.Sci.* **92**(12): 1720-1726.
31. Mohan, S.V., Srikanth, S.S., Veer Raghuvuru S.G, Mohanakrishna G.A., Kiran Kumar, A. y Sarma, P.N. 2009. Evaluation of the potential of various aquatic eco-systems in harnessing bioelectricity through benthic fuel cells: Effect of electrode assembly and water characteristics. *Bioresour. Technol.* **100**: 2240-2246.
32. Mohan, S.V., Mohanakrishna, G., Velvizhi, G., Babu, V.L. y Sarma, P.N. 2010. Bio-catalyzed electrochemical treatment of real field dairy wastewater with simultaneous power generation. *Biochem. Eng. J.* **51**: 32-39.
33. Mohan, S.V., Mohanakrishna, G. y Chiranjeevi, P. 2011. Sustainable power generation from floating macrophytes based ecological microenvironment through embedded fuel cells along with simultaneous wastewater treatment. *Bioresour. Technol.* **102**: 7036-7042.
34. Moreno-Casasola, P., Cejudo-Espinosa, E., Capistrán-Barradas A., Infante-Mata, D., López-Rosas, H., Castillo-Campos, G., Pale-Pale, J. y Campos-Cascaredo, A. 2010. Composición florística, diversidad y ecología de

- humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México. *Bol.Soc.Bot.Méx.* **87**: 29-50.
35. Olgúin, E.J., Sánchez-Galván, G., González-Portela, R.E. y López-Vela, M. 2008. Constructed wetland mesocosms for the treatment of diluted sugarcane molasses stillage from ethanol production using *Pontederia sagittata*. *Water res.* **42**: 3659-3666.
36. Peralta-Peláez, L.A., Infante-Mata, D. y Moreno-Casasola, P. 2009. Construcción e instalación de piezómetros, 17-29p. En: Breviario para describir, observar y manejar humedales. (Ed. Moreno-Casasola, P. y Warner, B.G.). RAMSAR, Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa, Ver., México.
37. Rabaey, K. y Verstraete, W. 2005. Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation. *TRENDS in Biotechnology.* **23**(6): 291-298.
38. Raviv, M., Wallach, R., Silber, A. y Bar-Tal, A. 2002. Substrates and their analysis. 25-101p. En: Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals (Eds. Savvas, D. y Passam, H.). Embryo Publications, Athens, Greece.
39. Schöder, U. 2007. Anodic electron transfer mechanisms in microbial fuel cells and their energy efficiency. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **9**: 2619–2629.
40. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2011. Producción de biodiesel a partir de *Jatropha*. Recopilado de: <http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/biodiesel/produccion-a-partir-de-jatropha.html>. Recuperado el 15 de enero de 2014.
41. Shuib, N. y Baskaran, K. 2011. Effects of different Substrates and Hydraulic Retention Time (HRT) on the Removal of Total Nitrogen and Organic Matter in a Sub-Surface Horizontal Flow Constructed Wetland. *The International Journal of Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability.* **7**(5): 227-241.

42. Strik, D.P.B.T.B., H.V.M. Hamelers, B., Snel, J.F.H. y Buisman, C.J.N. 2008. Green electricity production with living plants and bacteria in a fuel cell. *Int. J. Energy Res.* Short communication.
43. Tapia-González, F., Gíacomán-Vallejos, G., Herrera-Silveira, J., Quintal-Franco, C., García, J. y Puigagut, J. 2009. Treatment of swine wastewater with subsurface-flow constructed wetlands in Yucatán, México: Influence of plant species and contact time. *Water SA*. **35**(3): 335-342.
44. Tender, L.N., Reimers, C.E., Stecher III, H.A., Holmes, D.E., Bond, D.R., Lowry, D.A., Pilobello, K, Fertig, S.J., y Lovley, D.R. 2002. Harnessing microbially generated power on the seafloor. *Nat. Biotechnol.* **20**: 821-825.
45. Trejo-Téllez, L.I., Ramírez-Martínez, M., Gómez-Merino, F.C., García-Albarado, J.C., Baca-Castillo, A. y Tejeda-Sartorius, O. 2013. Evaluación física y química del tezontle y su uso en la producción del tulipán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Pub.Esp. (5): 863-876.
46. U.S. Environmental Protection Agency. 2011. Biofuels and the Environment: First Triennial Report to Congress. Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington, DC; EPA/600/R-10/183F.
47. Yadav, A.K., Dash, P., Mohanty, A., Abbassi, R. y Mishra, B.K. 2012. Performance assessment of innovative constructed wetland-microbial fuel cell for electricity production and dye removal. *Ecol. Eng.* **47**: 126-131.
48. Yeh, T.Y., Ke, T.Y. y Lin, Y.L. 2011. Algal Growth Control Within Natural Water Purification Systems: Macrophyte Light Shading Effects. *Water Air Soil Pollut.* **214**: 575-586.
49. Vandevivere, P. y Verstraete, W. 2001. Environmental applications. In *Basic biotechnology* (Ed. Ratledge, C. and Kristiansen, B.), pp. 531–557, Cambridge University Press.

50. Vymazal, J. y Kröpfelová, L. 2009. Removal of organics in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow: A review of the field experience. *Sci. Total. Environ.* **407**: 3911-3922.

APÉNDICE A.
TÉCNICAS DE DETERMINACIÓN DE
CONTAMINANTES

A.1. OXÍGENO DISUELTO (MÉTODO DE LA MODIFICACIÓN DE AZIDA)

1. REACTIVOS.

- a) Solución de sulfato manganoso: Disuelva 480 g de $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 400 g de $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ó 364 g de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y afore a 1 L. La solución de MnSO_4 no debe generar color con almidón cuando es adicionada a una solución yoduro de potasio (KI).
- b) Reactivo de álcali-yoduro de azida: para muestras por debajo de la saturación- Disuelva 500 g de NaOH (o 700 g KOH) y 135 g de NaI (o 150 de KI) en agua destilada y afore a 1 L. Agregue 10 g de NaN_3 disueltos en 40 mL de agua destilada. Esta solución no debe generar color con solución de almidón cuando es diluida y acidificada.
- c) Ácido sulfúrico, H_2SO_4 concentrado: un mililitro es equivalente a aproximadamente 3 mL de reactivo de álcali-yoduro de azida.
- d) Almidón: Use solución acuosa o una mezcla de almidón soluble. Para preparar una solución acuosa, disuelva 2 g de almidón soluble grado reactivo y 0.2 g de ácido salicílico como conservador, en 100 mL de agua destilada caliente.
- e) Titulante estándar de tiosulfato de sodio: Disuelva 6.205 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ en agua destilada. Agregue 1.5 mL de NaOH 6N ó 0.4 g de NaOH sólido y afore a 1 L. Estandarice este reactivo con solución de biyodato.
- f) Solución estándar de biyodato de potasio 0.0021M: Disuelva 812.4 mg de $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ en agua destilada y afore a 1 L.

ESTANDARIZACIÓN:

Disuelva aproximadamente 2 g de KI, en un matraz Erlenmeyer con 100-150 mL de agua destilada. Agregue 1 mL H_2SO_4 6N o unas gotas de H_2SO_4 conc. Y 20 mL de solución estándar de biyodato. Diluya a 200 mL y titule el yodo liberado con Titulante de tiosulfato de sodio, adicionando almidon hacia el final de la titulación, cuando se alcance un color paja pálido. Cuando las soluciones tienen

las concentraciones indicadas, se deben requerir 20 mL de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.025M. Si no es así ajuste la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ a 0.025M.

2. COLECCIÓN DE LA MUESTRA

Colecte las muestras cuidadosamente, evitando agitarlas y no permita que las muestras permanezcan en contacto con el aire, ya que estas condiciones pueden causar cambios en el contenido gaseoso de la muestra. Colecte las muestras en botellas de 300 mL de DBO con tapones esmerilados cónicos y puntiagudos y bocas acampanadas.

3. PROCEDIMIENTO

- a) A una muestra en una botella de 300 mL agregue 1 mL de MnSO_4 , seguido de 1 mL de reactivo de álcali-yoduro de azida. Coloque la tapa cuidadosamente para evitar la entrada de burbujas de aire y mezcle la botella invirtiéndola varias veces. Una vez formado el precipitado hasta la mitad de la botella, agregue 1 mL de H_2SO_4 conc. Coloque la tapa nuevamente y mezcle el contenido de la botella hasta alcanzar la completa disolución. Titule un volumen correspondiente a 200 mL de la muestra original corregido por el desplazamiento de volumen de los reactivos. Por lo tanto, para una total de 2 mL (1 mL de MnSO_4 y 1 mL de álcali-yoduro de azida) en una botella de 300 mL, titule $200 \times 300 / (300 - 2) = 201$ mL.
- b) Titule con solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.025M a un color paja pálido. Agregue unas gotas de solución de almidón y continúe la titulación hasta la desaparición del color azul.

4. CÁLCULO

1 mL de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.025M = 1 mg de O.D./L

A2. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

1. REACTIVOS.

- a) Solución buffer de fosfatos: Disuelva 8.5 g de KH_2PO_4 , 21.75 g de K_2HPO_4 , 33.4 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 1.7 g de NH_4Cl en aproximadamente 500 mL de agua destilada y diluya a 1 L. El pH de la solución debe ser de 7.2 sin ningún ajuste.
- b) Solución de sulfato de magnesio: Disuelva 22.5 g de $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y afore a 1 L.
- c) Solución de cloruro de calcio: Disuelva 27.5 g de CaCl_2 en agua destilada y afore a 1 L.
- d) Solución de cloruro férrico: Disuelva 0.25 g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y afore a 1 L.

2. MATERIAL Y EQUIPO

- a) Botellas de DBO
- b) Incubadora a 20 ± 1 °C

3. PROCEDIMIENTO

- a) Preparación del agua de dilución: Coloque el volumen de agua deseado en un recipiente adecuado y adicione 1 mL de cada una de las soluciones de: buffer de fosfatos, MnSO_4 , CaCl_2 y FeCl_3 por litro de agua. Preferentemente no prepare el agua de dilución con más de 24 de anticipación antes de utilizarla.
- b) Agregue agua de dilución a las botellas hasta la mitad de su volumen y coloque el volumen apropiado de muestra de acuerdo con la DBO esperada, de acuerdo con la Tabla A2.

TABLA A2. Volumen de muestra para distintos rangos de DBO

Muestra mL	Rango de DBO mg O ₂ /L
0.02	30 000 - 105 000
0.05	12 000 - 42 000
0.10	6 000 - 21 000
0.20	3 000 - 10 500
0.50	1 200 - 4 200
1.00	600 - 2 100
2.00	300 - 1 050
5.00	120 - 420
10.0	60 - 210
20.0	30 - 105
50.0	12 - 42
100.0	6 - 21
300.0	0 - 7

- c) Llène hasta completar los 300 mL y coloque la tapa.
- d) Prepare un blanco con agua destilada en lugar de la muestra.
- e) Incube 5 días a 20 °C.
- f) Después de la incubación, determine la concentración de oxígeno disuelto de acuerdo con la técnica del apéndice A1.

4. CÁLCULO

$$DBO \text{ en } mg \text{ O}_2/L = \frac{(O.D. \text{ del blanco} - O.D. \text{ de la muestra}) \times Vol. \text{ del frasco (mL)}}{mL \text{ de la muestra}}$$

A3. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) (REFLUJO CERRADO, MÉTODO TITULOMÉTRICO)

1. REACTIVOS

- a) Solución digestora de dicromato de potasio 0.01667M: Agregue a aproximadamente 500 mL de agua destilada 4.903 g de $K_2Cr_2O_7$ grado estándar primario, previamente secado a 105 °C por 2 horas, 167 mL de H_2SO_4 conc., y 33.3 g de $HgSO_4$. Disuelva, enfríe a temperatura ambiente y afore a 1 L.
- b) Reactivo de ácido sulfúrico: Agregue Ag_2SO_4 cristales o polvo a H_2SO_4 conc. en proporción de 5.5 g de Ag_2SO_4 /kg de H_2SO_4 . Deje reposar de 1 a 2 días para disolver y mezcle.
- c) Solución indicadora de ferroína: Disuelva 1.485 g de 1,10-fenantrolina monohidratada y 695 mg de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ en agua destilada y diluya a 100 mL. Diluya este reactivo en un factor de 5 (1 + 4).
- d) Titulante de sulfato de amonio ferroso (SAF) aproximadamente 0.10M: Disuelva 39.2 g de $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ en agua destilada. Agregue 20 mL de H_2SO_4 conc., enfríe y afore a 1 L. Estandarice esta solución diariamente frente al solución estándar de digestión de dicromato de potasio como sigue: Pipetee 5 mL de solución digestora de dicromato en un recipiente pequeño. Agregue 10 mL de agua destilada en lugar de la muestra. Enfríe a temperatura ambiente. Agregue de 1 a 2 gotas de indicador de ferroína y titule con SAF.

$$\text{Molaridad de la solución de SAF} = \frac{\text{Volumen de solución digestora titulado (mL)}}{\text{Volumen usado de SAF en la titulación (mL)}} \times 0.1$$

2. MATERIAL Y EQUIPO

- Tubos de ensayo preferentemente de borosilicato.
- Digestor que opere a 150 ± 2 °C, con agujeros para tubos de ensayo.
- Bureta

3. PROCEDIMIENTO

- Lave los tubos de ensayo y las tapas con H_2SO_4 al 20% antes de usarlos para evitar contaminación. Coloque los volúmenes adecuados de muestra y reactivos de acuerdo con la Tabla A3. Coloque la muestra en el tubo y agregue la solución digestora. Agregue cuidadosamente el reactivo de ácido sulfúrico en el tubo de tal manera que se forme una capa de ácido debajo de la capa de muestra-solución digestora. Coloque la tapa del tubo y mezcle completamente invirtiendo el tubo varias veces.

TABLA A3. Cantidades de muestra y reactivos para diferentes tubos de ensayo.

Tubo de ensayo	Muestra mL	Solución digestora (mL)	Reactivo de ácido sulfúrico (mL)	Volumen final mL
16 x 100 mm	2.5	1.5	3.5	7.5
20 x 150 mm	5.0	3.0	7.0	15.0
25 x 150 mm	10.0	6.0	14.0	30.0

- Coloque los tubos en el digestor precalentado a 105 °C y someta a reflujo por 2 horas. Enfríe a temperatura ambiente y coloque los tubos en una gradilla.
- Transfiera el contenido del tubo en un recipiente adecuado para titular. Agregue de 1 a 2 gotas de indicador de ferroína y agite. Titule con SAF 0.10M

agitando adecuadamente durante la titulación. El punto final se obtiene en el cambio de verde azulado a un rojo marrón, el color verde azulado puede reaparecer después de varios minutos. Someta un blanco con agua destilada en lugar de la muestra a reflujó y titulación en la misma proporción usada para las muestras.

4. CÁLCULO

$$DQO \text{ en } mg \text{ O}_2/L = \frac{(A - B) \times M \times 8000}{mL \text{ de muestra}}$$

Donde:

A= mL de SAF usados para el blanco

B= mL de SAF usados para la muestra

M= Molaridad del SAF

8000= miliequivalente peso de oxígeno x 1000 mL/L

A4. AMONIO (MÉTODO DE NESSLER)

1. REACTIVOS

- a) Solución de sulfato de zinc: Disuelva 100 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ y afore con agua destilada a 1 L.
- b) Agente estabilizador: Utilice un agente estabilizador para muestras no destiladas para evitar la precipitación de calcio o magnesio.
- 1) Reactivo de EDTA: Disuelva 50 g de tetraacetato de etilendiamina disódica dihidratada, en 60 mL de agua destilada que contenga 10 g de NaOH. Si fuera necesario aplique calor suave para completar la disolución. Enfríe a temperatura ambiente y dilúyase a 100 mL.
- 2) Solución de sal de Rochelle: Disuelva 50 g de tartrato de sodio potásico tetrahidratado ($KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$) en 100 mL de agua. Elimine el amonio presente en la sal por ebullición de 30 mL de la solución. Enfríe y diluya a 100 mL.
- c) Reactivo de Nessler: Disuelva 100 g de HgI_2 y 70 g de KI en una pequeña cantidad de agua y añada esta mezcla lentamente y con agitación a una solución fría de 160 g de NaOH en 500 mL de agua destilada. Afore a 1 L. Conserve esta solución en material de vidrio de borosilicato con tapón de goma, protegida de la luz solar. Este reactivo puede ser estable por un año. Compruebe si el reactivo produce el color característico con 0.1 mg de NH_3 -N/L en los diez minutos siguiente a la adición y no forma un precipitado con pequeñas cantidades de amoniaco en las 2 horas siguientes.
- d) Solución madre de amonio: Disuelva 3.819 g de NH_4Cl anhidro, secado a 100 °C en agua destilada y afore a 1 L. 1 mL = 1 mg N = 1.22 mg NH_3 .
- e) Solución patrón de amonio: Diluya 10 mL de solución madre de amonio a 1 L con agua destilada. 1 mL = 10.00 μg N = 1.22 μg NH_3 .

2. MATERIAL Y EQUIPO

- a) Espectrofotómetro para uso de 400 a 500 nm con un recorrido de luz de 1 cm.
- b) Tubos Nessler de 50 mL.
- c) Medidor de pH con electrodo de pH elevado.

3. PROCEDIMIENTO

- a) Tratamiento de las muestras no destiladas: Si fuera necesario elimine el cloro residual de la muestra recién obtenida por adición de una cantidad equivalente de agente decolorante. Añada 1 mL de solución de $ZnSO_4$ a 100 mL de la muestra y mezcle completamente. Ajuste el pH de la muestra a 10.5 añadiendo de 0.4 a 0.5 mL de NaOH 6N. Deje reposar la muestra durante unos minutos, se formará un precipitado floculante y denso, dejando un sobrenadante claro e incoloro. Filtre la muestra para retirar el precipitado con filtro de nitrocelulosa de 0.45 μm de diámetro de poro. Determine el contenido de amoníaco del papel filtro. Las muestras con más de 10 mg de NH_3-N/L , pueden perder amoníaco durante este tratamiento, diluya estas muestras hasta el rango sensible.
- b) Desarrollo el color:
Muestras no destiladas: Utilice 50 mL de la muestra. Si la muestra contiene concentraciones suficientes de calcio y magnesio u otros iones que pueden causar turbidez o precipitado con el reactivo Nessler, añada 1 gota (0.05 mL) de reactivo de EDTA o de 1 a 2 gotas de reactivo de sal de Rochelle. Mezcle y agregue 2.0 mL de reactivo Nessler si utilizo EDTA o 1 mL si usó sal de Rochelle.
- c) Mezcle las muestras tapando los tubos Nessler con tapones de goma e invirtiendo los tubos 6 veces por lo menos. Mantenga las mismas condiciones, tales como temperatura y tiempo de reacción, iguales para muestras, blanco y patrones. Deje que la reacción prosiga por lo menos 10 minutos, tras añadir el

reactivo Nessler. Si el $\text{NH}_3\text{-N}$ es muy bajo deje proseguir la reacción por 30 minutos

- d) Mida la absorbencia a 425 nm y prepare una curva de calibración a la misma temperatura y tiempo de reacción utilizados en las muestras.

4. CÁLCULO

Determine la concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ directamente de la curva de calibración.

A5. NITRATOS (MÉTODO DEL ULTRAVIOLETA)

1. REACTIVOS

- a) Solución stock de nitratos: Secar nitrato de potasio (KNO_3) en horno a $105\text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas. Disuelva 0.7218 g en agua libre de nitratos y afore a 1 L. 1 mL= 100 μg $\text{NO}_3\text{-N}$. Conservar con 2 mL de CHCl_3/L . Esta solución es estable por 6 meses.
- b) Solución intermedia de nitratos: Diluir 100 mL de solución stock a 1 L con agua libre de nitratos. 1 mL= 10 μg $\text{NO}_3\text{-N}$. Conservar con 2 mL de CHCl_3/L . Esta solución es estable por 6 meses.
- c) Solución de ácido clorhídrico 1N.

2. MATERIAL Y EQUIPO

- a) Espectrofotómetro para uso a 220 y 275 nm con celdas de borosilicato de 1 cm de paso de luz.

3. PROCEDIMIENTO

- a) A 50 mL de muestra filtrada si es necesario, agregue 1 mL de solución de HCl y mezcle.
- b) Preparación de la curva de calibración: Prepare estándares de calibración en el rango de 0 a 7 mg $\text{NO}_3\text{-N/L}$ diluyendo a 50 mL los siguientes volúmenes de solución intermedia de nitratos: 0, 1, 2, 4, 7,...,35 mL. Trate los estándares de la misma manera que las muestras.
- c) Lea la absorbencia a 220 nm para obtener las lecturas de nitratos y a 275 nm para determinar la interferencia por materia orgánica disuelta.

4. CÁLCULO

Para muestras y estándares, reste dos veces la absorbencia leída a 275 nm de la lectura a 220 nm, para obtener la lectura debida a nitratos. Grafique una curva de calibración de absorbencia debida a $\text{NO}_3\text{-N}$ contra concentración de $\text{NO}_3\text{-N}$ del estándar. Usando las absorbencias corregidas de las muestras, obtenga las concentraciones directamente de la curva de calibración. Si la corrección es mayor al 10% de la lectura a 220 nm no use este método.

A6. FÓSFORO (MÉTODO COLORIMÉTRICO DEL ÁCIDO VANADOMOLIBDOFOSFÓRICO)

1. REACTIVOS

- Solución acuosa de indicador de fenolftaleína.
- Ácido clorhídrico HCl: 1+1 H₂SO₄, HClO₄, el HCl puede ser sustituido por HNO₃. La concentración del ácido no es crítica en la determinación pero se recomienda una concentración final de la muestra de 0.5N.
- Carbón activado.
- Reactivo de vanadato-molibdato:
 - Solución A: Disuelva 25 g de molibdato de amonio (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O en 300 mL de agua destilada.
 - Solución B: Disuelva 1.25 g de metavanadato de amonio NH₄VO₃ calentando a ebullición en 300 mL de agua destilada. Enfríe y agregue 330 mL de HCl conc. Enfríe la solución B a temperatura ambiente, vierta la solución A en la solución B, mezcle y afore a 1 L.
- Solución estándar de fosfato: Disuelva 219.5 mg de KH₂PO₄ anhidro en agua destilada y afore a 1 L. 1 mL = 50 µg PO₄³⁻-P.

2. MATERIAL Y EQUIPO

- Espectrofotómetro para su uso de 400 a 490 nm. Seleccione la longitud de onda de acuerdo a la Tabla A6.

TABLA A6. Longitudes de onda para diferentes concentraciones de fósforo.

Rango de Fósforo mg/L	Longitud de onda nm
1.0 – 5.0	400
2.0 – 10	420
4.0 - 18	470

3. PROCEDIMIENTO

- a) Ajuste del pH de la muestra: Si la muestra tiene un pH mayor a 10, agregue una gota de indicador de fenolftaleína a 50 mL de muestra y descargue el color rojo con HCl 1 + 1 antes de diluir a 100 mL.
- b) Remoción de color de la muestra: Remueva el color excesivo de la muestra agitando 50 mL de muestra con 200 mg de carbón activado en un matraz Erlenmeyer por 5 minutos y retire el carbón activado por medio de filtración. Verifique el contenido de fósforo en cada lote de carbón activado.
- c) Desarrollo de color en la muestra: Coloque 35 mL de la muestra o menos, conteniendo de 0.05 a 1.0 mg de P, en un matraz volumétrico de 50 mL. Agregue 10 mL de reactivo de vanadato-molibdato y afore hasta la marca con agua destilada. Prepare un blanco con 35 mL de agua destilada en lugar de la muestra. Después de 10 minutos o más lea la absorbencia de la mezcla contra el blanco a 470 nm. El color es estable por días y no es afecto por el cambio de temperatura.
- d) Preparación de la curva de calibración: Prepare una curva de calibración usando volúmenes adecuados de solución estándar de fosfatos y proceda como en el inciso 4c.

4. CÁLCULO

$$mg P/L = \frac{mg P \text{ (en el volumen final de 50 mL)} \times 1000}{mL \text{ de muestra}}$$



Dirección General de Educación Superior Tecnológica

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ

**“UTILIZACION DE *SAGITARIA LACINFOLIA L.* EN UN HUMEDAL
ARTIFICIAL CON AGUADE LA LAGUNA DE LAGARTOS LOCALIZ/ADA EN
LA CIUDAD DE VERACRUZ PARA SU DEPURACION Y POTENCIALIDAD
PARA GENERAR ENERGIA”**

OPCION I

TESIS

Para obtener el título de:

INGENIERO BIOQUÍMICO

Presentan:

**Alejandro de Jesús López López
Orel Cano Valencia**

Asesor:

DR. LUIS ALBERTO PERALTA PELÁEZ

22 de Mayo del 2014

C. OREL CANO VALENCIA.
PASANTE DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA
P R E S E N T E

*Por medio del presente se le comunica que está autorizada la impresión de su
Trabajo profesional denominado:*

**“UTILIZACION DE SAGITARIA LACINFOLIA L. EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON AGUA
DE LA LAGUNA DE ALGARTO EN LA CIUDAD DE VERACRUZ PARA SU DEPURACION Y
POTENCIALIDAD PARA GENERAR ENERIGA”**

Sin otro particular por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE


ING. JERONIMO ISRAEL VALENCIA PEREZ
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERIAS
QUÍMICA Y BIOQUÍMICA



SRIA. DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE VERACRUZ
Departamento de Ingeniería
Química y Bioquímica



Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col.
Formando Hogar,
C.P. 91897, H. Veracruz, Ver.,
Tel.: (229) 934 1500, Fax: (229) 934 2279,
www.itver.edu.mx





Subsecretaría de Educación Superior
 Dirección General de Educación Superior Tecnológica
 Instituto Tecnológico de Veracruz

22 de Mayo del 2014

C. ALEJANDRO DE JESUS LOPEZ LOPEZ.
 PASANTE DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA
 P R E S E N T E

Por medio del presente se le comunica que está autorizada la impresión de su Trabajo profesional denominado:

“UTILIZACION DE SAGITARIA LACINFOLIA L. EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON AGUA DE LA LAGUNA DE ALGARTO EN LA CIUDAD DE VERACRUZ PARA SU DEPURACION Y POTENCIALIDAD PARA GENERAR ENERIGA”

Sin otro particular por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE

ING. JERONIMO ISRAEL VALENCIA PEREZ
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERIAS
QUÍMICA Y BIOQUÍMICA



SRIA. DE EDUCACIÓN PÚBLICA
 INSTITUTO TECNOLÓGICO
 DE VERACRUZ
 Departamento de Ingeniería
 Química y Bioquímica



Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col.
 Formando Hogar,
 C.P. 91897, H. Veracruz, Ver.,
 Tel.: (229) 934 1500, Fax: (229) 934 2279,
 www.itver.edu.mx



Agradecimientos.

En primer lugar quiero agradecer a mis padres: Martin Federico López Gómez y María Teresa López de Arcia, ya que sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

A mi mamá por todo su sacrificio, dedicación y esfuerzo pero sobre todo, por el amor que me ha dado. A mi papá por todo su apoyo, consejos y enseñanzas. A ambos por inculcarme valores para ser una persona de bien y por todo el cariño que recibo de ustedes, no tengo palabras para expresar mi agradecimiento por todo lo que me han dado a lo largo de mi vida, son mi ejemplo a seguir. Quiero decirles que este y todos mis logros son suyos también, gracias por ser unos excelentes padres, los amo.

A mis hermanas: María José e Ivon, por su comprensión, aliento y alegrías diarias, pero sobre todo por esos momentos maravillosos que hemos pasado juntos, las amo.

A mi abuelito Federico, por creer en mí, su apoyo incondicional y su inmenso cariño, te quiero Liquito.

A mi compañera de vida, por su apoyo, comprensión, amor, y todo este tiempo juntos, pero sobre todo por haberme dado la alegría más grande, la alegría de ser padre. Son mi razón de ser, las amo Helka y Ximena.

Al Dr. Luis Alberto Peralta Peláez, por su apoyo, enseñanzas, conocimientos y lecciones de vida. Por ser un gran asesor y ejemplo a seguir. Agradezco la confianza y oportunidad que me brinda, no solo en el ámbito escolar si no para convertirse además en un gran amigo.

Al Ing. Rogelio Cervantes Alcalá por sus valiosos comentarios para enriquecer este trabajo.

Agradecimientos

Agradezco primordialmente a mis padres: Olegario Cano Portugal y Carmela Valencia Valencia, por su cariño, comprensión, confianza, valores inculcados, esfuerzo y sacrificios realizados para brindarme todo lo que he necesitado y por su apoyo incondicional en cada paso y decisiones tomadas en lo que he necesitado, este logro profesional es en gran parte de ustedes también.

A mi hermana por estar siempre presente en los buenos y malos momentos, apoyándome y brindándome de buenos consejos y palabras de aliento para seguir adelante me siento muy orgulloso de ser tu hermano.

A mi familia en general por estar siempre acompañándome en los momentos de alegría o de tristeza, compartiendo conmigo mis metas y las de ustedes, brindándome siempre su cariño, consejos, confianza y apoyo.

Al Dr. Luis Alberto Peralta Peláez por su apoyo, tolerancia, consejos y tiempo dedicado para impartirnos sus conocimientos, los cuales fueron de gran importancia para la realización del proyecto redactado y en mi formación académica, convirtiéndose así en un ejemplo a seguir.

A mi amigo Alejandro de Jesús López López por haber confiado y creído en mí para la realización de este proyecto.

Al Ing. Rogelio Cervantes Alcalá por compartir con nosotros sus conocimientos, consejos y observaciones para la mejora del trabajo.

Atte. Orel Cano Valencia

Agradecimiento

Agradezco a la DGEST por el apoyo otorgado con la beca de capacitación para Actividades científicas y tecnológicas en proyectos de investigación y desarrollo Tecnológico.

No de Beca: 032010-391 ID

Atte. Orel Cano Valencia

Agradecimientos Especiales

A la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) como parte del proyecto "Servicios ecosistémicos de bosques costeros y sus sistemas de reemplazo: una evaluación ambiental y económica" -RED-PD 045/11 Rev.2 (M).

Al CONACYT-SEP por el financiamiento del proyecto No. 0106451 "procesos de estructuración de comunidades de flora y fauna durante la restauración de humedales".

A la Dirección General de Institutos Tecnológicos (DGEST) por el financiamiento y apoyo en el proyecto "Percepciones ambientales, hidoperíodo y vegetación acuática de los humedales de la zona conurbada Veracruz - Boca del Río – Medellín" Núm. 4398.11-P.

ÍNDICE	Pág.
Agradecimientos	I
Índice general	IV
Índice de figuras	VIII
Índice de tablas	X
CAPITULO I	
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Hipótesis	4
1.4 Objetivo general	5
1.5 Objetivos específicos	5
1.6 Justificación	6
CAPITULO II	
ANTECEDENTES GENERALES	
2.1 Problemática del calentamiento global derivado de la generación de energía	7
2.2 Laguna de Lagartos	10
2.2.1 Aspectos Ecológicos	10
2.2.3 Beneficios de la Laguna de Lagartos	11

2.3 Problemática en la estructura actual en los sistemas de tratamiento de aguas residual	11
2.4 Sistemas biológicos de tratamiento de aguas	12
2.5 Humedales	13
2.6 Humedales artificiales	14
2.6.1 Humedal artificial de flujo superficial	14
2.6.2 Humedal artificial de flujo subsuperficial	15
2.7 Mecanismos físicos, químicos y biológicos en los humedales	17
2.8 Celdas de combustible microbiano	19
2.8.1 Producción de energía en una celda de combustible microbiano en relación con la concentración de sustrato	21
2.9 Celdas sedimentarias de combustible microbiano	22
2.10 Bacterias electroquímicamente activas que actúan en una celda sedimentaria de combustible microbiano	23
2.11 Mecanismo de transferencia de electrones de la bacteria al ánodo	25
2.12 Humedal artificial adaptado a una celda de combustible microbiano	26
2.13 Antecedentes Técnicos	29
2.13.1 Tipos de flujos ideales representados en condiciones determinadas en un reactor	29
2.14 Modelos para el diseño de humedales artificiales	30
2.14.1 Modelo de retención de volumen	30
2.14.2 Modelo de $k-C^*$	32

2.14.3 Modelo tipo Monod	33
2.15 Diseño hidráulico en un humedal artificial	34
2.15.1 Tiempo de retención hidráulico	35
2.16 Consideraciones para el diseño de celdas de combustible microbiano y factores que afectan su operación	36
CAPITULO III	
METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	
3.1 Metodología experimental	38
3.2 Diseño experimental	41
3.2.1 Cálculos de corriente y potencia generada en las celdas sedimentarias de combustible microbiano	42
CAPITULO IV	
ANALISIS, OBSERVACIONES Y DISCUSION DE RESULTADOS EXPERIMENTALES	
4.1 Resultados del experimento en el mes de Mayo del 2012	43
4.2 Resultados del experimento en el mes de Julio del 2012	46
4.3 Resultados del experimento en el mes de Agosto del 2012	49
CONCLUSION 52	
ANEXO	
A .Consideraciones para el diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de agua residuales.	54
A.1 Modelo para el diseño de un humedal de flujo subsuperficial	54

A.2 Ecuaciones para el diseño y balance de materia para un Humedal de flujo subsuperficial	57
A.2.1 Ecuación de diseño para determinar la concentración de DBO ₅ en el efluente del humedal artificial	58
A.2.2 Ecuación de diseño para determinar la concentración de Fosforo en el efluente del humedal artificial	59
A.2.3 Ecuación de diseño para determinar la concentración de solidos totales suspendidos en el efluente del humedal artificial	60
A.2.4 Ecuación de diseño para determinar la concentración de coliformes fecales en el efluente del humedal artificial	60
A.2.5 Ecuación de diseño para determinar la concentración de amonio en el efluente del humedal artificial	60
A.2.6 Ecuación de diseño para determinar la concentración de nitratos en el efluente del humedal artificial	63
A.3 Ecuaciones para el balance de energía del humedal artificial a diseñar	64
BIBLIOGRAFÍA	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fuentes generadoras de CO ₂ .	8
Figura 2. Emisiones de CO ₂ .	9
Figura 3. Laguna de Lagartos.	10
Figura 4. Humedales localizados en el estado de Veracruz, México.	13
Figura 5: Representación esquemática de un humedal de flujo superficial.	13
Figura 6: Representación esquemática de un humedal de flujo subsuperficial.	16
Figura 7. Mecanismos físicos, químicos y biológicos en un humedal.	19
Figura 8. Funcionamiento de una celda de combustible microbiano.	20
Figura 9. Producción de voltaje contra concentración y velocidad de transporte.	21
Figura 10: Representación esquemática de una celda sedimentaria de combustible microbiano.	23
Figura 11. Modelo metabólico de una célula del genero <i>Geobacter</i> .	24
Figura 12: Estructura de flagelos y pillis de una célula del Genero <i>Geobacter</i> .	24
Figura 13. Transferencia de electrones a los ánodos por contacto directo.	25
Figura 14. Transferencia de electrones a los ánodos por mediadores redox.	26
Figura 15. Transferencia de electrones a los ánodos por EA (A) o por metabolitos (B).	26
Figura 16: Representación esquemática del proceso de rizodeposición de las plantas.	27

Figura 17. Representación gráfica de los modelos de flujo ideal.	29
Figura 18: Diagrama fotográfico de la construcción de los Humedales artificiales.	40
Figura 19: Fotografía del sistema de distribución de flujo Y humedales artificiales construidos.	41
Figura 20. Grafica comparativa de voltajes obtenidos durante las mediciones en el mes de mayo del 2012.	43
Figuras 21. Grafica comparativa de potencias generadas durante las mediciones del mes de Mayo del 2012.	44
Figura 22. Grafica comparativa de voltajes obtenidos durante las mediciones en el mes de Julio del 2012.	46
Figura 23. Grafica comparativa de potencias generadas durante las mediciones del mes de Julio del 2012.	47
Figura 24. Grafica comparativa de voltajes obtenidos durante las mediciones en el mes de Agosto del 2012.	49
Figura 25. Grafica comparativa de potencias generadas durante las mediciones del mes de Agosto del 2012.	50

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Los gases de efecto invernadero, sus fuentes emisoras, concentración atmosférica y contribución al calentamiento global.	7
Tabla 2. Ventajas y limitaciones del humedal de flujo subsuperficial.	16
Tabla 3. Análisis de DBO ₅ en el mes de Mayo del 2012 durante un tiempo de retención hidráulica de 3 días en los humedales artificiales.	45
Tabla 4. Análisis de DBO ₅ en el mes de Julio del 2012 durante un tiempo de retención hidráulica de 3 días en los humedales artificiales.	48
Tabla 5. Análisis de DBO ₅ en el mes de Agosto del 2012 durante un tiempo de retención hidráulico de 3 días en los humedales artificiales.	50
Tabla 6. Intensidad de corriente generada en las horas de medición del 7 de Julio al 13 de Julio del 2012.	51
Tabla 7. Parámetros de concentración residual para un humedal de flujosubsuperficial.	55
Tabla 8. Valores de KR Y θ_R para diferentes contaminantes en humedales artificiales.	56

CAPITULO I

1.1.- INTRODUCCION

En los últimos años estamos asistiendo a un progresivo deterioro del planeta, por el incremento demográfico, económico y las constantes actividades agrícolas, industriales y domésticas, que generan desechos que comúnmente son descargados sin un previo tratamiento a cuerpos de agua afectando directamente su calidad. A consecuencia de estos problemas de contaminación, la humanidad se ha planteado a utilizar procesos alternativos que proporcionen el tratamiento de las aguas con bajos costos de operación, energéticos y de mantenimiento ya que muchas veces representan del 25% al 50% del presupuesto de una planta de tratamiento de aguas (Rojas., 2005).

Entre las tecnológicas que han tomado importancia son los sistemas biológicos de tratamientos de aguas residuales, como los humedales artificiales (Estrada., 2010), diseñados para imitar los procesos que ocurren en los humedales naturales investigando sus componentes bióticos (hidrófitas y microorganismos) y abióticos (sedimentación) para el tratamiento de las aguas residuales (Lara., 1999), con la ventaja añadida de que no están sujetos a las limitaciones de los vertidos de agua como en los humedales naturales y que pueden controlarse sus componentes hidráulicos (flujo de agua) y biológicos (vegetación) (Rojas., 2005).

Por otra parte, debido a la creciente demanda de energía en el mundo y los impactos ambientales ocasionados por las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera por los métodos de generación de electricidad a partir de combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo y sus derivados) y a causa de la limitada disponibilidad de los combustibles fósiles, se han realizado innovaciones tecnológicas para la generación de electricidad a partir de fuentes renovables que presentan numerosas ventajas frente a las fuentes tradicionales:

son inagotables, son obtenidas de procesos menos contaminantes y se pueden aprovechar en el mismo lugar donde se producen siendo de gran ayuda para los países en vías de desarrollo.

Actualmente la electricidad puede ser generada utilizando compuestos orgánicos como productos químicos y aguas residuales, mediante su biodegradación por bacterias anaerobias electroquímicamente activas que a través de su metabolismo generan electrones en dispositivos llamados celdas de combustible microbiano (Alzate *et al.*, 2008), este fenómeno de producción de energía eléctrica a partir de la descomposición microbiana fue observado por primera vez por Potter en 1911, que en sus experimentos recurrió a cultivos de *E.coli* y electrodos de platino. Por otra parte se han propuesto el tratamiento de aguas residuales con celdas de combustible microbiano (Kim *et al.*, 2008) y con celdas de combustible microbiano de sedimento (De Schamphelaire *et al.*, 2008).

Para el desarrollo de este proyecto fueron importantes los conocimientos y observaciones aportados por los Ingenieros Rogelio Cervantes Alcalá y Andrés Alberto Arrocha Arcos en su trabajo “Diseño de celdas sedimentarias de combustible microbiana en humedales artificiales para la producción de energía eléctrica”.

En el capítulo I: se menciona el planteamiento del problema que se propone solucionar, los objetivos generales y específicos para el desarrollo de este proyecto y la justificación del mismo. En el capítulo II: se describen antecedentes generales y técnicos importantes para el enfoque de este proyecto, en los antecedentes generales se citan conceptos teóricos en relación a los humedales y a los procesos que en ellos ocurren, se mencionan los componentes y el funcionamiento de una celda de combustible microbiano, en los antecedentes técnicos se describen algunos de los modelos propuestos para el diseño de humedales artificiales y algunas consideraciones y condiciones para el diseño de una celda de combustible microbiano de acuerdo a la literatura.

En el capítulo III: se describe la metodología y el diseño experimental utilizado para el desarrollo de este proyecto, así como el modelo aplicado y los balances de materia y energía del humedal artificial diseñado. En el capítulo IV: Se describen las observaciones y análisis de resultados de voltaje, potencia y DBO_5 durante la fase experimental de los humedales artificiales diseñados a diferentes cambios operacionales y eventos climatológicos.

1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema al aumento acelerado de la generación de aguas residuales radica de igual manera en sus descargas, ya que de acuerdo con la información de la Comisión Nacional del Agua, en México, existe una población de más de 100 millones de habitantes, que liberan 205 000 l/s de aguas residuales por los sistemas de alcantarillado municipales que van a dar a ríos, lagos, lagunas y finalmente al mar sin un tratamiento adecuado (Romero *et al.*, 2009) provocando graves consecuencias a la población como: intoxicaciones, infecciones bacterianas (fiebre, tifoidea), infecciones varias (gastroenteritis, hepatitis), parásitos y algunas alteraciones a las condiciones ambientales.

A raíz de la revolución industrial y el desarrollo tecnológico se han ido incrementando la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 , NO_2 , SO_2 , CH_4 , CFC_s , etc.), un porcentaje considerable de la emisión de estos gases a la atmósfera provienen del tratamiento de efluentes residuales (industriales, ganaderos y domésticos) a partir de métodos físicos y químicos (6.7%) y a la generación de electricidad a partir de combustible fósil como: carbón, gas natural, petróleo y sus derivados (37%) (Moeller., 2011), generando un impacto ambiental consecuencia del cambio climático (aumento de la temperatura del planeta, inundaciones, descongelamiento de los polos, cambios en la corriente marina, sequías y extinción de algunas especies) y la lluvia ácida

(formación de un ambiente corrosivo, acidificación en los océanos y daños a las especies marinas).

Con lo mencionado es necesario producir energía eléctrica y tratar las aguas residuales a partir de fuentes renovables para dañar en menor proporción al medio ambiente, se plantea la siguiente pregunta ¿Se podrá diseñar un humedal artificial adaptado a una celda de combustible microbiano para el tratamiento de aguas residuales y generación de energía eléctrica a bajos costos de producción y de mantenimiento?

1.3.- HIPOTESIS

Es posible diseñar y construir un humedal artificial utilizando la especie vegetal *Sagittaria lancifolia*L., adaptado a una celda de combustible microbiano para tratar aguas domésticas y generar energía eléctrica de manera renovable, debido a las reacciones redox generadas por la actividad biológica que estos proporcionan y a la presencia de bacterias anaerobias electroquímicamente activas capaces de degradar la materia orgánica presentes en el agua.

1.4.- OBJETIVO GENERAL

Diseñar un humedal artificial con la especie vegetal *Sagittaria lancifolia*L., para la generación de energía eléctrica utilizando agua residual de la laguna lagartos.

1.5.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Dimensionar el volumen y tiempo de retención hidráulica del humedal a diseñar
- Caracterizar fisicoquímicamente el agua de entrada y salida de los humedales.
- Evaluar la generación de energía eléctrica que los sistemas de celdas de combustible microbiano diseñados pueden generar adaptados al humedal artificial.

1.6.- JUSTIFICACIÓN

La perspectiva al incremento del consumo de electricidad y los consecuentes problemas ambientales ocasionados por los sistemas de generación de energía a partir de combustible fósil, parecen favorecer a la producción de energía nuclear y a la generación de energía a partir de biocombustibles (bioetanol, biodiesel, etc.), en la primera opción los problemas de seguridad originados por desechos radioactivos de alto nivel desfavorecen el uso de esta tecnología (Laguna., 2002) y en la segunda opción existen algunos inconvenientes como: requerimientos energéticos adicionales, la generación de algunos gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_3 , etc.), la deforestación de bosques para el cultivo y las competencias por tierra con las actividades agrícolas para la producción de alimento (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá., 2010).

Con el desarrollo del sistema propuesto en este proyectose trataría con mayor frecuencia los desechos agrícolas, domésticos e industriales que se generan por las actividades cotidianas y que comúnmente son vertidos a cuerpos de agua o tirados en depósitos acumulativos, esperando que sea más fácil para las personas contar con energía eléctrica sin importar el lugar donde se encuentren, debido a que se puede producir a partir de estos desechos, manejando bajos costos de producción, energéticos y de mantenimiento, una depuración de las aguas con una alta calidad en la reducción de nutrientes, microorganismos patógenos, DBO_5 y un menor impacto ambiental al estar basado en un sistema biológico (Pistonesi *et al.*, 2010).

Existen diversos estudios de nuevas formas de generación de energía a partir de la degradación de la materia pero hace falta abundar más en el tema, ya que no se ha logrado escalar estos sistemas para que sean completamente rentables.

CAPITULO II

ANTECEDENTES GENERALES

2.1.- PROBLEMÁTICA DEL CALENTAMIENTO GLOBAL DERIVADO DE LA GENERACION DE ENERGIA.

El calentamiento global es una realidad que afecta al medio ambiente y a la humanidad, debido a las altas emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxidos de nitrógeno (NO_x), bióxido de azufre (SO₂), clorofluorcarbonados (CFC_s) entre otros. Estos gases de efecto invernadero se acumulan en la atmosfera provocando que la radiación solar que llega al planetano sea fácilmente reflejada al espacio, quedando atrapada en la atmosfera por las moléculas de estos gases y siendo emitida de nuevo a la corteza terrestre, ocasionando un aumento en la temperatura promedio del planeta, entre otras consecuencias de calentamiento global se encuentra: descongelamiento de los polos, desbalance del clima a nivel mundial, cambios en la corriente marina, extinción de especies, inundaciones, sequias, etc. (Colque *et al.*, 2007).

Entre los principales gases que contribuyen a las causas del calentamiento global se encuentra el CO₂ con mayor porcentaje de emisiones.

Gases	Fuentes emisoras principales	Concentración acumulada en la atmosfera	Contribución al calentamiento global (%)
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Quema de combustible fósil (77 %) y deforestación (23 %)	353 ppmv	55 %
Clorofluorcarbonados(CFC _s) y gases afines (HFC _s y HCFC _s)	Diversos usos industriales como: aerosoles de espuma, refrigeradores, solventes, etc.)	280 ppbv CFC-11 y 484 ppbv CFC-12	24 %
Metano (CH ₄)	Arrozales, fermentación entérica,	1.72 ppmv	15%

	fugas de gases, etc.)		
Óxido nitroso (N ₂ O)	Quema de biomasa, uso de fertilizantes, combustión de combustible fósil, etc.)	310 ppmmv	6%

ppmv= partes por millón de volumen., ppmmv= partes por mil millones de volumen., ppbv= partes por billón de volumen.

Tabla 1. Los gases de efecto invernadero, sus fuentes emisoras, concentración atmosférica y contribución al calentamiento global. Tomado de: Vargas *et al.*, 2003

Los principales generadores de CO₂ en la tierra son: el transporte, tala y quema de bosques y procesos industriales, pero el mayor porcentaje de emisiones de CO₂ a la atmosfera se debe al consumo de combustible fósil (carbón, gas natural, petróleo y sus derivados) para la generación de electricidad con un 37% de emisión de CO₂.

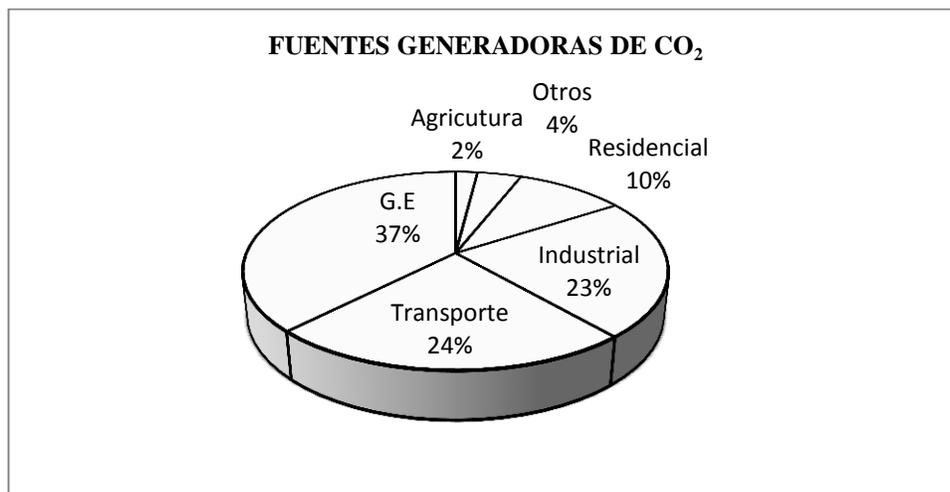


Figura 1: Fuentes generadoras de CO₂. Tomado de: EnergyInformation Administration.

La cantidad de CO₂ producida mediante la quema de combustibles fósiles es superior a la que puede ser absorbida por las plantas y los océanos de manera que las concentraciones de CO₂ en la atmosfera seguirán aumentando.

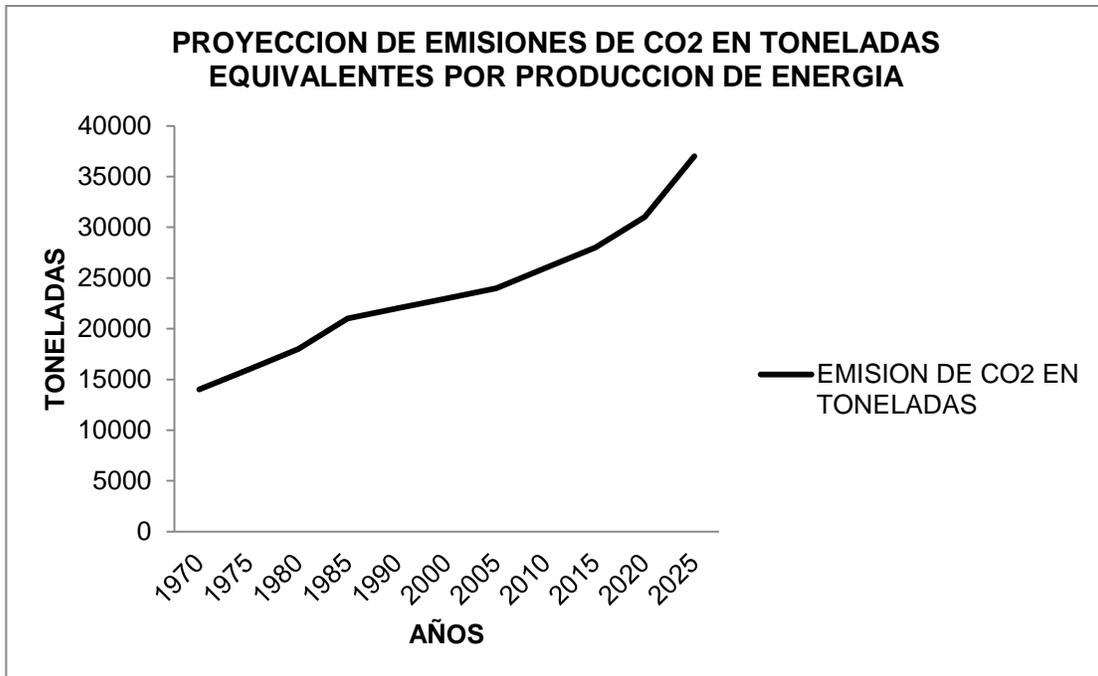


Figura 2. Emisiones de CO₂ en toneladas equivalentes por producción y uso de energía, 1970-2025. Tomado de: EnergyInformation Administration., 2004.

Otro problema ambiental provocado por emisiones a la atmosfera de óxidos de azufre (SO₂) y de nitrógeno (NO₂), principalmente provenientes de la quema de combustibles fósiles es la acidificación. El SO₂ y NO₂ reaccionan con el vapor de agua presentes en el aire convirtiéndose en compuestos ácidos como: ácido sulfúrico (H₂SO₄) y ácido nítrico (HNO₃) entre otros, los cuales se precipitan a través de las lluvias y nieves formando un ambiente corrosivo y depositando acidez en los océanos provocando daños a las especies marinas (Laguna., 2002).

2.2.- LAGUNA DE LAGARTOS.

La laguna de lagartos se encuentra ubicada en el puerto de Veracruz con las siguientes coordenadas 19°12'24.40'' latitud N; 96°10'40.31'' longitud W, se encuentra a 10 msnm con un perímetro de 1,767 metros y una área de 18,59 hectáreas.

La principal vegetación de la laguna está formada por *Typha latifolia* mezclada con *Pontederiasagittata*. Estas especies son de amplia distribución y su importancia radica por el mosaico de humedales que conforman.



Figura 3.- Laguna de Lagartos. Tomado de Ficha Informativa de los Humedales Ramsar, 2004.

2.2.1-ASPECTOS ECOLOGICOS.

El sistema de lagunas interdunarias de la ciudad de Veracruz forma parte del sistema de dunas costeras que se establece en la región central del estado de Veracruz en México.

Son lagunas interdunarias de agua dulce, someras, que se establecen debido al afloramiento del manto freático. Constituyen sistemas poco frecuentes en el resto del país por lo que tienen un valor especial regional. Comprenden distintos tipos de humedales, tales como vegetación flotante y sumergida, vegetación emergente además de que reciben numerosas especies de aves playeras y acuáticas y se localizan en la ruta del corredor migratorio de aves rapaces más grande del mundo.

Los ambientes en cuestión son considerados como hábitats críticos y con atributos especiales como son unicidad y biodiversidad. Tienen funciones tales como carga y recarga del manto freático, retención de sedimentos, mantienen la calidad del agua y son soporte para distintos hábitats; son sitios de descanso de aves migratorias y de reproducción de organismos locales, tienen influencia en las condiciones microclimáticas del área sirviendo también para diferentes actividades humanas como pesca de autoconsumo, recreación y mejoramiento de la calidad de vida (Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, 2004)

2.2.2- BENEFICIOS DE LA LAGUNA DE LAGARTOS.

Las lagunas interdunarias de la ciudad de Veracruz son humedales inmersos en la ciudad, cuyo funcionamiento se mantiene debido a las características hidrológicas particulares que le dan vida. Son los dos principales beneficios que aporta a la ciudad de Veracruz y a su población. En primer lugar, mantienen ambientes naturales donde se reproducen plantas y animales y donde llegan aves migratorias. En segundo lugar, brindan a la ciudad un escenario de gran calidad estética y recreativa que apenas hoy en día comienza a ser valorado. Además ayudan a mantener la calidad del agua de los mantos freáticos de la zona, sirven para abastecer agua para pavimentación de calles y para regar camellones. Proporcionan beneficios no extractivos como recreación, control de inundaciones y estético. Gracias al valor estético que se le está dando actualmente a algunas lagunas los terrenos de las colonias cercanas a ellas, tienen mayor plusvalía (Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, 2004)

2.3.- PROBLEMÁTICA DE LA ESTRUCTURA ACTUAL EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES.

Actualmente se generan 6.7 miles de millones de m³ de agua residual y se estima que este volumen aumente 9.2 miles de millones de m³ en el 2030

donde el 38% de dicho volumen se trataría de acuerdo al nivel requerido (CONAGUA., 2011), debido a que los costos energéticos necesarios para el tratamiento de aguas residuales en las regiones en vías de desarrollo pueden fácilmente representar la mitad del presupuesto total del gobierno municipal y aun en las empresas municipales de tratamiento de aguas de los países industrializados los insumos energéticos para el tratamiento de aguas residuales constituyen el segundo gasto de presupuesto más importante después de los costos laborales.

En el país de México se estima una inversión de 2,900.00 millones de dólares para proporcionar agua depurada y servicios de saneamiento eficientes a las poblaciones urbanas (Reynolds., 2002).

2.4.- SISTEMAS BIOLÓGICOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS.

Son aquellos que logran la eliminación de sustancias contaminantes de las aguas mediante procesos que no requieren energías externas, ni aditivos químicos, esta fuente es tomada de la naturaleza mediante: la energía solar, la energía cinética del viento, la energía química acumulada en la biomasa y en el suelo (laguna de oxidación, filtros verdes, humedales artificiales, etc.) (García et al., 2008), y por lo tanto representan costo energéticos y operacionales muy bajos.

En algunos sistemas biológicos de tratamiento de aguas como los humedales artificiales, el tratamiento se puede llevar a cabo en la masa del agua (Acuáticos) y en el terreno, concretamente en la biopelícula que crece adherida al sustrato sólido que forma el suelo que atraviesa el agua (Edáficos) (Azcoitia., 2012).

2.5.- HUMEDALES.

Son áreas que se encuentran saturadas por aguas superficiales y subterráneas, cuentan con especies vegetales de zonas húmedas como macrofitas e hidrofitas, entre una gran variedad de vegetación emergente, flotante y sumergida, animales, insectos y microorganismos adaptados a estas condiciones ambientales (Lahora., 2001), su atributo más importante es la presencia de agua la mayor parte del año.

Los procesos físicos, químicos y biológicos que en ellos ocurren como: la filtración, sedimentación y absorción de la materia contaminante, asimilación y fotosíntesis de las plantas y la actividad microbiológica, permiten la eliminación de las cantidades excesivas de nutrientes esenciales, materia orgánica e inorgánica, trazas de metales pesados, agentes patógenos, entre otros contaminantes presentes en el agua (Azcoitia., 2012).



Sitio Ramsar “La Mancha”



Cansa Burros

Figura 4. Humedales localizados en el estado de Veracruz, México.

2.6.- HUMEDALES ARTIFICIALES.

Son sistemas que procuran una idéntica capacidad de tratamiento de aguas que los humedales naturales con la ventaja añadida de que no están sujetos a las limitaciones de vertidos como en los ecosistemas naturales y que se pueden controlar sus aspectos hidráulicos (flujo de agua) y biológicos (vegetación), suelen tener un fondo o base impermeable en la que se deposita un medio de grava, suelo u otro material para el soporte y desarrollo de las plantas (García *et al.*, 2008).

Tienen un tiempo de retención hidráulico superior a los sistemas convencionales (físicos, químicos, etc.) de tratamiento de aguas residuales, motivo por lo cual son eficaces en la modulación de las variaciones del volumen de operación y en la calidad del flujo de agua de salida, sin embargo, debido a su elevado tiempo de retención hidráulico y porque son sistemas al aire libre, son susceptibles a tormentas, vientos, insectos e inundaciones, por este motivo ofrecen una respuesta relativamente lenta a los cambios operacionales.

La protección especial a los que están sometidos los humedales por su valor ecológico exige que el agua residual vertida en un humedal provenga como mínimo de un pre tratamiento para evitar aquellos sólidos no biodegradables que puedan alterar el tratamiento provocando una saturación en el sistema afectando la distribución uniforme del flujo de entrada (Azcoitia, 2012), existen dos tipos de humedales artificiales desarrollados para el tratamiento del agua residual, dependiendo de la situación del nivel de agua y el tipo de flujo: superficial, subsuperficial y vertical (Ruiz., 2011).

2.6.1.- HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUPERFICIAL.

El volumen de agua está expuesto directamente hacia la atmosfera y circula entre los tallos y hojas de las especies vegetales plantadas siguiendo una

trayectoria de flujo horizontal (García y Carzo, 2008), la profundidad del agua se encuentra entre un rango de 30 cm y 40 cm, suelen aplicarse para mejorar la calidad del efluente que ya ha sido previamente tratado en una depuradora (Poggi *et al.*, 2008), son menos eficaces que los del flujo subsuperficial porque no tienen medio granular poroso que participe en los mecanismos de depuración.

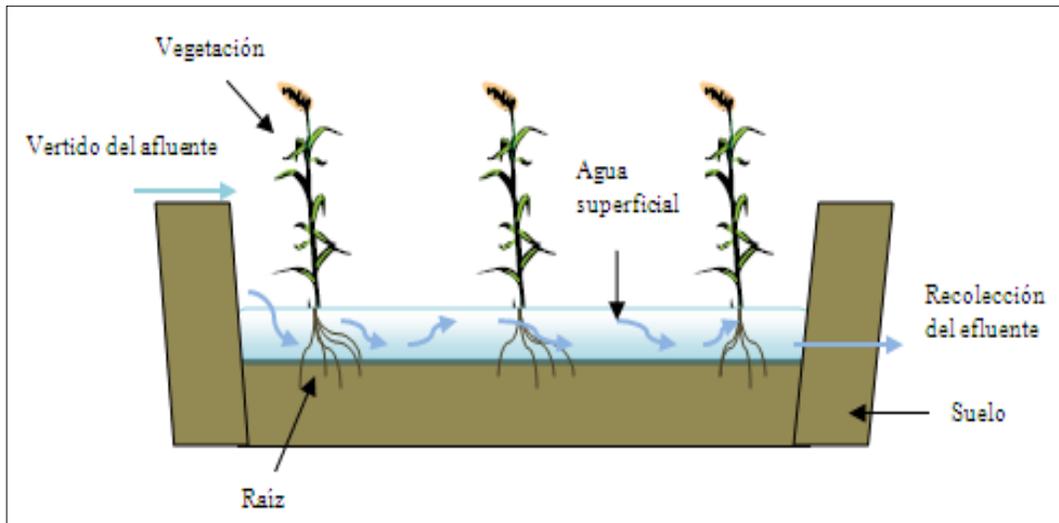


Figura 5: Representación esquemática de un humedal de flujo superficial. Imagen basada en García y Corzo., 2008

2.6.2.- HUMEDALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL.

El agua residual circula a través del medio granular poroso (roca o grava) y siempre por debajo de la superficie del mismo, ocasionando contactos con zonas aerobias y anaerobias (Poggi *et al.*, 2008), la profundidad del agua se encuentra entre un rango 30 cm y 90 cm (Azcoitia, 2012), la mayor parte de eliminación de la materia contaminante sucede cerca de la entrada y su concentración va disminuyendo de manera exponencial a lo largo del medio poroso (García y Corzo, 2008).

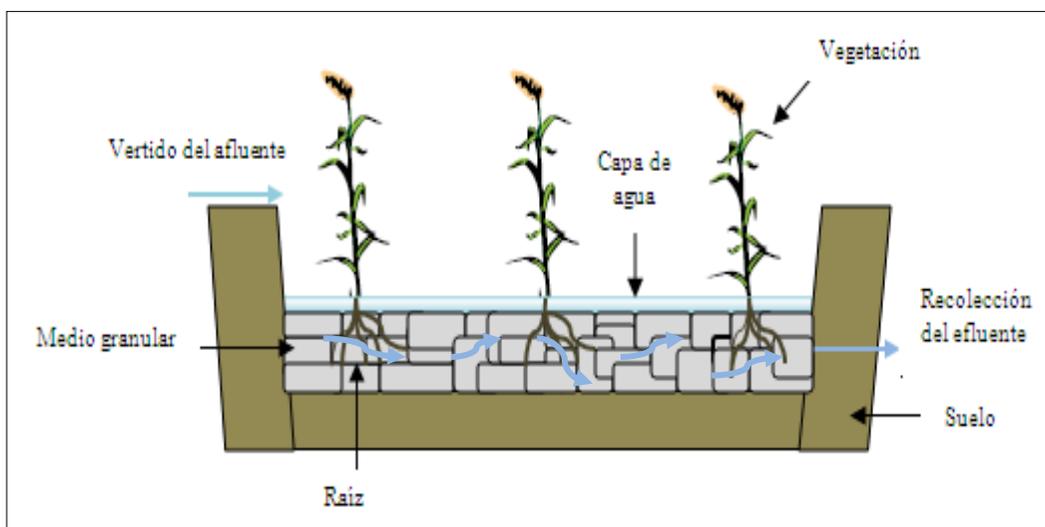


Figura 6: Representación esquemática de un humedal de flujo subsuperficial. Imagen basada en García y Corzo., 2008

En la siguiente tabla se podrán observar las ventajas y limitaciones de un humedal de flujo subsuperficial para poder hacer un análisis más profundo.

Ventajas	Limitaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Requiere menos espacio que un Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre. • Alta reducción de DBO, de sólidos suspendidos y de patógeno. • Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente. • No requiere energía externa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere pre tratamiento para prevenir las obstrucciones. • Los tiempos de procesos pueden ser largos.

Tabla 2. Ventajas y limitaciones del humedal de flujo subsuperficial. Tomado de: Manual de depuración de aguas residuales urbanas editado por Ideasmares, 2010.

2.7.- MECANISMOS FISICOS, QUIMICOS Y BIOLÓGICOS EN LOS HUMEDALES.

El pH, la temperatura, el contenido de sales y la actividad biológica influyen en los procesos bioquímicos de los humedales, controlando la solubilidad de sólidos y de diferentes gases como el metano (CH₄), el dióxido de carbono (CO₂) en el agua, por ejemplo a mayor temperatura y salinidad menos concentración de oxígeno disuelto en el agua, por otra parte muchas bacterias utilizadas para el tratamiento de aguas no pueden sobrevivir a ciertas condiciones pH como ejemplo: las bacterias desnitrificantes sobreviven a pH entre 6.5 y 7.5 y bacterias nitrificantes a pH mayores de 7.2 (Azcoitia, 2012).

Las plantas de los humedales actúan como conductos de transporte de gases hacia la atmosfera, parte del oxígeno entra al medio poroso por difusión directa del oxígeno atmosférico y por espacios vacíos que poseen las hidrófitas llamados aerenquima, que utilizan para transportar el oxígeno de las hojas a la raíz y para transportar el metano por difusión lenta del sedimento a la atmosfera promoviendo de esta manera la oxidación del mismo, en los tejidos de las plantas se lleva a cabo la asimilación y eliminación de carbono, nutrientes, trazas de metales y fósforo para su crecimiento (Poggi *et al.*, 2008), la raíz de las plantas funcionan como superficie de contacto para la fijación de microorganismos que actúan en la degradación de la materia orgánica por vía aerobia por bacterias heterótrofas en presencia de oxígeno (García y Corzo, 2008).

El medio granular que conforma al humedal ayuda a mantener a largo plazo la conductividad del flujo de entrada, regulando la velocidad del agua lo que facilita la sedimentación, filtración y adsorción de los sólidos suspendidos, materia mineral, fósforo, traza de metales y materia orgánica e inorgánica, en los poros del medio granular se llevan a cabo procesos como: la degradación de la materia orgánica por vía anaerobia en ausencia de oxígeno por bacterias

electroquímicamente activas, la inactivación de microorganismos patógeno por radiación ultravioleta, debido a una fuerza de tracción que ocasiona que la materia contaminante quede adherida a estos poros (Poggi *et al.*, 2008).

La mayoría del medio granular se encuentra en condiciones anaerobias principalmente después de los primeros centímetros, en zonas no cercanas a la raíz y bajo las condiciones habituales de carga de aguas residuales debido a que la vegetación no puede aportar con la raíz la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica del agua residual generando ambientes reductores (Azcoitia, 2012).

En el sedimento de los humedales se puede llevar a cabo procesos anaerobios como la metanogénesis donde el producto final es el metano (CH_4) bajo condiciones extremadamente reducidas por diversos géneros de bacterias como: *Methanosaeta* que utiliza el acetato como sustrato, *Methanobacterium* las cuales producen metano a partir de hidrógeno y dióxido de carbono y los *methanococcus* que producen metano a partir de compuestos metilados.

La oxidación del metano ocurre en presencia moderada de oxígeno (oxidación aerobia) por bacterias metanotróficas que son abundantes en la columna del agua y en la interfase aerobia del sedimento obteniendo como producto final metanol y en ausencia de oxígeno (degradación anaerobia) la cual se da principalmente en los humedales con agua salobre por varios grupos de *Archaea* en la zona de transición de reducción de sulfato y metanogénesis, obteniendo como producto final ácido carbónico o el ion bicarbonato.

La eliminación de nitrógeno en un humedal es de tipo microbiano es decir, por procesos de nitrificación y desnitrificación, pero también se puede contraer como componente de la biomasa y por mineralización, es decir la transformación biológica del nitrógeno orgánico a amonio (Azcoitia., 2012).

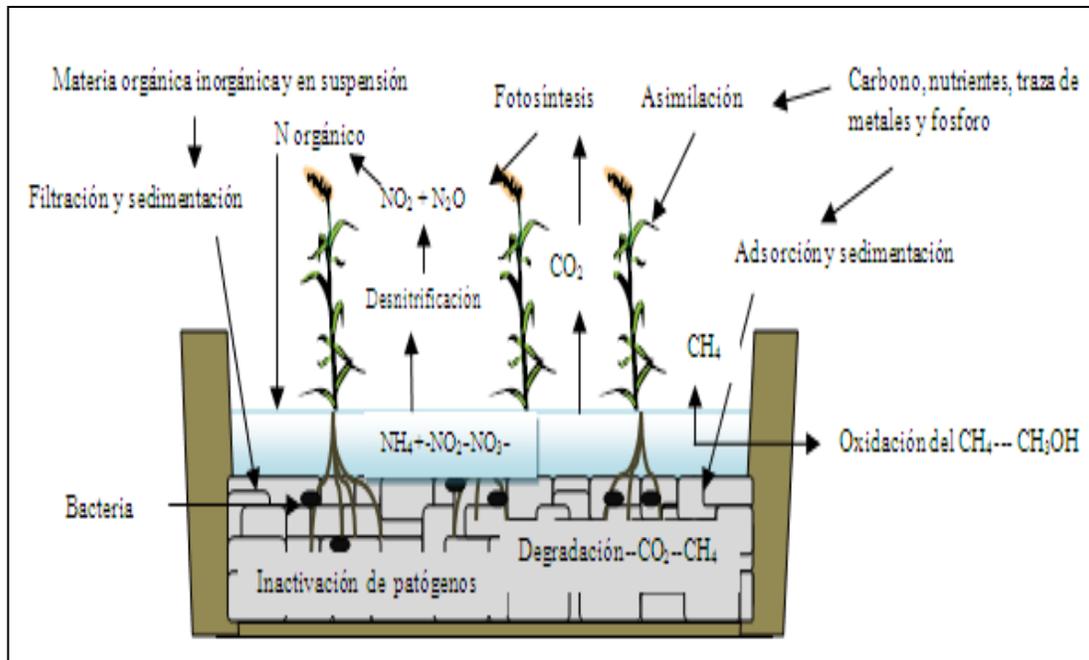


Figura 7. Mecanismos físicos, químicos y biológicos en un humedal. Imagen basada en Azcoitia., 2012

2.8.- CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO

Son dispositivos que convierten un sustrato biodegradable como: compuestos orgánicos (glucosa, acetato, etc.) y agua residual directamente en electricidad, esto sucede cuando las bacterias mediante su metabolismo oxidan completamente la materia orgánica para producir CO_2 , metabolitos, electrones y protones, las bacterias no transfieren los electrones producidos a su aceptor terminal, sino que son transferidos directamente al ánodo donde los electrones fluyen a través de un circuito externo que contiene una resistencia hacia un cátodo donde se combinan con el oxígeno disuelto en la cámara catódica y los protones transferidos por la membrana selectiva de intercambio para la formación de agua y cerrar el circuito eléctrico (Alzate *et al.*, 2008).

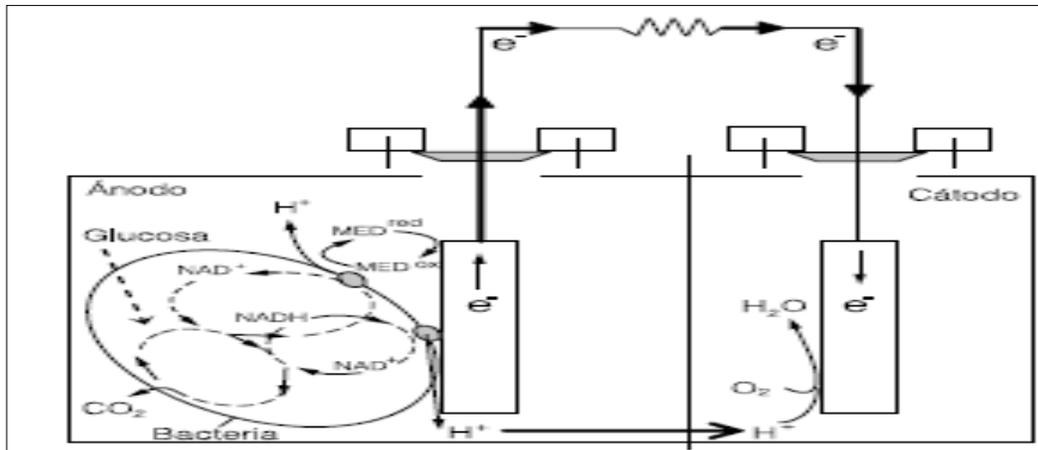


Figura 8. Funcionamiento de una celda de combustible microbiano. Tomado de: Alzate *et al.*, 2008.

Partes de una celda de combustible microbiano (Falcón *et al.*, 2009):

- Cámara anódica: Se encuentra el ánodo, las bacterias anaerobias y el sustrato, los materiales con que debe ser diseñado el ánodo deben ser conductores, biocompatibles y químicamente estables en el medio con que se alimenta la cámara, se pueden adherir mediadores redox artificiales que son compuestos que actúan transportando los electrones desde las bacterias hasta el ánodo, estos mediadores artificiales se reoxidan y quedan disponibles de nuevo para ser reducidos por los microorganismos, normalmente son compuestos metal-orgánicos o colorantes como ejemplo: Rojo neutro, Azul de metileno, la Tionina y el Fe (III)-EDTA.
- Membrana selectiva de intercambio de protones: Fomenta el paso de protones de una cámara a otra y mantiene el equilibrio de iones, esta membrana suele estar formada por un material polimérico.
- Cámara catódica: Se encuentra el cátodo, agua y un transportador de electrones (oxígeno, ferricianida), se puede emplear un catalizador (platino) para aumentar la tasa de reducción de oxígeno, generando reacciones de óxido reducción.

- Un dispositivo: Para la medición del paso de la corriente, este puede ser un multímetro, una resistencia, un foco, etc.

2.8.1.- PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN UNA CELDA DE COMBUSTIBLE MICROBIANO EN RELACION CON LA CONCENTRACION DE SUSTRATO.

Uno de los principales factores que afectan a la producción de energía es la concentración de sustrato el cual nos describe lo siguiente: La producción de voltaje en una celda de combustible microbiano se encuentra en función de la concentración y velocidad de transporte del sustrato y la actividad biológica.

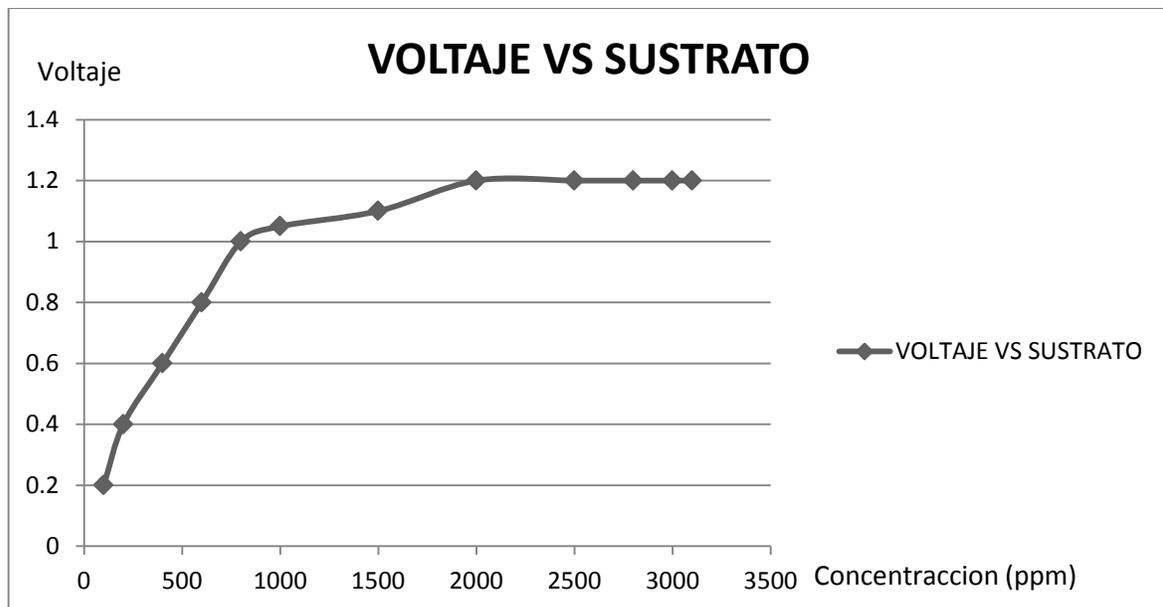


Figura 9. Producción de voltaje contra concentración y velocidad de transporte. Figura basada de Pistonesi *et al.*, 2010.

Como se puede observar en la figura 9 el voltaje se incrementa a medida que la concentración de glucosa aumenta, manteniéndose constante a partir de una concentración de 2000 partes por millón (ppm) en el cual la actividad

microbiana llega a la saturación, a medida de que la concentración total de glucosa es consumida el voltaje disminuye.

2.9.- CELDAS SEDIMENTARIAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO.

En la aplicación de una celda de combustible microbiano para el tratamiento de aguas residuales y la generación de energía eléctrica, la relación de costos es alta debido a la implementación de la membrana selectiva de intercambio de protones y a la necesidad de adherir mediadores redox artificiales (traza de metales, compuestos metal-orgánicos, colorantes) en ciertas ocasiones para mejorar la transferencia de electrones de la bacteria al ánodo, sin embargo los gradientes de óxido-reducción necesarios para operar una celda de combustible microbiano y lograr generar energía a partir de una transferencia de electrones, existen en ambientes biológicos sin la necesidad de implementar una membrana selectiva de intercambio de protones (Grupo de Ingeniería y Microbiología Medio Ambiental, 2009).

Una celda sedimentaria de combustible microbiano es un dispositivo en donde un electrodo (ánodo) se encuentra enterrado en un sedimento y que está provisto de materia orgánica la cual es oxidada por actividad microbiológica para generar energía eléctrica *in situ*, así es como se puede transferir electrones y cerrar un circuito a otro electrodo (cátodo) expuesto al oxígeno disuelto en el agua mediante un gradiente de potencial eléctrico que se da de manera natural en la superficie del agua y en el sedimento (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá., 2010).

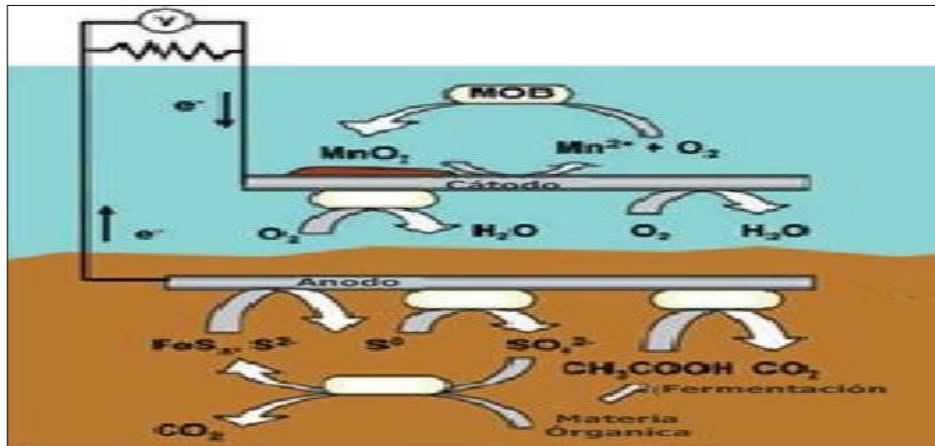


Figura 10: Representación esquemática de una celda sedimentaria de combustible microbiano. Tomado de: De Shampelaire *et al.*, 2008.

2.10.- BACTERIAS ELECTROQUÍMICAMENTE ACTIVAS QUE ACTUAN EN UNA CELDA SEDIMENTARIA DE COMBUSTIBLE MICROBIANO

Las bacterias electroquímicamente activas como: *Shewanella*, *Putrefaciens*, *Geobacteraceae*, *Sulfurreducens* y *Geobacter Metallireducens*, poseen la capacidad de transferir los electrones al ánodo sin la presencia de mediadores redox artificiales (rojo neutro, azul de metileno, la tionina y el Fe [III]-EDTA), evitando los problemas de toxicidad provocado por algunos de estos mediadores artificiales en los dispositivos electroquímicos (Kim *et al.*, 2008).

Las celdas sedimentarias de combustible microbiano se caracterizan por emplear las bacterias de la familia *Geobacter* directamente en el habitat natural como: lodos anaeróbicos y aguas residuales ricas en materia orgánica, la *Geobacter* para su crecimiento y desarrollo aplica el ciclo metabólico de Krebs el cual consta de una sucesión de reacciones químicas que oxidan completamente la materia orgánica, utilizando los óxidos de hierro insolubles o trazas de metales pesados como aceptores de electrones y como sustratos extracelulares para respirar, hasta producir CO₂, metabolitos, protones y electrones (Romero *et al.*, 2012).

La *Geobacter* consta con la presencia de una red de citocromos C-multihemo una estructura proteica, que se distribuye entre la membrana interna, periplasma y la membrana externa, esto permiten transferir los electrones desde el citoplasma hacia el exterior de la bacteria.

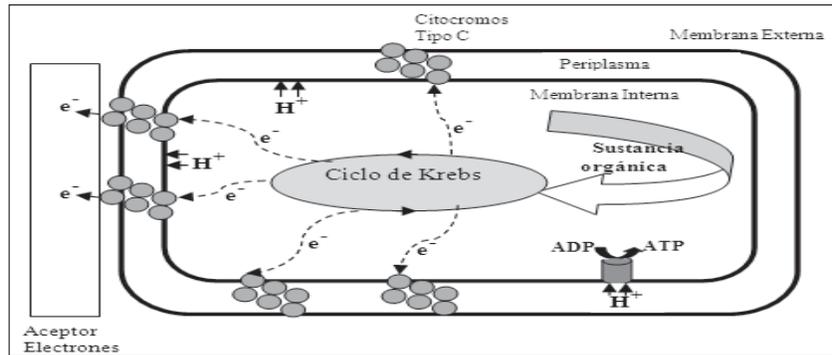


Figura 11. Modelo metabólico de una célula del genero *Geobacter*. Tomado de: Romero *et al.*, 2012.

La *Geobacter* también contiene estructuras de proteínas de nominadas pillis y flagelos ubicados en la parte externa de la célula, los flagelos permiten el desplazamiento de la bacteria de una partícula solida a otra, una vez que se agotan los sustratos extracelulares (Fe^{3+} , NO_3^- , Mn^{4+} y SO_4^{2-}) para llevar a cabo su respiración.



Figura 21 Estructura de flagelos y pillis de una célula del genero *Geobacter*. Tomado de Katrice R. Jalbuena., 2009

2.11.-MECANISMO DE TRANSFERENCIA DE ELECTRONES DE LA BACTERIA AL ANODO.

1.- Por contacto directo ya sea mediante la red de citocromos C-multihemo que transfiere los electrones desde el citoplasma hasta el exterior de la célula o por medio de los pillis llamados nanocables que transfiere los electrones desde la superficie externa de la bacteria hasta el ánodo descargándose en él con densidades de corriente de: $0.6 \mu\text{Acm}^{-2}$ para *Shewanellaputrefaciens.*, de $3 \mu\text{A cm}^{-2}$ para *Rhodoferraxferriceducens* y de $6.5 \mu\text{A cm}^{-2}$ para *Geobacter sulfurreducens*.

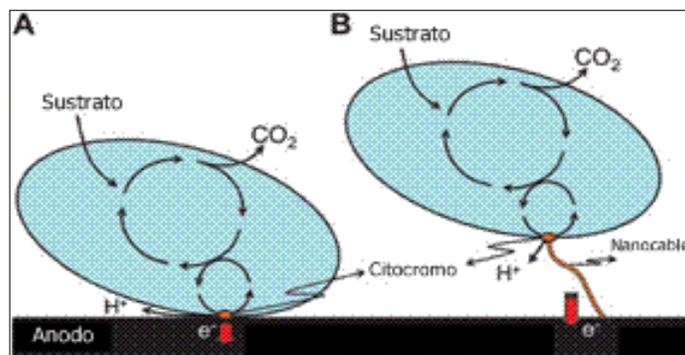


Figura 13. Transferencia de electrones a los ánodos por contacto directo. Tomado de: Shroder., 2007.

2.- Existen algunos tipos de bacterias electroquímicamente activas capaces de producir sus propios mediadores redox secretándolos al medio para que reaccionen con el ánodo, como ejemplo: la *pseudomonasaeruginosa* productoras de fenazinas y la *Shewanella* productora de riboflavinas (Núñez., 2008). Para probar esto los primeros experimentos con bacterias comenzaron con el uso de mediadores redox (fenazinas, riboflavinas, quinonas, fenoxazinas, fenotiazinas) que se encuentran involucrados en el metabolismo de las bacterias o como aceptor de electrones externo pero que se reciclan por el ánodo.

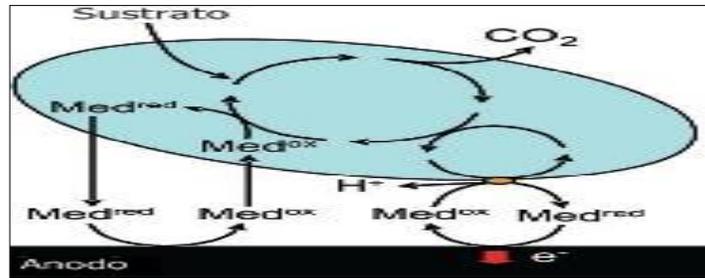


Figura 14. Transferencia de electrones al ánodo por mediadores redox. Tomado de: Schroder., 2007.

La transferencia de electrones por mediadores redox puede ser por metabolitos primarios o secundarios, como la fermentación de compuestos de bajo redox como es el caso de H_2 y el formato, o por bacterias que reducen aceptores de electrones para llevar a cabo su respiración estos pueden ser usados para entregar sus electrones al ánodo en lugar de su aceptor de electrones natural como es el caso de las sulfatos reductoras, como la *Desulfovibriodesulfuricans* que reduce el sulfato a sulfuro.

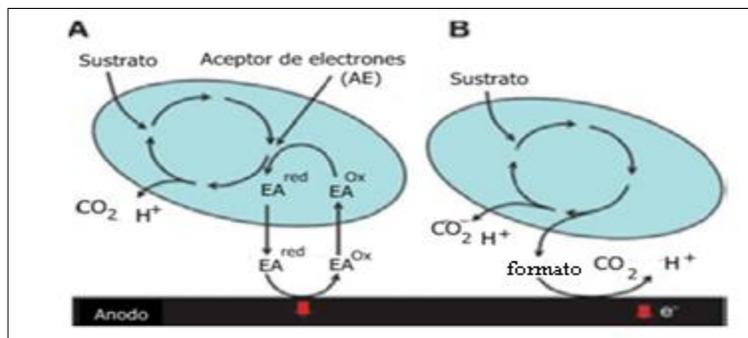


Figura 15. Transferencia de electrones al ánodo por aceptores de electrones (A) o por metabolitos (B) Tomado de: Schroder., 2007.

2.12.-HUMEDAL ARTIFICIAL ADAPTADO A UNACELDA DE COMBUSTIBLE MICROBIANO.

En los humedales ocurren reacciones de oxidación y reducción generadas por la actividad bioquímica que en ellos ocurre, como la transformación de la materia orgánica e inorgánica a través de los consorcios microbianos que forman

parte de ellos, debido a la presencia de este gradiente de potencial redox se puede implementar el uso de una celda de combustible microbiano para la generación de electricidad.

En los humedales, la captación de carbono es realizada a través de las plantas, las cuales poseen la capacidad de fijar el dióxido de carbono atmosférico convirtiéndolo en carbono orgánico, así como de abastecer continuamente de compuestos orgánicos (azúcares, ácidos orgánicos, carbohidratos), enzimas, materia celular muerta, materia de origen vegetal y nutrientes de la columna del agua, al sedimento y al ánodo a través de las raíces, este fenómeno llamado rizodeposición representa aproximadamente el 20-40% de la productividad fotosintética de las plantas (Timmers *et al.*, 2010).

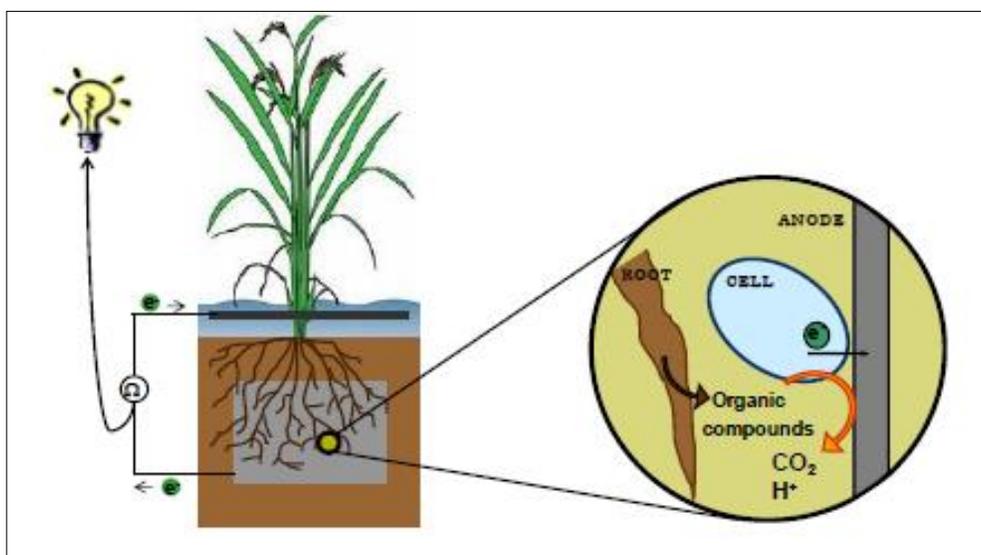


Figura 16: Representación esquemática del proceso de rizodeposición de las plantas. Tomado de: Cabezas., 2010

La rizodeposición puede ocurrir por diversos procesos como muerte y lisis de células en el sedimento y en la raíz de las plantas, por flujo de carbono orgánico en la raíz, excreción de solutos de células vivas (exudados) ya sea por difusión pasiva impulsada por el gradiente de concentración o por migración

impulsada por el gradiente de potencialidad, fijación o expulsión de gases y excreción de polímeros insolubles (mucilagos) (Timmers, 2012).

Posteriormente se lleva a cabo la hidrólisis de compuestos de cadena larga como: los lípidos, las proteínas y los carbohidratos, dependiendo de las condiciones de óxido-reducción, los productos de la hidrólisis pueden seguir diferentes rutas metabólicas, si se encuentran en zonas aerobias (en la columna del agua, en zonas cercanas a las raíces y en los primeros centímetros del sedimento) ellos pueden ser oxidados a CO_2 y H_2O , por bacterias aerobias utilizando oxígeno como aceptor de electrones.

Por otra parte si los compuestos orgánicos productos de la hidrolisis se encuentran en zonas anaerobias (después de los primeros centímetros del sedimento) los microorganismos utilizan la glucosa para obtener energía química, produciendo ácidos orgánicos de bajo peso molecular como el acetato, propionato y butirato, los cuales serán convertidos a CO_2 , metabolitos, electrones y protones por bacterias anaerobias (algunas con la capacidad de secretar sus propios mediadores redox) utilizando sustratos extracelulares encontrados en el medio (NO_3^- , Mn^{4+} , Fe^{3+} , y SO_4^{2-}) para llevar a cabo su respiración y como aceptores de electrones para transferir los electrones al ánodo, donde serán conducidos por un circuito externo o por el gradiente potencial eléctrico al cátodo expuesto al oxígeno disuelto en el agua (Lahora, 2001).

En la desnitrificación se usan nitratos como aceptores de electrones para la oxidación de la materia orgánica cuando el potencial redox es de 450 mV, seguido por la reducción de Fe^{3+} a potencial redox de 180 mV, estas reacciones son llevadas a cabo por bacterias que usan la fermentación para la obtención de energía, los anaerobios reducen el sulfato cuando el potencial redox baja a -215 mV (Lahora, 2001)

En el sedimento de los humedales se puede llevar a cabo procesos anaerobios como la metanogenesis donde el producto final es el metano (CH_4) bajo condiciones extremadamente reducidas esto ocurre cuando el potencial redox es menor a -244 mV por diversos géneros de bacterias como: *Methanosaeta* que utiliza el acetato como sustrato, *Methanobacterium* las cuales producen metano a partir de hidrogeno y dióxido de carbono y los *methanococcus* que producen metano a partir de compuestos metilados.

2.13.- ANTECEDENTES TECNICOS.

2.13.1.- TIPOS DE FLUJOS IDEALES REPRESENTADOS EN CONDICIONES DETERMINADAS EN UN REACTOR.

La primera aproximación para determinar el tipo de flujo que se presenta en una condición determinada en un reactor, es considerarlo como flujo tipo pistón o como flujo de mezcla perfecta, que representan los dos extremos ideales de flujo (Sabas., 2011).

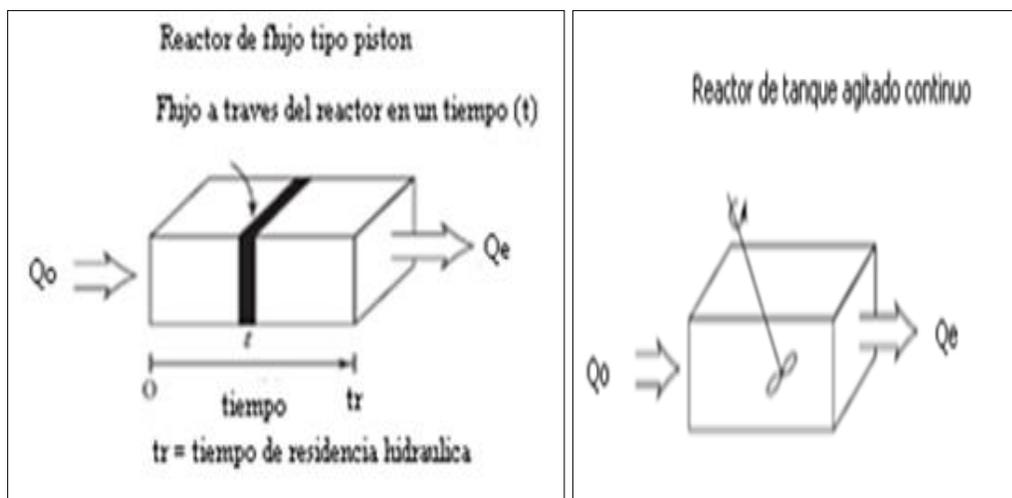


Figura 17. Representación gráfica de los modelos de flujo ideal. Tomado de: Sabas., 2011.

2.14.- MODELOS PARA EL DISEÑO DE HUMEDALES ARTIFICIALES

En la actualidad, los modelos más empleados para el dimensionamiento de los humedales artificiales, tanto de flujo superficial como subsuperficial, parten de considerarlos como reactores biológicos de flujo ideal tipo pistón los cuales siguen en su comportamiento cinéticas de primer orden para la eliminación de las concentraciones de los distintos contaminantes presentes en las descargas de aguas residuales ya sea domestica e industriales.

A continuación se mencionan 3 modelos que han sido de mayor relevancia para el diseño de estos reactores biológicos de flujo tipo pistón.

2.14.1.- MODELO DE RETENCIÓN DE VOLUMEN.

Desarrollado por Sherwood C. Reed *et al* en 1995, este modelo se basa en una cinética de primer orden, empleando ecuaciones en las que se consideran las constantes de reacción del compuesto de interés, esta constante de reacción es dependiente de la variación de la temperatura con respecto al tiempo (Osnaya., 2012).

$$\frac{C_o}{C_e} = e^{-kt}$$

Dónde:

C_o = La concentración del contaminante de interés a la entrada del humedal (mg/l).

C_e = La concentración del contaminante de interés a la salida del humedal (mg/l),

k = La constante de reacción del compuesto de interés (d-1)

t = El tiempo de retención hidráulica (d).

Tomando en cuenta que el tiempo de retención hidráulica viene definido por la relación entre el volumen ocupado por el agua en el humedal (volumen efectivo) y el caudal de alimentación al sistema.

La dependencia de la constante de reacción K_T con la temperatura de trabajo del humedal, viene dada por la ecuación:

$$K_T = K_{20}(1.06)^{(T-20)}$$

Dónde:

K_T = Constante de reacción a la temperatura de trabajo (d^{-1})

T = Temperatura de trabajo ($^{\circ}C$)

K_{20} = Constante de reacción a $20^{\circ}C$

Posteriormente se procede a calcular el área de diseño para el humedal, tomando en cuenta las concentraciones de entrada y salida del humedal, del contaminante que se interese remover.

$$A_s = \frac{Q(InCo - InCe)}{K_T y n}$$

Dónde:

Q = Flujo volumétrico ($m^3 d^{-1}$)

Co = Concentración a la entrada del humedal (mg/l)

Ce = Concentración a la salida del humedal (mg/l)

K_T = Constante a la temperatura de trabajo (d^{-1})

y = Altura del lecho (m)

n = Porosidad del medio (adimensional)

2.14.2- MODELO k-C*

Desarrollado por Robert H. Kadlec en el 2000, considera que en los humedales artificiales la proliferación de microorganismos da lugar a la producción de nueva materia orgánica, parte de la cual quedara retenida en el propio humedal, mientras que el resto saldrá del sistema, afectando la calidad final de los efluentes y la presencia de una fuerza impulsora, por la cual existe una concentración de saturación que no permite que haya mayor remoción.

$$\frac{C_e - C^*}{C_o - C^*} = e^{-ky/Q}$$

Dónde:

Q= Velocidad de flujo ($m^3 d^{-1}$)

k= Constante de desaparición o de reacción ($m d^{-1}$)

C* = Concentración residual o de fondo (mg/l)

C_o= Concentración de entrada (mg/l)

C_e= Concentración de salida (mg/l)

y= Fracción de distancia del humedal (adimensional)

La ecuación para calcular el Área del humedal de acuerdo al modelo es la siguiente:

$$A_s = \frac{Q * \ln \left[\frac{C_o - C^*}{C_e - C^*} \right]}{K_T * n}$$

Dónde:

Q= Flujo volumétrico ($m^3 d^{-1}$)

C_o= Concentración a la entrada del humedal (mg/l)

C_e= Concentración a la salida del humedal (mg/l)

K_T= Constante a la temperatura de trabajo (d^{-1})

y= Altura del lecho (m)

n= Porosidad del medio (adimensional)

2.14.3.- MODELO TIPO MONOD

El modelo de Monod caracteriza a los humedales como un sistema de saturación es decir existe una constante que limita la conversión de la concentración de entrada, este modelo no es de uso práctico, debido a que los parámetros cinéticos son difíciles de aplicar, resultando más adecuados los modelos cinéticos de primer orden, debido a que son más ajustables y brindan un intervalo de aplicación más amplio (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá, 2010).

La ecuación que determina el modelo es:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{F1}{V}C_o - \frac{F2}{V}C_e - \frac{RC_o}{K_s + C_o}$$

Dónde:

Ce= Concentración de salida (mg/l)

Co= Concentración de entrada (mg/l)

F1= Flujo de entrada (m³ d⁻¹)

F2= Flujo de salida (m³ d⁻¹)

Ks= Constante de saturación del sistema (mg/l)

R= Velocidad de degradación (mg m⁻³ d⁻¹)

$\frac{dC}{dt}$ = Variación de la concentración con respecto al tiempo

2.15.- DISEÑO HIDRAULICO EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL.

Para el diseño hidráulico de un humedal se asumen condiciones de flujo laminar pero estas condiciones pueden variar por la precipitación, evaporación y filtración.

El flujo a través del humedal debe superar la resistencia por fricción del mismo sistema, esta resistencia viene impuesta por la vegetación y la capa de sedimentos en los humedales de flujo superficial, mientras que en los humedales de flujo subsuperficial se debe a las raíces de las plantas y los sólidos acumulados no biodegradables y el medio granular el cual puede originar un flujo turbulento cuando se utilizan en el diseño del humedal gravas muy gruesas.

La ley de Darcy describe el régimen de flujo en un medio poroso y puede dar una aproximación a las condiciones hidráulicas para superar las resistencias dadas por las pérdidas de carga a la entrada y salida del sistema diseñado, para tener una mínima dependencia del gradiente hidráulico y mejorar el rendimiento del humedal (Lara., 1999).

$$V=K_s (S), \quad Q= (K_s) (A_c) (S), \quad S=\frac{(m)(h)}{L}$$

Dónde:

Q: caudal promedio (m³/día)

K_s: Conductividad hidráulica de una unidad de área del humedal perpendicular a la dirección del flujo (m³/m²·día)

A_c: Área de la sección transversal perpendicular al flujo (m²)

V: Velocidad de "Darcy" que es la velocidad del flujo aparente a través de la totalidad del área de sección transversal del lecho (m/d)

S: Gradiente hidráulico en (m/m)

m: Pendiente del humedal %, expresada en decimal

h: Profundidad del agua en el humedal (m)

L: Longitud en el humedal (m)

2.15.1.- TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICA (TRH)

Es el tiempo que el agua permanece en el sistema para que se lleven a cabo los procesos necesarios para garantizar un tratamiento adecuado, el TRH bajo condiciones de flujo ideal puede ser definido mediante la relación entre el volumen de agua útil (V), cuyo resultado es el producto de la profundidad (h) por el área superficial (W x L), afectados por la porosidad del medio (n), dividido por el caudal de agua (Q) (Lara., 1999).

$$TRH = \frac{L(W)(N)(h)(n)}{Q}$$

Dónde:

L= Longitud (m)

W= Ancho (m)

N= Fracción del área transversal no ocupada por plantas 0.75 (Lara., 1999)

h= Profundidad (m)

Q= Caudal medio que circula a través del sistema (m^3/d).

n = Porosidad del medio.

2.16.-CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO Y FACTORES QUE AFECTAN SU OPERACIÓN.

Debido a que las celdas de combustible microbiano son una tecnología que se encuentra en desarrollo y siendo investigada aún no se establecen modelo para el diseño, pero se proponen ciertas consideraciones y condiciones para mejorar la eficiencia en su operación de acuerdo a las observaciones realizadas en experimentos realizados con celdas de combustible microbiano reportados en la literatura.

La potencia de salida de una celda de combustible microbiano se ve afectada debido a la sobre tensión relacionada con el óhmico, pérdidas por resistencias internas y pérdidas por resistencias externas (Kim *et al.*, 2008), estas pérdidas por resistencia internas se pueden reducir mediante la optimización de la configuración de la celda de combustible microbiano como:

1.- Aumentar el área del ánodo establecido para evitar que se limite la transferencia de electrones generados en el comportamiento de la celda de combustible microbiano, la cual debe ser más grande que el área del cátodo para que este pueda reducir oxígeno con el flujo de electrones proveniente del ánodo, se debe de establecer un área del cátodo eficiente ya que se ha mencionado que este elemento en la mayoría de las observaciones experimentales ha causado disminuciones en el funcionamiento de la celda de combustible microbiano (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá., 2010).

2.- Al aumentar el tamaño de la celda aumentaría la resistencia interna del sistema al paso de la corriente.

4.- Minimizar la distancia entre los electrodos (ánodo y cátodo) facilita el transporte de protones y electrones a través de la membrana de intercambio. Pero en el caso de celdas sedimentarias de combustible microbiano puede ser que exista una disminución de potencia por los graves daños que pueden ser ocasionados a las bacterias anaerobias por difusión de oxígeno a la zona

anaerobiaa través de un cátodo expuesto al agua cuando la distancia entre los electrodos se disminuya adicionalmente debido a que no cuenta con una membrana selectica de intercambio de protones. (Kim *et al.*, 2008).

5.- El compuesto oxidante para el cátodo debe ser oxígeno ya que usar compuestos químicos oxidantes, implica regenerarlos y como consecuencias más gastos, se debe omitir el uso de una membrana de intercambio de protones debido al alto costo que adquiriría al escalar la tecnología, en el caso de ser posible es aconsejable usar soluciones salinas que permitan reducir la resistencia interna con la intención de favorecer la transferencia (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá., 2010).

6.- Mejorar la actividad catalítica (Kim *et al.*, 2008).

El rendimiento de una celda de combustible microbiano se ve afectada por una variedad de factores debido a la naturaleza de los elementos que conforman esta tecnología ya que se da una resistencia al paso de la corriente como: concentración de oxígeno disuelto, temperatura, la fuerza electrolítica y las propiedades del medio de cultivo utilizado como combustible, por tal motivo no se puede generar una mayor energía de la que metabólicamente pueden ofrecer las bacterias (Kim *et al.*, 2008).

El oxígeno no actúa solo como un aceptor de electrones, si no también actúa con un factor limitante e inhibitorio en las bacterias anaerobias, cuando la concentración de oxígeno está saturada puede ocasionar el aumento no deseado de bacterias heterótrofas y otro tipo de bacterias aerobias que pueden competir por el sustrato con las bacterias electrogénicas anaerobias como resultado de una difusión de oxígeno al ánodo (Kim *et al.*, 2008).

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1.- METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.

Los humedales artificiales fueron instalados en el Instituto Tecnológico de Veracruz, en la ciudad de Veracruz, México.

Durante el experimento se realizaron mediciones de voltaje y análisis de demanda biológica de oxígeno (DBO_5) en los meses de Mayo, Julio y Agosto del 2012.

El voltaje fue medido durante 3 periodos del día: 10:00 a.m., 14 p.m. y 17 p.m., usando un multímetro Fluke de 87 V.

Se tomaron muestras del flujo de agua al entrar a los humedales y trascurrido el tiempo de retención hidráulica (3 días) establecido para los humedales, se tomaron muestras del flujo de salida.

A cada muestra de agua se le realizó análisis para la determinación de DBO_5 a través del método yodo métrico establecido por la APHA 1992.

Los análisis de DBO_5 se realizaron en el Laboratorio de Ecología, Ambiental y Ciencias del Instituto tecnológico de Veracruz, en la ciudad de Veracruz, México

Los humedales fueron construidos con las siguientes medidas: 59 cm de largo, 30 cm de ancho y 25.5 cm de ancho, con laminas de acrílico de 6 mm de ancho.

Se estableció en los humedales una entrada (parte superior), donde el flujo de agua era distribuido al interior del humedal por medio de tuberías de $\frac{1}{2}$ pulgada y una salida (parte inferior) en la cual se instalaron llaves de paso de bola de $\frac{1}{2}$ pulgada, las cuales se mantenían abiertas al 100 %, debido a que el flujo de salida era controlado por diferencia de alturas.

Para las celdas de los humedales se tejieron electrodos de hilo de grafito (ICYTSA, México) de 3 mm de diámetro, se construyeron ánodos con un área de 570.3 cm² y cátodos con un área de 200 cm², en los extremos de los electrodos se integraron cables de cobres con recubrimiento de estaño sellado con tela Termofit de ¼ de pulgada de diámetro, los cuales fueron aislados con manguera sellada en ambos extremos con silicón para evitar la filtración de agua.

En el interior de lo humedales se fueron añadiendo capas de grava de 32 mm de diámetro, en el fondo del humedal se añadió una capa de grava de 4 cm de altura, colocándose sobre esta capa el ánodo para cubrirlo con una capa de grava de 6 cm de altura, donde se colocaron las 3 planta establecidas para el humedal (*Sagitaria lancifolia*L), cada planta se coloco a una distancia de 12 cm de la otra, con el fin de que tuvieran la misma área de crecimiento para las raíces, posteriormente se añadió una capa de grava de 5 cm de altura para cubrir las plantas y por ultimo se añadió agua hasta cubrir una altura de 23 cm sobre la superficie de la ultima capa de grava para colocar en esta el catodó.

La planta establecida para los humedales fue la *Sagitaria lancifolia* L, justificando a que es una de las hidrófilas que filtran menores cantidades de oxigeno al medio a través de los sistemas de raíces, favoreciendo la degradación anaerobia y la operación de la celda sedimentaria de combustible microbiano (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá., 2010).

Las *Sagitarias lancifolia*L. Se colectaron en el centro de investigaciones costeras “La Mancha” (CICOLMA) ubicada en el área natural protegida en el estado de Veracruz, México.



Figura 18. Diagrama fotográfico de la construcción de los humedales artificiales.

Se estableció un sistema de distribución de flujo en donde mediante un tanque de alimentación con una capacidad de 220 litros, establecido a 2 metros de distancia atrás de los humedales, se distribuía un flujo 40 L/día a través de una manguera de 3/16 pulgadas de diámetro hacia una caja reguladora de flujo con una capacidad de 4 litros, controlando el flujo con llaves de tipo maneral, mediante la caja reguladora era distribuido un flujo de 13.27 L/día a través de tubos de PVC de ½ pulgada.

El agua vertida al humedal se muestreo en la laguna lagartos ubicada en la colonia playa linda en la avenida Veracruz. En el estado de Veracruz, México.

Se tomaron las muestras en virones con una capacidad de 40 litros, los cuales se taparon inmediatamente después de llenarse, las muestras de agua se tomaron todas del mismo sitio, el muestreo se realizo cada 4 días.



Figura 19. Fotografía del sistema de distribución de flujo y humedales artificiales construidos.

3.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL

Durante el experimento se colocaron dos humedales con circuito cerrado indicados como reactor 1 y reactor 3 con una resistencia de 80Ω , se colocó un humedal con circuito abierto el cual se indicó como reactor 2.

Se instaló un humedal, sin la implementación de una celda, indicado como Reactor 4, el cual sirvió como referencia para establecer si la implementación de una celda sedimentaria de combustible microbiano en un humedal artificial favorece o desfavorece el tratamiento del agua residual.

3.2.1- CÁLCULOS DE CORRIENTE Y POTENCIA GENERADA EN LAS CELDAS SEDIMENTARIAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANO.

En las celdas solo se midió el voltaje, la corriente y la potencia se calcularon por la ley Ohm la cual establece que la cantidad de corriente que fluye en un circuito formado por resistencias puras es directamente proporcional a la fuerza electromotriz aplicada al circuito e inversamente proporcional a la resistencia total del circuito: $I=V/R$, donde I es la corriente generada en mA, V es el voltaje en mV, R es la resistencia externa del sistema en ohms y la potencia se calculo como el producto de la corriente por el voltaje $P= VI$, donde P es potencia en mW, V es voltaje en mV, I es corriente en mA., los datos obtenidos fueron normalizados con respecto al área del ánodo (570 cm^2) para obtener la corriente normalizada con respecto al área superficial de la celda en mA/m^2 y de igual manera la potencia normalizada con respecto al área de las plantas mW/m^2 como fue propuesto por (Logan *et al.*, 2006).

CAPITULO IV

ANÁLISIS, OBSERVACIONES Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

4.1.- RESULTADOS DEL EXPERIMENTO EN EL MES DE MAYO DEL 2012

En las primeras mediciones experimentales de los reactores que se realizaron en los días del 4 de Mayo al 18 de Mayo, se observó en los reactores 1 y 3 que operaban en circuito cerrado con una resistencia de 80Ω , que el comportamiento de la generación de energía en estos reactores durante los primeros 5 días de medición presentó una etapa de adaptación es decir que la producción de voltaje se encuentra en función con la concentración distribuida del sustrato y la actividad microbiana y de las plantas.

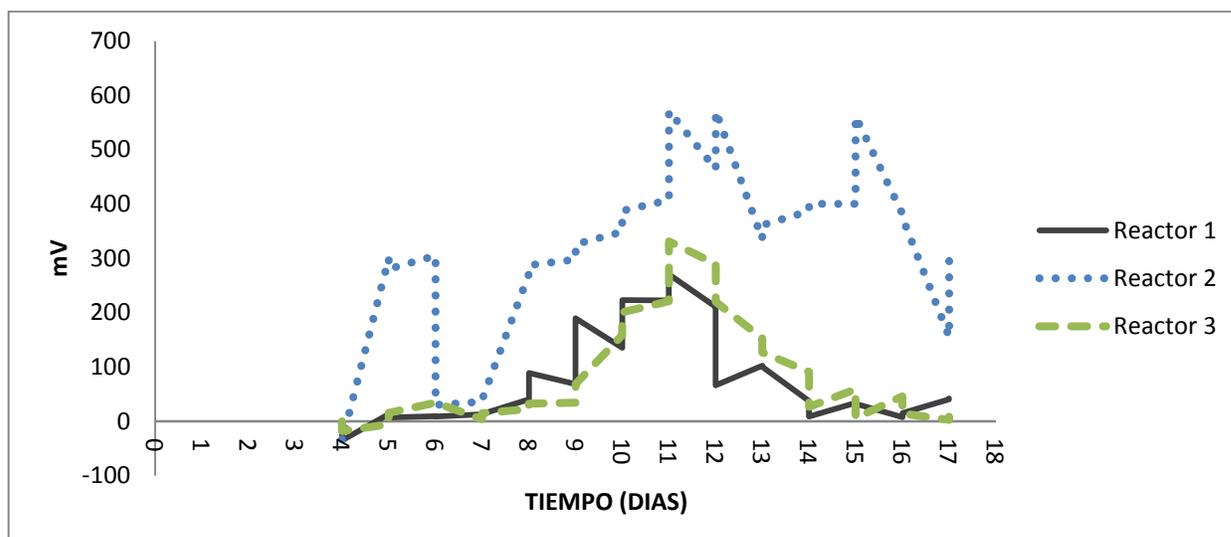


Figura 20. Gráfica comparativa de voltajes obtenidos durante las mediciones en el mes de mayo del 2012.

Posteriormente a partir del 6 día de medición se observo un incremento en la generación de energía de los reactores alcanzando un máximo de 571.4 mV para el reactor 2, 270mV para el reactor 1 y 331.3 mV para el reactor 3, siendo afectado el voltaje del reactor 1 en comparación con el reactor 3, por la observación del crecimiento de algas en la parte superior del medio filtrate (grava) y por el contacto de las raíces de las plantas con el ánodo observado al final del experimento, lo cual pudo haber provocado difusión de oxígeno por las algas o por las raíces de las plantas al medio anaerobio del humedal como resultado del proceso fotosintético, desfavoreciendo la anaerobiosis.

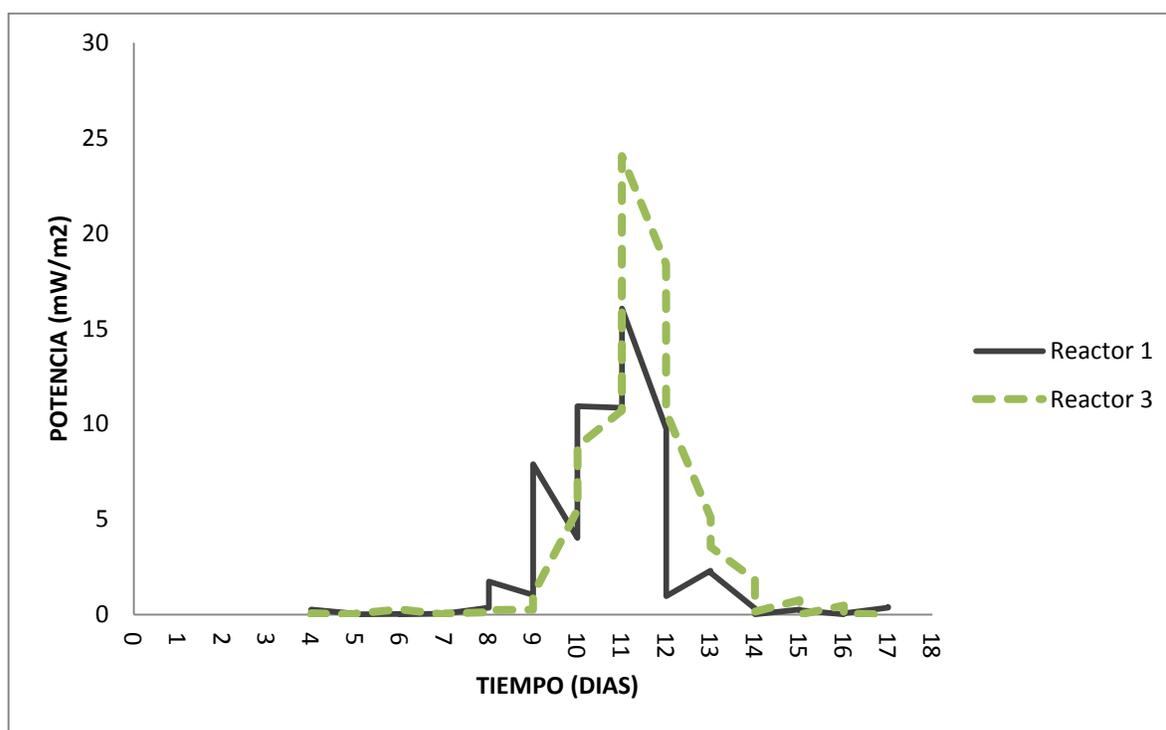


Figura 21. Grafica comparativa de potencias generadas durante las mediciones del mes de Mayo del 2012.

La generación de potencia fue normalizada de acuerdo al área de crecimiento de las plantas, el reactor 3 genero una potencia máxima por unidad de área de 24.05 mW/m^2 y el reactor 1 de 16.04 mW/m^2 .

Fecha	Remoción %
9 de Mayo del 2012	
R1	70
R2	71
R3	70
R4	83
13 de Mayo del 2012	
R1	90
R2	79
R3	86
R4	81

Tabla 3. Análisis de DBO₅ en el mes de Mayo del 2012 durante un tiempo de retención hidráulica de 3 días en los humedales artificiales.

Los análisis de DBO₅ realizados del agua vertida el día 9 de Mayo del 2012 a los reactores, presentaron bajos porcentajes de remoción durante el tiempo de detención hidráulico (3 días), debido a que en los reactores se continuaba degradando la materia orgánica presente por la actividad microbiana mediante la anaerobiosis como se observa en la tabla en la cual la generación de energía presento una etapa de incremento.

En los análisis realizados del agua vertida el día 13 de Mayo del 2012 se alcanzaron mayores porcentajes de remoción, como se muestra en la tabla se presento una disminución en la generación de energía, tal por una alteración en el proceso de anaerobiosis (muerte o problemas en el metabolismo de las bacterias anaerobias) y por consecuencia la degradación de la materia orgánica se llevo a cabo por otras actividades biológicas del humedal como la actividad fotosintética de las plantas, eliminación de carbono por los tejidos de las plantas o por la degradación de materia orgánica por vía aerobia por bacterias heterótrofas.

4.2.- RESULTADO DEL EXPERIMENTO EN EL MES DE JULIO DEL 2012

Las segundas mediciones experimentales de los reactores se realizaron durante los días del 7 de julio al 30 de julio.

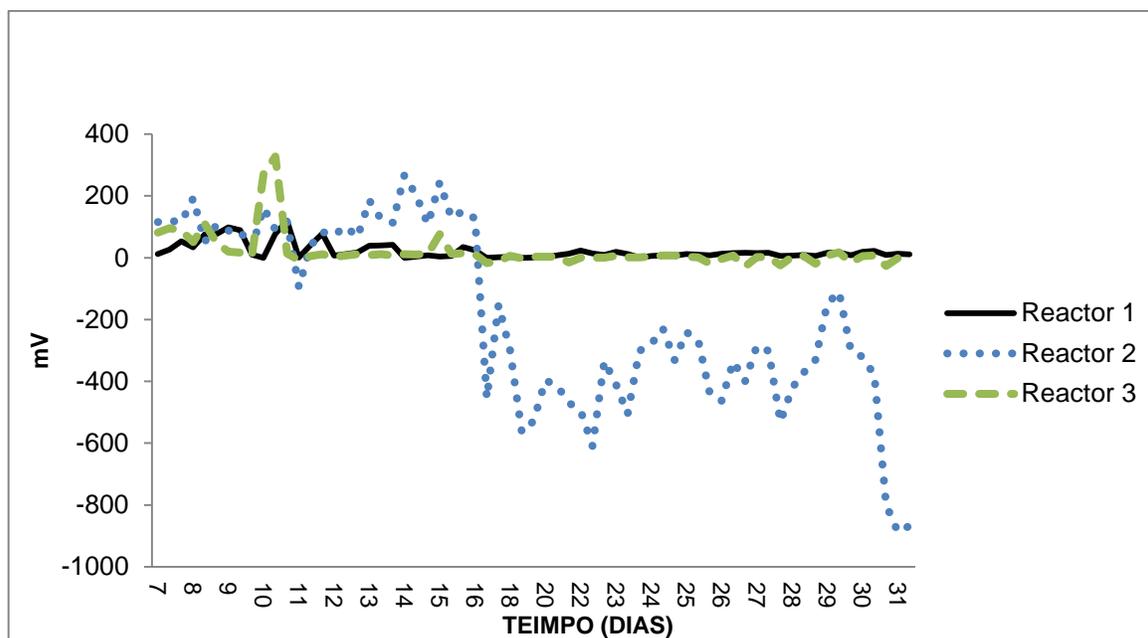


Figura 22. Grafica comparativa de voltajes obtenidos durante las mediciones en el mes de Julio del 2012

En los primeros días de esta etapa experimental se observó que el reactor 3 que operó en circuito cerrado con una resistencia de 80Ω alcanzó un máximo voltaje de 327 mV, y el reactor 2 que operó en circuito abierto de 244 mV, afectándose a partir del día 15 de julio la producción de energía para el reactor 1 y 3, por causa de los eventos constantes de vientos y lluvias transcurridos durante este mes, por la difusión de una mayor concentración de oxígeno atmosférico a los reactores, ocasionado por la velocidad del viento y por la fuerza aplicada en la caída de las gotas de lluvia, permitiendo el crecimiento de bacterias aerobias en el sedimento que pueden competir por el sustrato con las bacterias anaerobias o provocando la muerte de estas (Romero *et al.*, 2012).

Se observo que el reactor 2 a partir del día 20 de julio, presento una fase decreciente en su polaridad hasta presentar mediciones de voltajes negativos de hasta -800 mV.

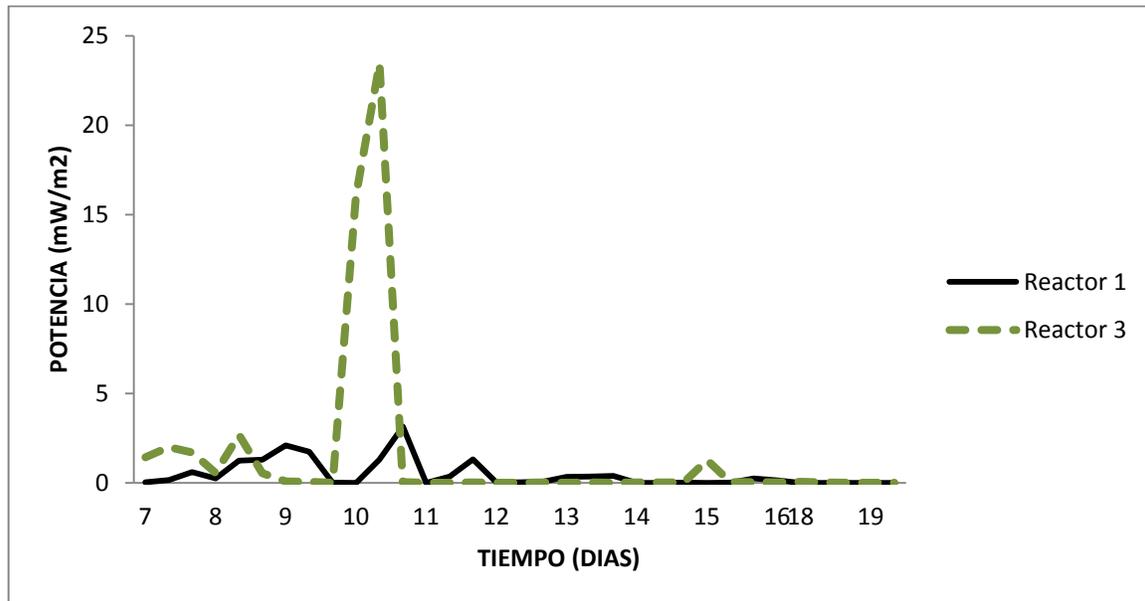


Figura 25. Grafica comparativa de Potencias generadas durante las mediciones del mes de Julio del 2012

Durante el mes de julio la potencia se vio afectada por los eventos de lluvia y viento, el reactor 3 alcanzo un máximo de potencia por unidad de área de 23.43 mW/m² antes de que los eventos de lluvias se presentaran constantes.

	Remoción %
6 de julio del 2012	
R1	51
R2	55
R3	58
R4	79
12 de julio del 2012	
R1	61
R2	66
R3	56
R4	70
27 de julio del 2012	
R1	56
R2	68
R3	78
R4	42

Tabla 4. Análisis de DBO₅ en el mes de Julio del 2012 durante un tiempo de retención hidráulica de 3 días en los humedales.

Durante este mes se lograron remover porcentajes menores del 70% de DBO₅ en todos los reactores, esto se debe a que los efectos del viento y lluvia afecta la productividad fotosintética de las plantas provocando una disminución en la degradación de la materia orgánica y una menor liberación de compuestos orgánicos al sedimento y al ánodo a través de las raíces de las plantas mediante el proceso de rizodeposición afectando la degradación de estos compuestos orgánicos por bacterias anaerobias.

4.3.- RESULTADOS DEL EXPERIMENTO EN EL MES DE AGOSTO DEL 2012

Las terceras mediciones experimentales de los reactores se realizaron en los días del 1 de agosto al 15 de agosto.

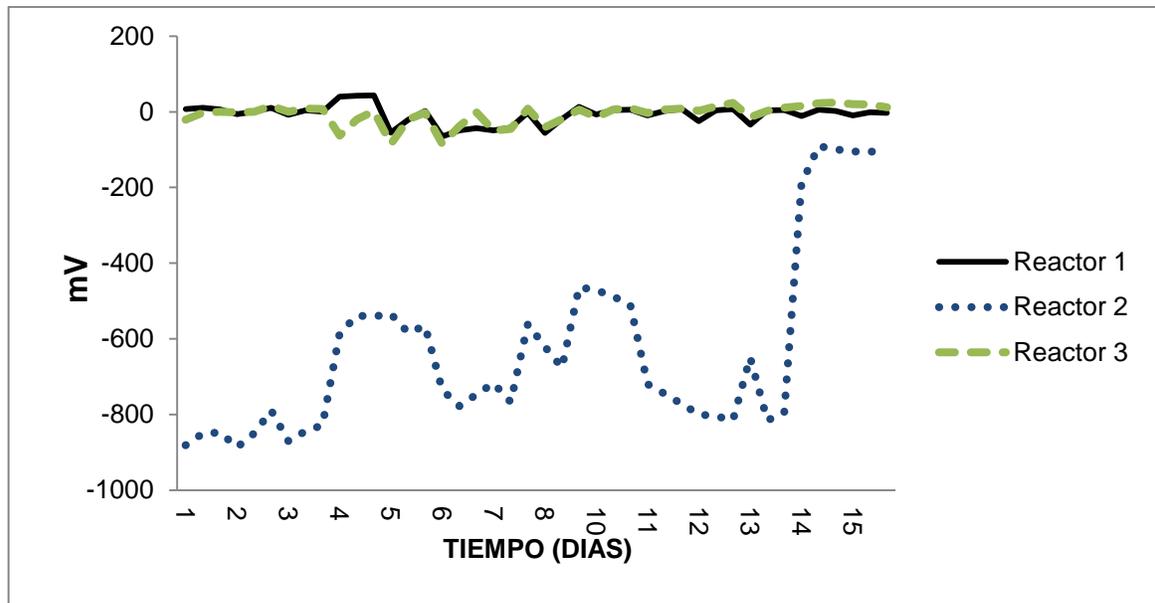


Figura 24. Comparación grafica de voltajes obtenidos durante las mediciones en el mes de Agosto del 2012

Después de transcurrir los eventos de lluvias reportados en el mes de julio y mejorando las condiciones ambientales, se observó que los reactores 1 y 3 que operaban en circuito cerrado con una resistencia de 80Ω no ofrecieron una respuesta a los cambios operacionales de las celdas ocasionadas por dichas lluvias.

El reactor 2 que operó en circuito abierto sí estableció una respuesta a los cambios operacionales observándose un aumento en su polaridad.

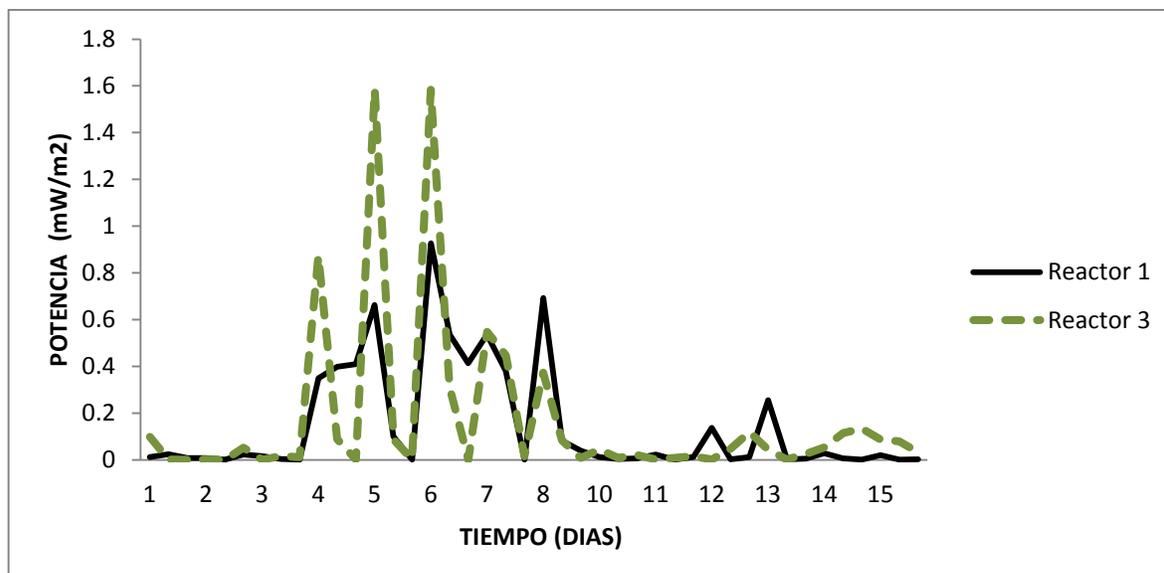


Figura 25 Grafica comparativa de potencias generadas durante las mediciones del mes de Agosto del 2012

Durante este mes la generación de potencia mostro inestabilidad durante los primeros 9 días de medición, alcanzando un máximo de potencia por unidad de área de 1.58 mW/m² para el reactor 3 y un máximo de potencia por unidad de área de 0.92 mW/m² para el reactor 1, viéndose afectada la potencia a partir del día 9 de agosto por la entrada del huracán Ernesto.

	Remoción %
2 de Agosto del 2012	
R1	51
R2	51.5
R3	90
R4	73

Tabla 5. Análisis de DBO₅ en el mes de Agosto del 2012 durante un tiempo de retención hidráulico de 3 días en los humedales artificiales

Durante este mes se lograron remover porcentajes de 73% y 90% en los reactores 3 y 4, observándose que los reactores 1 y 2 presentaron porcentajes de remoción del 50%, debido a que se observo la muerte de una de sus plantas afectando la degradación de la materia orgánica.

En la tabla 6 se observa que la mayor producción de corriente en los reactores fue registrada durante las mediciones de las 14:00 p.m. y 17:00 p.m., observándose una disminución durante las mediciones de las 10:00 a.m. esto se debe que probablemente las celdas operan con mayor eficiencia a mayores temperaturas y radiación solar.

HORAS	REACTOR 1 mA/m ²	REACTOR 3 mA/m ²
07/VII/2012		
10:00 a.m.	2.56	17.75
14:00 p.m.	5.78	20.88
17:00 p.m.	11.57	19.28
08/VII/2012		
10:00 a.m.	7.23	11.09
14:00 p.m.	16.54	24.21
17:00 p.m.	16.81	10.84
09/VII/2012		
10:00 a.m.	21.47	4.18
14:00 p.m.	19.52	3.52
17:00 p.m.	2.25	1.16
10/VII/2012		
10:00 a.m.	0	59.2
14:00 p.m.	16	71.67
17:00 p.m.	26.28	2.89
11/VII/2012		
10:00 a.m.	0.03	-1.78
14:00 p.m.	0.83	1.16
17:00 p.m.	19.96	2.38
12/VII/2012		
10:00 a.m.	1.49	0.46
14:00 p.m.	2.63	1.53
17:00 p.m.	3.63	2.51
13/VII/2012		
10:00 a.m.	8.50	1.78
14:00 p.m.	8.72	2.56
17:00 p.m.	9.16	1.55

Tabla 6. Intensidad de corriente generada en las horas de medición del 7 de Julio al 13 de Julio del 2012

CONCLUSIÓN

Durante el desarrollo de este proyecto se observó el comportamiento de una celda de combustible microbiano adaptado a un humedal artificial, utilizando como sustrato de alimentación agua de la laguna lagartos manejando un flujo continuo de carga, se comprobó que la producción de voltaje en los reactores diseñados y construidos mostró una fase de adaptación donde la celda generó poco voltaje, una fase de crecimiento donde se observó el mejor desempeño de la actividad metabólica microbiana dando como resultado una mayor generación de voltaje y por último se observó una fase de disminución de voltaje probablemente ocasionado por el agotamiento del sustrato de alimentación.

Se observó en base a los resultados obtenidos en el desarrollo del experimento que el crecimiento de algas en los reactores diseñados y construidos afectan el rendimiento de la generación de energía.

Durante el experimento se presentaron eventos de lluvias y de norte los cuales provocaron alteraciones en la operación de la celda sedimentaria de combustible microbiano adaptada a los humedales, ocasionando como consecuencia bajas generaciones de energía y una menor remoción de DBO_5 , notando respuestas relativamente lentas a estos cambios climatológicos.

Se observó durante el experimento que la muerte de una de las plantas en los reactores diseñados y construidos, afectan la remoción de DBO_5 y la producción de potencia debido al aporte de carbono orgánica que las plantas le brindan a través de sus raíces al medio anaerobio por la actividad fotosintética para la generación de energía por anaerobiosis.

Durante el desarrollo de la fase experimental se observó una mayor eficiencia en la generación de corriente en las horas del día con mayor radiación solar y mayor temperatura.

Considerando los análisis de DBO_5 se comprobaron mayores eficiencias de remoción en los sistemas diseñados acoplados a la celda de combustible microbiano en comparación del humedal artificial sin celda de combustible microbiano.

Utilizando agua de la laguna lagartos como medio de alimentación, área y material de los electrodos, flujos y tiempo de retención hidráulico establecidos (3días) y la especie vegetal determinada *Sagittaria laciniifolia* L., se obtuvieron porcentajes máximos de remoción de DBO_5 de hasta 90 y 80% y potencias generadas de hasta 23.43 mW/m^2 y 24.05 mW/m^2 en condiciones climatológicas adecuadas para la operación de los reactores diseñados y construidos.

Con la realización de este proyecto se comprueba que se cumple la hipótesis planteada, si es posible diseñar y construir un humedal artificial adaptado una celda sedimentaria de combustible microbiano, utilizando la especie vegetal *Sagittaria laciniifolia* L., para el tratamiento de agua de la laguna lagartos y generar a la vez energía de manera renovable.

Con la construcción del prototipo se establecieron aportaciones y se obtuvieron conocimientos y observaciones las cuales pueden tomarse en cuenta para seguir con la investigación de este proyecto.

ANEXO A

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

A.1.-MODELO PARA EL DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

Para la obtención de las ecuaciones de diseño para determinar las concentraciones del contaminante de interés a remover en el humedal artificial de flujo subsuperficial, como se había mencionado anteriormente, se considera a los humedales como reactores biológicos de flujo tipo pistón, pero dado a que las cinéticas de primer orden no parecen siempre ajustarse al comportamiento de los humedales diseñados (Arrocha-Arcos y Cervantes Alcalá., 2010), se introduce en el modelo de K-C* un nuevo parámetro que indica que aunque el tiempo de residencia hidráulica sea infinito, la concentración de salida del humedal nunca será cero por la existencia de materia inerte que no ha sido degradada, a este parámetro se le denomina concentración residual o de límite de remoción (Kadlec., 2000).

$$\frac{C_e - C^*}{C_o - C^*} = e^{-ky/Q}$$

Donde:

Q= Velocidad de flujo ($m^3 d^{-1}$)

k= Constante de desaparición o reacción ($m d^{-1}$)

C*= Concentración límite de remoción (mg/l)

Co= Concentración de entrada (mg/l)

Ce= Concentración de salida (mg/l)

y= Fracción de distancia del humedal (adimensional)

Parámetro	C* (mg/l)
DBO ₅	3
Sólidos totales disueltos	6
Nitrógeno orgánico	1.5
Nitrógeno amoniacal	0
Nitrógeno NO _x	0
Nitrógeno total	1.5
Fosforo total	0
Coliformes fecales	200 UFC/100 ml

Tabla 7: Parámetros de concentración residual para un humedal de flujo subsuperficial. Tomado de: Silva *et al.*, 2005

La variable principal del dimensionamiento depende de la utilidad que se le quiera dar al humedal artificial, en muchos casos se utilizan para medir la degradación de la carga orgánica en la entrada del humedal (en términos de DBO o DQO) (García *et al.*, 2008).

La carga aplicada debe estar en equilibrio con la capacidad de oxidación y reducción del sistema para que no se produzcan sobrecargas que provoquen un excesivo desarrollo de zonas anaerobias y de microorganismo provocando malos olores y colmatación, teniendo establecido el área, el flujo de operación y la concentración del contaminante de interés a la entrada del humedal artificial, se procede a calcular la concentración de cada contaminante en el flujo de salida del humedal (Romero M. *et al.*, 2009).

El primer paso es calcular la dependencia de la constante de reacción de degradación de cada contaminante K_T en relación con la temperatura para los humedales de flujo subsuperficial (Manual de depuración de aguas residuales).

Siendo K_T dependiente del contaminante a eliminar y la temperatura:

$$K_T = K_{20}(\theta R)^{(T-T_{20})}$$

Donde:

K_{20} = Es la constante de reacción a la temperatura de referencia (20 °C) en 1/d.

T= Es la temperatura del agua considerada en el dimensionado (°C)

T_{20} = Es la temperatura de referencia con la que se ha calculado el coeficiente θ_R , (°C)

θ_R = Es el coeficiente de temperatura (adimensional)

	DBO ₅	NH ₄ (Nitrificación)	NO ₂ (Desnitrificación)
Humedales de flujo superficial			
K_{20}	0.678	0.2187	1
θ_R	1.06	1.048	1.15
Humedales de flujo subsuperficial			
K_{20}	1.104	0.01854 + 0.3922(hr)	1
θ_R	1.06	1.048	1.15

hr: Profundidad del lecho ocupado por la rizosfera en (m)

Tabla 8. Valores de KR Y θ_R para diferentes contaminantes en humedales artificiales. Tomado de: Manual de depuración de aguas editado por ideasmares.

La ecuación para el cálculo del porcentaje de remoción del contaminante de interés es la siguiente:

$$\text{Remoción (\%)} = \frac{(C_o - C_e) \times 100}{C_o}$$

Donde:

C_o = Concentración del contaminante de interés a la entrada del humedal (mg/l)

C_e = Concentración del contaminante de interés a la salida del humedal (mg/l)

A.2.- ECUACIONES PARA EL DISEÑO Y BALANCE DE MATERIA DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

Primero se calcula el caudal por día de entrada del afluente en el humedal (Q_o) para un tiempo de retención hidráulica determinado.

$$Q_o = \frac{V_o}{TRH}$$

Donde:

V_o = Volumen de operación

TRH = Tiempo de retención hidráulico.

A.2.1.- ECUACIONES DE DISEÑO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE DBO_5 EN EL EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL.

$$K_T = K_{20}(\theta^R)^{(T-20)}$$

Donde:

K_{20} = Es la constante de reacción a la temperatura de referencia (20 °C) en 1/d.

T = Es la temperatura del agua considerada en el dimensionado (°C)

T_{20} = Es la temperatura de referencia con la que se ha calculado el coeficiente θ_R , ($^{\circ}\text{C}$)

θ_R = Es el coeficiente de temperatura (adimensional)

$$C_e = C^* + \frac{C_o - C^*}{e^{KT(As)(h)(n)/Q}}$$

n = La porosidad, o espacio disponible para el flujo del agua a través del humedal.

K_T = Constante de temperatura (d^{-1})

A_s = El área superficial del humedal (m^2)

h = La profundidad del humedal (m)

Q = El caudal (m^3/d)

C_o = Concentración de DBO_5 a la entrada del humedal (mg/l)

C_e = Concentración de DBO_5 a la salida del humedal (mg/l)

C^* = Parámetro residual para la DBO_5 (mg/l)

$$\text{Remoción (\%)} = \frac{(C_o - C_e) \times 100}{C_o}$$

A.2.2.- ECUACIONES DE DISEÑO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE FOSFORO EN EL EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL.

En este caso la constante de remoción de fosforo K_p , no es dependiente de la temperatura y el valor presupuesto es de 2.73 d^{-1} (Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Editado por: Ideasmares).

$$C_e = C^* + (C_o - C^*) \exp\left(\frac{-K_p}{HLR}\right)$$

$$HLR = \frac{100(Q)}{As}$$

Donde :

HLR= Es la carga hidráulica (m/d)

Q= El caudal a la entrada del humedal (m³/s)

As= El área superficial del humedal (m²)

Kp= Constante de remoción de fosforo (0.0273 m/d)

Co= Concentración del fosforo a la entrada del humedal (mg/l)

Ce= Concentración del fosforo a la salida del humedal (mg/l)

C* = Parámetro residual para el fosforo (mg/l)

$$\text{Remoción (\%)} = \frac{(Co - Ce) \times 100}{Co}$$

A.2.3.- ECUACIONES DE DISEÑO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS DEL EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL.

$$\text{FSS: } Ce = C^* + [Co - C^*] (0.1058 + 0.0011 * HLR)$$

$$HLR = \frac{100(Q)}{As}$$

Donde:

HLR= Es la carga hidráulica (m/d)

Q= El caudal de entrada al humedal (m³/s)

As= El área superficial del humedal (m²)

Co= concentración sólidos totales suspendidos a la entrada del humedal (mg/l)

Ce= concentración de sólidos totales suspendidos a la salida del humedal (mg/l)

$$\text{Remoción (\%)} = \frac{(C_o - C_e) \times 100}{C_o}$$

A.2.4-. ECUACIONES DE DISEÑO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES FECALES DEL EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL.

Para el abastecimiento de coliformes fecales, los valores de KR y θ_R son 2.6 d⁻¹ y 1.19 respectivamente (Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Editado por: Ideasmares).

Asumiendo que los mecanismos de eliminación de patógenos en humedales artificiales son muy parecidos a los que se dan en sistemas de lagunaje, se propone una ecuación similar para cuantificar su abatimiento:

$$K_T = K_{20}(\theta_R)^{(T-T_{20})}$$

Donde:

K₂₀= Es la constante de reacción a la temperatura de referencia (20 °C) en 1/d.

T= Es la temperatura del agua considerada en el dimensionado (°C)

T₂₀= Es la temperatura de referencia con la que se ha calculado el coeficiente θ_R , (°C)

θ_R = Es el coeficiente de temperatura (adimensional)

$$C_e = C^* + \frac{C_o - C^*}{(1 + TRH(KT))^n}$$

Donde:

C_o = Concentración de patógenos a la entrada del humedal (UFC/100ml)

C_e = Concentración de patógenos a la salida del humedal (UFC/100ml)

n = El número de tanques en serie.

TRH = Tiempo de residencia hidráulica (d)

K_T = Constante de reacción (d^{-1})

C^* = Parámetro residual para coliformes fecales (mg/l)

$$\text{Remoción (\%)} = \frac{(C_o - C_e) \times 100}{C_o}$$

A.2.5.- ECUACIONES DE DISEÑO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE AMONIO DEL EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL.

$$K_T = K_{20}(\theta_R)^{(T - T_{20})}$$

Donde:

K_{20} = Es la constante de reacción a la temperatura de referencia (20 °C) en 1/d.

T = Es la temperatura del agua considerada en el dimensionado (°C)

T_{20} = Es la temperatura de referencia con la que se ha calculado el coeficiente θ_R , (°C)

θ_R = Es el coeficiente de temperatura (adimensional)

$$K_{20} = 0.01854 + 0.3922(\text{hr})$$

hr: Profundidad del lecho ocupado por la rizósfera en (m)

$$C_e = C^* + \frac{C_0 - C^*}{e^{KT(As)(h)(n)/Q}}$$

Donde:

n = La porosidad, o espacio disponible para el flujo del agua a través del humedal.

K_T = Constante de temperatura (d^{-1})

A_s = El área superficial del humedal (m^2)

h = La profundidad del humedal (m)

Q = El caudal a la entrada del humedal (m^3/d)

C_0 = Concentración de amonio a la entrada del humedal (mg/l)

C_e = Concentración de amonio a la salida del humedal (mg/l)

C^* = Parámetro residual para el amonio (mg/l)

$$\text{Remoción (\%)} = \frac{(C_0 - C_e) \times 100}{C_0}$$

A.2.6.- ECUACIONES DE DISEÑO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE NITRATOS DEL EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL.

$$K_T = K_{20}(\theta R)^{(T - T_{20})}$$

Donde:

K_{20} = Es la constante de reacción a la temperatura de referencia (20 °C) en 1/d.

T = Es la temperatura del agua considerada en el dimensionado (°C)

T_{20} = Es la temperatura de referencia con la que se ha calculado el coeficiente θ_R , ($^{\circ}\text{C}$)

θ_R = Es el coeficiente de temperatura (adimensional)

$$C_e = C^* + \frac{C_0 - C^*}{e^{K_T(As)(h)(n)/Q}}$$

Donde:

n = La porosidad, o espacio disponible para el flujo del agua a través del humedal.

K_T = Constante de temperatura (d^{-1})

A_s = El área superficial del humedal (m^2)

h = La profundidad del humedal (m)

Q = El caudal a la entrada del (m^3/s)

C_0 = Concentración de nitrato a la entrada del humedal (mg/l)

C_e = Concentración de nitrato a la salida del humedal (mg/l)

C^* = Parámetro residual para el nitrato (mg/l)

$$\text{Remoción (\%)} = \frac{(C_0 - C_e) \times 100}{C_0}$$

Se calculo el caudal de salida del humedal.

$$Q_e = \frac{V(N)}{TRH}$$

Dónde:

Q_e = caudal a la salida del humedal artificial

V = Volumen.

TRH = Tiempo de retención hidráulica.

N= Fracción del área transversal no ocupada por las plantas (0.75)

Se considera una pérdida de caudal por evapotranspiración $Q_{\text{evotranspiración}}$ y un caudal generado por lluvias Q_{lluvias} (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá., 2010).

$$Q_{\text{salida}} = Q_e + Q_{\text{lluvias}} - Q_{\text{evotranspiración}}$$

A.3.- ECUACIONES PARA EL BALANCE DE ENERGÍA DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

Las condiciones de temperatura en un humedal afectan tanto las actividades físicas y biológicas en el sistema, condiciones de bajas temperaturas sostenidas podrían provocar fallas en las reacciones físicas y biológicas en el humedal debido a que estas reacciones responsables de la remoción de DBO_5 , nitrificación y desnitrificación también dependen de la temperatura. (Escudero., 2011).

Balace de energía del humedal para conocer la variación de la temperatura del humedal con respecto al tiempo (Escudero., 2011).

$$\frac{dq}{dt} = q_G - q_L - q_S$$

Donde:

$\frac{dq}{dt}$ = es la diferencia de calor con respecto al tiempo.

q_G = es el calor ganado por la entrada del agua.

q_L = es el calor perdido con el medio ambiente.

q_S = es el calor ganado por la radiación solar.

$$q_G = C_p P \rho \frac{A}{t} Y n T$$

Dónde:

C_p = Calor específico del agua: $4215 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá., 2010)

P = Densidad del agua: 1000 kg m^{-3} (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá., 2010)

A = Área del humedal (m^2)

t = Tiempo de retención hidráulica (días)

T = Temperatura ($^\circ\text{C}$)

n = Porosidad del medio. 0.36 (Lara., 1999)

Y = Profundidad del humedal (m)

$$q_L = (T_0 - T_{aire})UA$$

Dónde:

T_0 = Temperatura del agua en el humedal

T_{aire} = Temperatura del aire

U = Coeficiente de transferencia de calor ($\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$)

A = Área del humedal (m^2)

Coeficiente de transferencia de calor.

$$U = \frac{1}{\frac{y_{agua}}{k_{grava}} + \frac{y_{grava}}{k_{grava}}}$$

Dónde:

y_{agua} = Grosor de la capa de agua (m)

y_{grava} = Grosor de la capa de grava (m)

K_{agua} = Coeficiente de conductividad del agua: 2 W/m² °C (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá., 2010)

K_{grava} = Coeficiente de conductividad de la grava: 0.58 W/m² °C (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá., 2010)

$$q_s = \emptyset As$$

Dónde:

\emptyset = Radiación solar: 408 x 10⁹ J/m²d (Arrocha y Cervantes., 2010).

A = Área del humedal (m²)

S = Fracción de energía de radiación solar que llega al agua: 0.05 adimensional (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá., 2010)

Calculo de la temperatura en el humedal.

$$T_c = \frac{(T_0 - T_{aire})UAt}{Cp\rho AYn}$$

T_c = El cambio de temperatura del humedal

T_0 = Temperatura del agua en el humedal

T_{aire} = Temperatura del aire

U = Coeficiente de transferencia de calor (W/m² °C)

Cp = Calor especifico del agua: 4215 J kg⁻¹ °C⁻¹ (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá., 2010)

P= Densidad del agua: 1000 kg m^{-3} (Arrocha-Arcos y Cervantes-Alcalá., 2010)

A= Área del humedal (m^2)

t= Tiempo de retención hidráulica (días)

T= Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

n= Porosidad del medio. 0.36 (Lara., 1999)

Y = Profundidad del humedal (m)

Por ultima se utiliza la siguiente ecuación para calcular la temperatura de salida del humedal (T_e).

$$T_e = T_0 - T_c$$

BIBLIOGRAFÍA

Abraham Esteve Núñez (2008) Bacterias productoras de electricidad, Laboratorio de Ecología Molecular. Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Madrid, España.

Aelterman P., Rabaey K., The Pham H., Boon N., Verstraete W. (2006) Continuous electricity generation at high voltages and currents using stacked Microbial fuel cells. *Environ. Sci. Technol.* 40, 3388-3394.

Angela Cabezas da Rosa. (2010). “*Diversity and function of the Microbial Community on Anodes of Sediment Microbial Fuel Cells fueled by root exudates*”. Thesis Doctoral, University Philipps, Marburg.

Arrocha, Andrés A. y Alcalá, Rogelio. (2010) “*Diseño de Celdas Sedimentarias de Combustibles Microbianas en Humedales Artificiales para la Producción de Energía Eléctrica.*” Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Veracruz, Veracruz.

Asociación de productores de energía renovable e Instituto para la diversificación y ahorro de energía “Impactos ambientales de la producción de electricidad”. *Ministerio de Ciencias y Tecnologías.*

Azcoitia Toribio E. (2012) Efecto de sobrecargas hidráulicas en el rendimiento de humedales construidos para la depuración de aguas. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, España. Tutor: García Serrano J.

Cardon G.Z., Cage J.D. (2006) Resource Exchange in the Rhizosphere Molecular Tools and the Microbial Perspective. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 37: 459-88.

ColquePinelo M., Sanchez Campos V.E. (2007) Los gases de efecto invernadero. Asociación Civil Labor/ Amigos de la tierra. Lima, Perú.

Comisión Nacional del Agua. (2011). Agenda del agua 2030. SEMARNAT. Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Mexico, D.F.

De Shampelaire L., Rabaey K., Boeckx P., Boon N., Verstraete W. (2008) Outlook for benefits of sediment microbial fuel cells with two bio-electrodes. *Microbial biotechnology* 1(6), 446-462.

EnergyInformationAdministration., U.S. *OfficialEnergyIndependentStatistics* y *Analisis*. Emisiones de CO₂ en toneladas equivalente por producción y uso de energía

EnergyInformationAdministration., U.S. *OfficialEnergyIndependentStatistics* y *Analisis*. Fuentes generadoras de CO₂.

Estrada Gallego Islena Y. (2010) Monografía sobre humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSS) para remoción de metales pesados en aguas residuales. Universidad Tecnológica de Pereira, facultad de tecnología. Directora: Duran Patricia.

Ficha Informativa de los Humedales de RAMSAR (2004)

Falcón A., Lozano J. E y Juárez K. (2009) Bioelectricidad *Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, Vol. 13 No. 3

García, J., Corzo, A. (2008) Depuración con humedales construidos. Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial. UPCCommons, Barcelona.

Grupo de ingeniería y Microbiología medio ambiental (GEMMA) operación de humedales construidos como celdas microbianas de combustible. E.T.S. Ingenieros de caminos, canales y puertos. Barcelona, España.

In S. Kim., Kyu-Jung Chae., Mi- Jinchoi., Verstraete W. (2008) Microbial Fuel Cells: Recent Advances, Bacterial Communities and Application Beyond Electricity Generation. *Environ. Eng. Res.* Vol 13. No 2. pp 51-65.

JesusMartinez Linares y equipo de Greenpeace. (2009) La crisis del clima. Universidad de Sevilla, España.

Kadlec R. H., (2000) The inadequacy of first-order treatment wetland models, *Ecological Engineering*, Vol. 15, 105-119p.

Laguna Monroy I. (2002) La generación de energía eléctrica y del ambiente. Instituto Nacional de Ecología. pp: 53-62. Mexico, D.F.

Lahora A. (2001). Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: La EDAR de los Gallardos (Almería). Gestión de aguas del levante almeriense.

Lara Borrero Jaime A. (1999) Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales. Instituto Catalán de Tecnologías. Barcelona, España. Tutor: Dr. Salgot Miguel.

Liliana Alzate Gaviria., Carmen Fuentes Albarran., Alberto Alvarez Gallegos, Sebastian P.J. (2008) Generación de electricidad a partir de una celda de combustible microbiana tipo PEM. Vol 33. No 17.

Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Monográficos agua en Centroamérica. *Secretariado alianza por el agua / Ecología y desarrollo*. Edición: Ideasamares.

Merli G.F., Ricciuti N. O. (2009) Microbiología de las aguas residuales-Aplicación de biosólido en suelo. Facultad Regional Bahía Blanca en Buenos Aires. Argentina: Editorial de la Universidad Tecnología Nacional.

Metcalf y Eddy. (2003) *Wastewater engineering. Treatment and Reuse*. Estados Unidos: Mc Grawhill.

MoellerChavez G.E., (2011) "Tecnologías alternativas, fuentes de energía limpia y renovable para el saneamiento y calidad del agua a lo largo de la frontera. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. SEMARNAT.

Osnaya R. M., (2012) “ *Propuesta de diseño de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en la Universidad de Sierra Juárez*” Tesis Licenciatura, Universidad de la Sierra Juárez, Oaxaca.

Pistonesi C., Haure J. L., D’Elmar R. (2010) Diferentes alternativas a los procesos de los tratamientos de aguas residuales para obtener energía ecológicamente limpia. Bahía Blanca en Buenos Aires. Argentina: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.

PoggiVaraldo H., Solorza Ferial O., Ríos Leal E. (2008) Energías Renovables Biológica-Hidrogeno-Pilas de combustible. Libros de ciencia y tecnología No 1. Ecatepec de Morelos, Estado de Mexico.

Reynolds A. Kelly, MSPH, Ph.D., (2002) Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica (identificación del problema).

Rojas Alvarado José D. (2005) Diversidad Bacteriana en el perifiton de raíces de *Eichhorniasp*, *PistiaspyAzollasp.*, en un humedal artificial de la universidad de Earth. Instituto Tecnológico de Costa Rica, ingeniería en biotecnología.

Romero Mejía A., Vázquez Jorge A., Lugo Gonzales A. (2012) Bacterias fuente de energía para el futuro. *Tecnura*. Vol 16. No 32. pp 118-143.

Romero M., Colin A., Sánchez E. (2009) tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista Internacional de contaminación ambiental*, 25(3) Agosto. 157-167.

Ruiz Dávila S. (2011) Plan de gestión de residuos del camal del Cantón Antonio Ante. Escuela Politécnica Nacional, facultad de ingeniería civil y ambiental. Director: Ing. Narváez C.

Ruud Timmers. (2012) “*Electricity generation by living plants in a plant microbial fuel cell*”. Thesis, Wageningen University, Wageningen.NL.

Sabas Ramírez Carlos A. (2011) Evaluación hidrodinámica de humedales construidos a escala de laboratorio. Maestría en eco tecnología. Universidad Técnica de Pereira.

Schroder U. (2007) Anodic electron transfer mechanisms in microbial fuel cells and their energy efficiency. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 9, 2619-2629 p.

Scott K., Cotlarciuc I., Hall D., Lakerman J.B., Browning D. (2008) Power from marine sediment fuel cells: The influence of anode material. *J. Appl. Electrochem.* 38: 1313-1319.

Standard methods for the examination of water and wastewater., Published by : APHA , AWWA, WPCF, director de edición : Mary Ann H. Frason. Ediciones Diaz de Santos 1992. 17 edición.

Vargas G. y Leo J. (2003) Calentamiento global de la tierra un ejercicio econométrico. *Momento económico*, Num 125, pp 30-38.

WatergyEfficiency “Aprovechando las oportunidades de eficiencia de agua y energía aun no explorados en los sistemas municipales de agua. Alliance to Save Energy. Washington, D.C.



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“Caracterización de tres propiedades del suelo en
humedales transformados a potreros, en el municipio
de Jamapa, Veracruz y su entorno”**

Para obtener el diploma de:

**ESPECIALISTA EN
DIAGNÓSTICO Y GESTIÓN AMBIENTAL**

PRESENTA:

EDGAR ABEL SÁNCHEZ GARCÍA

XALAPA, VER.

JULIO, 2015



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“Caracterización de tres propiedades del suelo en
humedales transformados a potreros, en el municipio
de Jamapa, Veracruz y su entorno”**

Para obtener el diploma de:

**ESPECIALISTA EN
DIAGNÓSTICO Y GESTIÓN AMBIENTAL**

PRESENTA:

EDGAR ABEL SÁNCHEZ GARCÍA

DIRECTOR:
DRA. ANA CECILIA TRAVIESO BELLO

CODIRECTOR:
DRA. PATRICIA MORENO-CASASOLA BARCELÓ

XALAPA, VER.

JULIO, 2015



Facultad de Ciencias Químicas
Posgrados

Asunto: Autorización de impresión.

Al C.
EDGAR ABEL SÁNCHEZ GARCÍA

Presente.

Comunico a Usted que toda vez que ha sido revisado y aprobado su Trabajo Recepcional titulado: **Caracterización de tres propiedades del suelo en humedales transformados a potreros, en el municipio de Jamapa, Veracruz y su entorno.** Estando de acuerdo con los Catedráticos que integran el jurado de la revisión escrita, de que es aceptable en forma y fondo para su correspondiente Examen de la Especialización en Diagnóstico y Gestión Ambiental (2014-2015), Campus Xalapa, autorizo que proceda la impresión de dicho trabajo.

Licencia del Estado: 07
C.P. 91002
201404700000
Veracruz, México

Cantidad:
01 (01) 807 17 20

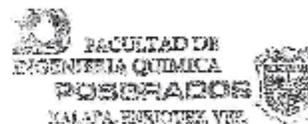
Resolución
11002

Tel. Fax
141 10 20

Correo electrónico
ruc.ahdg@univ.mx
engp.hjg@univ.mx

Atentamente

"Luz de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz"
Xalapa, Veracruz, a 03 de Julio de 2015




M.C. BERTHA MA. ROCÍO HERNÁNDEZ SUÁREZ
Coordinadora del Posgrado de la
Facultad de Ciencias Químicas

EL PRESENTE TRABAJO ESTÁ
VINCULADO CON EL AYUNTAMIENTO
DE JAMAPA, VERACRUZ



DEPENDENCIA: H. AYUNTAMIENTO DE JAMAPA.
DEPARTAMENTO: REGIDURÍA 1RA.
ASUNTO: CARTA DE ACEPTACIÓN

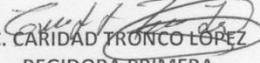
MTRA. BERTHA MARÍA HERNÁNDEZ SUÁREZ
COORDINADORA DE POSGRADOS DE C. Q.
UNIVERSIDAD VERACRUZANA CAMPUS
XALAPA, VER.

PRESENTE:

ME DIRIJO A USTED DE LA MANERA MÁS ATENTA PARA INFORMARLE QUE EN RESPUESTA DE LA SOLICITUD HECHA POR EL C. EDGAR ABEL SÁNCHEZ GARCÍA, QUIEN SE IDENTIFICA COMO ALUMNO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, CAMPUS XALAPA DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA Y QUE ACTUALMENTE SE ENCUENTRA CURSANDO LA ESPECIALIZACIÓN EN DIAGNÓSTICO Y GESTIÓN AMBIENTAL, CON NÚMERO DE CONTROL ESCOLAR S14015806, HA SIDO ACEPTADO PARA QUE REALICE EN ESTE H. AYUNTAMIENTO DE JAMAPA SU TESIS SOBRE EL ESTUDIO DE CAMPO, PARA EL ANÁLISIS DE SUELO, EN LOS POTREROS. ESTUDIO QUE SE APOYA, YA QUE ES DE MUCHA IMPORTANCIA PARA REALIZAR UNA VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA QUE TIENEN LOS SUELOS DE HUMEDALES Y POTREROS DENTRO DE NUESTRO MUNICIPIO Y POR LO CUAL ES DE VITAL IMPORTANCIA APOYAR TODO LO RELACIONADO AL CUIDADO Y ESTUDIO DEL MEDIO AMBIENTE.

SIN MAS POR EL MOMENTO SE LE AGRADECE DE ANTEMANO Y QUEDO DE USTED PARA CUALQUIER DUDA O COMENTARIO.

ATENTAMENTE
JAMAPA, VER. A LOS 24 DÍAS DEL MES DE FEBRERO DEL 2015
"SUFRAGIO EFECTIVO, NO REELECCIÓN"


C. CARIDAD TRONCO LÓPEZ

REGIDORA PRIMERA
ENCARGADA DE LA COMISIÓN DE EDUCACIÓN



H. AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL
JAMAPA, VER.
2014-2017
REGIDURÍA PRIMERA

C. C. P ARCHIVO

Callejón Tenoya s/n
Col. Centro Jamapa, Ver.
01 (285) 9 55 00 17
jamapaayuntamiento@hotmail.com

RECONOCIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de manutención 636089.

Al Proyecto OIMT RED-PD 045/11 Rev.2 (M) y al Instituto de Ecología A.C. por el financiamiento del presente trabajo.

Al Ayuntamiento del Municipio de Jamapa, Veracruz 2014-2017 por permitirme realizar la vinculación requerida para el presente trabajo.

A la Dra. Patricia Moreno-Casasola por brindarme la confianza de colaborar en un segundo trabajo, por el gran apoyo para poder ingresar a esta especialidad y por ser un pilar fundamental en mi formación académica.

A la Dra. Ana Cecilia Travieso Bello por haberme brindado la oportunidad de desarrollar el presente trabajo y por su tiempo, consejos y esfuerzo.

Al comité tutorial, M.C. Manuel Casteñeda Armenta y M.C. Antonio Maruri García, por sus atinados comentarios y observaciones con el objetivo de mejorar este trabajo.

Al personal técnico del Laboratorio de Ecología Funcional, I.Q. Daniela Cela y M.G.R. Ariadna Martínez, por el importante apoyo en el procesamiento de muestras.

A los técnicos que formaron parte de las salidas de campo, Biól. Roberto Monroy, M.E.F. Javier Tolome y Fís. Eduardo Sainz, y a las personas que me acompañaron en la toma de muestras, Dulce, Eder, Felipe y Vicente.

A todas las personas que contribuyeron de una u otra forma en la realización de este trabajo.

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS.....	ii
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2.1 Descripción del problema.....	3
2.2 Objetivo general	4
2.3 Objetivos específicos	4
2.4 Justificación	5
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1 Humedales.....	7
3.1.1 Características de los humedales	7
3.1.2 Humedales y servicios ambientales	9
3.2 Suelos de humedales.....	12
3.2.1 Densidad aparente, materia orgánica y humedad del suelo	15
3.3 Palmares y potreros en el estado de Veracruz.....	16
4. MARCO JURÍDICO	19
5. ÁREA DE ESTUDIO.....	22
5.1 Localización	22
5.2 Caracterización física	23
5.3 Caracterización socioeconómica.....	24
6. METODOLOGÍA	25
6.1 Identificación de humedales transformados	25
6.2 Densidad aparente, humedad y materia orgánica	26
6.3 Análisis estadístico.....	29
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
9. ANEXOS	53
10. REFERENCIAS.....	66

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Matriz de correlaciones con los parámetros densidad aparente, humedad, materia orgánica y número de individuos de palmas.....	43
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del municipio de Jamapa, Veracruz	22
Figura 2. Toma de muestras para los parámetros de densidad aparente y humedad del suelo. a) toma de muestra de suelo, en donde se entierra un cilindro de PVC con la ayuda de una tabla y un martillo; b) cilindro de PVC completamente enterrado en el suelo; c) la muestra de suelo se envolvió en papel aluminio para evitar la evaporación de agua; d) secado en la estufa de muestras de suelo a 105°C.	27
Figura 3. Análisis de laboratorio para la obtención de materia orgánica en las muestras de suelo a través del método de Walkley-Black. a) macerando el suelo con la ayuda de un mortero; b) peso de muestras de suelo a través de una balanza electrónica; c) después de añadir dicromato de potasio y ácido sulfúrico las muestras se dejan reposar durante 30 minutos; d) muestras después de haber concluido la titulación con solución de sulfato ferroso.	29
Figura 4. Individuos de <i>Sabal mexicana</i> dentro de un potrero en el municipio de Jamapa, Ver.	31
Figura 5. Pequeño palmar de <i>Roystonea dunlapiana</i> dentro de un potrero en el municipio de Jamapa, Ver.....	32
Figura 6. Individuos de <i>Attalea butyracea</i> dentro de un potrero en el municipio de Jamapa, Ver.	32
Figura 7. Distribución geográfica de los potreros de todas las categorías en la región de Jamapa.	33
Figura 8. Distribución geográfica de los potreros en la región de Jamapa correspondientes a la categoría 1.	34
Figura 9. Distribución geográfica de los potreros en la región de Jamapa correspondientes a la categoría 2.	35
Figura 10. Distribución geográfica de los potreros en la región de Jamapa correspondientes a la categoría 3.	37
Figura 11. Distribución geográfica de los potreros en la región de Jamapa correspondientes a la categoría 4.	38
Figura 12. Densidad aparente \pm desviación estándar para las categorías de puntos muestreados. Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba Kruskal-Wallis cuando $p < 0.05$	41
Figura 13. Porcentaje de humedad \pm desviación estándar para las categorías de puntos muestreados. Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba Kruskal-Wallis cuando $p < 0.05$	42
Figura 14. Porcentaje de materia orgánica \pm desviación estándar para cada una de las categorías de palmas. Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba Kruskal-Wallis	43

Figura 15. Correlación entre el número de individuos de palmas y el porcentaje humedad ($r=-0.009$).....	44
Figura 16 Correlación entre el número de individuos de palmas y los valores de densidad aparente ($r= 0.181$).....	45
Figura 17. Correlación entre el número de individuos de palmas y el porcentaje de materia orgánica ($r= -0.096$).....	45
Figura 18. Correlación entre el porcentaje de humedad y el porcentaje de materia orgánica ($r= 0.472$).....	46
Figura 19. Correlación entre los valores de densidad aparente y el porcentaje de humedad ($r= -0.572$).....	46
Figura 20. Correlación entre el número de individuos y el porcentaje de humedad para todos los sitios de las categorías en estudio ($r= -0.759$).....	47
Figura 21. Valores de densidad aparente \pm desviación estándar para potreros inundados y no inundados. Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba t de Student cuando $p<0.05$	49
Figura 22. Porcentaje de humedad \pm desviación estándar para potreros inundados y no inundados. Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba U de Mann-Whitney cuando $p<0.05$	49
Figura 23. Porcentaje de humedad \pm desviación estándar para potreros inundados y no inundados. Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba U de Mann-Whitney cuando $p<0.05$	50

RESUMEN

En nuestro país se ha estimado una pérdida de humedales de 62.1% propiciada entre otras cosas por la transformación de humedales a tierras agropecuarias. El estado de Veracruz es actualmente el mayor productor de ganado bovino en México con 464,980 toneladas, y ha tenido un incremento de alrededor del 50% de 1980 a 2013. En el municipio de Jamapa, la actividad ganadera durante el año 2013 produjo 1,164.020 toneladas de ganado bovino en pie, 581.885 toneladas de carne de bovino en canal y se sacrificaron 2,864 animales. Todo ello ha propiciado la degradación de comunidades vegetales, entre las que destacan los humedales. La transformación y deterioro de estas comunidades vegetales se refleja en el cambio en la composición florística de las mismas y en un cambio físico-químico de los suelos. El objetivo de este estudio es evaluar tres propiedades físicas de suelos de potreros utilizando especies de palmas como indicadores de la existencia previa de humedales en la región de Jamapa, Veracruz. Las propiedades evaluadas fueron densidad aparente, humedad y materia orgánica. Para ello a través de imágenes de satélite del programa Google Earth en el municipio de Jamapa y en una pequeña parte de los municipios vecinos de Manlio Fabio Altamirano y Cotaxtla (de ahora en adelante región de Jamapa) se localizaron grupos de especies nativas de palmas para la ubiación de suelos hídricos. Se definieron cuatro categorías en función al número de individuos de palmas, quedando de la siguiente manera: 1) 0 individuos, 2) 1-3 individuos, 3) 4-10 individuos, y 4) más de 10 individuos. Se tomaron 44 muestras de suelo en cada uno de los sitios de la categoría 1, 37 muestras para la categoría 2, 29 para la categoría 3 y 34 para la categoría 4. En cada sitio se tomaron las coordenadas geográficas y se categorizaron en función de los dos tipos de manejo encontrados y de los aspectos ambientales presentes en el sitio. En la región fueron localizadas tres especies de palmas nativas dentro de los terrenos con actividad ganadera: *Sabal mexicana*, *Roystonea dunlapiana* y *Attalea butyracea*. 15.27% de del total de sitios estudiados se observaron en condiciones de abandono por lo que se pudo observar en varios procesos de regeneración y/o sucesión natural. Se encontraron diferencias significativas en los parámetros analizados en nuestro estudio: densidad aparente ($p= 0.000$), humedad del suelo ($p= 0.000$) y materia orgánica ($p= 0.000$). Los valores más altos de densidad aparente en las cuatro categorías se observaron en la categoría 1, donde la media obtuvo un valor de 1.26 g/cm^3 , y las categorías 2, 3 y 4 tuvieron valores 0.64, 0.74 y 0.85 g/cm^3 ; el porcentaje de humedad más bajo se presentó para los potreros de categoría 1 con una media de 29.30%, por el contrario las categorías 2, 3 y 4 presentaron valores de 49.11%, 45.33% y 46.09% respectivamente; y la materia orgánica mostró el mismo comportamiento entre categorías que los parámetros anteriores, en la categoría 1 se obtuvo el valor más bajo con 5.13%, y fue significativamente diferente a los de las categorías 2, 3 y 4 con valores

de 16.27%, 12.89% y 11.95% respectivamente. Se observaron correlaciones débiles entre el número de individuos de palmas y los valores de los parámetros de suelo estudiados, por lo cual se deduce que las condiciones en las que se encuentra el suelo no está en función del número de individuos de palmas presentes en el sitio. En nuestra zona de estudio, sólo se encontraron 14 sitios en condiciones de inundación. Los valores de los sitios inundados y no inundados fueron significativamente para los tres parámetros estudiados: la densidad aparente ($p= 0.005$) mostró valores más bajos en sitios inundados (0.61 g/cm^3) que en sitios no inundados (0.93 g/cm^3); el porcentaje de humedad del suelo fue significativamente mayor ($p= 0.000$) en sitios inundados de sitios ($p= 68.94\%$) que en sitios no inundados (39.70%); y respecto a la materia orgánica también se observaron diferencias significativas ($p= 0.000$) registrando valores más altos en sitios inundados ($p= 17.07\%$) que en sitios no inundados (10.63%). Ello muestra que las alteraciones en la hidrología de los humedales tiene un efecto directo en las propiedades del suelo, por lo que es necesaria la protección de sistemas de humedales que se encuentran en los terrenos ganaderos y zonas aledañas a estos, para evitar el deterioro del suelo; mantener dentro de los potreros individuos de especies de palmas debido a su importancia biológica; y realizar una rotación periódica de ganado en los potreros para disminuir la presión ejercida sobre las propiedades del suelo.

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería es una de las principales actividades económicas y a su vez es la principal causa del deterioro y destrucción de los recursos naturales en México (Guevara y Lira-Noriega, 2004; Guevara y Moreno-Casasola, 2008). Los cambios más dramáticos se han dado en dos de los estados con mayor biodiversidad del país: Chiapas y Veracruz (Toledo, 1988). En el estado de Veracruz la práctica de esta actividad ha tenido como consecuencia la degradación de comunidades vegetales, entre las que destacan los humedales. La transformación y deterioro de estas comunidades vegetales se refleja en el cambio en la composición florística de las mismas y en un cambio físico-químico de los suelos. Para el establecimiento y mantenimiento de la ganadería en humedales del centro del estado de Veracruz se han introducido especies exóticas de gramíneas de origen africano, tolerantes al forrajeo y a la inundación, que desplazan a la vegetación nativa y crean comunidades monoespecíficas de pastos (López-Rosas *et al.*, 2014). Los suelos se ven degradados con la introducción de ganado al perder características como la capacidad de filtración y retención de agua, pierden fertilidad y aumentan los valores de densidad aparente debido a la compactación y a la destrucción de los agregados físicos del suelo como consecuencia del pastoreo (Guevara y Lira-Noriega, 2004; Travieso-Bello *et al.*, 2005; López-Rosas *et al.*, 2014). Además muchos humedales son drenados y rellenados afectando las propiedades hidrológicas del sitio (Flores-Verdugo *et al.*, 2007).

Debido a que el estado de Veracruz es el principal productor de ganado bovino a nivel nacional y que ha perdido 58% de la superficie de humedales (Landgrave y Moreno-Casasola, 2012), es importante evaluar las condiciones que presentan los suelos de los humedales que ya han sido transformados por las actividades ganaderas. Por esta razón, en el presente trabajo se evalúan tres características de suelos de humedales transformados a potreros debido a actividades ganaderas en el municipio de Jamapa, Veracruz y su entorno. La estructura del trabajo se da de la siguiente manera: planteamiento del problema, marco teórico, marco jurídico, área de estudio, metodología, resultados y discusión y conclusiones y recomendaciones.

En el planteamiento del problema se aborda la descripción puntual de la problemática que la ganadería ejerce sobre el municipio de Jamapa, se exponen los objetivos que el presente trabajo pretende cumplir y la justificación de realizar un estudio de estas características. Para la elaboración del marco teórico se realizó una revisión minuciosa en la literatura científica referente a las características que definen a humedales, los humedales y los servicios ambientales y las características de los palmares y potreros inundables. También se incluyó un apartado para el marco jurídico, en donde se revisaron las leyes y normas que existen en materia de humedales a nivel nacional. Respecto al área de estudio se realizó una descripción de la localización geográfica del municipio así como una caracterización física y socioeconómica. En la metodología se describe la manera en que fueron localizados los sitios, las técnicas empleadas para el muestreo de campo y las métodos utilizados en el laboratorio para la obtención de los parámetros en estudio: densidad aparente, humedad y materia orgánica; también se describen los métodos estadísticos utilizados para el análisis de datos. En el apartado de resultados y discusión se describen las características ambientales que se encontraron en los sitios muestreados, los valores de los tres parámetros físicos del suelo y se contrastan con estudios previos similares. Por último se presentan las conclusiones del trabajo y emiten recomendaciones de acuerdo a los resultados obtenidos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Descripción del problema

En nuestro país los humedales ocupan una mayor extensión en la zona costera que tierra adentro (Olmsted, 1993). Los humedales costeros normalmente se encuentran en tierras bajas y reciben el escurrimiento de agua dulce del altiplano, combinándose con el agua salobre proveniente del mar. Esta ubicación geográfica da lugar a un gradiente de humedales con distinto grado de inundación y salinidad (Lara-Lara *et al.*, 2008).

Los humedales costeros conjuntan gran variedad de comunidades vegetales con distinta composición, estructura y formas de vida, tales como manglares, marismas, selvas y palmares inundables, popales y tulares, entre otros (Flores-Verdugo *et al.*, 2007; Moreno-Casasola *et al.*, 2010). En los humedales costeros del Golfo de México, los palmares inundables son un componente importante de los humedales arbolados (Infante *et al.*, 2011). Varias especies de palmas son tolerantes a las inundaciones y se encuentran en estos ambientes, entre las que destacan *Attalea butyracea* (Mutis ex L.F.) Zona, *Roystonea dunlapiana* P.H. Allen y *Sabal mexicana* Mart., que forman parches monoespecíficos o se mezclan con otra especie de palma o especies de árboles (González-Marín *et al.*, 2012).

El aumento de la población y el creciente desarrollo de la economía han sido los principales generadores indirectos de degradación y pérdida de humedales. Por su parte los generadores directos de degradación y pérdida incluyen el desarrollo de la infraestructura, la extracción de agua, la contaminación, la introducción de especies exóticas y sobre todo la conversión de tierras para actividades agropecuarias (EEM, 2005). Mitsch y Gosselink (2000) mencionan que Estados Unidos ha perdido 53% de sus humedales, Australia alrededor de 50%, China 60%, Nueva Zelanda y Europa más de 90%.

En nuestro país se ha estimado una pérdida de humedales de 62.1% (Landgrave y Moreno-Casasola, 2012), propiciada entre otras cosas por la transformación de humedales a tierras agropecuarias. El estado de Veracruz es actualmente el mayor

productor de ganado bovino en México con 464,980 toneladas, y ha tenido un incremento de alrededor del 50% de 1980 a 2013 (SIAP, 2014). Ello ha llevado a un aumento de potreros y de cabezas de ganado en la zona costera del estado de Veracruz, que ha impactado y reducido comunidades vegetales como manglares y humedales de agua dulce, donde se mantiene al ganado principalmente en la época de secas, cuando disminuye la oferta forrajera en otros pastizales (Moreno-Casasola *et al.*, 2002; Travieso-Bello *et al.*, 2005; Guevara y Moreno-Casasola, 2008; Campos *et al.*, 2011; Rodríguez-Medina y Moreno-Casasola, 2013). Estas actividades alteran el funcionamiento de los humedales, ya que disminuyen la vegetación natural y el suelo pierde características como capacidad de filtración y retención de agua (López Rosas, 2007; Travieso-Bello *et al.*, 2005). Con la pérdida de humedales se pone en riesgo a la población, al perderse también los servicios ambientales, siendo éstos la base del desarrollo de la sociedad (Guevara y Moreno-Casasola, 2008; Moreno-Casasola, 2008; Moreno-Casasola e Infante, 2010).

En el municipio de Jamapa la actividad ganadera ocupa una gran extensión del municipio y ha propiciado una fuerte transformación y/o deterioro de humedales, por lo que en la actualidad sólo se pueden observar pequeños relictos de estas comunidades vegetales. Gran parte de estos relictos sólo se pueden identificar a través de elementos naturales que formaron parte de dichos ecosistemas como las especies de palmas nativas.

2. 2 Objetivo general

Evaluar tres propiedades de suelos de humedales transformados a potreros con presencia de palmas en la región de Jamapa, Veracruz.

2. 3 Objetivos específicos

- Medir la densidad aparente de suelos de humedales con distinto grado de transformación.

- Medir la humedad de suelos de humedales con distinto grado de transformación.
- Medir la materia orgánica de suelos de humedales con distinto grado de transformación.

2.4 Justificación

Las condiciones físicas de los humedales se mantienen en los suelos de éstos aún cuando la hidrología ha sido alterada y la vegetación de humedales ha desaparecido, es por ello que los suelos tienen un fuerte valor como indicadores de la existencia previa de humedales (Campos y Moreno-Casasola, 2009). Este trabajo evalúa tres propiedades de suelos de humedales transformados a potreros en la región de Jamapa: densidad aparente, humedad y materia orgánica. Estas propiedades reflejan el estado de conservación/degradación de los suelos: la densidad aparente muestra la estructura y el arreglo físico de los agregados del suelo, y debido a la gran presión que se ejerce sobre los sitios como consecuencia del pastoreo de ganado es de vital importancia la medición de este parámetro; la humedad muestra la capacidad de retención de agua en el suelo; y por su parte la materia orgánica es un marco de referencia acerca de la degradación que han sufrido los suelos, ya que en humedales conservados se presenta en porcentajes altos. De igual importancia son las características ambientales y el manejo pecuario que se desarrolla en cada uno de los sitios.

El estudio aporta información que servirá de referencia para los propietarios de terrenos ganaderos. Se pretende que pueda contribuir para poder llevar a cabo un adecuado manejo de los potreros y de los relictos de humedales que en ellos se encuentran. También servirá para la toma de decisiones por parte de las autoridades correspondientes respecto a la restricción en los cambios de uso de suelo en ciertos sitios y a la protección de poblaciones de géneros de palmas de *Roystonea*, *Sabal* y *Attalea* que se distribuyen en la región de Jamapa, dado que dichas poblaciones han

disminuido drásticamente en diversos sitios del estado de Veracruz (Castillo-Campos *et al.*, 2011).

La toma de decisiones adecuadas que conlleven a un adecuado manejo y conservación de los humedales y de los recursos naturales de la región, impactará de manera positiva para la población que se beneficia cotidianamente de los servicios ambientales que brindan actualmente los relictos de humedales que se encuentran en las colindancias y dentro de los terrenos ganaderos como el mantenimiento de la biodiversidad local y la protección de las inundaciones.

3. MARCO TEÓRICO

3. 1 Humedales

3. 1. 1 Características de los humedales

De acuerdo a Mitsch y Gosselink, 2000, los humedales deben tener uno o más de los siguientes atributos: el suelo o sustrato debe ser fundamentalmente hidromórfico, no drenado; debe presentar una lámina o capa de agua poco profunda o agua subterránea próxima a la superficie del terreno; y al menos periódicamente, el terreno debe mantener predominantemente una vegetación acuática.

De acuerdo a esta definición los humedales están formados básicamente por 1) el suelo: los suelos de humedales se caracterizan por estar inundados o saturados de agua; 2) el agua: es el principal factor que define a los humedales y es la base del hidroperiodo. El nivel de inundación que alcanza un humedal varía en su duración, frecuencia, profundidad y época del año. Estas variaciones de la inundación a lo largo del tiempo se conocen como hidroperiodo. El hidroperiodo se define como el patrón estacional del nivel del agua del humedal, esto es el incremento o caída del nivel del agua superficial o subterránea y su temporalidad, y está influenciado por las entradas y salidas del agua (Mitsch y Gosselink, 2000; Peralta-Peláez *et al.*, 2009). La cantidad, calidad y estacionalidad de la inundación es el principal factor que define el tipo de humedales (Mitsch y Gosselink, 2000; Lara-Lara *et al.*, 2008; Moreno-Casasola, 2012); y 3) la flora: las especies de plantas que viven en los humedales, se les denomina hidrófitas y se les define como aquella comunidad de plantas adaptadas a crecer en áreas donde la frecuencia y duración de la inundación o la saturación del suelo son suficientes para ejercer una influencia y control sobre las especies presentes (Moreno-Casasola y López-Rosas, 2009). Los cambios en alguno de estos tres factores afectarán el funcionamiento del humedal.

Los humedales consisten en una gran variedad de comunidades vegetales. Esta diversidad de las comunidades vegetales está en función principalmente de las formas

de crecimiento de las plantas hidrófitas, el lugar que ocupa dentro del paisaje, de la fuente y la velocidad del agua y el nivel de salinidad (Moreno-Casasola e Infante, 2010).

Los manglares son quizá los humedales más conocidos. Son comunidades vegetales de árboles que pueden alcanzar una altura de hasta 25 m. En el estado de Veracruz generalmente están compuestos por cuatro especies de árboles: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle bontoncillo (*Conocarpus erectus*). Estas comunidades se desarrollan principalmente en las orillas bajas y fangosas de las costas de ambos océanos sobre los esteros, lagunas costeras y estuarios de ríos que tienen influencia de agua salobre. Los factores ambientales que determinan la presencia y la distribución de las diferentes especies son la salinidad y la frecuencia e intensidad de la inundación (Miranda y Hernández-X, 1963; López-Portillo *et al.*, 2011).

Las selvas inundables son comunidades formadas por varias especies de árboles que pueden alcanzar una altura de hasta de 25-30 m. En Veracruz las principales especies que componen estas comunidades son el zapote reventador (*Pachira aquatica*), la anona (*Annona glabra*) y varias especies de higueras (*Ficus* spp.). Se localizan en las planicies inundables de los ríos y en las orillas de lagos y lagunas de agua dulce. Los árboles están ensanchados en la base o con prolongaciones laterales y comprimidas del tronco, que son conocidas como contrafuertes (Moreno-Casasola e Infante, 2009).

Los palmares están asociados a zonas inundables. Se ha observado que algunas especies de palmas pueden estar mezcladas con especies de árboles formando parte de las selvas inundables, sin embargo, en algunas zonas pueden ser los elementos dominantes. En Veracruz las especies principales de los palmares inundables son *Attalea butyracea*, *Roystonea dunlapiana*, *Sabal mexicana* y *Acrocomia aculeata* (Moreno-Casasola e Infante, 2009; Moreno-Casasola e Infante 2010).

Los popales son un tipo de vegetación de hidrófitas enraizadas emergentes que se distribuyen en lugares pantanosos de agua dulce permanentemente estancada de 0.5 a 1.5 m de profundidad. Tiene una fisonomía característica, formada por plantas herbáceas de hojas grandes y anchas, que sobresalen del agua, constituyendo una masa muy densa donde el agua apenas es visible. Alcanzan alturas entre 1 y 3 metros.

Las especies dominantes del popal en el estado de Veracruz son *Thalia geniculata*, *Pontederia sanguitata*, *Sagittaria lancifolia*, así como especies de *Calathea* y de *Heliconia*, formando agrupaciones puras o mezcladas (Miranda y Hernández-X, 1963; Rzedowski, 1983; Moreno-Casasola *et al.*, 2010).

Los tulares son un tipo de vegetación conformado por plantas acuáticas herbáceas enraizadas que se desarrollan en cuerpos de agua poco profundos de corriente lenta tanto de agua dulce como de agua salobre. Alcanzan alturas de 1 a 3 metros de alto. Son plantas monocotiledóneas de hojas largas y angostas. Las principales especies de estas comunidades vegetales en el estado de Veracruz son *Typha* spp., *Scirpus* spp. y *Cyperus* spp (Miranda y Hernández-X, 1963; Rzedowski, 1983).

Cuando los humedales se encuentran en buen estado de conservación nos proporcionan gran cantidad de recursos (pesca, madera, miel, plantas comestibles y medicinales, etc.) y servicios ambientales (control de inundaciones, captura de carbono, aporte de nutrientes a los cuerpos de agua, refugio para especies silvestres y de interés comercial, filtración y limpieza de agua, entre otros) de gran valor para la sociedad (Mitsch y Gosselink, 2000; EEM, 2005).

3. 1. 2 Humedales y servicios ambientales

Los bienes ecosistémicos (como los alimentos) y los servicios (como el control de inundaciones) representan los beneficios que reciben las poblaciones humanas derivados, directa o indirectamente, de las funciones del ecosistema, que son esenciales al bienestar de las poblaciones humanas (Costanza *et al.*, 1997). Muchos de los bienes producidos por los ecosistemas son aprovechados de manera directa formando parte importante de la economía tradicional, en cambio, muchos de los bienes y servicios generados por los ecosistemas son importantes por sus aportaciones al bienestar de la sociedad en general, o sea por su uso indirecto, y a lo largo del tiempo estos servicios (como el agua o aire limpio) han sido muy abundantes y fácilmente aprovechables, por lo que han sido considerados sin valor económico o con un valor muy reducido (Manson y Moreno-Casasola, 2006). Sin embargo, ante la amenaza y destrucción de los ecosistemas, esta situación está cambiando y cada vez más países

enfrentan los enormes costos relacionados con el reemplazo de los servicios ambientales proporcionados por ecosistemas degradados (Costanza *et al.*, 1997).

Los humedales son extremadamente importantes para el hombre por los recursos que proporcionan y por los servicios ambientales que brindan a la sociedad (Moreno-Casasola e Infante, 2010). Cuatro de los servicios ambientales desempeñados por los humedales se destacan por tener importancia mundial y valor como un servicio ambiental: 1) resguardo de la biodiversidad, 2) la mejora de la calidad del agua, 3) la reducción de inundaciones y 4) el almacenamiento de carbono (Zedler y Kercher, 2005).

Los humedales poseen una extensión relativamente pequeña comparados con otros ecosistemas marinos y/o terrestres, sin embargo, fungen como sitios adecuados para albergar una gran cantidad de especies y un número alto de endemismos. Con la pérdida y degradación de los humedales, también se ven afectados los grupos de fauna que en ellos habitan: 21% de las aves acuáticas que dependen de humedales a nivel mundial se encuentran en grave peligro de extinción; 37% de los mamíferos dependientes de humedales de agua dulce están en la Lista Roja de la UICN; cerca de un tercio de los anfibios a nivel mundial se encuentran amenazados de extinción, de los cuales aproximadamente el 50% dependen de los ecosistemas de agua dulce; aproximadamente el 50% de las tortugas de agua dulce se encuentran amenazadas y 6 especies de tortugas marinas que utilizan humedales costeros para su reproducción y alimentación se encuentran en la Lista Roja de la IUCN; de las 23 especies de cocodrilos que viven en sistemas de humedales, 4 se encuentran en peligro crítico, 3 en peligro y 3 son vulnerables (EEM, 2005). Aparte de la fauna existe una gran cantidad de especies de flora que también se encuentran vulnerables ante la destrucción de los humedales. La conservación de estas comunidades vegetales garantiza el mantenimiento de las poblaciones de un elevado número de especies.

Los humedales generan una purificación natural del agua y contribuyen a la mejora de la calidad del agua, ya que las raíces de las plantas y el suelo están en íntimo contacto con el agua que pasa a través de estos sistemas, lo que genera que los nutrientes, contaminantes, metales y compuestos orgánicos queden atrapados en los

sedimentos o en el tejido de varias especies de plantas de humedales, generando una filtración y limpieza del agua (EEM, 2005; Moreno-Casasola e Infante, 2010).

El Golfo de México sufre anualmente los impactos de fuertes vientos, marejadas e inundaciones de ríos como resultado de los huracanes y ciclones tropicales (Campos *et al.*, 2011). Cuando se presenta un fenómeno meteorológico como los ciclones tropicales, éstos suelen generar grandes cantidades de lluvia que al escurrir, sobre suelos saturados, producen inundaciones, muchas veces, en las partes bajas de las cuencas, como es el caso del estado de Veracruz (Pereyra y Pérez, 2006). En México el estado que registra la mayor frecuencia de inundaciones es Veracruz, cuyo índice alcanza 3.5 inundaciones por año (Ortiz *et al.*, 1991). Los costos económicos y sociales asociados a los daños por inundaciones han aumentado considerablemente en los últimos 100 años, debido en gran parte al aumento de la expansión agrícola y urbana en las llanuras de inundación (Zedler y Kercher, 2005). Los humedales disminuyen la naturaleza destructiva de las inundaciones, por lo que la pérdida de humedales aumenta los riesgos de inundaciones (EEM, 2005). Los humedales actúan como una esponja que controla el flujo de agua e impide que siga escurriendo, disminuye su velocidad evitando la erosión y la filtra lentamente (Manson y Moreno-Casasola, 2006). Sin embargo ante la pérdida y degradación de humedales en el estado de Veracruz propiciadas principalmente por las actividades ganaderas (Travieso-Bello *et al.*, 2005; Rodríguez-Medina y Moreno-Casasola, 2013), se han puesto en peligro los servicios ambientales generados por estos ecosistemas y todo ello ha tenido como consecuencia altos costos (tanto en vidas como en bienestar económico) para las comunidades locales, principalmente a través del aumento de inundaciones, la disminución de la productividad del suelo y el aumento de la contaminación por agroquímicos (Campos *et al.*, 2011).

Los humedales son considerados como sumideros de carbono, ya que tienen una gran capacidad para almacenar este elemento de dos maneras principalmente: 1) en la biomasa vegetal, ya que el carbono es tomado de la atmósfera y es convertido a carbono orgánico a través del proceso de fotosíntesis que realizan las plantas; y 2) en los suelos, ya que el proceso de descomposición de materia orgánica en estos es muy lento debido a las condiciones anaerobias que la inundación provoca en estos sistemas

(Hernández, 2010). Se ha estimado que las turberas (un tipo de humedal) a nivel mundial almacenan alrededor de 540 gigatoneladas de carbono, lo que representa aproximadamente el 25-30% del carbono que está contenido en la vegetación terrestre y los suelos (EEM, 2005). Cuando se drena un humedal, el suelo entra en contacto con el aire y el proceso de descomposición se acelera, lo que provoca que el carbono atrapado se libere a la atmósfera (Moreno-Casasola e Infante, 2010). Se ha observado que humedales del centro del estado de Veracruz tienen una gran capacidad de almacenamiento de carbono por unidad de área, que incluso es mayor a lo reportado en otros suelos de regiones templadas y subtropicales (Marín *et al.*, 2011).

Se estima que el valor económico que producen los ecosistemas por sus bienes y servicios asciende a por lo menos 33 billones de dólares al año (Costanza *et al.*, 1997). Por tanto, la pérdida y/o degradación de los humedales (y en general de todos los ecosistemas) representa el deterioro de servicios ambientales que son la base del desarrollo de la sociedad (Guevara y Moreno-Casasola, 2008). La valoración económica de estos servicios ambientales es importante para que los tomadores de decisiones puedan balancear las necesidades e intereses de individuos y empresas que promueven el desarrollo, con el bienestar de la sociedad que depende de estos ecosistemas (Manson y Moreno-Casasola, 2006).

3.2 Suelos de humedales

Los suelos de humedales son llamados suelos hídricos o hidromorfos, característicos por estar inundados o saturados, provocando que el agua desplace al oxígeno en los espacios porosos del suelo, causando condiciones de anaerobiosis en la parte superior, cambiando las condiciones físicas y químicas del suelo, los cuales se vuelven aparentes y sirven como indicadores de condiciones hídricas (Campos y Moreno-Casasola, 2009; Hernández, 2010; Moreno-Casasola e Infante, 2010; Marín *et al.*, 2011). En los humedales, los residuos vegetales muertos no se descomponen del todo debido a la falta de oxígeno, sino que se acumulan formando una capa orgánica (Campos, 2011). Las características físicas, químicas y biológicas de los suelos de

humedales son importantes para determinar las propiedades y el funcionamiento de los humedales (Reddy y DeLaune, 2008).

El agua en el suelo ocupa el espacio poroso que se forma por el arreglo físico de las partículas sólidas (mineral y orgánica) del suelo y está sometida a dos fuerzas de acciones opuestas. Las fuerzas de succión que tienden a retener el agua en los poros, y la fuerza de la gravedad, que tiende a desplazarla a capas más profundas (Campos y Moreno-Casasola, 2009). En un suelo sometido a presión (ganadería, maquinaria agrícola, sistemas agrícolas, etc.), primero se presenta un re-ordenamiento de los agregados, que luego se destruyen, incrementándose con ello la densidad aparente, disminuyendo la porosidad y afectando el movimiento del agua y del aire (Campos y Moreno-Casasola, 2009). La compactación en general, limita la capacidad del suelo para absorber agua y nutrientes (Campos *et al.*, 2011).

La degradación del suelo se refiere a un cambio en la salud de éste. Los indicadores de la salud del suelo evalúan las funciones que tiene ya que muchas veces se dificulta medir directamente esas funciones. La medición de la calidad del suelo es un ejercicio de identificación de las diferentes propiedades del suelo que son susceptibles de ser medidas con cierta precisión dentro de ciertas limitaciones técnicas y económicas. Existen tres categorías principales de propiedades del suelo: químicas, físicas y biológicas (FAO, 2015).

La química del suelo es compleja, en parte porque comprende a los seres vivos y en parte por la capacidad del suelo de acumular iones (Palmer y Troeh, 1980). Se puede definir como la parte de la ciencia del suelo concerniente a la constitución química, a las propiedades y a las reacciones químicas en los suelos (Fassbender y Bornemisza, 1987).

El suelo es un sistema muy complejo; un volumen determinado de suelo está compuesto de tres fases: 1) fase sólida: conjunto de partículas inorgánicas y orgánicas; 2) fase líquida: compuesta por el agua y solutos disueltos en ella; y 3) fase gaseosa: formada por los compuestos que se presentan en forma gaseosa, principalmente CO₂, O₂ y vapor de agua (Baver *et al.*, 1980; Jaramillo, 2002). La manera de interactuar entre las fases antes mencionadas define el campo de actividad de la física de suelos: al definir la composición y la organización de la fase sólida, queda definido, también, el

espacio que van a ocupar las otras dos fases (Jaramillo, 2002). Las propiedades físicas del suelo se relacionan directamente con la capacidad que tiene éste para brindar diversos usos y servicios en beneficio del ser humano (Millar *et al.*, 1975). La productividad de los suelos no sólo depende de sus contenidos nutrimentales, sino también, de las condiciones físicas del mismo, condiciones que en ocasiones, no se determinan (Flores y Alcalá, 2010).

Las propiedades biológicas del suelo se refieren a los organismos vivos que en él habitan y que sirven como bioindicadores de la calidad de este. La biodiversidad del suelo alberga más del 25 % de la que existe en todo el planeta (Barois, 2012). Los organismos vivos del suelo mejoran la entrada y el almacenamiento de agua, la resistencia a la erosión, la nutrición de las plantas y la descomposición de la materia orgánica en él (Jaramillo, 2002).

De acuerdo a la Línea Base Nacional de Degradación de Tierra realizado por la Comisión Nacional Forestal y la Universidad Autónoma de Chapingo en 2013, en el cual estiman que 63% de la superficie nacional está afectada por erosión hídrica, erosión eólica, degradación química y degradación física. Del 63% de los suelos degradados, aproximadamente 2% corresponde a una degradación extrema, 10% sufre degradación severa, 24% degradación ligera y 27% degradación moderada. La principal causa de degradación física en México es la compactación.

La degradación del suelo repercute en la disminución de la capacidad del ecosistema para producir y brindar los bienes y servicios ambientales (FAO, 2015). Algunos de los efectos de la degradación de suelos es la pérdida de capacidad de los suelos para regular el régimen hídrico tanto a nivel local como a nivel de cuencas hidrográficas, lo cual tiene un impacto negativo en cuestiones agrícolas, urbanas e industriales; deslizamientos de tierra con características a veces catastróficas; disminución de la biodiversidad; y deterioro de la disponibilidad de agua en cantidad y calidad (UNESCO, 2005).

3. 2. 1 Densidad aparente, materia orgánica y humedad del suelo

La densidad aparente se define como el peso seco por unidad del volumen del suelo (Reddy y DeLaune, 2008). Es una medida que se realiza para conocer qué tan denso es un suelo. Depende de la estructura del suelo, refleja la forma y el arreglo de las partículas sólidas (minerales y orgánicas) y del espacio poroso del suelo (Campos y Moreno-Casasola, 2009). En general, los suelos orgánicos tienen densidades más bajas y mayores capacidades de retención de agua que los suelos minerales; los suelos orgánicos tienen generalmente densidades aparentes de 0.2 y 0.3 g/cm³, contrario a lo que sucede con los suelos minerales, donde la densidad aparente oscila entre 1.0 y 2.0 g/cm³ (Mitsch y Gosselink, 2000). La densidad aparente del suelo generalmente disminuye como consecuencia de las inundaciones, esto se debe a la alta capacidad de absorción de agua de la materia orgánica (Reddy y DeLaune, 2008). Se han realizado algunos estudios en humedales veracruzanos conservados y se han registrado valores de densidad aparente que han oscilado entre 0.1 y 1.15 g/cm³ (Marín *et al.*, 2011; Campos *et al.*, 2011) y en zonas ganaderas donde permanecen algunos humedales herbáceos con valores de 1.07 a 1.84 g/cm³ (Rodríguez-Medina y Moreno-Casasola, 2013).

La materia orgánica del suelo proviene de las raíces, residuos de plantas y organismos vivos o muertos del suelo (Ortíz-Villanueva y Ortíz-Solorio, 1980) y debido a las funciones que realiza, tiene una gran importancia en la mejora de la fertilidad del suelo y del ambiente (Campos, 2011). La cantidad de materia orgánica, depende del tipo de humedal (orgánico o mineral; Reddy y DeLaune, 2008). La acumulación de materia orgánica es favorecida en áreas de precipitación abundante, baja temperatura o drenaje deficiente (Ortíz-Villanueva y Ortíz-Solorio, 1980). En suelos orgánicos, aproximadamente un quinto del volumen está ocupado por la materia orgánica además de mineral, mientras que el volumen restante lo ocupa agua y aire. La densidad de la materia orgánica es de aproximadamente 1 g/cm³ (Reddy y DeLaune, 2008). En Veracruz el porcentaje de materia orgánica en sitios de humedales dentro de zonas ganaderas es de 14.14 a 62.98% (Rodríguez-Medina y Moreno-Casasola, 2013).

El agua que se precipita sobre el suelo puede hacer una de las siguientes cuatro acciones: 1) perderse a través de la evapotranspiración; 2) acumularse en orificios de la superficie; 3) escurrir sobre la superficie (flujo superficial); o 4) infiltrarse en el suelo (flujo subsuperficial; Acreman y Holden, 2013). Para la mayoría de los fines prácticos, se entiende por agua del suelo la que puede ser extraída por desecación hasta peso constante en estufa a 110°C (Baver *et al.*, 1980). El movimiento de la humedad determina de manera preponderante la diferenciación de los horizontes. Una parte de la humedad se utiliza en varias reacciones químicas del suelo y otra parte se retiene, sin embargo, la mayoría se pierde en el drenado y la evapotranspiración (FitzPatrick, 1996). Se ha reportado que el suelo de los humedales forestales en el estado de Veracruz pueden llegar a almacenar de 556 hasta 834 L/m² y los humedales herbáceos de 687 hasta 880 L/m² (Campos *et al.*, 2011).

Estas tres propiedades del suelo están íntimamente relacionadas con las condiciones de humedad y de inundación: la densidad aparente disminuye a consecuencia de la inundación; las bajas cantidades de oxígeno en el suelo (que provocan las inundaciones prolongadas) hace que la materia orgánica se degrade muy lentamente y por lo tanto que se acumule en la capa superficial del suelo; y la humedad es dependiente de las condiciones de precipitación o inundación del sitio. A su vez, la presencia de especies de plantas hidrófitas que se desarrollan en los humedales dependen de un suelo y de una hidrología óptimas. Por lo anterior se puede observar que los tres elementos principales que conforman los humedales son interdependientes y que la alteración de cualquiera de un elemento repercutirá en los otros dos, deteriorando las funciones ambientales que brindan estas comunidades vegetales.

3. 3 Palmares y potreros en el estado de Veracruz

La familia Arecaceae comprende 200 géneros con alrededor de 3,000 especies distribuidas alrededor de todo el mundo, principalmente en regiones intertropicales. En México se han encontrado 22 géneros con alrededor de 100 especies; para Veracruz se han reportado 13 géneros con 30 especies silvestres (Quero, 1994). Miranda y Hernández-X (1963) dividieron los palmares de México en aquellos constituidos por

palmas con hojas pinnadas (palmares de *Attalea* spp. y *Roystonea* spp.) y los de palmas con hojas en forma de abanico (*Sabal* spp.).

Los palmares al igual que las otras comunidades vegetales, conservan las características que definen a un humedal: a) suelos hidromórficos; b) condiciones de inundación; y c) vegetación hidrófita.

En los humedales costeros del Golfo de México, los palmares son un componente importante de los humedales arbolados (Infante *et al.*, 2011). En el estado de Veracruz los palmares ocupan una superficie de 2,975 ha y se localizan en las faldas y crestas de los macizos y cerros alargados de roca caliza del centro del estado (Castillo-Campos *et al.*, 2011). En el centro del estado de Veracruz varias especies de palmas se encuentran en ambientes que periódicamente están inundados, principalmente *Attalea butyracea*, *Roystonea dunlapiana* y *Sabal mexicana*, que forman parches monoespecíficos o se mezclan con otra(s) especie(s) de palma(s) o árboles. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. tolera las inundaciones, pero prefiere áreas más secas (González-Marín *et al.*, 2012). En el estado de Veracruz existe un área extensa de palmares que parece ser de carácter primario que se ubican en la cuenca baja del Papaloapan, al oeste del macizo de Los Tuxtlas en la zona baja de Cosamaloapan, Ángel R. Cabada y Tlacotalpan (Pennington y Sarukhán, 2005).

La palma real (*Roystonea* sp.) con frecuencia se mezcla en la selva perennifolia de áreas frecuentemente inundables desde la parte central de Veracruz a Tabasco, pero a veces forma agrupaciones casi monoespecíficas (Miranda y Hernández-X, 1963).

La especie *Sabal mexicana* se encuentra en potreros así como llanuras anegables durante la temporada de lluvias (Moreno-Casasola e Infante, 2010). Los palmares de esta especie se encuentran en terrenos arenosos de las cercanías de la costa tanto en el lado del Golfo como del Pacífico, aunque se hallan más difundidos en la primera región. Con frecuencia, la dominancia de *Sabal mexicana* indica perturbación humana y uso de fuego (Miranda y Hernández-X, 1963).

Los palmares de *Attalea butyracea* se localizan principalmente en el sur de Veracruz, en la cuenca media-baja de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos (Miranda y

Hernández X., 1963), en suelos muy arcillosos y susceptibles a inundarse temporalmente.

Los pastizales cultivados para el desarrollo de la ganadería es el tipo de uso de suelo que predomina en la mayor parte del estado de Veracruz con una extensión de 3,254,999 ha. Ello ha generado el deterioro y la pérdida acelerada de comunidades vegetales de origen primario como los humedales, lo que está poniendo en alto riesgo los servicios ambientales proporcionados por los suelos de estos, que son altamente sensibles a los cambios en las condiciones hidrológicas de saturación periódica o permanente (Campos, 2011). Las diversas comunidades de palmares dispersos en la planicie costera del estado de Veracruz, de géneros como *Attalea*, *Brahea*, *Roystonea* y *Sabal* principalmente, están siendo desplazados y sus poblaciones se han visto disminuidas a pequeños fragmentos aislados (Castillo-Campos *et al.*, 2011).

Los potreros con pastizal inundable representan una comunidad transformada para el desarrollo de las actividades humanas, principalmente la ganadería o el cultivo de arroz, pero que aún mantienen características del humedal, como son los suelos o el régimen de inundación, aunque éste haya sido parcialmente modificado (Moreno-Casasola *et al.*, 2011). Generalmente en estos pastizales se conservan algunas especies de árboles y palmas aisladas, así como cercas vivas con diversas especies arbóreas (Castillo-Campos *et al.*, 2011). Las comunidades de pastizal inundable en el pasado pudieron haber sido popales, tulares o aún selvas inundables o palmares. Hoy en día constituyen una comunidad frecuente en la planicie costera de Veracruz (Moreno-Casasola *et al.*, 2011). Sin embargo, debido a los cambios en su hidrología, probablemente estos ecosistemas transformados no brinden de igual forma los servicios ambientales que las comunidades originales (como protección de inundaciones).

4. MARCO JURÍDICO

El marco jurídico ambiental mexicano ha avanzado de manera importante de tres décadas a la fecha. En este sentido, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) se ha convertido en el cuerpo normativo que establece los principios de política ambiental y los principales instrumentos de aplicación de dichos principios de política ambiental. Es necesario mencionar que esta ley no establece ninguna regulación en materia de humedales. Sin embargo, se abordan los lineamientos relacionados a humedales en materia de evaluación de impacto ambiental (DOF, 1988).

El procedimiento de evaluación de impacto ambiental es el instrumento de política ambiental por medio del cual la SEMARNAT establece las condiciones a las que se sujetará la realización de obras y actividades reguladas en el artículo 28 de la LGEEPA (DOF, 1988) que puedan causar daños al equilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar los ecosistemas. En la fracción X de este artículo se señala que para llevar a cabo obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales y zonas federales se requiere autorización por parte de SEMARNAT.

La Ley General de Vida Silvestre (LGVS) establece las condiciones, medidas y acciones para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat. Respecto a los humedales, el artículo 60 Ter brinda protección a los manglares, el artículo prohíbe cualquier actividad que afecte el flujo hidrológico, la productividad, la capacidad de carga natural, actividades que afecten zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; ejemplos de estas actividades son la remoción, relleno, transplante, poda o cualquier otra actividad dañina. Con esto se observa la gran protección que reciben los manglares comparado con otros tipos de humedales (DOF, 2000).

La NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar, brinda protección a las comunidades

vegetales de manglares, siendo estas las únicas que gozan de una norma para su protección, a pesar de la gran diversidad de comunidades vegetales que forman los humedales del país. La protección legal de estas comunidades se lleva a cabo debido a los servicios ecosistémicos que ofrecen a la población, la acelerada pérdida en el país (alrededor de 9,913 ha anuales de 1993-2000) y por la importancia ecológica, económica y social. Esta norma busca la preservación de los manglares a través de la integridad del flujo hidrológico; la integridad de los ecosistemas; el mantenimiento de su productividad natural; la integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje, principalmente (DOF, 2003).

La protección que se le da a los manglares no es sólo a nivel de ecosistema, sino también la legislación mexicana protege las especies que componen al ecosistema del manglar. La NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, tiene bajo el estatus de amenazadas a las cuatro especies de mangle que se encuentran en el país: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Languncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*. Con respecto a las especies de palma que se encuentran en el centro del estado de Veracruz que son parte del presente estudio, sólo *Roystonea dunlapiana* se encuentra bajo la categoría de protección especial dentro de esta norma. Las demás especies no se encuentran, por lo que los palmares se vuelven vulnerables a la extracción, deforestación o eliminación para dar paso a campos agropecuarios (DOF, 2010).

Por lo expuesto anteriormente, es claro que hace falta una legislación más amplia que brinde protección y regulación a todas las comunidades vegetales que forman los sistemas de humedales en el país debido a la importancia de estos ecosistemas en el ámbito ecológico, económico y social. Afortunadamente, en fechas recientes se ha incluido a los humedales dentro de la política pública, con la elaboración en el año 2013 de la Política Nacional de Humedales (PNH). La elaboración del documento deriva del reconocimiento gubernamental del valor económico, social y ecológico que los humedales aportan al bienestar de los habitantes del país. La PNH es la herramienta de política pública en donde se exponen metas, objetivos y alcances con

miras al año 2025. Dentro de la elaboración de dicha política se incluyen principios rectores como: el principio precautorio, visión integral, coordinación institucional, principio adaptativo, entre otros (SEMARNAT, 2013). Asimismo, el documento está alineado con lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y en el Programa Sectorial del Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018.

5. ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Localización

El municipio de Jamapa se encuentra entre los paralelos $18^{\circ} 55'$ y $19^{\circ} 04'$ de latitud norte; los meridianos $96^{\circ} 10'$ y $96^{\circ} 19'$ de longitud oeste; altitud entre 10 y 40 m (Figura 1). Posee una extensión territorial de 13,241 hectáreas lo que equivale al 0.18% de la superficie del estado de Veracruz. Colinda al norte con los municipios de Manlio Fabio Altamirano y Medellín; al este con el municipio de Medellín; al sur con los municipios de Medellín y Cotaxtla; al oeste con los municipios de Cotaxtla y Manlio Fabio Altamirano (INEGI, 2009).

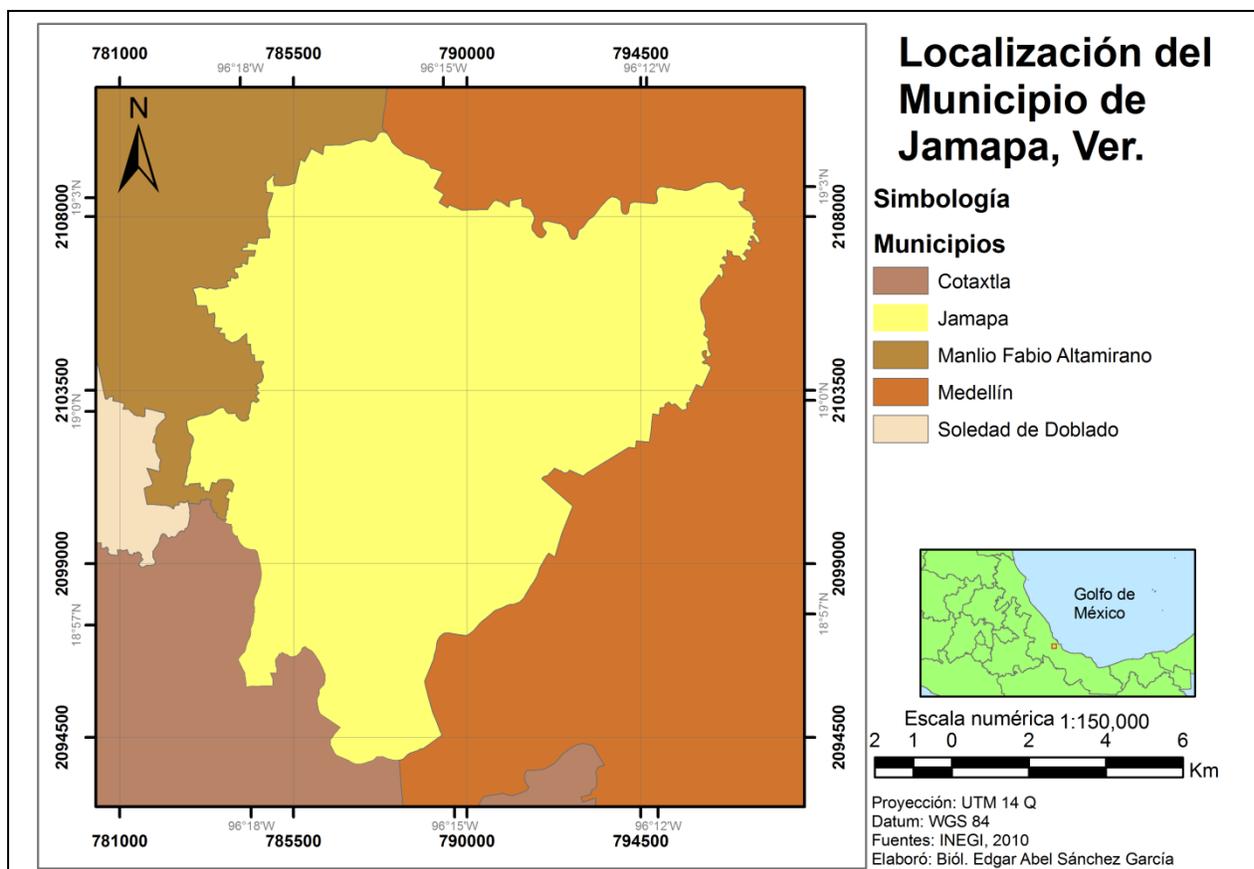


Figura 1. Localización del municipio de Jamapa, Veracruz

5.2 Caracterización física

El municipio de Jamapa forma parte de la provincia Llanura Costera del Golfo Sur y de la subprovincia Llanura Costera Veracruzana. La mayor parte de su superficie se encuentra sobre suelo aluvial del periodo cuaternario (91%) y en menor proporción (8%) sobre roca sedimentaria arenisca-conglomerado del cuaternario (INEGI, 2009).

El clima es de tipo Aw1, cálido subhúmedo, intermedio en cuanto al grado de humedad entre el más seco y el más húmedo; el régimen de lluvias es de verano, con un cociente P/T entre 43.2 y 55.3. Su temperatura media oscila entre 24-26°C. El mes más frío es enero con una media de 21.9°C y el mes más cálido es junio con una temperatura promedio de 28.8°C. La precipitación anual es de 1,100 – 1,300 mm, con un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2. El mes más lluvioso es julio con una media de 317 mm y los meses más secos son febrero y abril con 11 mm de precipitación en promedio (INEGI, 2009; Infante, 2011).

La cuenca y subcuenca del río Jamapa que atraviesa el municipio del mismo nombre pertenecen a la región hidrológica del Papaloapan. La cuenca del río Jamapa se origina por los escurrimientos del deshielo y lluvias que ocurren en las faldas del Pico de Orizaba el cual tiene una altura de 4,700 msnm en la barranca de Coscomatepec. A la altura de Huatusco el río Paso de los Gasparines y el río Xicuitla que se origina en Tlatetela se unen al río Jamapa. A 10 kilómetros antes de la desembocadura, se unen los ríos Jamapa y Cotaxtla, para formar uno solo denominado “Jamapa”, el cual recibe un río de segundo orden por cada margen, al tiempo que es alimentado por tres arroyos perennes. Descarga sus aguas en el Golfo de México en el municipio del Boca del Río (INEGI, 1985; SEDUE, 1991; Infante, 2011).

Existen dos tipos de suelos presentes en el municipio: vertisol (64%) y phaeozem (35%). 61% del territorio está dedicado a la agricultura, 35% a pastizales, sólo 3% corresponde a vegetación primaria (selva) y 1% son zonas urbanas (INEGI, 2009).

5.3 Caracterización socioeconómica

Jamapa cuenta con 47 localidades y con una población total de 10,376 habitantes. En el periodo 2005-2010 tuvo una tasa de crecimiento media de 1.3%. Para 2010 en el municipio habían 3,024 viviendas habitadas con un promedio de 3.4 personas por vivienda. La tasa de alfabetización en 2010 para el rango de población de 15 a 24 años fue 97.9%; sin embargo, el grado de escolaridad de la población mayor a 15 años es de primer grado de secundaria. Existe un total de 46 escuelas de educación básica y media superior (INEGI, 2014).

La Población Económicamente Activa (PEA) es de 4,094 habitantes y la PEA ocupada es de 3,940 distribuida de la siguiente manera: sector primario 19.1%; sector secundario 27.3%; sector terciario 52.8% (INEGI, 2014).

En cuanto a actividades primarias, la región desarrolla agricultura y ganadería. Del total de la superficie municipal, se siembran 1,995 ha, con maíz, pasto, mango y frijol. El valor de la producción agrícola del municipio es de \$39,982 (INEGI, 2014).

Respecto a la actividad ganadera, durante el año 2013 Jamapa produjo 1,164.020 toneladas de ganado bovino en pie, 581.885 toneladas de carne de bovino en canal y se sacrificaron 2,864 animales (SIAP, 2014).

6. METODOLOGÍA

6.1 Identificación de humedales transformados

Mediante imágenes de satélite del programa Google Earth del municipio de Jamapa y en una pequeña parte de los municipios vecinos de Manlio Fabio Altamirano y Cotaxtla (de ahora en adelante región de Jamapa) se localizaron grupos de especies nativas de palmas que forman remanentes en la matriz de pastizales ganaderos para ubicar sitios con suelos hídricos. Se definieron cuatro categorías en función al número de individuos de palmas, quedando de la siguiente manera: 1) 0 individuos, 2) 1-3 individuos, 3) 4-10 individuos, y 4) más de 10 individuos.

En cada sitio se tomaron las coordenadas geográficas mediante la ayuda de un equipo de GPS. También se categorizaron los sitios en función de los dos tipos de manejo encontrados: 1) potrero activo: potrero con presencia de animales de ganado; este tipo de manejo se subdividió a su vez en tres subtipos: a) intensidad baja: potrero con una carga aproximada de 1 cabeza de ganado por hectárea, b) intensidad media: potrero con una carga aproximada de 2-3 cabezas de ganado por hectárea, y c) sin determinar intensidad: potrero en el que no se observó ganado en ese momento; y 2) potrero abandonado: potrero donde no fue evidente la actividad ganadera; en este tipo de manejo se observaron diferentes características que están asociadas al grado de abandono que muestra el sitio: a) regeneración: presencia de propágulos y plántulas; b) sucesión: reemplazo de especies secundarias por especies primarias vegetales; y c) presencia de diferentes estratos vegetales (herbáceo, arbustivo y/o arbóreo): presencia de uno o más estratos (generalmente estos aparecen cuando existe un proceso de sucesión). Por último, se escribieron los aspectos ambientales presentes en el sitio: 1) inundación: presencia de agua sobre la superficie del terreno; 2) cercanía a un sistema de humedal: distancia aproximada del sitio de muestreo al humedal; y 3) presencia de especies características de humedales: especies que forman parte de humedales herbáceos tropicales del estado de Veracruz, por ejemplo *Thalia geniculata* y *Potenderia sagittata*.

Además se tomó una muestra de suelo en cada uno de los sitios para cada una de las cuatro categorías establecidas para realizar las pruebas de densidad aparente, humedad y materia orgánica.

6. 2 Densidad aparente, humedad y materia orgánica

Se tomaron 44 muestras de suelo en cada uno de los sitios de la categoría 1, 37 muestras para la categoría 2, 29 para la categoría 3 y 34 para la categoría 4. El número de muestras por cada categoría correspondió al mayor número de sitios que se pudieron localizar y muestrear en función a los recursos económicos y al tiempo disponible para el trabajo de campo.

El muestreo en campo se llevó a cabo durante la última semana de octubre y las dos primeras semanas de noviembre de 2014. La toma de muestras y procesamiento de los parámetros de densidad aparente y contenido de humedad en el suelo se realizó de acuerdo a Campos y Moreno-Casasola (2009). Para la colecta de muestras se utilizó un cilindro de PVC con un volumen de 103.06 cm^3 . Se tomó la muestra con el cilindro antes mencionado por encima del cual se colocó una tabla de madera para posteriormente golpearla de manera suave con un martillo hasta que el cilindro se enterró completamente en el suelo (Figura 2 a, b). El cilindro con la muestra de suelo se envolvió en papel aluminio para conservar la humedad hasta la llegada al laboratorio (Figura 2 c). En el laboratorio, con cuidado, la muestra del suelo se pasó a un bote de aluminio. Posteriormente se pesó la muestra (bote + suelo) para obtener el peso húmedo del suelo, y se puso a secar en una estufa a 105°C durante 48 horas (Figura 2 d).



a)



b)



c)



d)

Figura 2. Toma de muestras para los parámetros de densidad aparente y humedad del suelo. a) toma de muestra de suelo, en donde se entierra un cilindro de PVC con la ayuda de una tabla y un martillo; b) cilindro de PVC completamente enterrado en el suelo; c) la muestra de suelo se envolvió en papel aluminio para evitar la evaporación de agua; d) secado en la estufa de muestras de suelo a 105°C.

Para la obtención de densidad aparente (pasadas las 48 horas en la estufa) se utilizó la siguiente fórmula para poder calcularla:

$$Da = M / V$$

Donde:

Da= Densidad aparente (g/cm³)

M= Masa= Peso del suelo seco (g)

V= Volumen del cilindro (cm³)

Para la obtención de humedad, después de que las muestras se secaron, se pesaron para obtener el peso seco del suelo. Los cálculos se llevaron a cabo de la siguiente manera:

$$\omega = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} * 100$$

Donde:

ω = Contenido gravimétrico de agua (g g⁻¹)

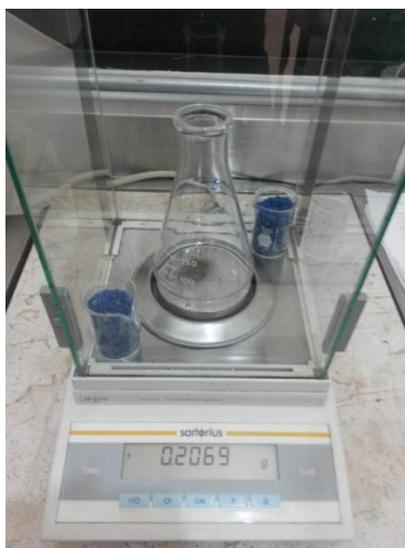
P_{sh} = Peso del suelo húmedo (g)

P_{ss} = Peso del suelo seco

Para el parámetro de materia orgánica se tomó una muestra a 10 cm de profundidad de suelo, se guardaron en bolsas ziploc y se transportaron al laboratorio. Allí las muestras fueron secadas a la sombra, se maceraron con la ayuda de un mortero (Figura 3 a) y se tamizaron con tamiz malla 80 (0.2 mm). Posteriormente se pesaron 0.5 g de cada una de las muestras de los 144 sitios (Figura 3 b). Cada muestra se vertió en un matraz Erlenmeyer de 500 ml añadiéndole 10 ml de dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) 1 N, agitando de manera suave. Posteriormente se agregaron 20 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado y se siguió mezclando de manera suave durante un minuto, cuidando que el suelo no quedara adherido a las paredes del matraz. Se dejó reposar durante 30 minutos (Figura 3 c). Simultáneamente se realizó un ensayo sin suelo que sirvió como testigo. Pasados los 30 minutos se le añadió 200 ml de agua destilada, 10 ml de ácido fosfórico (H₃PO₄) concentrado y 1 ml de indicador de difenilamina. Se tituló añadiendo solución de sulfato ferroso, gota a gota, hasta un punto final verde brillante (Figura 3 d). Cuando se redujo más de 8 ml de los 10 disponibles de dicromato de potasio, se tuvo que reducir el tamaño de la muestra a 0.2 g (Jackson, 1976).



a)



b)



c)



d)

Figura 3. Análisis de laboratorio para la obtención de materia orgánica en las muestras de suelo a través del método de Walkley-Black. a) macerando el suelo con la ayuda de un mortero; b) peso de muestras de suelo a través de una balanza electrónica; c) después de añadir dicromato de potasio y ácido sulfúrico las muestras se dejan reposar durante 30 minutos; d) muestras después de haber concluido la titulación con solución de sulfato ferroso.

6.3 Análisis estadístico

Debido a que los datos no presentaron una distribución normal, se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis para determinar si existían diferencias significativas entre las diferentes categorías de palmas en cada uno de los tres

parámetros analizados con un nivel de confianza de 0.95. Estas pruebas se llevaron a cabo mediante el programa SPSS Statistics versión 20.

También se realizaron seis correlaciones de los diferentes componentes que interactúan en los sitios muestreados: 1) Número de individuos y densidad aparente; 2) Números de individuos y humedad; 3) Número de individuos y materia orgánica; 4) Densidad aparente y humedad; 5) Densidad aparente y materia orgánica; y 6) Humedad y materia orgánica. Para ello se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson con la ayuda del programa SPSS Statistics versión 20.

Para los últimos análisis entre sitios inundado y no inundados se realizan pruebas para tres diferentes parámetros: densidad aparente, humedad y materia orgánica. Los valores de densidad aparente fueron normales, por lo que se realizó una prueba paramétrica t de Student con un nivel de confianza de 0.95. Por otra parte, los valores de los parámetros de humedad y materia orgánica no presentaron una distribución normal por lo que se realizaron para ambos pruebas no paramétricas U de Mann-Whitney con un nivel de confianza de 0.95. Estas pruebas se llevaron a cabo mediante el programa SPSS Statistics versión 20.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cerca de la mitad de los 100 puntos de potreros encontrados que albergan individuos de especies de palmas, presentaron suelo saturado de agua o inundación sobre la superficie del terreno; individuos de especies de plantas características de humedales herbáceos; o se encontraron cerca de sistemas de humedales. Estas características reflejan que estos sistemas pecuarios aún conservan rasgos de humedales (Figura 7).

En la región fueron localizadas tres especies de palmas nativas dentro de los terrenos con actividad ganadera: *Sabal mexicana* (Figura 4), *Roystonea dunlapiana* (Figura 5) y *Attalea butyracea* (Figura 6).



Figura 4. Individuos de *Sabal mexicana* dentro de un potrero en el municipio de Jamapa, Ver.



Figura 5. Pequeño palmar de *Roystonea dunlapiana* dentro de un potrero en el municipio de Jamapa, Ver.



Figura 6. Individuos de *Attalea butyracea* dentro de un potrero en el municipio de Jamapa, Ver.

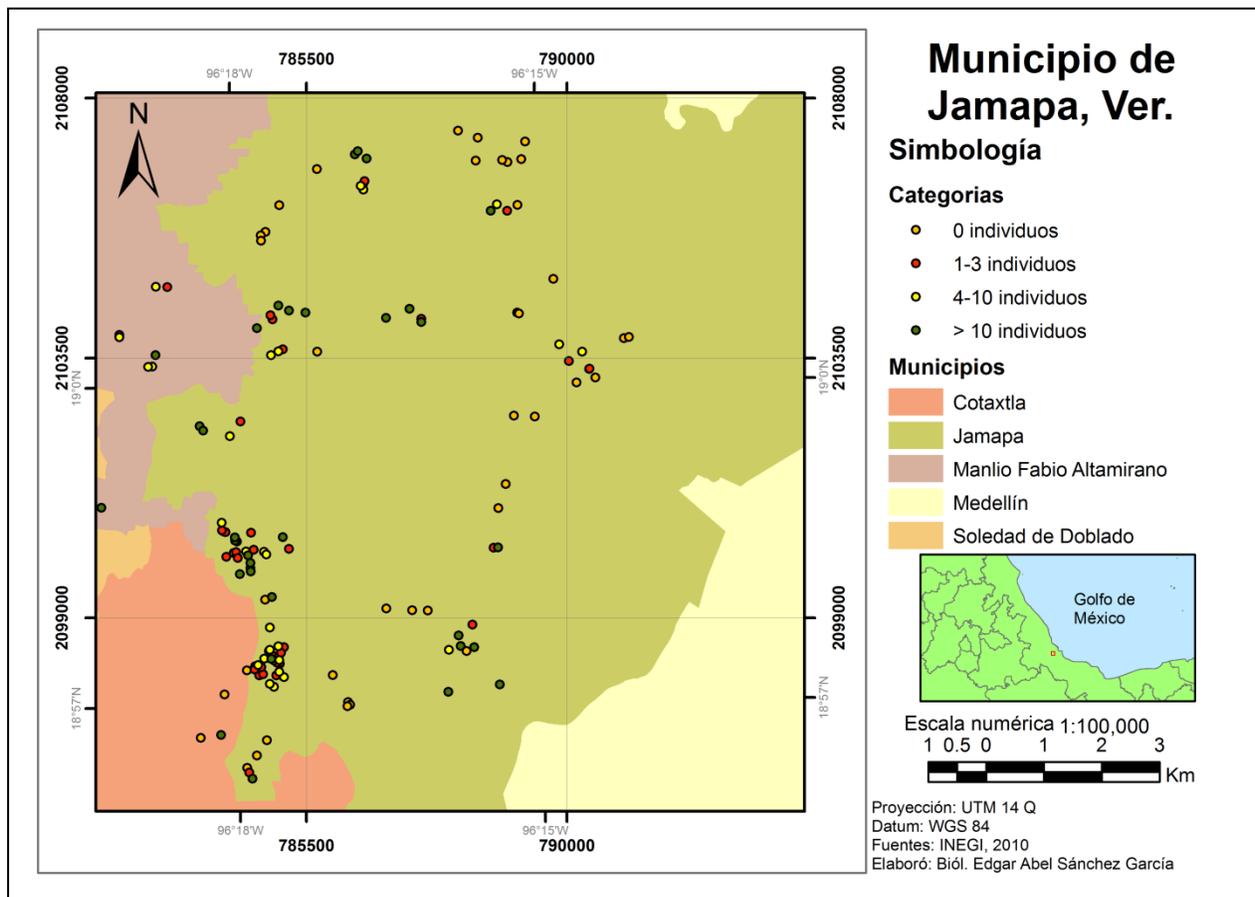


Figura 7. Distribución geográfica de los potreros de todas las categorías en la región de Jamapa.

En el anexo 1 se presentan las coordenadas geográficas y el tipo manejo observado de los sitios muestreados en la región de Jamapa correspondientes a la categoría 1 (0 individuos). Se analizaron 44 sitios, y en todos los sitios se observó el mismo tipo de manejo: potrero activo (Figura 8).

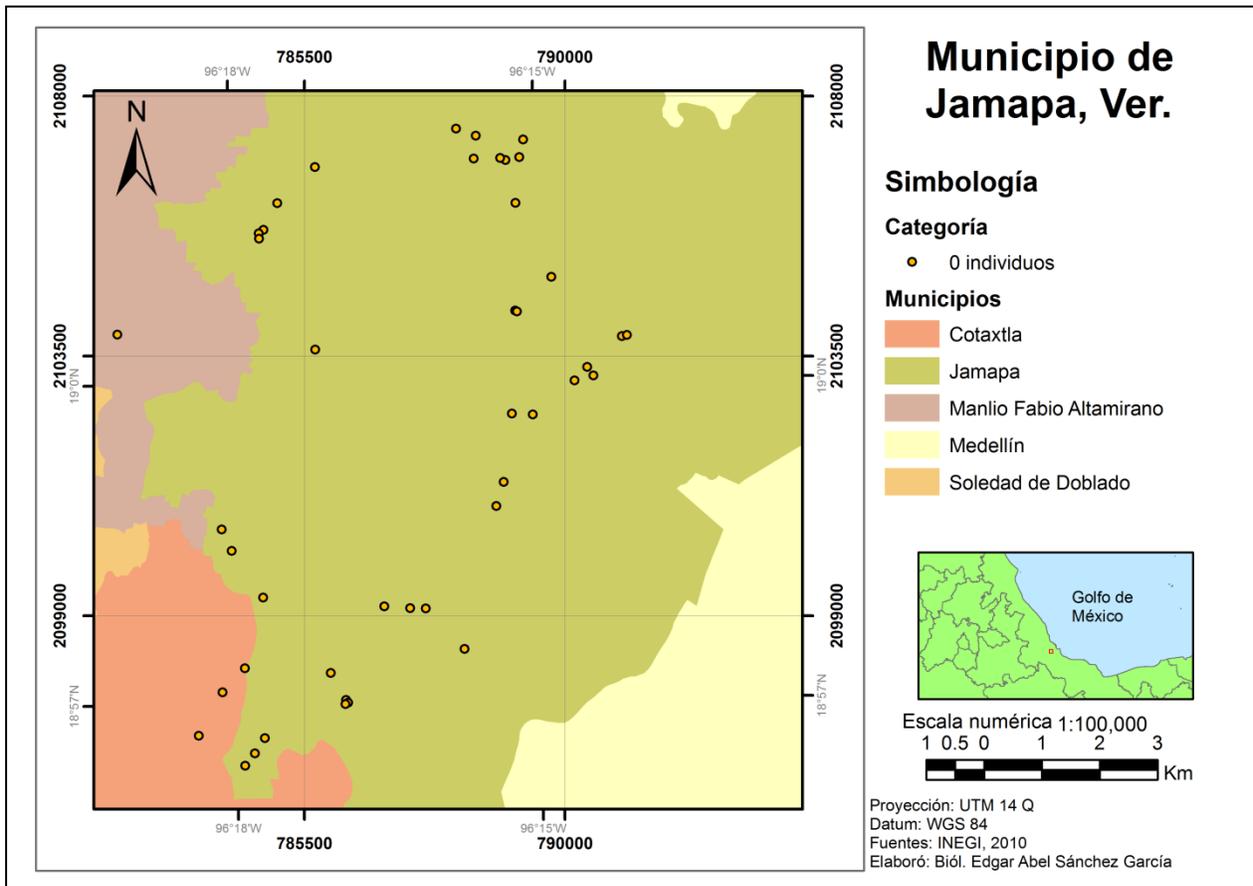


Figura 8. Distribución geográfica de los potreros en la región de Jamapa correspondientes a la categoría 1.

En el Anexo 2 se presentan las coordenadas geográficas y las características ambientales presentes dentro de los sitios muestreados en los potreros correspondientes a la categoría 2 (1-3 individuos). En esta categoría se observaron tres especies distintas de palmas: *Sabal mexicana*, *Roystonea dunlapiana* y *Attalea butyracea*. Se analizaron 37 sitios en esta categoría (Figura 9). De acuerdo al tipo de manejo, se observó que el 83.79% correspondió a potreros activos con una intensidad de 1-3 animales por hectárea, 10.81% a potreros abandonados y en 5.4% de los sitios no se pudo determinar la carga ganadera por hectárea. En 75% de los sitios de potreros abandonados se observó regeneración (25%), sucesión (25%) y presencia de estratos herbáceo y arbustivo (25%). En 43.24% de los 37 sitios muestreados se observaron características ambientales relacionadas con los relictos de humedales que se

encuentran en la periferia de los terrenos ganaderos: 56.25% de estos sitios se ubicaron a una distancia de 1-70 m de sistemas de humedales; 18.75% se encontraron inundados y con presencia de algunas especies típicas de humedales herbáceos como *Thalia geniculata*, *Ludwigia octovalvis* y *Pontederia sagittata*; 12.5% se ubicaron cerca de humedales y a su vez también estaban inundados; 6.25% se ubicó cerca de un humedal y con presencia de individuos de *Thalia geniculata* y *Ludwigia octovalvis*; y 6.25% se encontraron inundados.

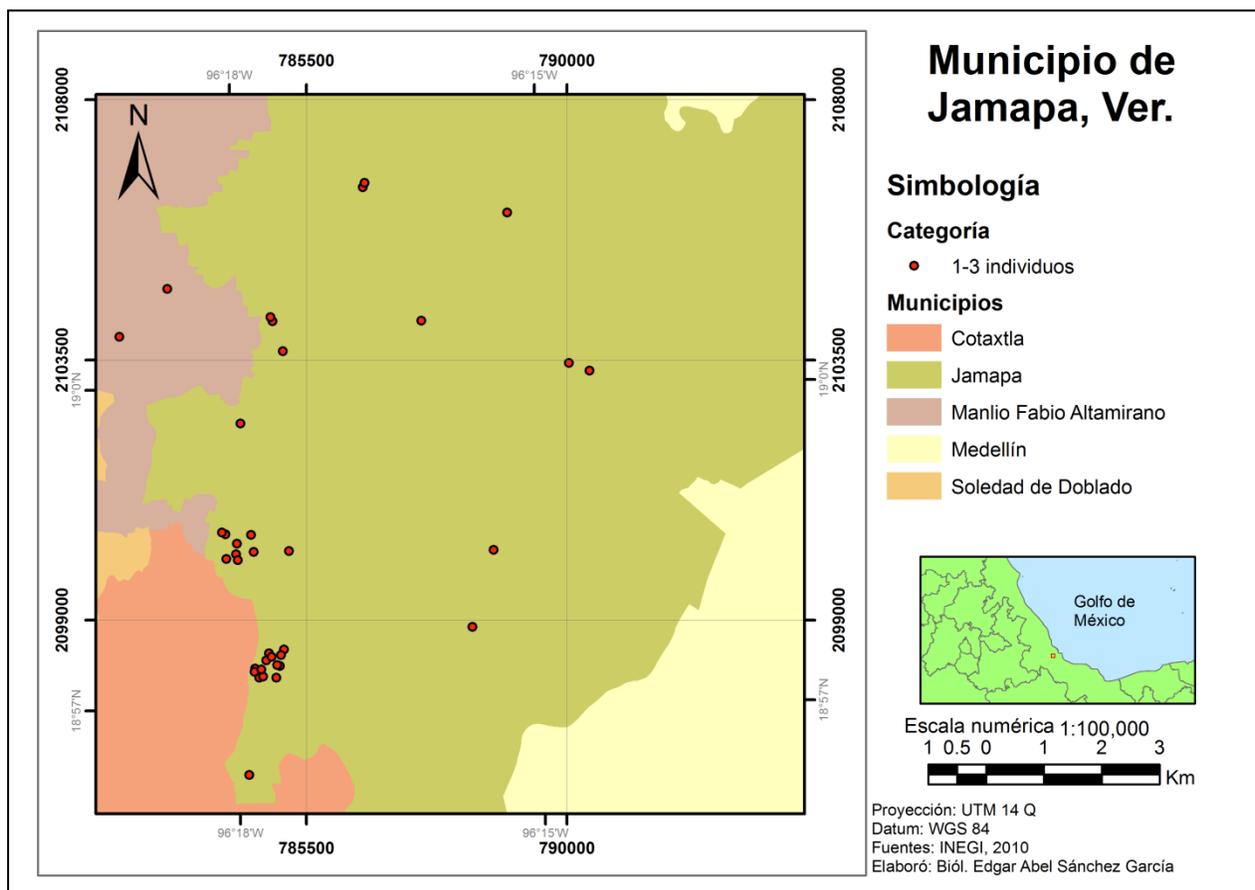


Figura 9. Distribución geográfica de los potreros en la región de Jamapa correspondientes a la categoría 2.

En el Anexo 3 se presentan las coordenadas geográficas y las características ambientales presentes en los sitios muestreados de los potreros correspondientes a la categoría 3 (4-10 individuos). Se observaron las mismas tres especies de palmas registradas en la categoría anterior: *Sabal mexicana*, *Roystonea dunlapiana* y *Attalea*

butyracea. Se analizaron 29 sitios (Figura 10), de los cuales de acuerdo al tipo de manejo 68.98% correspondió a potreros activos con una intensidad de 1-3 animales por hectárea, 27.58% a potreros abandonados y en 3.44% de los sitios no se pudo determinar la carga ganadera por hectárea. En 50% de los sitios de potreros abandonados se observó un proceso de sucesión y el desarrollo de estratos de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas. En 51.72% de los 29 sitios muestreados se observaron características ambientales relacionadas con los relictos de humedales que se encuentran en la periferia de los terrenos ganaderos: 66.66% de los sitios se encontraron cerca de humedales a una distancia de 30-100 m; 13.33% presentaron condiciones de inundación; en 6.66% se observaron individuos de especies típicas de humedales herbáceos como *Pontederia sagittata* y *Ludwigia octovalvis*; 6.66% se ubicaron cerca de sistemas de humedales y tenían presencia de especies típicas de humedales; y 6.66% se encontraron inundados y con presencia de especies herbáceas típicas de humedales.

En el Anexo 4 se presentan las coordenadas geográficas y las características ambientales presentes dentro de los sitios muestreados correspondientes a la categoría 4 (>10 individuos). Se observaron las mismas tres especies de palmas registradas en las categorías 2 y 3: *Sabal mexicana*, *Roystonea dunlapiana* y *Attalea butyracea*. Se pudieron localizar varios sitios en buen estado de conservación, incluso algunos palmares con características de vegetación primaria (Observación personal). Se tomaron muestras de 34 sitios para esta categoría (Figura 11). De acuerdo al tipo de manejo observado en cada sitio el 52.94% correspondió a potreros activos con una carga de 1-3 animales por hectárea, 29.41% de los sitios se encontraron abandonados y en 17.65% no se llevó ningún tipo de manejo del sitio. En 70% de los sitios de potreros abandonados se observó que los sitios mostraron procesos de regeneración, sucesión y la presencia de estratos herbáceos y arbustivos. En 32.35% de los 34 sitios muestreados se observaron características ambientales relacionadas con los relictos de humedales que se encuentran en la periferia de los terrenos ganaderos: 63.63% de los sitios se encontraron cerca de humedales, a una distancia de 30-100 m; en el 18.18% más se observaron individuos de especies de *Pontederia sagittata* y *Ludwigia*

octovalvis; 9.09% presentaron condiciones de inundación; y en 9.09% se presentaron condiciones de inundación y especies típicas de humedales herbáceos.

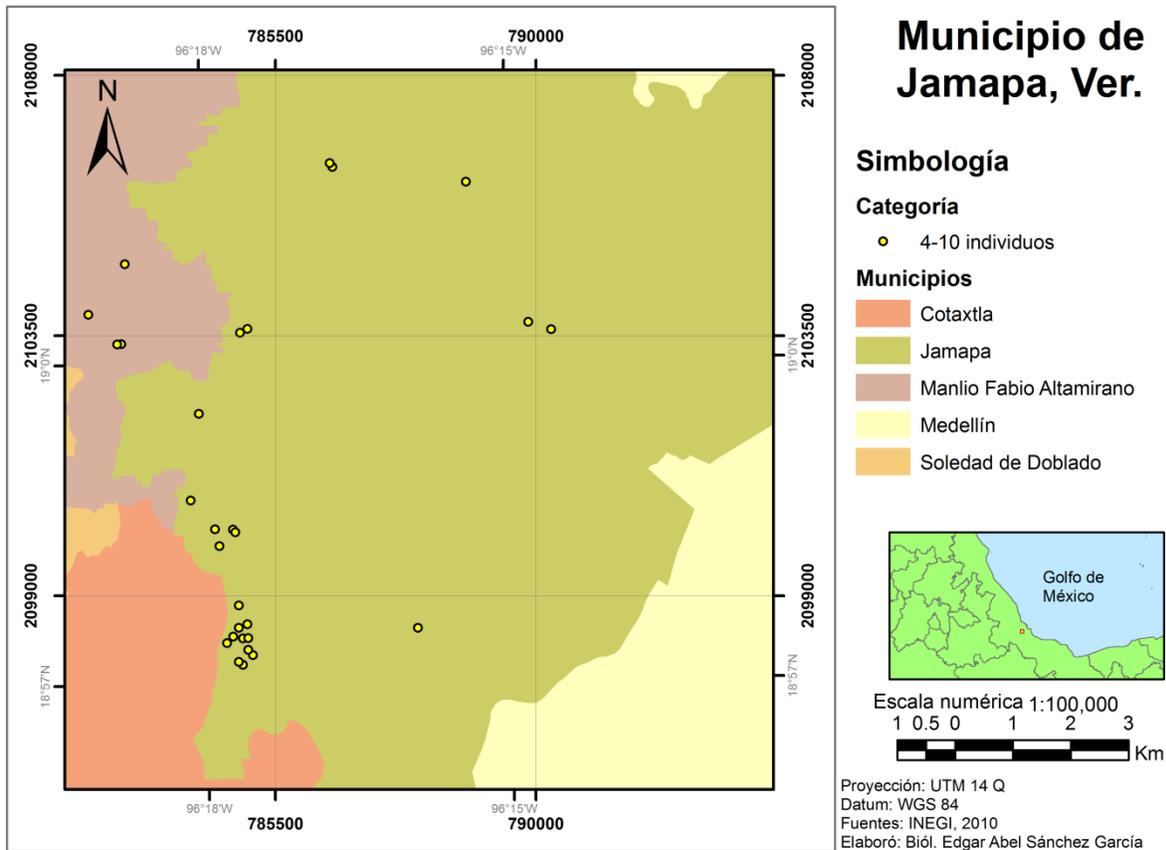


Figura 10. Distribución geográfica de los potreros en la región de Jamapa correspondientes a la categoría 3.

15.27% de los 144 sitios correspondieron a terrenos ganaderos en condiciones de abandono por lo que se pudo observar en varios de ellos gran cantidad de plántulas, presencia importante de propágulos y diferentes estratos vegetales. Tomando en cuenta que la regeneración natural de las poblaciones de plantas es un proceso ecológico cíclico que involucra el reemplazo de individuos maduros por individuos jóvenes en un espacio y tiempo definidos, cuyo éxito o fracaso depende de factores bióticos como la polinización, el desarrollo de semillas, la dispersión, la depredación de semillas, la germinación y la sobrevivencia, y el establecimiento de plántulas; y de factores abióticos como las características del suelo y del microclima (Martínez-Ramos,

1994; Pérez *et al.*, 2013), se puede decir que en algunos de los potreros que se encontraron abandonados, se ha llevado a cabo un proceso de regeneración natural. Por su parte, la sucesión puede ser definida como el patrón no estacional, direccional y continuo de colonización y extinción de las poblaciones de especies en una localidad (Begon *et al.*, 1999). Cuando existe una degradación de la vegetación de un sitio y ésta ha sido eliminada de forma total o parcial, pero se ha conservado un suelo bien desarrollado y un buen número de semillas y esporas, la secuencia que se produce entonces se conoce como sucesión secundaria (Begon *et al.*, 1999). Dentro de los potreros abandonados se observaron procesos de sucesión, a pesar de tener suelos degradados, sin embargo, aún se mantienen remanentes de vegetación primaria.

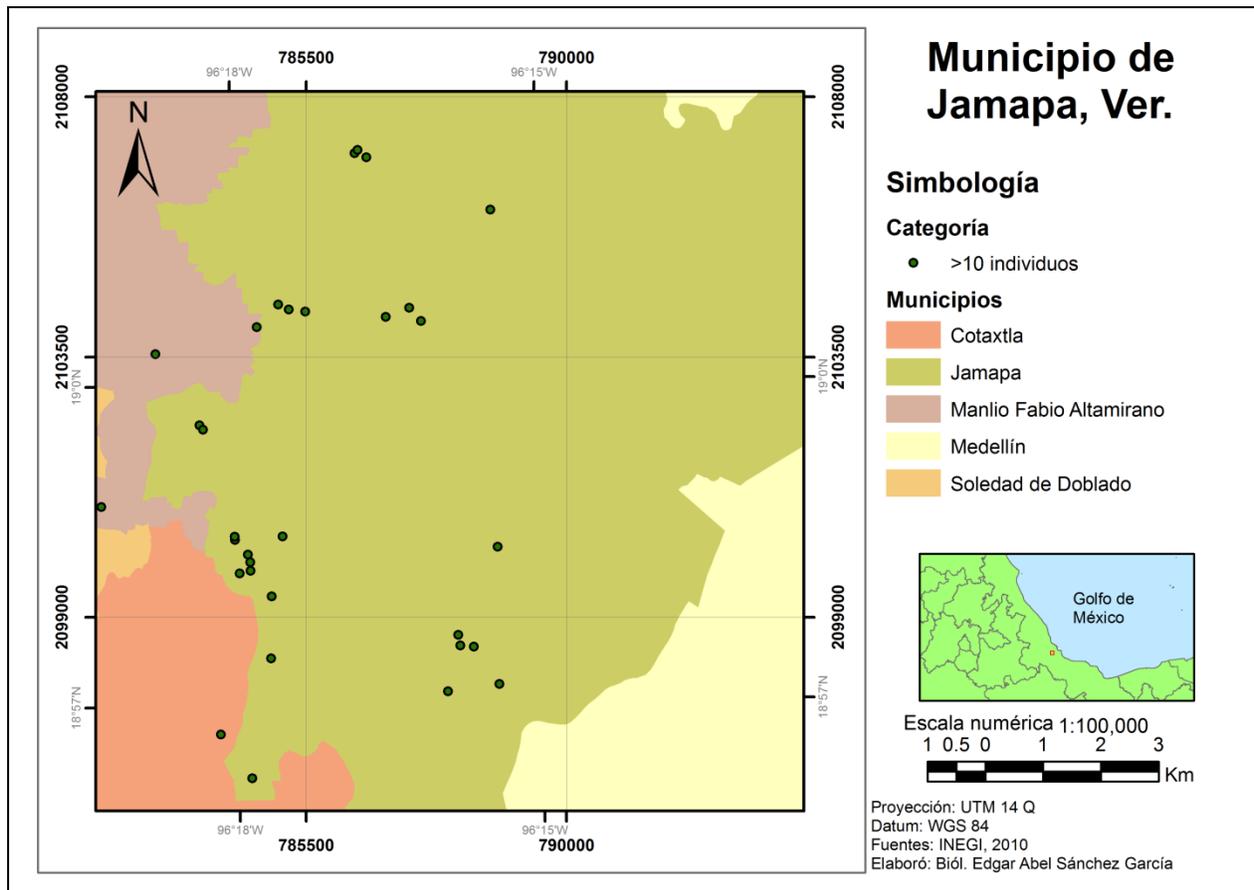


Figura 11. Distribución geográfica de los potreros en la región de Jamapa correspondientes a la categoría 4.

Los ecosistemas no degradados poseen características que les permiten responder por sí mismos a eventos naturales que generan disturbios de pequeña escala (INECC, 2015). En contraste, la deforestación y el cambio de uso de suelo con fines ganaderos por lo general generan disturbios fuertes de extensión de decenas, centenas y en ocasiones hasta miles de hectáreas (Martínez-Ramos y García-Orth, 2007), como ha sucedido dentro de la zona de estudio. A pesar de la agresividad de las actividades ganaderas y del grado de transformación de los ecosistemas originales, se observó regeneración y/o sucesión en algunos potreros abandonados. Ello ya ha sido documentado para otros palmares que se encuentran en zonas ganaderas del centro del estado de Veracruz, en donde se ha observado que existe un potencial de regeneración natural y mayor diversidad y riqueza en etapas sucesionales más avanzadas en comparación con las etapas sucesionales iniciales (Hernández y Hernández, 2010; Juárez, 2014).

Las palmas son componentes de vegetación primaria, sin embargo se ha observado que las prácticas agropecuarias y la perturbación favorecen el establecimiento de individuos de palmas de géneros como *Attalea* y *Sabal*. Incluso, los individuos de estas especies son conservados por los ganaderos como elementos aislados en el paisaje, ya que proporcionan zonas de sombra y alimento para el ganado (López, 2007; Hernández y Hernández, 2010). En nuestro estudio aparte de los géneros antes mencionados también se encontraron palmas del género *Roystonea* dentro de los terrenos ganaderos. De las tres especies en estudio, principalmente *Sabal mexicana* ha estado fuertemente relacionada con las actividades pecuarias. En las salidas de campo se observó en varios potreros, individuos de esta especie con evidencia de fuego debido al manejo que se le da a estos sitios, lo cual ya lo han documentado algunos autores, ya que esta especie soporta muy bien los incendios periódicos y prosperan en potreros abandonados o con un cuidado deficiente (Rzedowski, 1983; Pennington y Sarukhán, 2005). Las actividades ganaderas que se desarrollan en estos sitios deterioran las propiedades físico-químicas de los suelos, afectando la diversidad de especies y con el paso del tiempo se van perdiendo los atributos que caracterizan a un humedal (Travieso Bello *et al.*, 2005; Rodríguez-Medina

y Moreno-Casasola, 2013), lo cual también conlleva a la pérdida de servicios ecosistémicos que estos humedales transformados brindan a la población.

Respecto a los parámetros analizados en nuestro estudio, encontramos que se observaron diferencias significativas para los tres parámetros analizados: densidad aparente ($p= 0.000$), humedad del suelo ($p= 0.000$) y materia orgánica ($p= 0.000$).

Los valores más altos de densidad aparente en las cuatro categorías se observaron en la categoría 1, donde la media obtuvo un valor de 1.26 g/cm^3 , y a su vez fue significativamente diferente a todas las demás categorías ($p=0.000$; Figura 12). Los valores de densidad aparente en los sitios donde estaban presentes individuos de palmas aumentaron conforme aumentó el número de palmas, las categorías 2, 3 y 4 tuvieron valores 0.64 , 0.74 y 0.85 g/cm^3 respectivamente. Los resultados de este sitio fueron similares a lo reportado por Hernández y Hernández (2010) para suelos de palmares de *Sabal mexicana*, en donde bajo diferentes tipos de manejo de estos sitios, se presentaron diferencias significativas en los valores de densidad aparente entre potreros, fragmentos de vegetación secundaria y fragmentos de bosque primario, siendo los primeros los que presentaron una mayor compactación y los últimos una menor compactación. El valor encontrado para la categoría 1 se encuentra dentro del rango de un estudio similar en potreros con humedales herbáceos en el municipio de Alvarado, Veracruz, donde se registraron valores de 1.07 - 1.84 g/cm^3 (Rodríguez-Medina y Moreno-Casasola, 2013).

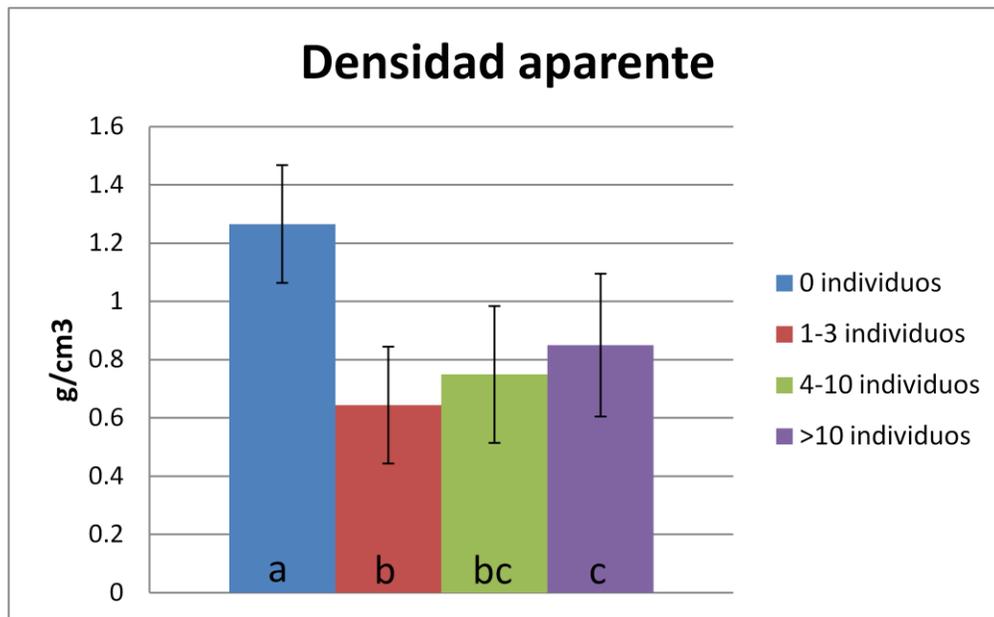


Figura 12. Densidad aparente \pm desviación estándar para las categorías de puntos muestreados. Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba Kruskal-Wallis cuando $p < 0.05$.

Respecto a la humedad, los sitios de potreros con presencia de individuos de palmas mostraron valores más altos que los sitios de potreros sin palmas (Figura 13). La categoría 1 tuvo el valor más bajo de todas las categorías con un valor de 29.30%, que fue diferente significativamente de las demás ($p=0.000$). Los sitios con presencia de palmas de las categorías 2, 3 y 4 presentaron valores de 49.11%, 45.33% y 46.09% respectivamente, y no presentaron diferencias significativas ($p=0.368$). Estos valores de humedad son más altos que los reportados para potreros, vegetación secundaria y palmares primarios de *Sabal mexicana* por Hernández y Hernández (2010), en donde se reportan valores de 1.1%, 8.4% y 17.4% respectivamente.

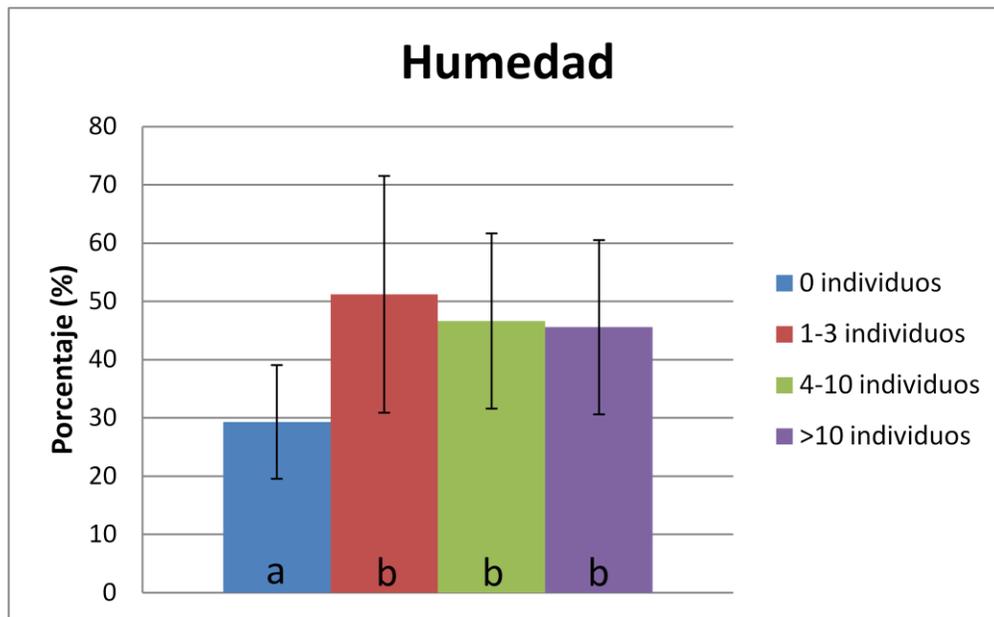


Figura 13. Porcentaje de humedad \pm desviación estándar para las categorías de puntos muestreados. Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba Kruskal-Wallis cuando $p < 0.05$.

Los resultados de materia orgánica, también muestran diferencia significativa entre los sitios de la categoría 1 (5.13%) respecto a los sitios que corresponden a las demás categorías ($p = 0.000$; Figura 14). Dentro de las categorías 2, 3 y 4 se presentaron mayores porcentajes de materia orgánica (16.27%, 12.89% y 11.95%, respectivamente), debido muy probablemente a que en la mayoría de los sitios aparte de los individuos de palmas se encontraron especies de árboles y/o estos sitios se ubicaron dentro de zonas de humedales o muy próximas a ellas, lo que indica que permanecen inundados durante algún periodo del año, ello ocasiona que la descomposición de materia orgánica sea más lenta ante la falta de oxígeno y almacene una mayor cantidad de esta. Aunado a ello, se ha descrito que en las axilas de los pecíolos de individuos adultos de la palma *Sabal mexicana* se puede acumular hasta 14 kg de sustratos en forma de excrementos, residuos animales y hojarasca, lo cual representa un importante reservorio de sustrato aéreo, que puede aportar de manera periódica materia orgánica al suelo (López, 2007; López y Dirzo, 2007). Aunque no se han registrado estudios similares para *Roystonea dunlapiana* y *Attalea butyracea*,

probablemente estas dos especies también pueden aportar cantidades importantes de materia orgánica al suelo a través una dinámica similar.

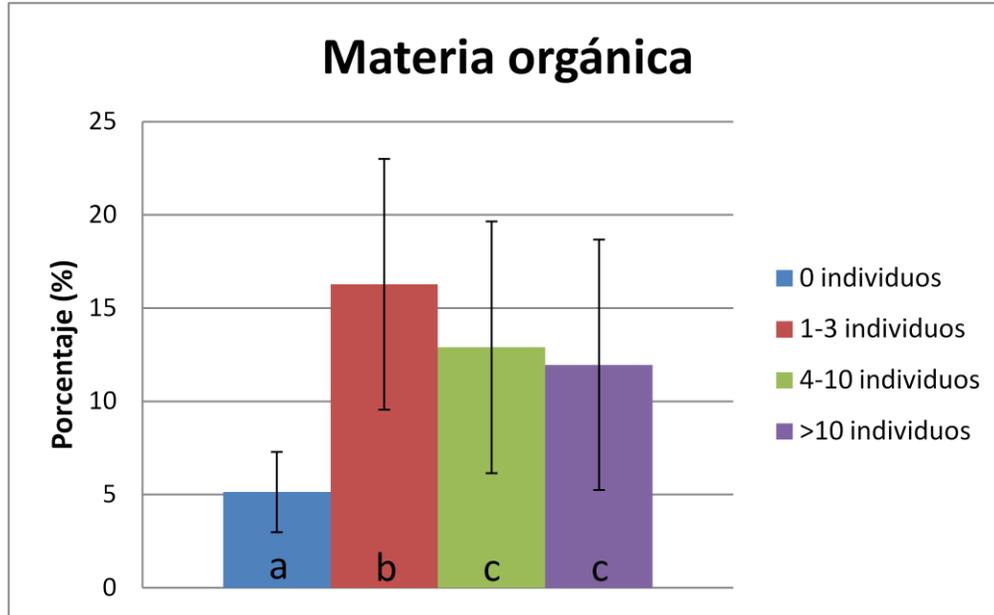


Figura 14. Porcentaje de materia orgánica \pm desviación estándar para cada una de las categorías de palmas. Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba Kruskal-Wallis

En relación a las correlaciones realizadas con los diferentes parámetros tomados en cuenta en el presente estudio, se observó que la mayoría de ellas presentaron valores bajos, sobre todo las que relacionaban el número de individuos con los valores de densidad aparente, humedad y materia orgánica (Cuadro 1).

Cuadro 1. Matriz de correlaciones con los parámetros densidad aparente, humedad, materia orgánica y número de individuos de palmas.

	Densidad aparente	Humedad	Materia orgánica	Número de individuos de palmas
Densidad aparente				
Humedad	-0.572			
Materia orgánica	-0.759	0.472		
Número de individuos de palmas	0.181	-0.009	-0.096	

No se observó relación entre el número de individuos de palmas y la humedad presente en los sitios de potreros, ya que el valor de correlación fue prácticamente nulo

($r = -0.009$) lo cual indica que el número de palmas no influye en la hidrología del sitio ni en el grado de humedad que el suelo pueda guardar (Figura 15). Lo mismo sucedió con el valor de la correlación entre el número de individuos de palmas y la densidad aparente del suelo ($r = 0.181$; Figura 16).

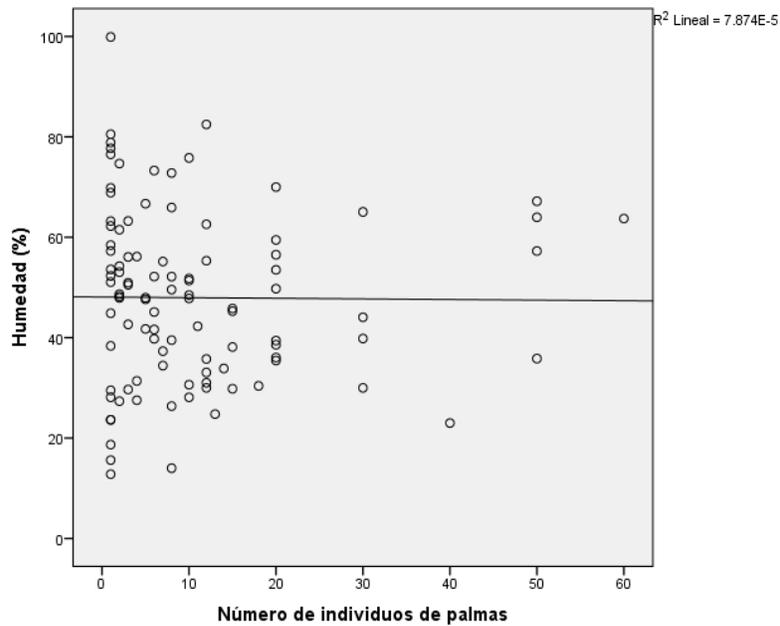


Figura 15. Correlación entre el número de individuos de palmas y el porcentaje humedad ($r = -0.009$).

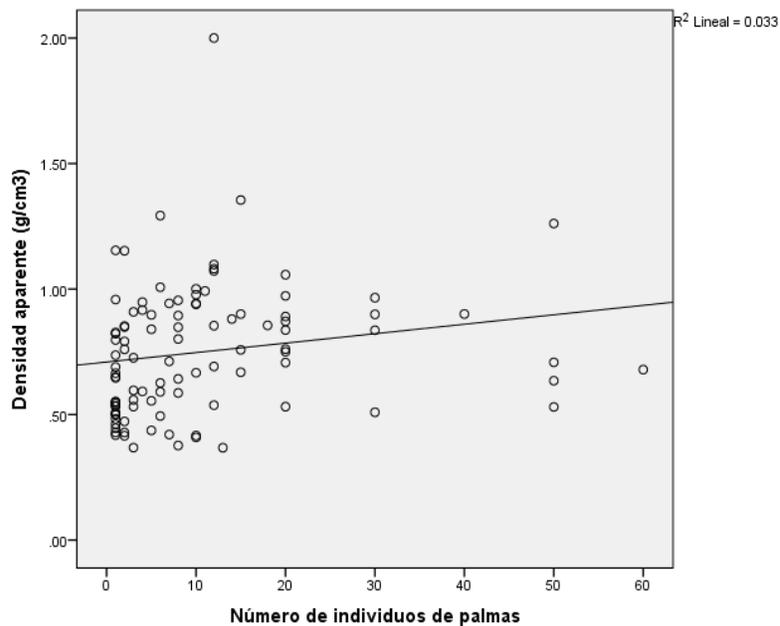


Figura 16 Correlación entre el número de individuos de palmas y los valores de densidad aparente ($r=0.181$).

Se obtuvo un valor positivo resultado de la correlación entre el número de individuos de palmas y la materia orgánica ($r= -0.096$) sin embargo, el valor entre ambos parámetros fue bajo, por lo cual se puede decir que no existe una correlación (Figura 17).

En los sitios que mostraron un mayor porcentaje de humedad también se observó un mayor porcentaje de materia orgánica (Figura 18), lo cual se reflejó con un valor de correlación medio ($r= 0.472$). Se ha observado que la materia orgánica aumenta en los suelos en la época de lluvias y que a su vez, la materia orgánica contribuye en la retención de humedad en el suelo (Millar *et al.*, 1981).

Se observó una correlación negativa intermedia entre los parámetros de densidad aparente y humedad del suelo ($r= -0.572$), lo cual está relacionado con el nivel de compactación que se encontró en el suelo, ya que al destruirse los agregados del suelo debido al sobrepastoreo, la capacidad de retención de agua disminuye (Figura 19).

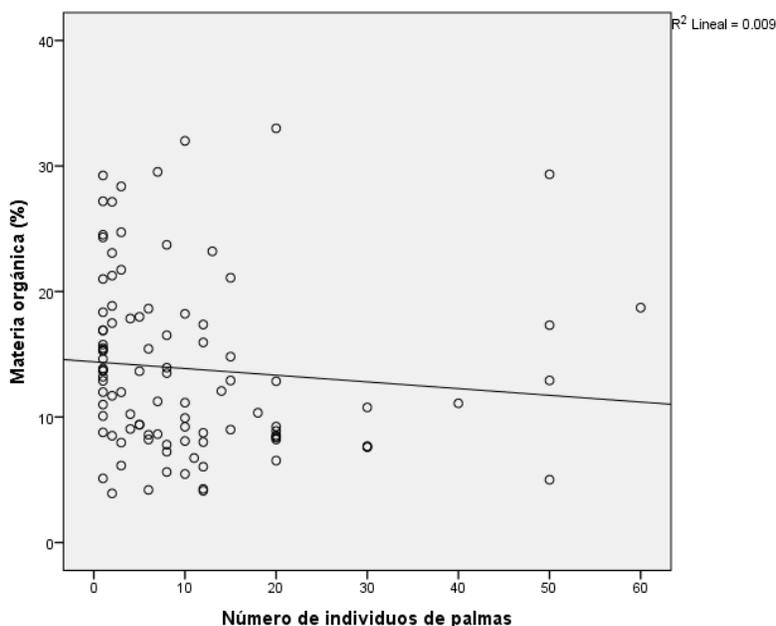


Figura 17. Correlación entre el número de individuos de palmas y el porcentaje de materia orgánica ($r= -0.096$).

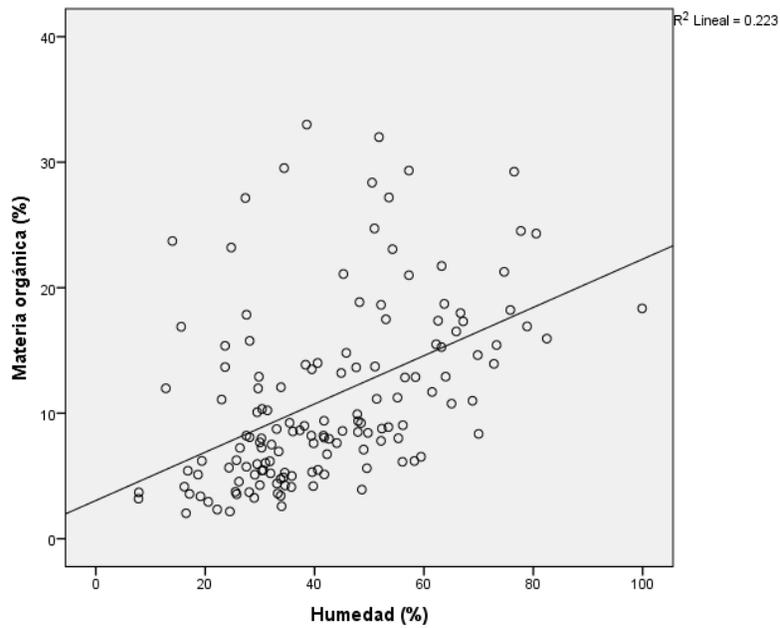


Figura 18. Correlación entre el porcentaje de humedad y el porcentaje de materia orgánica ($r= 0.472$).

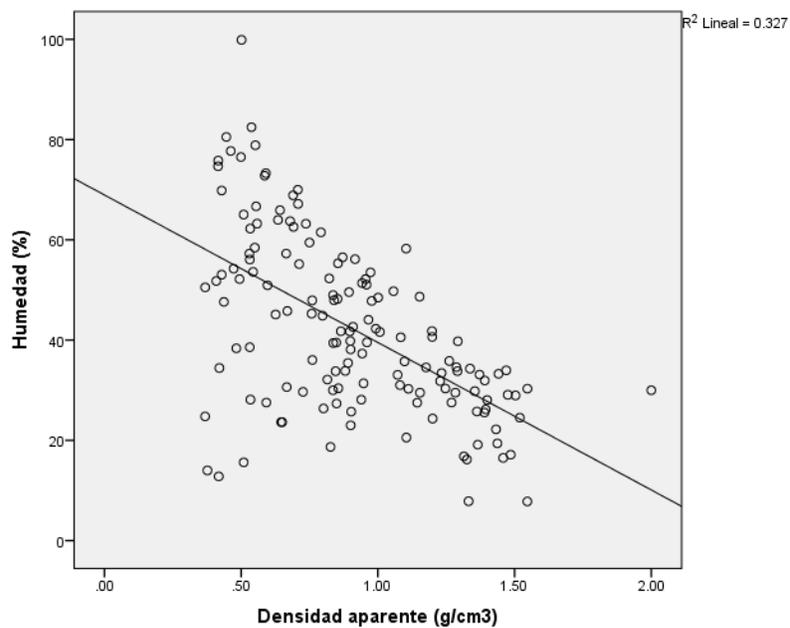


Figura 19. Correlación entre los valores de densidad aparente y el porcentaje de humedad ($r= -0.572$).

La correlación más fuerte entre los parámetros estudiados se dio entre la densidad aparente y la materia orgánica ($r= -0.759$), por lo cual se observó que a

manera que aumenta la densidad aparente disminuye la materia orgánica en los sitios 20). Ello está relacionado con las prácticas de manejo pecuario en la zona, en donde se elimina gran parte de la vegetación para poder introducir al ganado y en los terrenos con mayor actividad ganadera se realizan quemas periódicamente. Ello contribuye a la disminución de la materia orgánica y aumentar los valores de densidad aparente en el suelo.

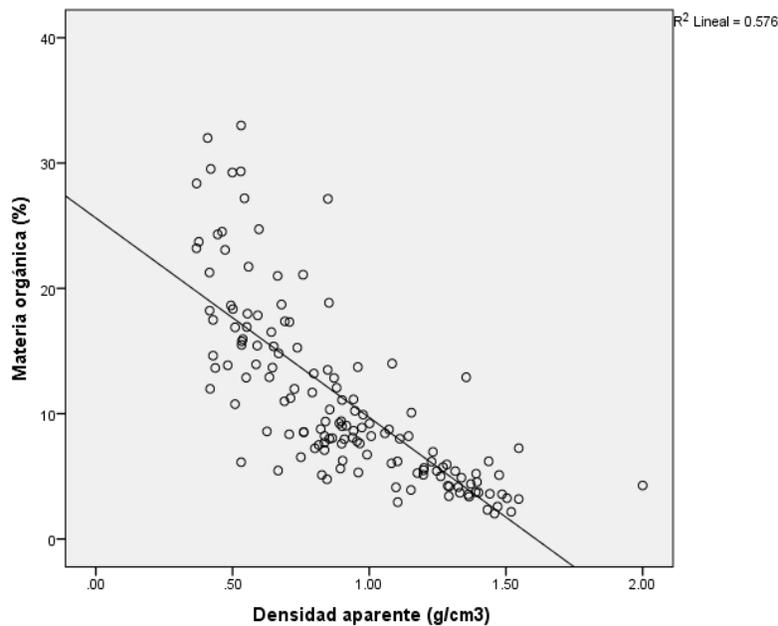


Figura 20. Correlación entre el número de individuos y el porcentaje de humedad para todos los sitios de las categorías en estudio ($r = -0.759$).

Se observó que una cantidad importante de sitios se encontraron muy cerca a sistemas de relictos de humedales. Esta cercanía con estos sistemas (que aún conservan una hidrología adecuada), puede explicar el por qué también algunos sitios presentaron suelo saturado de agua y otros más presentaron inundación de hasta 35 cm por encima de la superficie del terreno. Asimismo, en varios sitios se observaron especies que son componentes de humedales herbáceos característicos del centro del estado de Veracruz como *Pontederia sagittata*, *Thalia geniculata* y *Ludwigia octovalvis* (Moreno-Casasola *et al.*, 2010) igualmente debido a la cercanía con humedales herbáceos y a las condiciones de inundación que se presentan en los potreros. Estas

dos características hacen que los potreros de la región alberguen un número considerable de especies, ya que se ha reportado que palmares antropizados de *Sabal mexicana* en el centro del estado de Veracruz, pueden albergar una gran riqueza de especies, con alrededor de 111 especies de plantas y valores altos de diversidad (Hernández y Hernández, 2010; Juárez, 2014).

El cambio de uso de suelo para dar paso a las actividades ganaderas, no sólo reduce la superficie de las comunidades vegetales y deterioran los suelos, sino también alteran la hidrología de los humedales, al desecarlos y rellenarlos (Travieso-Bello *et al.*, 2005; Flores-Verdugo *et al.*, 2007; López-Rosas *et al.*, 2014). En nuestra zona de estudio, sólo se encontraron 14 sitios en condiciones de inundación, sin embargo, los valores de los parámetros del suelo de estos sitios resultaron significativamente diferentes a los observados en potreros que no estaban inundados: la densidad aparente fue significativamente más baja ($p= 0.005$) en sitios inundados (0.61 g/cm^3) que en sitios sin inundación (0.93 g/cm^3 ; Figura 21); por razones obvias, el porcentaje de humedad del suelo fue significativamente mayor ($p= 0.000$; Figura 22) en sitios inundados ($p= 68.94\%$) que en sitios no inundados (39.70%); y para el parámetro de materia orgánica, el resultado también fue estadísticamente significativo ($p= 0.001$; Figura 23) entre los sitios inundados (17.07%) y los no inundados (10.63%). Lo anterior se debe a que las condiciones de inundación repercuten en las propiedades físico-químicas de los suelos de humedales como la acumulación de materia orgánica, la anaerobiosis del suelo y la disponibilidad de nutrientes, ayudando a mantener la estructura y funcionamiento de los humedales, y por el contrario, cuando se disminuye o se elimina el flujo hidrológico en los humedales que han sido transformados a potreros, se favorece la mineralización y se reduce la profundidad de la capa de materia orgánica del suelo (Flores-Verdugo *et al.*, 2007).

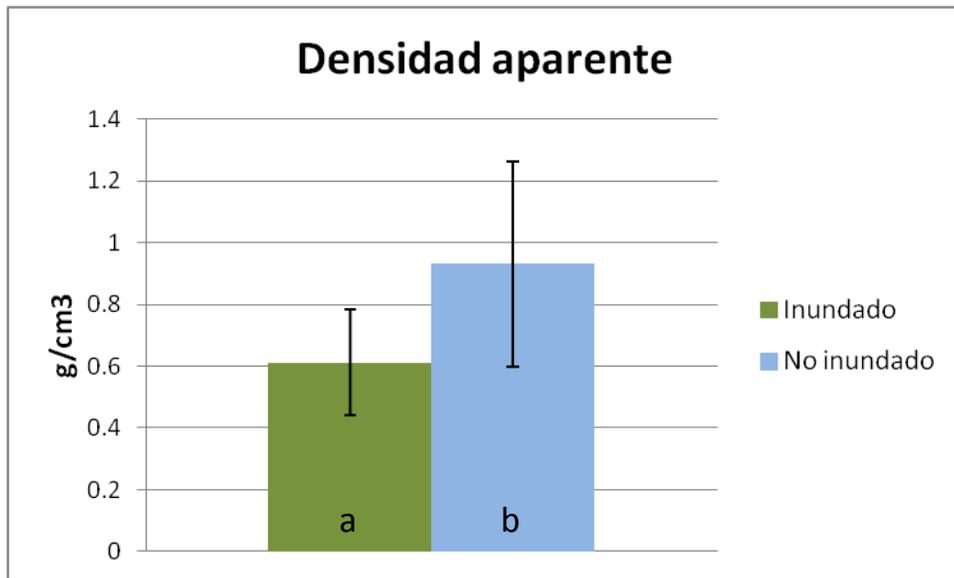


Figura 21. Valores de densidad aparente \pm desviación estándar para potreros inundados y no inundados. Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba t de Student cuando $p < 0.05$.

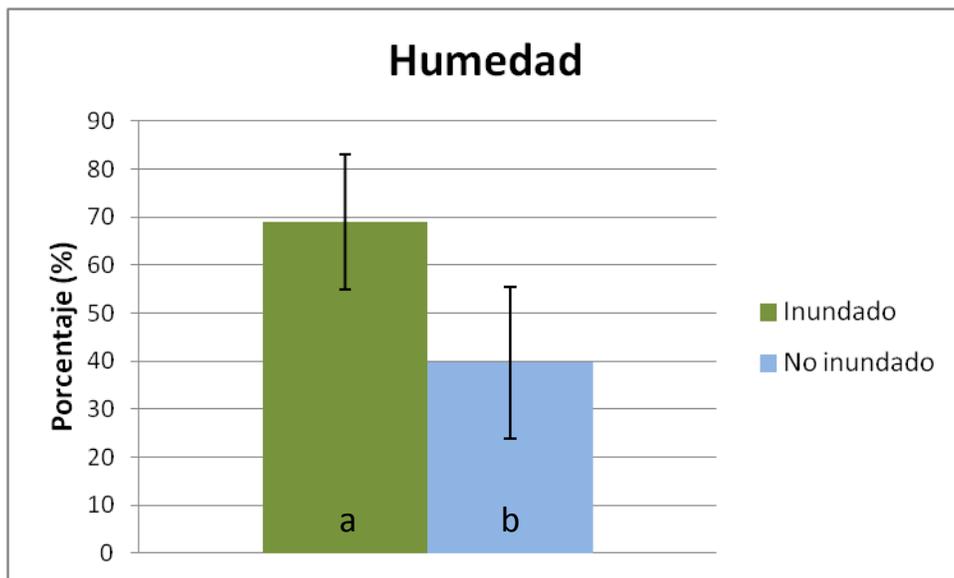


Figura 22. Porcentaje de humedad \pm desviación estándar para potreros inundados y no inundados. Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba U de Mann-Whitney cuando $p < 0.05$.

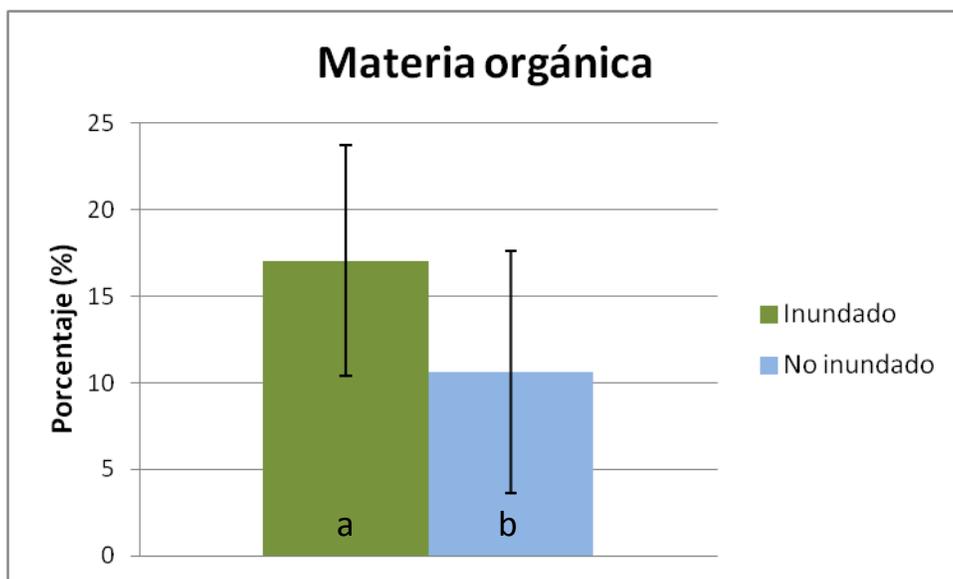


Figura 23. Porcentaje de humedad \pm desviación estándar para potreros inundados y no inundados. Letras diferentes indican diferencias significativas para la prueba U de Mann-Whitney cuando $p < 0.05$.

Estos resultados indican que la alteración de cualquiera de los tres elementos ecológicos que conforman los humedales tiene una repercusión en los demás elementos. En este caso la alteración de la hidrología afecta negativamente los parámetros del suelo considerados en este estudio.

En general, no se observó una tendencia clara entre el número de individuos de palmas presentes en los sitios respecto a la densidad aparente, la humedad y la materia orgánica. Los valores de las propiedades del suelo analizados en este estudio estuvieron en función de una serie de factores ambientales, principalmente de la inundación de los terrenos ganaderos (que generalmente se encontraron cerca de los relictos de sistemas de humedales herbáceos) ya que se observó que los suelos con características físicas más parecidas a las que presentan los suelos de humedales como mayor porcentaje de materia orgánica, mayor capacidad de retención de agua y bajos valores de densidad aparente estaban bajo condiciones de inundación. Por otro lado, la cercanía de varios sitios a relictos de humedales nos hace suponer que antes de la transformación de estos sitios a terrenos ganaderos, formaban parte de sistemas de humedales más grandes y complejos en la región.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Existieron diferencias significativas en los valores de los parámetros de suelo estudiados entre en los potreros de la región, debido principalmente a las condiciones ambientales en donde se encuentran los potreros. Los sitios que conservaron individuos de especies de palmas mostraron valores más bajos de densidad aparente, valores más altos de humedad en el suelo y mayores valores de materia orgánica. Sin embargo, se observó que la hidrología es el principal factor de cambio en los parámetros de suelo estudiados: los sitios inundados mostraron diferencias significativas en valores de densidad aparente, humedad y materia orgánica, con respecto a los sitios que no se encontraron en condiciones de inundación, sin importar la presencia o ausencia de los individuos de palmas nativas.

Se observó una interacción entre los potreros y los relictos de humedales que se encuentran en ellos y/o en los alrededores. Dicha interacción ha evitado el deterioro de los suelos de los potreros, permitiendo que en algunos de ellos los valores de las propiedades del suelo sean similares a los de humedales en buen estado de conservación.

Dado el impacto en la región de Jamapa de las actividades ganaderas, se realizan las siguientes recomendaciones:

- Conservar los individuos de palmas que se encuentren dentro de los potreros, debido a que estos organismos aportan una cantidad importante de materia orgánica al suelo, contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad y en temporadas de estiaje en donde la oferta forrajera escasea, los frutos son aprovechados como alimento para el ganado.
- Conservar los relictos de humedales presentes en las zonas aledañas a los potreros, dado que estos sistemas amortiguan el impacto y el deterioro que la actividad ganadera genera en los suelos, así como también brindan servicios ambientales a la población local como el mantenimiento de la biodiversidad y la protección contra inundaciones.

- Realizar una rotación del ganado en los potreros, a manera que estos se encuentren sin ganado durante alguna temporada del año. Ello contribuirá a disminuir la presión del pastoreo sobre las propiedades del suelo.

9. ANEXOS

Anexo 1. Coordenadas geográficas de los 44 puntos muestreados en la región de Jamapa correspondiente a la categoría 1

CATEGORÍA1		
No. de sitio	Coordenadas	Manejo
1	19° 1'39.60"N 96°15'11.20"O	Potrero activo
2	19° 0'28.90"N 96°19'7.50"O	Potrero activo
3	18°57'29.00"N 96°15'45.30"O	Potrero activo
4	19° 0'6.70"N 96°14'30.40"O	Potrero activo
5	18°56'25.30"N 96°17'55.90"O	Potrero activo
6	18°58'26.20"N 96°18'1.90"O	Potrero activo
7	18°57'59.70"N 96°17'43.70"O	Potrero activo
8	19° 0'38.90"N 96°15'12.30"O	Potrero activo
9	19° 0'38.50"N 96°15'11.40"O	Potrero activo
10	18°59'41.10"N 96°15'15.20"O	Potrero activo
11	18°59'40.30"N 96°15'3.00"O	Potrero activo
12	18°59'2.60"N 96°15'20.70"O	Potrero activo
13	18°58'49.20"N 96°15'25.30"O	Potrero activo
14	18°57'52.20"N 96°16'7.80"O	Potrero activo
15	18°57'16.70"N 96°17'4.60"O	Potrero activo
16	18°56'40.60"N 96°17'44.00"O	Potrero activo
17	18°56'32.10"N 96°17'50.10"O	Potrero activo
18	18°56'42.40"N 96°18'23.00"O	Potrero activo
19	18°57'6.70"N 96°18'8.50"O	Potrero activo
20	18°57'20.00"N 96°17'55.10"O	Potrero activo
21	18°58'38.40"N	Potrero

	96°18'7.60"O	activo
22	19° 2'15.10"N 96°15'6.10"O	Potrero activo
23	19° 2'5.30"N 96°15'8.50"O	Potrero activo
24	19° 2'4.80"N 96°15'35.50"O	Potrero activo
25	19° 2'3.80"N 96°15'16.70"O	Potrero activo
26	19° 2'5.00"N 96°15'19.90"O	Potrero activo
27	19° 2'17.80"N 96°15'34.00"O	Potrero activo
28	19° 2'21.80"N 96°15'45.60"O	Potrero activo
29	19° 2'1.40"N 96°17'9.30"O	Potrero activo
30	19° 1'41.50"N 96°17'31.80"O	Potrero activo
31	19° 1'26.50"N 96°17'40.20"O	Potrero activo
32	19° 1'24.70"N 96°17'43.00"O	Potrero activo
33	19° 1'21.70"N 96°17'43.00"O	Potrero activo
34	18°57'1.30"N 96°16'55.70"O	Potrero activo
35	18°56'59.80"N 96°16'54.50"O	Potrero activo
36	18°56'59.10"N 96°16'56.10"O	Potrero activo
37	18°57'53.70"N 96°16'32.40"O	Potrero activo
38	18°57'52.40"N 96°16'17.10"O	Potrero activo
39	18°59'59.20"N 96°14'37.90"O	Potrero activo
40	19° 0'1.80"N 96°14'26.80"O	Potrero activo
41	19° 0'23.60"N 96°14'9.60"O	Potrero activo
42	19° 0'24.20"N 96°14'6.70"O	Potrero activo
43	19° 0'18.80"N 96°17'10.80"O	Potrero activo
44	19° 0'57.70"N 96°14'50.80"O	Potrero activo

Anexo 2. Caracterización de los 37 sitios muestreados en la región de Jamapa correspondiente a la categoría 2. En el apartado de manejo se utilizaron dos diferentes tipos: 1) Potrero activo. Dividido en tres subtipos: a) Intensidad baja, b) Intensidad media y c) Sin determinar intensidad; y 2) Potrero abandonado. En donde se observaron diferentes características para evaluar el nivel de abandono: a) Regeneración, b) Sucesión, c) Presencia de diferentes estratos vegetales. Respecto a las características ambientales del sitio se tomaron en cuenta: 1) Inundación; 2) Cercanía a un sistema de humedal; y 3) Presencia de especies características de humedales.

CATEGORÍA 2					
No. de sitio	Coordenadas	Especies	Número de individuos	Manejo	Características ambientales
1	19° 0'36.40"N 96°16'9.10"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	1	Potrero activo, intensidad media	Inundado
2	19° 0'37.30"N 96°17'36.80"O	<i>Attalea butyracea</i>	2	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
3	19° 0'39.60"N 96°17'38.10"O	<i>Sabal mexicana</i>	1	Potrero activo, sin determinar intensidad	No inundado
4	19° 0'20.30"N 96°17'31.10"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	3	Potrero, sin determinar intensidad	No inundado
5	19° 1'36.40"N 96°15'17.40"O	<i>Attalea butyracea</i>	1	Potrero activo, sin determinar intensidad	No inundado
6	19° 1'51.80"N 96°16'42.30"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	1	Potrero activo, sin determinar intensidad	Cerca de un humedal
7	19° 1'54.30"N 96°16'41.30"O	<i>Attalea butyracea</i>	3	Potrero activo, sin determinar intensidad	Inundado, cerca de un humedal
8	19° 0'56.40"N 96°18'38.70"O	<i>Attalea butyracea</i>	1	Potrero abandonado	No inundado
9	19° 0'29.90"N 96°19'7.40"O	<i>Sabal mexicana</i>	1	Potrero activo, intensidad	No inundado

				media	
10	18°59'40.10"N 96°17'56.70"O	<i>Sabal mexicana</i>	1	Potrero activo, intensidad media	No inundado
11	18°58'26.90"N 96°15'28.50"O	<i>Attalea butyracea</i>	1	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
12	18°57'43.80"N 96°15'41.70"O	<i>Attalea butyracea</i>	1	Potrero activo, sin determinar intensidad	Cerca de un humedal, presencia de especies características de humedales
13	19° 0'6.80"N 96°14'30.20"O	<i>Attalea butyracea</i>	2	Potrero activo, sin determinar intensidad	No inundado
14	19° 0'11.20"N 96°14'42.20"O	<i>Attalea butyracea</i>	1	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
15	18°56'22.50"N 96°17'54.70"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	1	Potrero activo, intensidad media	No inundado
16	18°57'17.00"N 96°17'37.90"O	<i>Attalea butyracea</i>	2	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
17	18°57'17.20"N 96°17'48.00"O	<i>Attalea butyracea</i>	2	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
18	18°57'17.80"N 96°17'45.60"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	3	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
19	18°58'28.10"N 96°17'29.30"O	<i>Sabal mexicana</i>	1	Potrero activo, intensidad baja	Cerca de un humedal
20	18°58'37.40"N 96°17'51.50"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	2	Potrero activo, sin determinar intensidad	Cerca de un humedal
21	18°58'27.80"N 96°17'50.00"O	<i>Attalea butyracea</i>	2	Potrero activo,	Cerca de un humedal

				intensidad baja	
22	18°58'32.60"N 96°17'59.90"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	3	Potrero abandonado. Presencia de estrato herbáceo y arbustivo	No inundado
23	18°58'26.60"N 96°18'0.50"O	<i>Sabal mexicana</i>	2	Potrero activo, intensidad media	No inundado
24	18°58'23.30"N 96°17'59.50"O	<i>Attalea butyracea</i>	1	Potrero abandonado. En proceso de regeneración , presencia de estrato herbáceo	No inundado
25	18°58'24.10"N 96°18'6.20"O	<i>Attalea butyracea</i>	1	Potrero activo, intensidad baja	Cerca de un humedal
26	18°57'32.70"N 96°17'33.10"O	<i>Attalea butyracea</i>	2	Potrero activo, intensidad baja	Inundado, cerca de un humedal
27	18°57'29.70"N 96°17'34.80"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	1	Potrero activo, sin determinar intensidad	Cerca de un humedal
28	18°57'22.30"N 96°17'50.30"O	<i>Attalea butyracea</i>	3	Potrero activo, intensidad media	No inundado
29	18°57'20.40"N 96°17'50.60"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	1	Potrero activo, intensidad media	Inundado, presencia de especies características de humedales
30	18°57'21.80"N 96°17'46.70"O	<i>Attalea butyracea</i>	1	Potrero activo, intensidad media	No inundado
31	18°57'26.80"N 96°17'43.60"O	<i>Attalea butyracea</i>	1	Potrero activo, intensidad baja	No inundado

32	18°57'23.50"N 96°17'35.60"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	1	Potrero activo, intensidad baja	Inundado, presencia de especies características de humedales
33	18°57'24.10"N 96°17'37.30"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	1	Potrero activo, intensidad baja	Inundado, presencia de especies características de humedales
34	18°57'30.80"N 96°17'41.90"O	<i>Attalea butyracea</i>	1	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
35	18°57'28.70"N 96°17'40.40"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	1	Potrero activo, intensidad baja	Cerca de un humedal
36	18°58'38.00"N 96°18'6.50"O	<i>Attalea butyracea</i>	3	Potrero abandonado. En proceso de sucesión con estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo	Cerca de un humedal
37	18°58'39.00"N 96°18'8.60"O	<i>Sabal mexicana</i>	1	Potrero activo, intensidad media	Cerca de un humedal

Anexo 3. Caracterización de los 29 sitios muestreados en la región de Jamapa correspondiente a la categoría 3. En el apartado de manejo se utilizaron dos diferentes tipos: 1) Potrero activo. Dividido en tres subtipos: a) Intensidad baja, b) Intensidad media y c) Sin determinar intensidad; y 2) Potrero abandonado. En donde se observaron diferentes características para evaluar el nivel de abandono: a) Regeneración, b) Sucesión, c) Presencia de diferentes estratos vegetales. Respecto a las características ambientales del sitio se tomaron en cuenta: 1) Inundación; 2) Cercanía a un sistema de humedal; y 3) Presencia de especies características de humedales.

CATEGORÍA 3					
No. de sitio	Coordenadas	Especies	Número de individuos	Manejo	Características ambientales
1	19° 0'17.20"N 96°17'38.10"O	<i>Sabal mexicana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	8	Potrero abandonado	No inundado
2	19° 0'19.30"N 96°17'33.70"O	<i>Sabal mexicana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	8	Potrero activo, sin determinar intensidad	No inundado
3	19° 1'40.00"N 96°15'23.30"O	<i>Attalea butyracea</i>	10	Potrero activo, intensidad baja	Inundado
4	19° 1'49.50"N 96°16'42.10"O	<i>Sabal mexicana</i> , <i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	10	Potrero abandonado. En proceso de sucesión con estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo	Cerca de un humedal
5	19° 1'51.70"N 96°16'43.50"O	<i>Attalea butyracea</i>	6	Potrero activo, sin determinar intensidad	Cerca de un humedal
6	19° 0'56.70"N 96°18'45.50"O	<i>Attalea butyracea</i>	10	Potrero abandonado, en proceso de sucesión	No inundado
7	19° 0'28.60"N 96°19'7.40"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	7	Potrero activo, sin determinar intensidad	No inundado
8	19° 0'11.70"N	<i>Roystonea</i>	4	Potrero	Inundado

	96°18'48.30"O	<i>dunlapiana</i>		activo, intensidad media	
9	19° 0'11.60"N 96°18'50.70"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	6	Potrero activo, sin determinar intensidad	No inundado
10	18°59'31.90"N 96°18'3.10"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	10	Potrero abandonado	Cerca de un humedal
11	18°57'29.90"N 96°15'55.70"O	<i>Attalea butyracea</i>	10	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
12	19° 0'16.40"N 96°14'34.40"O	<i>Attalea butyracea</i>	4	Potrero activo, sin determinar intensidad	No inundado
13	19° 0'20.70"N 96°14'47.80"O	<i>Attalea butyracea</i>	5	Potrero abandonado	Cerca de un humedal
14	18°57'10.60"N 96°17'39.30"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	6	Potrero abandonado	Cerca de un humedal
15	18°57'12.30"N 96°17'41.70"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	8	Potrero abandonado. Presencia de estrato herbáceo	Cerca de un humedal
16	18°57'15.90"N 96°17'33.30"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	7	Potrero activo, intensidad baja. Presencia de estrato arbustivo	No inundado
17	18°57'19.00"N 96°17'36.10"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	6	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
18	18°58'26.60"N 96°17'44.10"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	5	Potrero activo, intensidad baja	Cerca de un humedal
19	18°58'25.10"N 96°17'42.60"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	5	Potrero activo, intensidad baja	Cerca de un humedal
20	18°58'27.00"N 96°17'54.60"O	<i>Attalea butyracea</i>	10	Potrero activo,	

				intensidad baja	
21	18°58'17.40"N 96°17'52.10"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	8	Potrero activo, intensidad media	Presencia de especies características de humedales
22	18°57'44.00"N 96°17'41.20"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	10	Potrero abandonado. Se encuentra en proceso de sucesión	Inundado, presencia de especies características de humedales
23	18°57'33.30"N 96°17'36.40"O	<i>Attalea butyracea</i>	5	Potrero activo, intensidad baja	Cerca de un humedal
24	18°57'23.00"N 96°17'48.60"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	6	Potrero activo, intensidad media	No inundado
25	18°57'26.50"N 96°17'44.90"O	<i>Attalea butyracea</i>	8	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
26	18°57'25.40"N 96°17'39.10"O	<i>Attalea butyracea</i>	8	Potrero activo, intensidad baja	Cerca de un humedal, suelo saturado
27	18°57'25.50"N 96°17'35.90"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	8	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
28	18°57'31.40"N 96°17'41.50"O	<i>Attalea butyracea</i>	4	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
29	18°58'43.30"N 96°18'8.80"O	<i>Sabal mexicana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	7	Potrero activo, intensidad baja	Cerca de un humedal, presencia de especies características de humedales

Anexo 4. Caracterización de los 34 sitios muestreados en región de Jamapa correspondiente a la categoría 4. En el apartado de manejo se utilizaron dos diferentes tipos: 1) Potrero activo. Dividido en tres subtipos: a) Intensidad baja, b) Intensidad media y c) Sin determinar intensidad; y 2) Potrero abandonado. En donde se observaron diferentes características para evaluar el nivel de abandono: a) Regeneración, b) Sucesión, c) Presencia de diferentes estratos vegetales. Respecto a las características ambientales del sitio se tomaron en cuenta: 1) Inundación; 2) Cercanía a un sistema de humedal; 3) Presencia de especies características de humedales; y 4) Palmar.

CATEGORÍA 4					
No. de sitio	Coordenadas	Especies	Número de individuos	Manejo	Características ambientales
1	19° 0'37.10"N 96°16'29.90"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	30		Palmar
2	19° 0'34.50"N 96°16'9.00"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	20	Potrero activo, sin determinar intensidad	No inundado
3	19° 0'42.00"N 96°16'15.90"O	<i>Sabal mexicana</i> , <i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	20	Pequeño palmar en potrero activo	Cerca de un humedal
4	19° 0'40.80"N 96°17'17.30"O	<i>Sabal mexicana</i>	30		Palmar. Inundado
5	19° 0'42.10"N 96°17'27.00"O	<i>Sabal mexicana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	20	Palmar en potrero activo de intensidad baja	No inundado
6	19° 0'45.00"N 96°17'33.20"O	<i>Attalea butyracea</i>	15	Palmar en potrero activo de intensidad baja	No inundado
7	19° 0'32.50"N 96°17'46.10"O	<i>Attalea butyracea</i>	20		Palmar
8	19° 1'36.50"N 96°15'27.10"O	<i>Attalea butyracea</i>	50	Palmar en potrero activo	No inundado
9	19° 2'9.40"N 96°16'46.70"O	<i>Attalea butyracea</i>	20	Potrero abandonado. En proceso de	Cerca de un humedal

				regeneración	
10	19° 0'18.10"N 96°18'46.20"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	50		Palmar. Estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo bien desarrollados
11	18°59'37.90"N 96°18'20.90"O	<i>Sabal mexicana</i>	50	Palmar en potrero activo de intensidad baja	Inundado
12	18°58'27.00"N 96°15'25.80"O	<i>Attalea butyracea</i>	20	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
13	18°57'31.10"N 96°15'40.80"O	<i>Attalea butyracea</i>	50		Palmar. Cerca de un humedal
14	18°57'31.90"N 96°15'48.70"O	<i>Sabal mexicana</i>	18	Potrero activo, intensidad baja	
15	18°57'6.20"N 96°15'56.50"O	<i>Sabal mexicana</i>	30	Potrero abandonado. En proceso de sucesión, con estratos herbáceo y arbustivo	No inundado
16	18°57'10.00"N 96°15'26.10"O	<i>Attalea butyracea</i>	15	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
17	18°58'33.20"N 96°18'1.00"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	20	Potrero abandonado	Presencia de especies características de humedales. Suelo saturado de agua
18	18°58'35.00"N 96°18'1.10"O	<i>Sabal mexicana</i> , <i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	20	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
19	18°58'20.40"N 96°17'52.10"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	20	Potrero abandonado. En proceso de sucesión, estratos herbáceo y arbustivo	No inundado

20	18°58'15.70"N 96°17'52.00"O	<i>Attalea butyracea</i>	30	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
21	18°56'43.90"N 96°18'11.10"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	60		Palmar. Estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo
22	18°58'52.70"N 96°19'19.60"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	40	Potrero abandonado. En proceso de sucesión	No inundado
23	18°58'24.80"N 96°17'53.50"O	<i>Attalea butyracea</i>	15	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
24	18°58'1.10"N 96°17'39.80"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	15	Potrero abandonado. Estratos herbáceo y arbóreo	No inundado
25	19° 2'7.00"N 96°16'39.80"O	<i>Sabal mexicana</i> , <i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	11	Potrero abandonado. En proceso de sucesión	Cerca de un humedal
26	19° 2'11.20"N 96°16'45.00"O	<i>Attalea butyracea</i>	12	Potrero activo, intensidad baja	Cerca de un humedal
27	18°59'35.40"N 96°18'18.90"O	<i>Sabal mexicana</i>	12	Potrero abandonado	No inundado
28	18°57'37.80"N 96°15'49.90"O	<i>Attalea butyracea</i>	12	Potrero abandonado	Presencia de especies características de humedales
29	18°56'19.10"N 96°17'52.80"O	<i>Roystonea dunlapiana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	12	Potrero activo, sin determinar intensidad	Cerca de un humedal
30	18°58'34.70"N 96°17'32.80"O	<i>Sabal mexicana</i> y <i>Attalea butyracea</i>	12	Potrero abandonado. Presencia de estratos herbáceo y arbustivo	Cerca de un humedal
31	18°58'14.30"N 96°17'58.40"O	<i>Sabal mexicana</i>	12	Potrero activo, intensidad	No inundado

				baja	
32	18°58'14.30"N 96°17'58.40"O	<i>Sabal mexicana</i>	12	Potrero activo, intensidad baja	No inundado
33	18°57'26.30"N 96°17'40.60"O	<i>Roystonea dunlapiana</i>	12	Potrero activo, intensidad baja	Inundado, presencia de especies características de humedales
34	18°57'26.30"N 96°17'40.60"O	<i>Attalea butyracea</i>	13	Potrero activo, intensidad baja	Cerca de un humedal

10. REFERENCIAS

- Acreman, M., J. Holden. 2013. How wetlands affect floods. *Wetlands* 33 (5): 773-786.
- Barois, I. 2012. Prólogo a la edición en español. En: Moreira, M.S., E.J. Huising y D.E. Bignell (Eds). *Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo el suelo*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología. México: 13-16 pp.
- Baver, L.D., W.H. Gardner y W.R. Gardner. 1980. *Física de suelos*. Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana. México. 529 pp.
- Begon, M., J.L. Harper y C.R. Townsend. 1999. *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades*. Tercera edición. Ediciones Omega, Barcelona. 1,148 pp.
- Campos, A. 2011. Distribución y caracterización del suelo. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México: 69-84.
- Campos, A. y P. Moreno-Casasola. 2009. Suelos hidromórficos. En: Moreno-Casasola P. y B. Warner (Eds). *Breviario para describir, observar y manejar humedales*. Serie Costa Sustentable no. 1. RAMSAR, Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa, Ver., México: 111-130.
- Campos, A., E. Hernández, P. Moreno-Casasola, E. Cejudo Espinosa, A. Robledo Ruiz y D. Infante. 2011. Soil water retention and carbon pools in tropical forested wetlands and marshes of the Gulf of Mexico. *Hydrological Sciences Journal*. Special issue: Ecosystem Services of Wetlands, 56: 1–19.
- Castillo-Campos G., S. Avendaño y M.E. Medina. 2011. Flora y vegetación. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (Conabio). *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México: 163-179.
- CONAFOR y UACH. 2013. *Línea Base Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación*. Informe Final. Comisión Nacional Forestal y Universidad Autónoma Chapingo. Jalisco, México.

- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and capital natural. *Nature* 387: 253-260.
- DOF. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 126 pp.
- DOF. 2000. Ley General de Vida Silvestre. 66 pp.
- DOF. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. 26-47.
- DOF. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. 78 pp.
- Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EEM). 2005. Los ecosistemas y el bienestar humano: Humedales y agua. Informe de síntesis. Washington, DC. 68 pp.
- FAO. 2015. Página electrónica de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO), consultado el 11 de junio de 2015. www.fao.org.
- Fassbender, H.W. y E. Bornemisza. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 420 pp.
- FitzPatrick, E.A. 1996. Introducción a la ciencia de los suelos. Trillas, México. 288 pp.
- Flores, L. y J.R. Alcalá. 2010. Manual de procedimientos analíticos. Departamento de Edafología, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. 56 pp.
- Flores-Verdugo, F., P. Moreno-Casasola, C. Agraz-Hernández, H. López-Rosas, D. Benítez-Pardo y A. Travieso-Bello. 2007. La topografía y el hidroperiodo: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. *Boletín de la sociedad Botánica de México*, 80 (suplemento): 33-47.
- González-Marín, R.M, P. Moreno-Casasola, R. Orellana y A. Castillo. 2012. Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico. *Environment, Development and Sustainability* 14: 541-555.
- Guevara, S. y A. Lira-Noriega. 2004. De los pastos de la selva a la selva de los pastos: La introducción de la ganadería en México. *Pastos XXXIV* (2): 109-150.
- Guevara, S. y P. Moreno-Casasola. 2008. "El dilema de los recursos naturales: la ganadería en el trópico de México". *GUARAGUAO* 12 (29): 9-23.

- Hernández, M.E. 2010. El papel de los suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*. 28: 139-147.
- Hernández y Hernández, D.E. 2010. Caracterización del potencial de regeneración de la vegetación del palmar de *Sabal mexicana* y su correlación con algunos factores edáficos. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A.C, Xalapa. 101 pp.
- INEGI, 1985. Anuario Estadístico de Veracruz, 1984.309 pp.
- INEGI, 2005. Uso del suelo y vegetación.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.
- INEGI. 2014. Página electrónica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), consultado el 20 de octubre de 2014. www.inegi.org.mx.
- INECC. 2015. Página electrónica del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), consultado el 27 de junio de 2015. www.inecc.gob.mx.
- Infante, 2011. Estructura y dinámica de las selvas inundables de la planicie costera central del Golfo de México. Tesis doctoral. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa.179 pp.
- Infante, D., P. Moreno-Casasola, C. Madero-Vega, G. Castillo-Campos y B. Warner. 2011. Floristic composition and soil characteristics of tropical freshwater forested wetlands of Veracruz on the coastal plain of the Gulf of Mexico. *Forest Ecology and Management*, 262: 1514–1531.
- Jackson, M.L. 1976. Análisis químico de suelos. Editorial Omega, Barcelona, España. 662 pp.
- Jaramillo, D.F. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 613 pp.
- Juárez, M.A. 2014. Dinámica sucesional en un palmar antropizado al sur de Veracruz. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana, Xalapa. 80 pp.
- Lara-Lara, J., J. Arreola Lizárraga, L. Calderón Aguilera, V. Camacho Ibar, G. de la Lanza Espino, A. Escofet Giansone, M. Espejel Carbajal, M. Guzmán Arroyo, L. Ladah, M. López Hernández, E. Meling López, P. Moreno Casasola, H. Reyes Bonilla, E. Ríos Jara, J. Zertuche González. 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. En: *Capital Natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México: 109-134.
- Landgrave R. y P. Moreno-Casasola. 2012. Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación Ambiental* 4(1): 19-35.

- López, J.C. 2007. Variación ontogénica en la estrategia de defensas anti-herbívoro en plantas hemiepipfitas: Un estudio con *Ficus obtusifolia* en un palmar biodiverso y amenazado. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa. 154 pp.
- López, J.C. y R. Dirzo. 2007. Floristic diversity of sabal palmetto woodland: an endemic and endangered vegetation type from Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16:807–825.
- López-Portillo, J., M.L. Martínez, P. Hesp, J.R. Hernández, A.P. Méndez, V. Vásquez-Reyes, L.R. Gómez, O. Jiménez-Orocio y S.L. Gachuz. 2011. Atlas de las costas de Veracruz. Manglares y dunas costeras. Secretaría de Educación del Estado de Veracruz y Universidad Veracruzana. 248 pp.
- López-Rosas, H. 2007. Respuesta de un humedal transformado por la invasión de la gramínea exótica *Echinochloa pyramidalis* Hitchc. & A. Chase a los disturbios inducidos (cambios en el hidroperíodo, apertura de espacios y modificación de la intensidad lumínica). Tesis doctoral. Instituto de Ecología A.C., Xalapa. 134 pp.
- López-Rosas, H., V.E. Espejel y P. Moreno-Casasola. 2014. Zacate alemán (*Echinochloa pyramidalis*): planta invasora de humedales costeros del sureste mexicano. *Investigación ambiental* 5 (2): 53-63.
- Manson, R. y P. Moreno-Casasola. 2006. Servicios ambientales que proporciona la zona costera. En: Moreno-Casasola, P., E. Peresbarbosa y A. C. Travieso-Bello (Eds). Estrategia para el manejo costero integral. El enfoque municipal vol. 1. Instituto de Ecología, gobierno del Estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Ver., México: 319-348.
- Marín. J.L., M.E. Hernández y P. Moreno-Casasola. 2011. Secuestro de carbono en suelos de humedales costeros de agua dulce en Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13: 365-372.
- Martínez-Ramos, M. 1994. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 54: 179-224.
- Martínez-Ramos, M. y X. García-Orth. 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 80 (suplemento): 69-87.
- Millar, C.E., L.M. Turk y H.D. Foth. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Editorial Continental, México, D.F. 527 pp.
- Miranda F. y Hernández-X. E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica México* 28:29-178.
- Mitsch, W. y J. Gosselink. 2000. *Wetlands*. J. Wiley and Sons, Nueva York. 920 pp.

- Moreno-Casasola, P. 2008. Los humedales en México: tendencias y oportunidades. Cuadernos de 28 (Univ. de Alicante, España): 10-18.
- Moreno-Casasola, P. 2012. Los humedales en México. Oportunidades para la sociedad. Cuadernos de Divulgación Ambiental. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 23 pp.
- Moreno-Casasola, P., J. Rojas, D. Zárate, M. Ortiz, A. Lara y T. Saavedra. 2002. Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática. Madera y Bosques, No. Especial: 61-88.
- Moreno-Casasola, P. y D. Infante. 2009. Manglares y selvas inundables. Instituto de Ecología, Comisión Nacional Forestal y Organización Internacional de Maderas Tropicales. 101 pp.
- Moreno-Casasola, P. y H. López-Rosas. 2009. Muestreo y análisis de la vegetación de humedales. En: Moreno-Casasola P. y B. Warner (Eds). Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable no. 1. RAMSAR, Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa, Ver., México: 145-167.
- Moreno-Casasola, P. y D. Infante. 2010. Veracruz. Tierra de ciénagas y pantanos. Gobierno del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana- Universidad Veracruzana. 411 pp.
- Moreno-Casasola, P., E. Cejudo Espinosa, D. Infante Mata, H. López Rosas, G. Castillo Campos, A. Capistrán Barradas, J. Pale Pale y A. Campos Cascardero. 2010. Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 87: 29-50.
- Moreno-Casasola, P., D. Infante, H. López-Rosas, L.A. Peralta-Peláez, G. Castillo-Campos, A.C. Travieso-Bello, W.A. Méndez y G. Sánchez-Ríos. 2011. La biodiversidad de los humedales. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México: 217-228.
- Olmsted, I. 1993. Wetlands of Mexico. En: Whigham, D., D. Dykyjová y S. Hejný (Eds). Wetlands of the World I: Inventory, Ecology and Management. Handbook of Vegetation Science. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 637-667.

- Ortiz, P., F. de Luna y A. Palacio. 1991. Mapa de riesgos naturales, Atlas Nacional de México, Instituto de Geografía, UNAM.
- Ortíz-Villanueva, B. y C.A. Ortíz-Solorio. 1980. Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo, tercera edición. 331 pp.
- Palmer, R.G. y F.R. Troeh. 1980. Introducción a la ciencia del suelo. Manual de laboratorio. GT Editor, S.A. México, D.F. 158 pp.
- Pennington, T.D., y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3a. edición Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México. 523 pp.
- Peralta-Peláez, L., D. Infante Mata y P. Moreno-Casasola. 2009. Construcción e instalación de piezómetros. En: Moreno-Casasola P. y B. Warner (Eds). Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable no. 1. RAMSAR, Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa, Ver., México: 17-30.
- Pereyra D. D. y J. A. A. Pérez. 2006. Hidrología de superficie y precipitaciones intensas 2005 en el estado de Veracruz. En: Tejeda-Martínez A. y Welsh (Ed). Universidad Veracruzana y Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología, México. 81-89.
- Pérez López, P., F. López-Barrera, F. Oliva García, P. Cuevas-Reyes y A. González-Rodríguez. 2013. Procesos de regeneración natural en bosques de encinos: factores facilitadores y limitantes. *Biológicas*: 18-24.
- Quero, H.J. 1994. Alismataceae. Flora de Veracruz, Fascículo 81. Instituto de Ecología, University of California. Xalapa, Veracruz. 118 pp.
- Ready, K.R. y R.D. DeLaune. 2008. Biogeochemistry of wetlands. CRC Press. 800 pp.
- Rodríguez-Medina, K. y P. Moreno-Casasola. 2013. Effect of livestock on soil structure and chemistry in the coastal marshes of the central Gulf Coast of Mexico. *Soil Research*, 51: 341-349.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Limusa, México D.F. 432 pp.
- SEDUE, 1991. Anexo al diagnóstico de la problemática de la contaminación del agua en el estado de Veracruz. 109 pp.
- SEMARNAT. 2013. Política Nacional de Humedales. Secretaría de medio Ambiente y Recursos Naturales. 253 pp.
- SIAP, 2014. Página electrónica de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), consultado el 18 de agosto de 2014. www.siap.gob.mx.

- Toledo, V.M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y desarrollo* 81: 17-30.
- Travieso-Bello, A., P. Moreno-Casasola y A. Campos. 2005. Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales. *Interciencia* 30 (1): 12-18.
- UNESCO. 2005. Evaluación de parámetros y procesos hidrológicos en el suelo. Documentos técnicos en Hidrología del PHI, No. 71.141 pp.
- Zedler, J.B. y S. Kercher. 2005. Wetland resources, status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environmental Resources*, 30: 39–74.



Secretaría de Educación Pública

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ**

**“Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para la
Cuenca baja del río Jamapa, en el Estado de Veracruz”**

Informe de Residencia Profesional

Que para obtener el título de:

Ingeniero Bioquímico

Presenta:

Luis Alberto Licona Loyo

Asesor:

Dr. Luis Alberto Peralta Peláez

H. Veracruz, Ver.

2015



"2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón"

**C. LUIS ALBERTO LICONA LOYO,
PASANTE DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA
PRESENTE**

27 de Mayo del 2015

*Por medio del presente se le comunica que está autorizada la
impresión de su Trabajo profesional denominado:*

**"DESARROLLO Y APLICACIÓN DE UN INDICE DE CALIDAD DE AGUA PARA LA
CUENCA BAJA DEL RIO JAMAPA, EN EL ESTADO DE VERACRUZ"**

Sin otro particular por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE

**ING. JERONIMO ISRAEL VALENCIA PEREZ
JEFE DEL DÉPTO. DE INGRÍAS
QUÍMICA Y BIOQUÍMICA**



SRIA. DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE VERACRUZ
Departamento de Ingeniería
Química y Bioquímica



Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar,
C.P. 91897, H. Veracruz, Ver.,
Tel.: (229) 934 1500
www.itver.edu.mx



Dedicatoria

¿Cómo empezar?, bueno en primer lugar quiero dedicar este trabajo a dos personas muy importantes en mi vida y que gracias a ellas pude terminar esta etapa de mi vida, a mi madre Maria Luisa Loyo Coria y a mi abuelita Juana Coria Benitez †, aunque mi abuela ya no se encuentre conmigo sé que siempre está conmigo protegiéndome y alentándome a nunca darme por vencido.

A mi mamá, que no tengo las palabras para expresar lo agradecido que estoy y estaré eternamente por todo el apoyo, sacrificio y amor que me ha dado a lo largo de mi vida, aunque a veces hemos tenido discusiones y estado en desacuerdo pero sé que siempre querrá lo mejor para mí y sabe que aunque no soy muy expresivo la amo a mi manera.

A mi hermano Quique y a mi abuelito Alejandro por apoyarme incondicionalmente y que de igual manera los amo.

A Cucho, que le doy las gracias por haber llegado a mi vida y que siempre estuvo conmigo apoyándome y alentándome a seguir adelante aun cuando yo quería tirar la toalla. Gracias por aguantarme en las buenas, malas y en las peores, por tu comprensión y amor.

A Reyna, sabes que te aprecio y quiero demasiado, gracias por ayudarme en esos fines de semana de muestreo en los cuales nos divertíamos demasiado viendo películas o series, comiendo nuestras sopas marucha y por todas esas anécdotas tan divertidas que hemos compartido a lo largo de nuestra carrera, por esas “noches de estudio” que eran de cenar chucherías y de dormirnos hasta tarde viendo películas.

Al Dr. Luis Alberto Peralta Peláez por haberme brindado su amistad, apoyo y confianza, por darme la oportunidad de trabajar con él, transmitirme sus conocimientos, enseñanzas y lecciones de vida. Sabe que lo aprecio mucho y que lo considero un muy buen amigo y no crea que me olvidaré de usted.

A todos mis amigos Diana, Gusano, Armando, Alejandra, Gretel, Ludhiana, Nine, Tavito, Rubi, Eli, Israel y Santiago le doy gracias a Dios por haberlos conocido a lo largo de mi vida y se que aunque ya no los veo tan seguido como antes siempre estarán en mi mente y corazón.

A todos muchas gracias.

Agradecimientos

A la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) como parte del proyecto “Servicios ecosistémicos de bosques costeros y sus sistemas de reemplazo: una evaluación ambiental y económica” -RED-PD 045/11 Rev.2 (M).

Al CONACYT-SEP por el financiamiento del proyecto No. 0106451 “procesos de estructuración de comunidades de flora y fauna durante la restauración de humedales”.

A la Dirección General de Institutos Tecnológicos (DGEST) por el financiamiento y apoyo en el proyecto “*Percepciones ambientales, hidoperíodo y vegetación acuática de los humedales de la zona conurbada Veracruz - Boca del Río – Medellín*” Núm. 4398.11-P.

Índice

Índice de Tablas	8
Índice de Figuras	9
Índice de Gráficas.....	9
Resumen.....	11
Capítulo 1.....	13
1.1 Introducción	13
1.2 Planteamiento del problema	14
1.3 Justificación	15
1.4 Objetivo	16
1.4.1 Objetivo general.....	16
1.4.2 Objetivos específicos	16
Capítulo 2. Marco teórico	17
2.1 Definición de indicador.....	17
2.2 Objetivos de un indicador	18
2.3 Tipos de indicadores	18
2.3.1 Indicadores según medición	18
2.3.2 Indicadores según nivel de intervención.....	19
2.3.3 Indicadores según jerarquía	20
2.3.4 Indicadores según calidad	21
2.4 Índice de Calidad de Agua	21
2.4.1 Antecedentes	21
2.4.2 Definición de Índice de Calidad de Agua.....	24
2.4.3 Clasificación y uso de los índices	25
2.4.4 Ventajas y limitaciones de un Índice de Calidad de Agua	27
2.4.5 Diseño de un Índice de Calidad de agua.....	28
2.4.6 Índices de calidad del agua utilizados en el mundo.....	32
2.4.7 Descripción de los parámetros utilizados en un Índice de Calidad de Agua	35
2.5 Hidrología.....	46
2.5.1 Ciclo hidrológico.....	46

2.6 Cuenca	47
2.6.1 Definición de cuenca.....	47
2.6.1.1 Cuenca hidrológica	48
2.6.1.2 Cuenca hidrográfica.....	48
2.6.2 Componentes de una cuenca.....	49
2.6.3 Funciones de una cuenca	50
2.6.4 Importancia de la cuenca	51
2.7 Contaminación del agua en México.....	51
2.8 Contaminación del agua en Veracruz	52
2.9.1 Localización.....	54
2.9.1 Límites hidrológicos	55
2.9.2 Geología.....	56
2.9.3 Climatología.....	57
2.9.4 Uso y aprovechamiento del agua	58
2.9.4.1 Fuentes de abasto	58
2.9.4.2 Usos del agua.....	58
2.9.5 Contaminación del agua del río Jamapa	58
2.9.5.1 Fuentes de emisión.....	61
2.9.5.2 Tipos de contaminantes	61
2.9.5.3 Efectos de los contaminantes	62
2.9.5.4 Correlación entre cuerpos receptores y descargas de aguas residuales	62
Capítulo 3. Metodología	63
3.1 Localización del área de estudio	63
3.1.1 Límites hidrológicos	63
3.2 Muestreo y análisis de parámetros	64
3.3 Cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA)	66
Capítulo 4. Resultados	70
4.1 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos	70
4.2 Índice de Calidad del Agua de la Cuenca baja del río Jamapa.....	81
Capítulo 5. Análisis y Discusión	85
Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones.....	87
Bibliografía.....	88

ANEXO A. Técnicas de determinación de contaminantes.....	94
A1. Oxígeno Disuelto (método de la modificación de azida).....	94
A2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).....	96
A3. Nitratos (Método del ultravioleta).....	98
A4. Fósforo (Método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosfórico).....	100
A5. Sólidos suspendidos totales (Método sólidos totales secados a 103–105 °C).....	102
A6. Turbidez (Método nefelométrico).....	104
A7. Amonio (Método de fenol).....	108
ANEXO B. Gráfica de interpolación para la valoración de la calidad del agua.	110
Valoración de la calidad de agua en función de la DBO ₅	110
Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez.....	110
Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales.....	111
Valoración de la calidad de agua en función de Nitratos.....	111
Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno Disuelto	112
Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura.....	112
Valoración de la calidad de agua en función del pH.....	113
Valoración de la calidad de agua en función de Fosfatos.....	113
Valoración de la calidad de agua en función de Amonio.....	114
Valoración de la calidad de agua en función de Sólidos Suspendido Totales.....	114

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación y usos de los índices.	22
Tabla 2. Índice de Calidad de Agua como herramienta de evaluación de calidad de agua. Ventajas y limitaciones.	24
Tabla 3. Variables consideradas en un Índice de Calidad de Agua.	26
Tabla 4. Construcción de funciones de calidad en un Índice de Calidad del Agua.	26
Tabla 5. Métodos para construir diagramas de calibración.	27
Tabla 6. Fórmulas de agregación matemática utilizadas en un Índice de Calidad del Agua.	28
Tabla 7. Índices de Calidad del Agua creados en el mundo.	29
Tabla 8. Lista de constituyentes para el Índice de Calidad de Agua de este trabajo.	33
Tabla 9. Lista de autores que utilizaron diferentes parámetros para el Índice de Calidad del Agua (ICA).	41
Tabla 10. Fuentes de captación en la cuenca del río Jamapa.	55
Tabla 11. Calidad del agua del río Jamapa conforme a parámetros físicos, químicos y biológicos de 1990 al 2004.	56
Tabla 12. Métodos para los análisis físico-químicos y bacteriológicos.	63
Tabla 13. Pesos relativos para cada parámetro.	64
Tabla 14. Rango de clasificación del Índice de Calidad del Agua (ICA), de acuerdo al criterio general.	64
Tabla 15. Usos del agua según su Índice de Calidad del Agua (ICA).	66
Tabla 16. Valores promedio obtenidos en el muestreo Agosto 2013 – Julio 2014 del río Jamapa.	79
Tabla 17. Índice de Calidad del Agua de los cinco sitios de muestreo, del monitoreo Agosto 2013- Julio 2014.	80

Índice de Figuras

Figura 1. Relación entre el Oxígeno Disuelto y la Temperatura.	36
Figura 2. Ciclo del Fósforo.	38
Figura 3. Representación esquemática del ciclo hidrológico.	44
Figura 4. Cuenca hidrográfica.	46
Figura 5. Cuenca del río Jamapa.	52
Figura 6. Representación tridimensional de la cuenca del río Jamapa.	53
Figura 7. Geología superficial en la cuenca del río Jamapa.	54
Figura 8. Climas en la cuenca baja del río Jamapa.	54
Figura 9. Regiones hidrológicas asociadas con el estado de Veracruz.	60
Figura 10. Representación tridimensional de la cuenca del río Jamapa.	61
Figura 11. Puntos de muestreo: Jamapa, Zapotal, Ixcoalco, Planta Potabilizadora “El Tejar” y Medellín.	62

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Valores promedio y desviación estándar de Temperatura para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.	68
Gráfica 2. Valores promedio y desviación estándar de Oxígeno Disuelto para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.	69
Gráfica 3. Valores promedio y desviación estándar de pH para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.	70
Gráfica 4. Valores promedio y desviación estándar de Nitratos (NO_3^-) para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.	71
Gráfica 5. Valores promedio y desviación estándar de Fósforo (PO_4^{3-}) para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.	72
Gráfica 6. Valores promedio y desviación estándar de Amonio (NH_4^+) para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.	73
Gráfica 7. Valores promedio y desviación estándar de Turbidez para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.	74
Gráfica 8. Valores promedio y desviación estándar de Coliformes Fecales para los cinco	75

sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.

Gráfica 9. Valores promedio y desviación estándar de Sólidos Suspendidos Totales para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín. 76

Gráfica 10. Valores promedio y desviación estándar de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín. 77

Gráfica 11. Valores promedio y desviación estándar de Conductividad para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín. 78

Gráfica 12. Índice de Calidad del Agua y desviación estándar de para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín. 81

Resumen

La calidad del agua de la cuenca baja del río Jamapa se ha visto impactada en los últimos 10 años, principalmente, por descargas de aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas. El presente trabajo tuvo como objetivo el desarrollo y elaboración de un Índice de Calidad de Agua (ICA) para el río Jamapa en el Estado de Veracruz en cinco sitios donde se reciben descargas. Dicho índice busca clasificar en una escala de 0 a 100 la calidad representativa del agua, según los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados, ya que a su vez, facilita la calificación del agua conforme a su estado como excelente, aceptable, poco contaminado, contaminado o altamente contaminado. El ICA utilizado consideró diez parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Oxígeno Disuelto (OD), Coliformes Fecales, Fosfatos Totales, Amonio, Nitratos, pH, Sólidos Suspendidos Totales, Turbiedad y Temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Los parámetros de calidad del agua utilizados fueron conforme a lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997 y NOM-127-SSA1-1994. Los análisis de las muestras se realizaron de acuerdo a los métodos propuestos en el manual Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales (APHA-AWWA-WPCF). Los resultados de calidad del agua mostraron que las concentraciones de la mayoría de los contaminantes se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, a excepción de los Coliformes Fecales que se obtuvieron valores de 19053.51 NMP 100 mL^{-1} en los cinco sitios de muestreo, en épocas de lluvia, norte y secas, la Demanda Bioquímica de Oxígeno que fluctuaron entre $161.28\text{ mgO}_2\text{ L}^{-1}$ y $0\text{ mgO}_2\text{ L}^{-1}$ en los cinco sitios muestreados mensualmente, con respecto al Fósforo se obtuvieron valores que fluctuaron entre 114.62 mg L^{-1} y 4.76 mg L^{-1} y por último la Turbidez que se obtuvieron valores que fluctuaron entre 792.80 y 0.93 UTN, los cuales se encuentran por encima del límite máximo permisible. La clasificación para el Índice de Calidad del Agua tuvo un rango entre 51 – 70, de acuerdo a la tabla de clasificación de calidad de agua en función de sus usos, por lo que su criterio general es poco contaminado, según su abastecimiento público es necesario un tratamiento potabilizador, según su uso

agrícola es utilizable en la mayoría de los cultivos, según la pesca y vida acuática es aceptable pero para peces muy sensitivos y es dudosa la pesca sin riesgos de salud, según su uso industrial no requiere tratamiento para las industria de operación normal y según su recreación no es recomendable los deportes de inmersión.

El propósito de este trabajo de investigación fue determinar la calidad del agua del rio Jamapa, en cinco sitios ubicados en el cauce de su cuenca baja. La contaminación del rio Jamapa tiene como origen las descargas de aguas residuales domésticas, ya que es una de las fuentes principales de contaminación biológica, así como las descargas de aguas residuales industriales, que vierten algunos compuestos químicos tóxicos ya que algunos son difíciles de degradar por tratamientos convencionales. En la zona de estudio se ubicaron cinco sitios de muestreo: Jamapa, Zapotal, Ixcoalco, Planta Potabilizadora “El Tejar” y Medellín. De acuerdo al diagnóstico basado en el ICA, la calidad del agua es apta para uso industrial y para riego. Por lo que, se deben implementar plantas de tratamientos de aguas residuales y mejorar la eficiencia, con el propósito de disminuir la concentración elevada de coliformes fecales, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y ortofosfatos presentes en el agua del rio Jamapa. Uno de los objetivos de este trabajo fue determinar la calidad del agua de la cuenca baja del rio Jamapa, ya que en la mayoría de los parámetros físico-químicos analizados de los cinco sitios de muestreo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles en la NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997, NOM-127-SSA1-1994 y la Ley Federal de Derechos. También y no menos importante, la calidad del agua es un aspecto muy importante por el cual debemos interesarnos un poco más. Por lo que se recomendaría que se desarrollen pesos ponderados para la evaluación de rios en el país o el Estado de Veracruz.

Capítulo 1

1.1 Introducción

“A principios de los años setenta, ante la necesidad de encontrar un método uniforme y consistente para dar a conocer la calidad del agua de manera accesible a la población, se desarrolló un sistema estimativo de calidad del agua que requirió la medición física de los parámetros de contaminación del agua y el uso de una escala estandarizada de medición para expresar la relación entre la existencia de varios contaminantes en el agua y el grado de impacto en los diferentes usos de la misma.” (SEMARNAT, 2008)

“Este sistema se denominó Índice de Calidad del Agua (ICA) y es un sistema cualitativo que permite hacer comparaciones de niveles de contaminación en diferentes áreas. El ICA se define como el grado de contaminación existente en el agua a la fecha de un muestreo, expresado como un porcentaje de agua pura. Así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a 0% y de 100% para el agua en excelentes condiciones.” (SEMARNAT, 2008)

“A lo largo de estas décadas, el crecimiento poblacional y principalmente el crecimiento industrial ha impactado los cuerpos de agua con sus descargas, las cuales vierten una serie de contaminantes tóxicos, tales como los metales pesados y los compuestos orgánicos, que no estaban considerados en el ICA, por lo que la evaluación que se hace actualmente con dicho índice es parcial y no necesariamente corresponde a la realidad.” (SEMARNAT, 2008)

1.2 Planteamiento del problema

La importancia de cuidar y conservar los cuerpos de agua radica en el papel que estos tienen en los ecosistemas, ya que ayudan como suministro de agua de ciudades y cabeceras municipales, pesca, industria y control de inundaciones. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, utilizan el medio principalmente para enfriar o limpiar maquinaria, desechos agrícolas, fertilizantes y aguas negras, generan una gran cantidad de residuos muchos de los cuales van a parar al agua. Las descargas de estas pueden contener elementos de difícil remoción en los sistemas de tratamiento biológico y en los ecosistemas acuáticos.

La parte de la cuenca baja del río Jamapa se ha convertido en una problemática ambiental debido a que por un lado, es el receptor común de efluentes domésticos e industriales, ya que sus aguas presentan una considerable cantidad de contaminantes de naturaleza orgánica e inorgánica, que al ser reutilizadas en el riego de cultivos constituyen un riesgo para la salud de la comunidad. Por otro lado, es necesario realizar estudios cada vez más integrados de tal manera que permitan establecer un mejor entendimiento del ecosistema y conlleven a proponer mejores políticas y programas de minimización de la contaminación de los ríos.

¿Es posible desarrollar y aplicar un índice de calidad de agua para la cuenca baja del río Jamapa, en el Estado de Veracruz?

1.3 Justificación

Actualmente el desarrollo comercial en la zona del estado de Veracruz se ha ido incrementando, por lo que la afluencia de zonas agrícolas, mineras, industriales y municipales traen consigo mayor desequilibrio a los principales cuerpos de agua ya que el impacto directo e indirecto es inevitable.

Es muy importante el estudio de la calidad del agua de los ríos, ya que éstos, abastecen a las plantas de potabilización, agua para el consumo humano. Los análisis de las muestras de agua son necesarios para determinar la composición física-química y bacteriológica del agua, y así decidir si su calidad es adecuada para consumo humano, zonas de riego agrícolas, pesca y vida acuática, industrias y parques recreativos. También son importantes para comprender relaciones hidrológicas y geoquímicas de sistemas naturales y evaluar la influencia de actividades humanas sobre la calidad del agua.

Es por ello que en el presente trabajo de investigación se realiza un monitoreo en cinco sitios de la cuenca baja del río Jamapa para calcular el índice de calidad de agua y a partir de ello realizar un análisis comparativo entre los cinco puntos monitoreados para conocer el impacto generado por las distintas actividades como zonas agrícolas, industrias, descargas de aguas residuales, entre otras.

1.4 Objetivo

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar y aplicar un índice de calidad de agua para la Cuenca baja del río Jamapa, en el Estado de Veracruz.

1.4.2 Objetivos específicos

- Definir parámetros físicos, químicos y microbiológicos para determinar la calidad del agua en la parte de la Cuenca baja del río Jamapa, Veracruz.
- Analizar las muestras bajo los parámetros Físicoquímicos y Biológicos definidos.
- Cuantificar y cualificar el tipo de actividad humana que se realizan en la zona de estudio (descargas directas al río, plantas de tratamiento, drenes agrícolas, descargas de aguas industriales, entre otras).
- Determinar los impactos positivos y negativos en la zona.
- Establecer los indicadores ambientales, económicos y sociales para el diseño del índice.
- Evaluar el índice propuesto.

Capítulo 2. Marco teórico

2.1 Definición de indicador

Un indicador se usa para describir un problema: Cómo y dónde ocurre y cómo afecta a éste. Los indicadores son útiles para poder medir con claridad los resultados obtenidos con la aplicación de programas, procesos o acciones específicos, con el fin de obtener el diagnóstico de una situación, comparar las características de una población o para evaluar las variaciones de un evento (Salud, 2010).

Un indicador es una expresión cualitativa o cuantitativa observable, que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad a través de la evolución de una variable o el establecimiento de una relación entre variables, la que comparada con períodos anteriores, productos similares o una meta o compromiso, permite evaluar el desempeño y su evolución en el tiempo. Por lo general, son fáciles de recopilar, altamente relacionados con otros datos y de los cuales se pueden sacar rápidamente conclusiones útiles y fidedignas (Gutierrez, 2010).

Un indicador debe cumplir con tres características básicas:

1. Simplificación: la realidad en la que se actúa es multidimensional, un indicador puede considerar alguna de tales dimensiones (económica, social, cultural, política, etc.), pero no puede abarcarlas todas (Gutierrez, 2010).
2. Medición: permite comparar la situación actual de una dimensión de estudio en el tiempo o respecto a patrones establecidos (Gutierrez, 2010).
3. Comunicación: todo indicador debe transmitir información acerca de un tema en particular para la toma de decisiones (Gutierrez, 2010).

2.2 Objetivos de un indicador

Los indicadores son herramientas útiles para la planeación y la gestión en general, y tienen como objetivos principales, (Gutiérrez, 2010):

- Generar información útil para mejorar el proceso de toma de decisiones, el proceso de diseño, implementación o evaluación de un plan, programa, etc.
- Monitorear el cumplimiento de acuerdos y compromisos.
- Cuantificar los cambios en una situación que se considera problemática.
- Efectuar seguimiento a los diferentes planes, programas y proyectos que permita tomar los correctivos oportunos y mejorar la eficiencia y eficacia del proceso en general.

2.3 Tipos de indicadores

Existen cuatro tipos de clasificaciones comunes en la teoría sobre indicadores (según medición, nivel de intervención, jerarquía y calidad). Sin embargo, se debe tener en cuenta que estas clasificaciones no son excluyentes y que en muchos casos se pueden agrupar de formas diferentes dependiendo de las necesidades del proceso estadístico (Gutierrez, 2010).

2.3.1 Indicadores según medición

En el campo de la evaluación de la investigación científica existen múltiples clasificaciones de indicadores, a menudo confluyentes. Una clasificación a menudo utilizada es la que distingue entre indicadores cuantitativos y cualitativos (López *et al.*, 2010).

- **Indicadores cuantitativos:** este tipo de indicadores son una representación numérica de la realidad. Su característica más importante es

que, al encontrarse valores diferentes, estos pueden ordenarse de forma ascendente o descendente (López *et al.*, 2010).

- **Indicadores cualitativos:** son aquellos basados en encuestas o entrevistas, así como informaciones no estructuradas, métodos de investigación a partir de los cuales suele ser problemática la extrapolación estadística (López *et al.*, 2010).

2.3.2 Indicadores según nivel de intervención

Hacen referencia a la cadena lógica de intervención, es decir, a la relación entre los insumos, los resultados y los impactos. Los indicadores que se encuentran bajo esta clasificación tratan de medir en cuánto nos acercamos a las metas esperadas con los insumos disponibles. Para esto se dispone de cinco tipos de indicadores, (Gutiérrez, 2010):

- **Indicadores de impacto:** miden los cambios que se esperan lograr al final del proyecto y se ubican en el nivel del propósito y fin de ser necesario (Bobadilla, 2008).
- **Indicadores de resultado (otño):** son una herramienta para la evaluación en salud que permite verificar cuantitativamente el nivel de logro alcanzado respecto a los objetivos intermedios y finales de los sistemas de salud a nivel nacional y estatal, vinculados con los siguientes atributos de los sistemas: condiciones de Salud (efectividad); disponibilidad y accesibilidad; calidad técnica e interpersonal; aceptabilidad; eficiencia; sustentabilidad, y anticipación (Salud, 2014).
- **Indicadores de producto (outputs):** reflejan los resultados concretos de las actividades desarrolladas a partir de insumos disponibles y de los procesos adelantados que contribuyen al cumplimiento de los propósitos establecidos en cada objetivo general o específico (CyTA, 2012).

- **Indicadores de proceso:** este tipo en particular, hace referencia a indicadores que centran su medición en el desarrollo de las actividades, las cuales están vinculadas a la prestación de servicios o generación de productos. Hacen énfasis en la ejecución de las actividades y la forma de realizarlas (Tene, 2013).
- **Indicadores de insumo:** se diseñan para dar seguimiento a la disponibilidad de condiciones básicas para la producción de bienes y/o servicios esperados. La disponibilidad de recursos financieros es el insumo más utilizado en este nivel de seguimiento (Rivera, 2010).

2.3.3 Indicadores según jerarquía

- **Indicadores estratégicos:** mide el grado de cumplimiento de políticas públicas, estrategias, iniciativas, programas y proyectos que impactan de manera directa en los objetivos estratégicos del instituto y de la ciudadanía, objetivo o área de enfoque. Deberán contribuir a corregir o fortalecer las estrategias y la orientación de los recursos (SEGOB, 2014).
- **Indicadores de gestión:** miden los bienes y/o servicios producidos y entregados a la población objetivo por el Programa (componentes), y los resultados de las actividades clave para la producción de los bienes y/o servicios (actividades) (SEP, 2010).

2.3.4 Indicadores según calidad

Dan cuenta de la dinámica de actividades específicas. Estos indicadores deberán medir la eficiencia, eficacia y efectividad del proceso (Gutierrez, 2010).

- **Indicadores de eficacia:** Miden el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos, se enfocan en el Qué se debe hacer, para este indicador se deben conocer y definir los requerimientos del cliente del proceso para comparar lo que entrega el proceso contra lo que él espera (Téllez, 2009).
- **Indicadores de eficiencia:** miden el nivel de ejecución del proceso, se concentran en el Cómo se hicieron las cosas y miden el rendimiento de los recursos utilizados por un proceso (Téllez, 2009).
- **Indicadores de efectividad:** miden la satisfacción de las necesidades (Téllez, 2009).

2.4 Índice de Calidad de Agua

2.4.1 Antecedentes

Los pioneros en generar una metodología unificada para el cálculo del índice de calidad fueron Hartón (1965) y Liebman (1969). Sin embargo, este solo fue utilizado y aceptado por las agencias de monitoreo de calidad del agua en los años setenta cuando el ICA tomo más importancia en la evaluación del recurso hídrico (Carrillo y Villalobos, 2011).

El índice general de calidad del agua fue desarrollado por Brown *et al.* (1970) y mejorado por Deininger para la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos en 1975 (NAS, 1975). Con estos estudios, el Departamento Escocés para el Desarrollo (SSD), en colaboración con instituciones regionales para la

preservación del agua, llevaron a cabo extensas investigaciones para evaluar la calidad del recurso en ríos de Escocia (Carrillo y Villalobos, 2011).

En 1970 los trabajos se basaron en la metodología DELPHI, como el NSF, realizando el índice de calidad de agua (WQI), que en español es conocido como ICA, con base en nueve parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Oxígeno Disuelto (OD), coliformes fecales, Nitratos (NO_3-N), pH, variación de temperatura, sólidos disueltos, fósforo total y turbidez (NSF, 2006). Este índice es en la actualidad uno de los más utilizados por agencias e instituciones en los Estados Unidos. En 1978 Ott, presentó una discusión detallada sobre la teoría de índices ambientales y su desarrollo así como una revisión sobre los índices. Según Cude (2001), desde 1978 hasta 1994, revisiones de literatura de los ICA desarrollados desde su introducción han revelado nuevos enfoques y proporcionado nuevas herramientas para el desarrollo de las investigaciones (Carrillo y Villalobos, 2011).

La Comunidad Europea por su parte, desarrolló el índice universal de calidad del agua (UWQI), utilizado para evaluar la calidad del agua superficial como fuente de agua potable, basándose en 12 parámetros físico-químicos: cadmio, cianuro, mercurio, selenio, arsénico, fluoruro, nitratos, Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), fósforo total, pH y coliformes totales

Tyson y House (1989) desarrollaron en Inglaterra un ICA para catalogar la calidad del agua en los ríos dentro de un sistema de cinco clases. Éstas fueron establecidas según el Concilio Nacional de Agua. Conforme a esto, el agua de aquellos ríos que obtuvieran valores de ICA más cercanos a 100 se consideraría como de buena calidad (Torres, 2008).

Según House (1996), la percepción inicial del público sobre la calidad del agua de los ríos y las costas está basada en la apariencia estética. Se ha mostrado que las características visuales y olorosas como el color del agua, escoria en la superficie,

espuma, el aceite, el olor y la presencia de basura y otros desperdicios sólidos parecen ser los factores importantes en la percepción de la calidad de agua y la conveniencia de su uso, pueden tener una pequeña o ninguna relación con la calidad de agua en términos biológicos o físico-químico reales (Torres, 2008).

En Nueva Zelanda, Nagels *et al.* (2001), realizaron una adaptación del método DELPHI para precisar los constituyentes a emplear en su ICA. Sin embargo, en este caso ellos sólo consideraron la opinión de un panel compuesto por 16 expertos y su metodología consistió, básicamente, de dos fases. En la primera, se consultó a los expertos para que identificaran las variables a incluir y en la segunda, de forma gráfica, se les consultó para que efectuaran una evaluación de estos constituyentes teniendo en cuenta que el uso sería para recreación. De este modo, concluyeron que para determinar la calidad del agua para uso recreativo solamente necesitaban evaluar datos sobre los Coliformes Fecales, *E. Coli*, pH, color, claridad visual, turbidez, sedimentos suspendidos, BOD₅ y nutrientes disueltos (Torres, 2008).

Fernández *et al.* (2003), presenta un estudio comparativo de 30 índices de calidad de agua, sobre la base de su estructura matemática, similitud de parámetros y comportamiento frente a un mismo grupo de datos. Por otro lado, Samboni *et al.* (2007) presenta una revisión de los indicadores ICA más utilizados en algunos países de América y Europa, así como su diseño e interpretación, que se basan en parámetros físico-químicos para su evaluación. Los resultados encontrados en estos estudios indican que es notoria la existencia de diferencias apreciables en cuanto a la clasificación de una misma muestra de agua ante diferentes índices (García, 2012).

Según Fernández y Solano (2005), en el mundo hay por lo menos 30 índices de calidad de agua que son de uso común, y consideran un número de variables que van de 3 a 72. Prácticamente todos estos índices incluyen al menos 3 de los siguientes parámetros: Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno

(DBO) o demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno en forma amoniacal y de nitratos ($\text{NH}_4\text{-N}$ y $\text{NO}_3\text{-N}$), fósforo en forma de ortofosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$), pH y sólidos totales (ST). La metodología Amoeba (A General Method Of Ecological and Biological Assessment), desarrollada por los países bajos, utiliza parámetros físico-químicos y biológicos que permiten la valoración ecológica y biológica de los sistemas acuáticos (Carrillo y Villalobos, 2011).

2.4.2 Definición de Índice de Calidad de Agua

Un índice de calidad es un número adimensional que atribuye un valor cualitativo a un conjunto de parámetros medidos, agregados matemáticamente (García, 2012).

El Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en tanto que en el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano a 100% (CONAGUA, 1999).

En términos simples, un ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso permite una rápida interpretación y reconocimiento de las tendencias en la calidad del cuerpo de agua a lo largo del espacio y el tiempo (García, 2012).

Puede definirse como una herramienta que permite reducir información sobre un gran número de parámetros físico-químicos y microbiológicos a un solo índice de una forma simple, rápida, objetiva y reproducible. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o incluso un color (García, 2012).

2.4.3 Clasificación y uso de los índices

De acuerdo a Ball y Church (1980), los índices pueden clasificarse en diez categorías, orientadas de acuerdo a su uso dentro de cuatro grupos, como se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1. Clasificación y usos de los índices. Tomado y modificado (Carrillo y Villalobos, 2011)

<p style="text-align: center;">Grupo I</p> <p>Se aplica a los tensores e incluye dos categorías.</p>	<p>1. Indicadores en la fuente: reportan la calidad de agua generada por tensores en fuentes discretas.</p> <p>2. Indicadores en un punto diferente a la fuente: reportan la calidad del agua generada por fuentes difusas.</p>
<p style="text-align: center;">Grupo II</p> <p>Miden la capacidad de estrés.</p>	<p>3. Indicadores de medidas simples: incluyen muchos atributos y componentes individuales del agua, que pueden ser usados como indicadores de su calidad.</p> <p>4. Indicadores basados en criterios o estándares: correlacionan las medidas de calidad del agua con los niveles estándar o normales que han sido determinados para la preservación y usos adecuados del agua.</p> <p>5. Índices multiparámetro: se</p>

	<p>determinan por la opinión colectiva o individual de expertos.</p> <p>6. Índices multiparámetros empíricos: son establecidos por el uso de las propiedades estadísticas de las mediciones de calidad del agua.</p>
Grupo III	<p>7. Indicadores para lagos: específicamente desarrollados para este tipo de sistemas.</p>
<p>Grupo IV</p> <p>Tienen en cuenta las consecuencias.</p>	<p>8. Indicadores de la vida acuática: basados en diferentes reacciones de tolerancia de la biota acuática a varios contaminantes y condiciones.</p> <p>9. Indicadores del uso del agua: evalúan el agua respecto a usos como abastecimiento y agricultura.</p> <p>10. Indicadores basados en la percepción: se determinan por la opinión público y los usos de los cuerpos de agua.</p>

2.4.4 Ventajas y limitaciones de un Índice de Calidad de Agua

A pesar de las ventajas actualmente reconocidas al uso de índices de calidad, aún siguen siendo criticados por presentar limitaciones de aplicación y confección. En la Tabla 2 se muestra las principales ventajas y limitaciones que han sido reconocidas en los índices de calidad (García, 2012).

Tabla 2. Índice de Calidad de Agua como herramienta de evaluación de calidad de agua. Ventajas y limitaciones. (Torres *et al.*, 2009)

Ventajas	Limitaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Permite mostrar la variación espacial y temporal de la calidad del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionan un resumen de los datos.
<ul style="list-style-type: none"> • Método simple, conciso y válido para expresar la importancia de los datos generados regularmente en el laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> • No proporcionan información completa sobre la calidad del agua.
<ul style="list-style-type: none"> • Útiles en la evaluación de la calidad del agua para usos generales. 	<ul style="list-style-type: none"> • No pueden evaluar todos los riesgos presentes en el agua.
<ul style="list-style-type: none"> • Permiten a los usuarios una fácil interpretación de los datos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden ser subjetivos y sesgados en su formulación.
<ul style="list-style-type: none"> • Pueden identificarse tendencias de la calidad del agua y áreas problemáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • No son de aplicación universal debido a las diferentes condiciones ambientales que presentan las cuencas de una región a otra.
<ul style="list-style-type: none"> • Permiten priorizar para evaluaciones de calidad del agua más detalladas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se basan en generalizaciones conceptuales que no son de aplicación universal.
<ul style="list-style-type: none"> • Mejoran la comunicación con el 	<ul style="list-style-type: none"> • Algunos científicos y estadísticos

público y aumentan su conciencia sobre las condiciones de calidad del agua.	tienden a rechazar y criticar su metodología, lo que afecta la credibilidad de los ICA como herramienta para la gestión.
<ul style="list-style-type: none"> • Ayudan en la definición de prioridades con fines de gestión. 	

2.4.5 Diseño de un Índice de Calidad de agua

Los indicadores de calidad de agua (ICA) básicamente son una expresión de un número de parámetros que permiten valorar el recurso hídrico para un determinado uso, estos son presentados en forma de número, rango, descripción verbal, símbolo o color (Samboni *et al.*, 2007).

De acuerdo con Ball y Church (1980), el cálculo de los índices de calidad de agua se basa en tres pasos consecutivos, que son:

2.4.5.1 Selección de parámetros o variables

Se puede considerar entre 2 o n-parámetros. La elección depende en gran medida del criterio de un experto, como también de la información existente, los criterios de tiempo, localización y su importancia como estándar de calidad (Samboni *et al.*, 2007).

La selección depende en gran medida del criterio de un experto, agencia o entidad gubernamental, así como también de la información disponible (datos de monitoreo), los criterios de tiempo, localización y su importancia como estándar de calidad. Además, deben ser representativos de las características propias del ecosistema a evaluar, tal que muestren los cambios ambientales que se desarrollen en el sistema acuático a lo largo del tiempo y el espacio (García, 2012).

Usualmente se recomienda seleccionar parámetros de distintas categorías de clasificación ambiental, de tal manera de cubrir todas las áreas que reflejen posibles cambios en la calidad del agua. En la Tabla 3 se aprecia una clasificación de variables de acuerdo a cinco categorías ambientales (García, 2012)

Tabla 3. Variables consideradas en un Índice de Calidad de Agua. (García, 2012)

Categoría	Variables Consideradas
Nivel de oxígeno	OD, DBO, DQO
Eutrofización	NO ₂ , NO ₃ , Fosfatos
Aspectos de salud	Coliformes totales y fecales
Características físicas	Temperatura, transparencia, sólidos totales
Sustancias disueltas	Cloruros, sulfatos, pH, conductividad

2.4.5.2 Determinación del subíndice para cada parámetro

Tiene como propósito la transformación de las variables a una escala una adimensional, en razón de su expresión en diferentes unidades (mg/L, porcentaje, unidades, etc.) para permitir su agregación (Fernández *et al.*, 2005).

Los métodos más utilizados para la construcción de estas funciones o curvas se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Construcción de funciones de calidad en un Índice de Calidad del Agua. Tomado y modificado (Samboni *et al.*, 2007)

Método	Descripción
Valor nominal o numérico	Comparación del valor del parámetro con un estándar o criterio.
Parámetro en número decimal, diagramas o tablas de calibración	Se desarrolla para cada parámetro su propio diagrama, en el que se indica la correlación entre el parámetro y su

	valor en escala de calidad.
Parámetro bajo formulación matemática	Convierte los valores del parámetro de acuerdo a varias escalas con las que los valores del mismo conservan sus unidades originales.

Los diagramas de calibración pueden ser desarrollados utilizando diversas metodologías (García, 2012). En la Tabla 5 se muestran algunas de las metodologías que se ocupan para este propósito.

Tabla 5. Métodos para construir diagramas de calibración. Tomado y modificado (Samboni *et al.*, 2007)

Metodología	Descripción
Experiencia propia	Es muy subjetivo debido a que no solamente se encuentran grandes diferencias de criterio entre autores distintos, sino también entre las curvas desarrolladas por un mismo autor para distintos parámetros.
Método Delphi	Para su construcción se usa el promedio de la opinión de varios expertos.
Curvas basadas en ecuaciones matemáticas	Se parte de una fórmula matemática con la cual se desarrolla la curva de calidad respectiva para cada parámetro o a partir de las curvas generadas se desarrolla la fórmula matemática respectiva.
Curvas basadas en la normatividad	Se generan las curvas a partir de los valores de los parámetros recogidos en diferentes normatividades. El principal

	objetivo de este método es buscar la objetividad y la aceptación por parte de los expertos.
--	---

2.4.5.3 Agregación de parámetros a través de una expresión matemática

La integración de parámetros se desarrolla a través de fórmulas de agregación matemática que comúnmente corresponde a una función promedio. Usualmente se utilizan dos técnicas básicas para la integración de las variables, las denominadas aritméticas y las multiplicativas. A su vez pueden o no ponderarse con pesos específicos para cada parámetro. La Tabla 6 muestra las fórmulas de agregación matemática más utilizadas por los índices de calidad (García, 2012).

Tabla 6. Fórmulas de agregación matemática utilizadas en un Índice de Calidad del Agua. (García, 2012)

Método	Fórmula
Promedio no Ponderado	$ICA = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n q_i$
Promedio Aritmético Ponderado	$ICA = \sum_{i=1}^n q_i \cdot w_i$
Promedio Geométrico No Ponderado	$ICA = \left(\prod_{i=1}^n q_i \right)^{\frac{1}{n}}$
Promedio Geométrico Ponderado	$ICA = \left(\prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \right)^{\frac{1}{\sum w_i}}$
Promedio No Ponderado Modificado	$ICA = \frac{1}{100} \cdot \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n q_i \right)^2$
Promedio Ponderado Modificado	$ICA = \frac{1}{100} \cdot \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n q_i \cdot w_i \right)^2$

Dónde:

n = corresponde al número de variables seleccionadas

q_i = el valor del subíndice de la variable i

w_i = el peso relativo del parámetro i (García, 2012).

2.4.6 Índices de calidad del agua utilizados en el mundo

Hasta la fecha se han generado una gran cantidad de índices en el mundo. Diversos países han desarrollado distintos índices de calidad de agua para caracterizar los cuerpos de agua superficial presentes en su territorio. Muchos de estos índices, a pesar de haber sido desarrollados para las condiciones propias de una región o un país, han sido ampliamente utilizados en el mundo y validados en diferentes estudios. A partir de estos, varios autores y entidades de control ambiental han realizado modificaciones para adaptarlos a las condiciones específicas de diferentes ecosistemas hídricos. (García, 2012)

En la Tabla 7 se muestran distintos índices de calidad de agua creados en diversas partes del mundo. En ella, además, se detalla la metodología utilizada por cada ICA, con sus respectivos parámetros y rangos de calidad.

Tabla 7. Índices de Calidad del Agua creados en el mundo. Tomado de García, 2012

Año	Índice	País	No. Variables	Parámetros	Metodología	Rango de calidad
	Idaho	Estados Unidos	5	OD, turbiedad, fosfatos totales, coliformes fecales y conductividad eléctrica.	Agregación: ecuación logarítmica.	Valores de 0 a 3 distribuidos en 3 rangos de clasificación.
1970	WQI NSF	Estados Unidos	9	T°, pH, OD, DBO, SDT, turbiedad, coliformes fecales, nitratos y fosfatos totales.	Subíndice: curvas de calidad. Agregación: promedio ponderado (aritmético o geométrico).	Valores de 0 a 100 distribuidos en 5 rangos de clasificación.
1975	IQA CETESB	Brasil	9	T°, pH, OD, DBO, SDT, turbiedad, coliformes fecales, nitrógeno total, y fósforo total.	Subíndice: curvas de calidad. Agregación: promedio geométrico ponderado	Valores de 0 a 100 distribuidos en 5 rangos de clasificación.
1980	Oregon	Estados Unidos	8	T°, pH, OD, DQO, ST, nitratos y amonio, fósforo total y coliformes fecales.	Subíndice: curvas y ecuaciones. Agregación: promedio armónico cuadrado no ponderado.	Valores de 0 a 100 distribuidos en 5 rangos de clasificación.
1981	ICG	España	23	Básicos: OD, DQO, DBO, SST, nitratos, pH, conductividad eléctrica, coliformes y fosfatos totales. Complementarios: cloruros, sulfatos detergentes, cianuros, fenoles, cromo hexavalente, Ca, Mg, Na, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn.	Subíndice: curvas de calidad. Agregación: promedio aritmético ponderado.	Valores de 0 a 100 distribuidos en 5 rangos de clasificación.
1982	ISQA	España	5	T°, OD, DQO, SST y conductividad eléctrica.	Subíndice: ecuaciones. Agregación: sumatoria.	Valores de 0 a 100 en 5 clasificaciones de acuerdo a 6 usos del agua.
1987	Dinius	Estados Unidos	12	T°, pH, OD, DBO, color, conductividad eléctrica, nitratos, alcalinidad, dureza, cloruros, coliformes totales y fecales.	Subíndice: ecuación. Agregación: promedio geométrico ponderado.	Valores de 0 a 100 distribuidos en 6 rangos de clasificación de acuerdo a 5 usos del agua.
1991	Rojas	Colombia	6	pH, OD, DBO, SDT, turbiedad y coliformes fecales.	Subíndice: curvas de calidad. Agregación: promedio geométrico ponderado.	Valores de 0 a 100 distribuidos en 5 rangos de clasificación.

Continuación

1997	ICA Río Cali	Colombia	3	OD, DBO y coliformes fecales.	Subíndice: curvas de calidad. Agregación: ecuación lineal con parámetros.	Valores de 0 a 100 distribuidos en 5 rangos de clasificación.
1997	Montoya	México	18	Conductividad eléctrica, pH, OD, DBO, ST, SST, nitratos, nitritos, amonios, turbiedad, color, alcalinidad, dureza, cloruros, grasas y aceites, fosfatos, detergentes, coliformes totales y fecales.	Subíndice: ecuaciones. Agregación: promedio aritmético ponderado dividido por la sumatoria de los ponderados.	Valores de 0 a 100 distribuidos en 5 rangos de clasificación de acuerdo a 5 usos del agua.
1998	ICAOBJ	Chile	3	OD, DBO, y coliformes fecales	Subíndice: categorías de calidad. Agregación: promedio aritmético ponderado.	Valores de 0 a 4 distribuidos en 4 rangos de clasificación.
1998	León	México	15	T°, pH, OD, DBO, DQO, SST, nitratos, amonios, fosfatos, alcalinidad, dureza, fenoles, cloruros, coliformes totales y fecales.	Subíndice: ecuaciones. Agregación: promedio geométrico ponderado.	Valores de 0 a 100 distribuidos en 5 rangos de clasificación de acuerdo a 5 usos del agua.
2001	CCME WQI	Canadá		Se consideran las variables que son excedidas de acuerdo a la normativa del país.	Agregación: fórmula matemática compuesta de 3 factores (F1, F2 y F3).	Valores de 0 a 100 distribuidos en 5 rangos de clasificación.
2002	IAP	Brasil	20	IQA CETESB: T°, pH, OD, DBO, SDT, turbiedad, coliformes fecales, nitrógeno total y fósforo total. ISTO: Cd, Hg, Pb, cromo total, Mn, Zn, Ni, PFTHM, Al, Cu y hierro disuelto.	Agregación: producto entre IQA e ISTO.	Valores de 0 a 100 distribuidos en 5 rangos de clasificación.
2003	ICA Cade- Idepe	Chile	6	Obligatorios: pH, OD, CE, coliformes fecales, DBO ₅ , SS. Relevantes: todos aquellos que sobrepasen Clase de Excedencia.	Subíndice: curvas de calidad. Agregación: promedio aritmético ponderado.	Valores de 0 a 100 distribuidos en 4 rangos de clasificación.
2004	ICAUC A	Colombia	10	pH, OD, color, turbiedad, DBO, nitrógeno total, fósforo total, ST, SST y coliformes fecales.	Subíndice: ecuaciones. Agregación: promedio aritmético ponderado.	Valores de 0 a 100 distribuidos en 5 rangos de clasificación.
2007	UWQI	Comunidad Europea	12	Cadmio, cianuro, mercurio, selenio, arsénico, fluoruro, nitratos, OD, DBO, fósforo total, pH y coliformes fecales.	Subíndice: ecuaciones. Agregación: promedio aritmético ponderado	Valores de 0 a 100 distribuidos en 5 rangos de clasificación.

Dónde:

WQI - NSF: Water Quality Index – National Sanitation Foundation.

IQA – CETESB: Índice de Qualidade da Água – Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de Sao Paulo.

ICG: Índice de Calidad General.

ISQA: Índice Simplificado de Calidad del Agua.

ICAOBJ: Índice de Calidad del Agua Objetivo.

CCME – WQI: Canadian Council of Ministers of the Environment – Water Quality Index

IAP: Índice de qualidade da água para Abastecimento Público.

ICAUCA: Índice de Calidad del Agua adaptado al Río Cauca.

UWQI: Universal Water Quality Index.

En la Tabla 7 se observan la diversidad de índices que ha sido creado en distintas partes del mundo a través del tiempo. Se aprecian claras diferencias en la metodología empleada por cada uno de los índices descritos, de acuerdo al objetivo de calidad que desea alcanzar y las características propias del cuerpo de agua para el cual ha sido diseñado. Esto se refleja en la cantidad y tipo de parámetros seleccionados, la forma de agregar las variables, la ponderación asignada a cada parámetro y la valoración que se le entrega al cuerpo de agua evaluado (García, 2012).

2.4.7 Descripción de los parámetros utilizados en un Índice de Calidad de Agua

La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físicas, químicas y biológicas, evaluadas individualmente o en forma grupal (Carrillo y Villalobos, 2011).

La calidad del agua de un sistema hídrico es determinada a partir de los análisis realizados a una muestra de agua recogida adecuadamente y se cuantifica por medio de la concentración de cada constituyente analizado. Aunque son muchos los constituyentes y propiedades del agua natural que pueden encontrarse cuantificados en análisis físico-químicos, sólo algunos de ellos son capaces de determinar la calidad del recurso (García, 2012). Los métodos biológicos aportan esta información pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Carrillo y Villalobos, 2011).

Finalmente, el escogido de los constituyentes utilizados para el desarrollo del ICA fue resultado de una consulta de investigación de literatura. La Tabla 8 ilustra los constituyentes resultantes como consecuencia de la aplicación de este trabajo.

Tabla 8. Lista de constituyentes para el Índice de Calidad de Agua de este trabajo. Tomado y modificado (Torres, 2008)

Constituyentes o variables	Tipo de parámetro		
	Físico	Químico	Biológico
Conductividad Eléctrica (CE)		X	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)			X
Oxígeno Disuelto (OD)		X	
Temperatura	X		
pH		X	
Turbiedad		X	
Fósforo		X	
Nitratos		X	
Amonio		X	
Coliformes Fecales			X
Sólidos Suspendidos Totales	X		

2.4.7.1 Conductividad Eléctrica (C. E.)

La conductividad eléctrica es un indicador de la capacidad de una solución acuosa de transportar corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, concentración, movilidad y valencia de los iones presentes y de la temperatura del agua. La conductividad aumenta con la temperatura a una tasa de aproximadamente 1.9 % / °C (García, 2012).

La conductividad eléctrica está relacionada con el contenido de sustancias ionizadas, es decir, con las sales disueltas del agua. No tiene especificidad. Las soluciones de iones inorgánicas son relativamente buenas conductoras. Las soluciones orgánicas, en general, son poco conductoras (García, 2012).

2.4.7.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es el parámetro que se maneja para tener una medida de la materia orgánica biodegradable. La demanda bioquímica de oxígeno es una prueba usada en la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y residuales. Su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores (Torres, 2008).

Representa una medida cuantitativa de la contaminación del agua por materia orgánica. Es afectada por la temperatura del medio, por las clases de microorganismos y por la cantidad y el tipo de elementos nutritivos presentes. Si estos factores son constantes, la velocidad de oxidación de la materia orgánica se puede expresar en términos del tiempo de vida media del elemento nutritivo (Torres, 2008).

2.4.7.3 Oxígeno Disuelto (OD)

El Oxígeno Disuelto es la cantidad presente en el agua y que es esencial para los ríos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y de cuánto sustento puede dar esa agua a la vida animal y vegetal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica una mejor calidad de agua. Si los niveles son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. (Torres, 2008).

El oxígeno disuelto en el agua puede tener como fuentes la aeración (atmósfera) y la fotosíntesis (algas). A su vez es consumido por la respiración de organismos, demanda de materias orgánicas y oxidación de inorgánicos. Su solubilidad depende de la presión parcial del oxígeno en la atmósfera, el contenido de sales y la temperatura. Este último factor es el que más influye en su concentración diaria y estacional (García, 2012). El agua fría guarda más oxígeno que la caliente. La Figura 1, ilustra la relación inversa que existe entre la temperatura y el oxígeno disuelto (Torres, 2008).

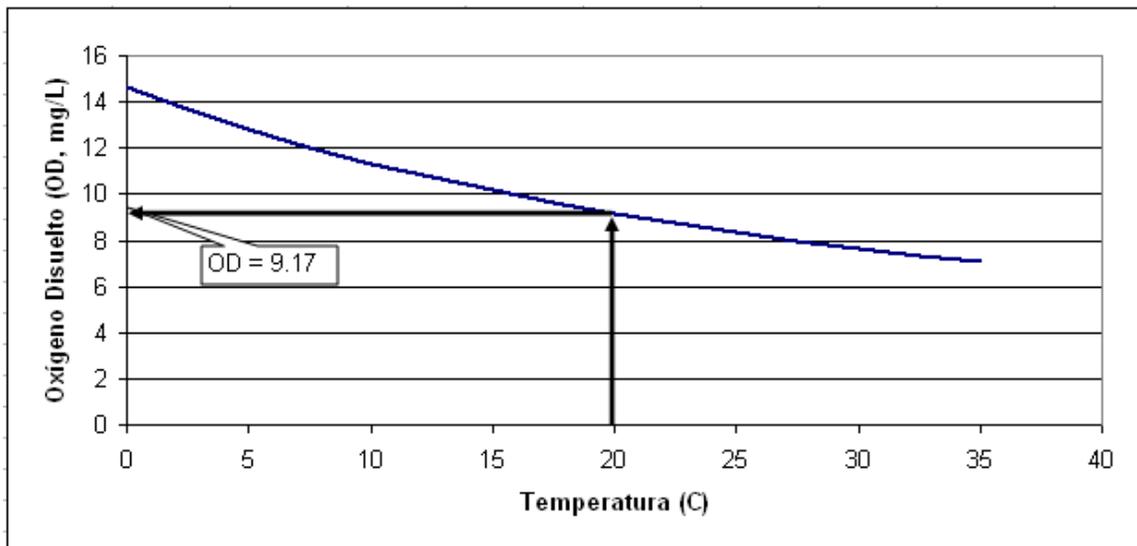


Figura 1. Relación entre el Oxígeno Disuelto y la Temperatura. Tomado (Torres, 2008)

2.4.7.4 Temperatura

La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir. Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad de agua, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (Torres, 2008).

La elevación de la temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) e incrementa, en general, la solubilidad de las sales. También, aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando, de esta manera, la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 15 °C (Torres, 2008).

2.4.7.5 pH

El pH del agua indica el balance entre ácidos y bases del agua. Es importante en todas las reacciones químicas asociadas con la formación, alteración y disolución de sustancias. El pH en aguas naturales se relaciona con la geología del terreno por donde escurre el agua y está gobernado por el equilibrio $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$. La cantidad relativa de cada uno de ellos influye en el pH del agua. Los procesos biológicos (fotosíntesis y respiración) y la aeración influyen en el pH del agua, por variación de la concentración de dióxido de carbono (García, 2012).

Su valor define, en parte, la capacidad de autodepuración de una corriente y, por ende, su contenido de materia orgánica (DQO, DBO), además de la presencia de otros contaminantes, como metales pesados. También, es una propiedad de carácter química de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática ya que tiene influencia sobre ciertos procesos químicos y biológicos (Torres, 2008).

2.4.7.6 Turbiedad

Es el efecto óptico que se origina al dispersarse o interferirse el paso de los rayos de luz que atraviesan una muestra de agua, a causa de las partículas minerales u orgánicas que el líquido puede contener en forma de suspensión; tales como arenas, arcillas, plancton y otros organismos microscópicos. La turbiedad es una propiedad óptica intrínseca de cada solución y depende del tamaño, forma e índice de refracción de las partículas suspendidas en el agua (García, 2012).

2.4.7.7. Fósforo

El fósforo total es una medida de todas las formas de fósforo existentes, ya sean disueltas o en partículas que incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se obtienen por análisis químico. Por otro lado, el fósforo es un nutriente requerido por todos los organismos para sus procesos básicos de vida, como se muestra en la Figura 2. Es un elemento natural que puede estar en rocas y en materia orgánica. Es utilizado extensivamente en fertilizantes y en otros químicos, por lo que puede ser hallado con concentraciones altas en áreas de actividad humana. Su exceso en el agua puede provocar eutrofización (Torres, 2008).

El fósforo se introduce al agua principalmente por erosión y por descargas de aguas residuales. Se encuentra en aguas naturales y residuales predominantemente en forma de fosfatos. Es esencial en el crecimiento de organismos y puede ser el nutriente que limita la productividad primaria de un cuerpo de agua (García, 2012).

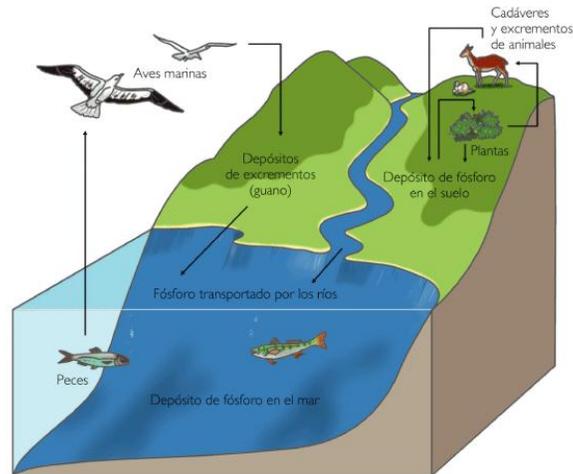


Figura 2. Ciclo del Fósforo. Tomado (Torres, 2008)

2.4.7.8 Nitratos

Con frecuencia, la contaminación por nitratos procede, principalmente, de fuentes no puntuales o difusas. Las fuentes de contaminación por nitratos en suelos y aguas (superficiales y subterráneas) se asocian, mayormente, a actividades agrícolas y ganaderas, aunque en determinadas áreas, también pueden estar relacionadas a ciertas actividades industriales, especialmente las del sector agrícola (Torres, 2008).

La presencia de nitratos en agua es indeseable porque favorece el crecimiento algal y puede ser tóxico para el ser humano (metahemoglobinemia y cáncer) (García, 2012).

2.4.7.9 Amonio

El nitrógeno se presenta de diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales, se suele determinar el TKN (Nitrógeno Kjeldahl Total) que incluye el nitrógeno orgánico y el de amonio (Torres, 2008).

Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales para el crecimiento de las células. El exceso de nitrógeno en las corrientes de agua puede causar eutrofización, que es un enriquecimiento de nutrientes en el agua, lo cual causa un crecimiento excesivo de plantas acuáticas e incrementan la actividad de microorganismos anaeróbicos. Como resultado de esto, los niveles de oxígeno disminuyen rápidamente haciendo la vida imposible para los organismos acuáticos aeróbicos. Además, el nitrógeno también puede contribuir al crecimiento excesivo de algas, lo que, de igual manera, causa una reducción adicional del oxígeno en el agua (Torres, 2008).

2.4.7.10 Coliformes Fecales

El grupo coliforme abarca todas las bacterias entéricas que se caracterizan por tener las siguientes propiedades bioquímicas (Torres, 2008):

- Ser aerobias o anaerobias facultativas
- Ser bacilos Gram negativos
- Ser oxidasa negativos
- No ser esporógenas
- Fermentar la lactosa a 35 °C en 48 horas, produciendo ácido láctico y gas

Las bacterias de este género se localizan, principalmente, en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos, pero las mismas están, ampliamente, distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales. Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo, suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se hallan en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre (Torres, 2008).

Se caracterizan por fermentar la lactosa, con producción de gas, cuando se incuban a una temperatura de $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (García, 2012).

Estos organismos los han considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano basados en que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es primordialmente fecal. Por lo tanto, la ausencia de ellos indica que el agua es bacteriológicamente segura. Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; esto es, mientras más coliformes se concentran en el agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces (Torres, 2008).

2.4.7.12 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Porción de los sólidos totales que quedan retenidos en el filtro de $2.0\text{ }\mu\text{m}$. Los Sólidos Suspendidos Totales incluyen partículas orgánicas y minerales transportadas en la columna de agua (García, 2012).

Los Sólidos Suspendidos Totales en cuerpos de agua naturales se relacionan con los procesos erosivos y de arrastre de sedimentos en una cuenca. Además de su importancia como medida de la erosión que ocurre en una cuenca, se relaciona directamente con el transporte de nutrientes, metales y una amplia variedad de productos químicos, agrícolas e industriales (García, 2012).

En la Tabla 9, se muestran distintos proyectos con sus respectivos autores que utilizan distintos parámetros físicos, químicos y microbiológicos para determinar el índice de calidad del agua.

Tabla 9. Lista de autores que utilizaron diferentes parámetros para el Índice de Calidad del Agua (ICA). Fuente: Propia, 2014

Autores	Proyecto	Parámetros
García, 2012.	<i>Propuesta de índices de calidad de agua para ecosistemas hídricos de Chile.</i>	Conductividad eléctrica, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Fósforo-Fosfato, Nitrógeno-Nitratos, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Turbiedad, Coliformes Totales y Coliformes Fecales
Torres, 2008.	<i>Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para ríos en Puerto Rico.</i>	Coliformes Fecales, Oxígeno Disuelto, pH, Nitratos, Fósforo Total, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno de Amonio, Sólidos Suspendidos, Mercurio, Plomo y Temperatura.
Giron, 1995	<i>Análisis de calidad del agua de la cuenca del río Papaloapan.</i>	Oxígeno Disuelto, Temperatura, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Coliformes Totales, Conductividad Eléctrica, pH, Sólidos Disueltos Totales y Sustancias Activas a Azul de Metileno.
SEMARNAT, 2002	<i>Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua.</i>	Amonio, Coliformes Fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Nitratos, Ortofosfatos, Oxígeno Disuelto, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, pH, Conductividad Específica y Temperatura.
Reolon, 2010	<i>Calidad de las aguas.</i>	pH, Color, Turbiedad, Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Conductividad Eléctrica, Alcalinidad, Dureza Total, Nitratos, Amonio, Fosfatos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto, Demandad Bioquímica de Oxígeno, Coliformes Totales, Coliformes Fecales y

		Sustancias Activas al Azul de Metileno.
Torres et al., 2010	<i>Aplicación de índices de calidad de agua – ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano.</i>	Temperatura, Conductividad Eléctrica, pH, Alcalinidad, Dureza, Cloruros, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos Totales, Turbiedad, Color Aparente, Color Verdadero, Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Nitrógeno Total, Nitratos, Fósforo Total, Fosfatos, Fenoles, Cadmio, Cianuro, Mercurio, Selenio, Arsénico, Fluoruro, Coliformes Totales y Coliformes Fecales.
Alvarez et al., 2006	<i>Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y predicción.</i>	Oxígeno disuelto, Coliformes Fecales, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos, Fósforo total, Turbidez y Sólidos Totales Disueltos.
Carrilo y Villalobos, 2011	<i>Análisis comparativo de los índices de calidad del agua (ICA) de los ríos Tecolutla y Cazonas en el periodo Marzo-Diciembre 2010.</i>	pH, Temperatura, Turbiedad, Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Fosfatos, Nitratos, Sólidos Totales y Coliformes Fecales.
Licona, 2014	<i>Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para la cuenca baja del Río Jamapa, en el Estado de Veracruz.</i>	Demanda Bioquímica de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, Conductividad Eléctrica, Fosfatos Totales, Amonio, Nitratos, pH, Sólidos Suspendidos Totales y Turbiedad.

2.5 Hidrología

La Hidrología es la ciencia que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre; sus propiedades físicas y químicas y su relación con el medio ambiente incluyendo a los seres vivos (SAGARPA, 2012).

Ciencia que estudia las aguas terrestres, su origen, movimiento, distribución en nuestro planeta, propiedades físicas y químicas, interacción en el medio ambiente físico y biológico e influencia en las actividades humanas (SEMARNAT, 2013).

De acuerdo con Aparicio (1989), la hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.

2.5.1 Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico, se considera el concepto principal de la hidrología. El ciclo hidrológico no tiene un principio y ni un fin, ya que puede empezar en cualquier punto. El agua que se encuentra sobre la superficie terrestre se evapora debido al efecto de la radiación solar y el viento. El vapor de agua que se eleva y se transporta por la atmósfera en forma de nubes se condensa y cae hacia la tierra en forma de precipitación. Durante su trayectoria hacia la superficie de la tierra, el agua que se precipita puede volver a evaporarse o ser captada por las plantas o las construcciones, luego fluye por la superficie hasta las corrientes o se infiltra tal como se muestra en la Figura 3.

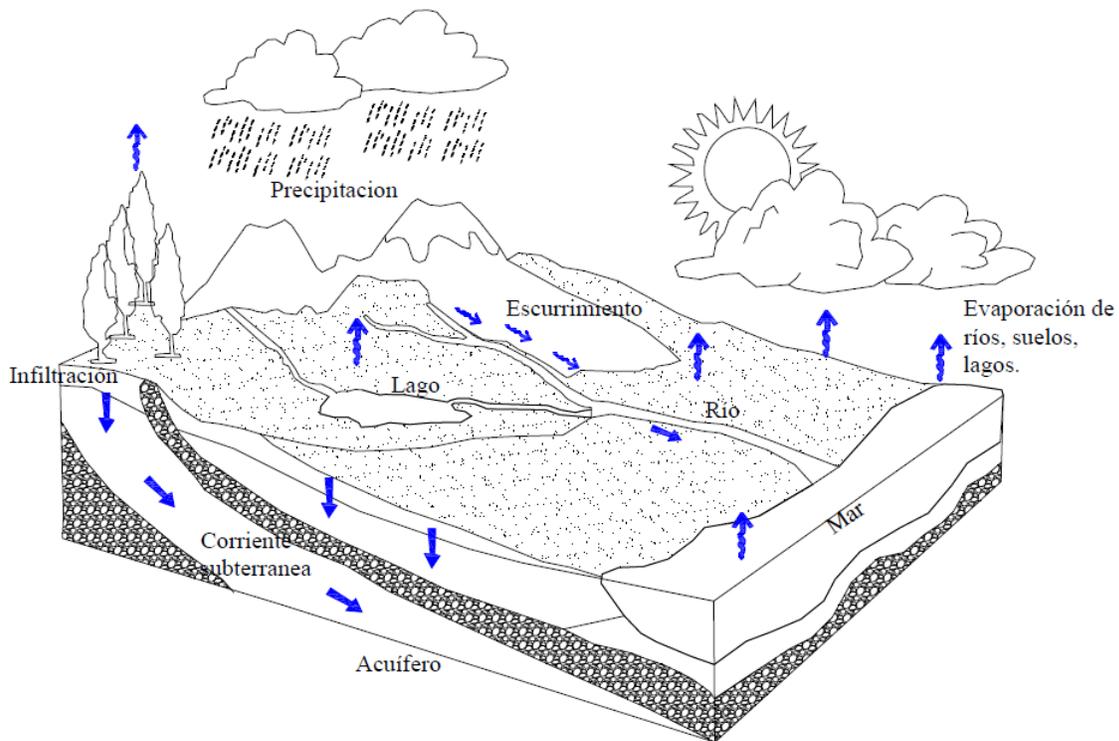


Figura 3. Representación esquemática del ciclo hidrológico. (Tomado de Reyes y Ubaldo, 2009)

El agua captada, la infiltrada y la que recorre la superficie se evaporan nuevamente. De lo precipitado que llega a las corrientes, una parte se infiltra y otra desemboca a océanos y a grandes cuerpos de agua, como lo son presas y lagos.

2.6 Cuenca

2.6.1 Definición de cuenca

De acuerdo con Aparicio (1989), una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corriente hacia un mismo punto de salida.

Otra definición más amplia la menciona Georgia (2003), que dice que una cuenca es más que el terreno o por paisaje físico que está definido por cadenas montañosas con una salida para que el agua fluya.

Existen dos tipos de cuencas: hidrológicas e hidrográficas. La cuenca hidrológica se refiere a la superficie total de tierras que desaguan en un cierto punto de un curso de agua o río; mientras que la cuenca hidrográfica es aquella porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural que puede desembocar ya sea en un lago interior o en el mar.

2.6.1.1 Cuenca hidrológica

Existen diferentes definiciones de lo que es una cuenca hidrológica, pero a continuación se dan a conocer dos definiciones importantes.

Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar (CONAGUA, 2014).

SEMARNAT (2014), define a una cuenca hidrológica como una zona delimitada topográficamente que desagua mediante un sistema fluvial, es decir la superficie total de tierras que desaguan en un cierto punto de un curso de agua o río.

2.6.1.2 Cuenca hidrográfica

Unidad natural definida por la existencia de una división de las aguas en un territorio dado. Las cuencas hidrográficas son unidades morfológicas superficiales.

Sus límites quedan establecidos por la división geográfica principal de las aguas de las precipitaciones pluviales; también conocido como “parteaguas”. El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja (CONAGUA, 2014).

De acuerdo con la SEMARNAT (2014), una cuenca es la porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural que puede desembocar en un lago interior o en el mar, como se muestra en la Figura 4.

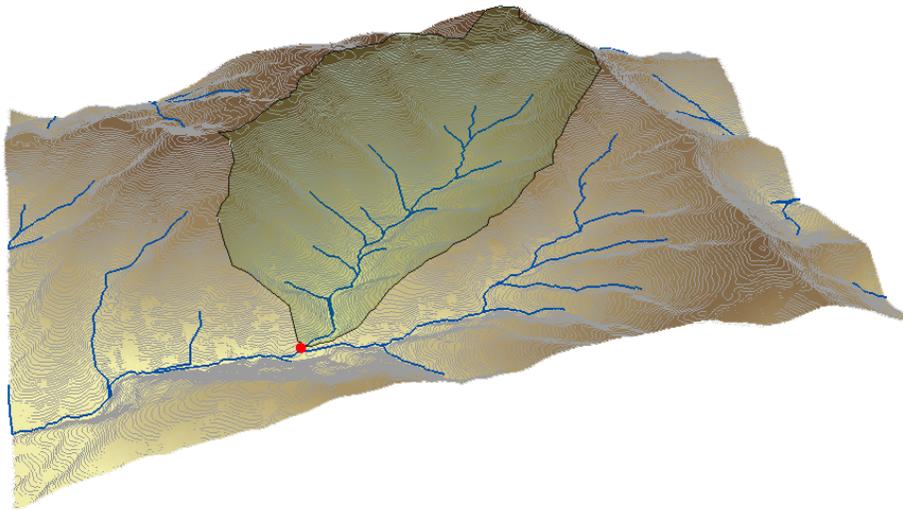


Figura 4. Cuenca hidrográfica. Recuperado de: <http://acolita.com/delimitar-automaticamente-micro-cuenca-hidrografica-especifica-en-arcgis/>

2.6.2 Componentes de una cuenca

Los componentes principales que determinan el funcionamiento de una cuenca son los elementos naturales, que se dividen en biológicos y físicos, y los de generación antrópica (Anaya, 2012).

2.6.2.1 Biológicos

Los bosques, los cultivos y en general los vegetales que conforman la flora, constituyendo junto con la fauna los componentes biológicos (Anaya, 2012).

2.6.2.2 Físicos

El agua, el suelo, el subsuelo y el aire constituyen el componente físico (Anaya, 2012).

2.6.2.3 Socioeconómicos

Son las comunidades que habitan en la cuenca, las que aprovechan y transforman los recursos naturales para su beneficio, construyen obras de infraestructura, de servicio y de producción, los cuales elevan nivel de vida de estos habitantes (Anaya, 2012).

2.6.3 Funciones de una cuenca

Dentro de una cuenca se tienen los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos, cuyas funciones son las siguientes (CCVBA, 2012):

a) Hidrológica

- Captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos.
- Almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración.
- Descarga del agua como escurrimiento (Anaya, 2012).

b) Ecológica

- Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua.
- Provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua (Anaya, 2012).

c) Ambiental

- Constituye sumideros de CO₂.
- Alberga bancos de germoplasma.
- Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos.
- Conserva la biodiversidad.
- Mantiene la integridad y la diversidad de los suelos (Anaya, 2012).

d) Socioeconómica

- Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población.
- Provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad (Anaya, 2012).

2.6.4 Importancia de la cuenca

Las cuencas son más que áreas de desagüe que se encuentran alrededor de las comunidades. También son necesarias para dar apoyo al hábitat para plantas y animales, y proporcionan agua potable a las comunidades, industrias y zonas agrícolas (Anaya, 2012).

2.7 Contaminación del agua en México

La contaminación es uno de los principales problemas que enfrentan los acuíferos en México. Si bien es cierto que las aguas subterráneas suelen ser más difíciles de contaminar que las superficiales, cuando esta contaminación se produce, es más costosa y difícil de eliminar. Sucede así porque las aguas del subsuelo tienen un ritmo de renovación muy lento. Se calcula que mientras el tiempo medio de permanencia del agua en los ríos es de días, en un acuífero es de cientos de años, lo que hace muy difícil su saneamiento. En muchas ocasiones, la situación se agrava por el reconocimiento tardío de que se está deteriorando el acuífero, ya

que como el agua subterránea no se ve el problema puede tardar en hacerse evidente (FUSDA, 2006).

La situación de la disponibilidad del agua no refleja cabalmente la magnitud del problema que enfrentan las sociedades y los ecosistemas naturales. Debido a la descarga continua de aguas residuales domésticas e industriales sin un tratamiento que elimine los contaminantes que contienen, como de los escurrimientos con fertilizantes y plaguicidas provenientes de las actividades agrícolas y pecuarias asentadas en las diferentes cuencas, la calidad de las aguas superficiales y subterráneas se afecta negativamente, poniendo en riesgo la salud de la población y la integridad de los ecosistemas (SEMARNAT, 2012).

Entre los contaminantes más importantes del agua creados por las actividades humanas se encuentran microbios patógenos, nutrientes, sustancias que consumen el oxígeno del agua, metales pesados y materia orgánica persistente, así como sedimentos en suspensión y pesticidas, los cuales, en su mayoría, provienen de fuentes difusas (no localizadas). El calor, que eleva la temperatura de las aguas receptoras de vertidos también puede ser considerado un contaminante. Generalmente, los contaminantes son la causa más importante de la pérdida de calidad del agua en todo el mundo (UNESCO, 2012).

De manera global, el problema más común con respecto a la calidad del agua es la eutrofización, resultado de grandes cantidades de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno), que deteriora considerablemente los usos benéficos del agua (UNESCO, 2012).

2.8 Contaminación del agua en Veracruz

El Estado de Veracruz se caracteriza por disponer de una gran cantidad de recursos hídricos, en comparación con otras entidades del país. La precipitación media anual representa casi el doble de la media nacional y por sus cauces fluye un tercio del escurrimiento total del país (CSVA, 2010).

El problema de la calidad del agua de los principales ríos del Estado de Veracruz, se debe principalmente a los desechos industriales y municipales. De acuerdo con datos de la CONAGUA, indican que entre un 60 y 30% de aguas residuales (de efluentes industriales y municipales, respectivamente) se vierten al Golfo de México, lo que representa aproximadamente mil 28 millones de metros cúbicos de aguas residuales al año, con grandes cantidades de material orgánico (Palomarez, 2010).

La Coordinación Ejecutiva del Comité de Planeación para el Desarrollo de esta entidad (COPLADEVER, 2005), informó que la calidad del agua de 14 ríos registran niveles significativos de contaminación, provocada principalmente por las descargas industriales o de aguas residuales sin tratamiento constituyen el 68% del volumen total que entra a los ríos y sus cauces. Además, alrededor de 300 industrias veracruzanas generan volúmenes de aguas residuales de 672 m³, de los cuales solamente se procesa cerca de 50%.

El sector industrial se ha desarrollado ampliamente en el estado, lo mismo que el sector agrícola, ambos propiciados en importante medida por la disponibilidad hídrica. Ambos sectores desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de las actividades económicas del estado, y han sido impulsados en gran medida por la factibilidad del recurso hídrico (CSVA, 2010).

Es pertinente mencionar que estos sectores, que utilizan considerables recursos hidráulicos, se encuentran en un continuo proceso de modernización, para hacer más eficiente la utilización de su principal insumo, el agua, con el consecuente aumento de su eficiencia, y por ende, de su producción (CSVA, 2010).

Estas actividades producen en suma una carga de residuos que a su descarga en cauces y cuerpos de agua provoca contaminación, en el caso industrial mayoritariamente puntual y en el caso agrícola de tipo difusa (CSVA, 2010).

Barrera *et al.* (1998), evaluaron la contaminación microbiológica de agua, sedimento y ostión en la laguna de Pueblo Viejo, la cual tiene importancia por su actividad pesquera y cercanía con la población humana.

Castañeda *et al.* (2005), encontraron altos niveles de Coliformes Totales y Fecales, así como la presencia de *E. coli*, en agua de diferentes lagunas del Estado de Veracruz, debido a efluentes no tratados de los asentamientos humanos irregulares establecidos en las periferias de los cuerpos de agua.

En el río Jamapa se registraron en el 2004 1,043 (NMP 100 mL⁻¹) de Coliformes Fecales, así como 2 mg L⁻¹ de amonio y una DBO₅ de 5 mg O₂ L⁻¹, por citar otros contaminantes, lo cual a dado como resultado una baja calidad sanitaria del agua de dicho río (SEMARNAT, 2009).

Las principales fuentes de contaminación de los cuerpos de agua en México, y particularmente del Estado de Veracruz, provienen de efluentes de origen urbano, de la actividad agrícola y de la industria (minería, petroquímica, etc.). Dichas fuentes de contaminación generan la eutrofrización de los cuerpos de agua y daños importantes a la biota acuática y al ecosistema en general, por la presencia de contaminantes químicos y biológicos, y que además, afectan directamente al ser humano por el uso de estos recursos (Palomarez, 2010).

2.9.1 Localización

La subcuenca del río Jamapa, se origina en el límite de Puebla y Veracruz a 4,700 m. S. N .M , en la Barranca de Coscomatepec, colectando las corrientes de agua formadas en la zona norte del Pico de Orizaba y suroriente del Cerro de la Cumbre uniéndosele a la altura de Huatusco el río Paso de los Gasparines y el río Xicuitla que se origina en Tlatetela, Ver., en las proximidades con el municipio Paso del Macho se le une el arroyo Ixcualco, afluye por la margen derecha el río el Palmito que nace a 12 km de Soledad de Doblado; después de esta aportación pasa por Medellín de Bravo y 5 km. Aguas abajo de la estación hidrométrica el Tejar afluye en el río Cotaxtla conservando este nombre fluyendo hacia el norte en terrenos planos cultivables, forma meandros y se desvía hacia el oriente a donde afluyen por ambas márgenes el río Moreno y la Laguna Mandinga Grande respectivamente y descargando en el Golfo de México en Boca del Río, como se puede mostrar en la Figura 5 (Ecología, 1991).

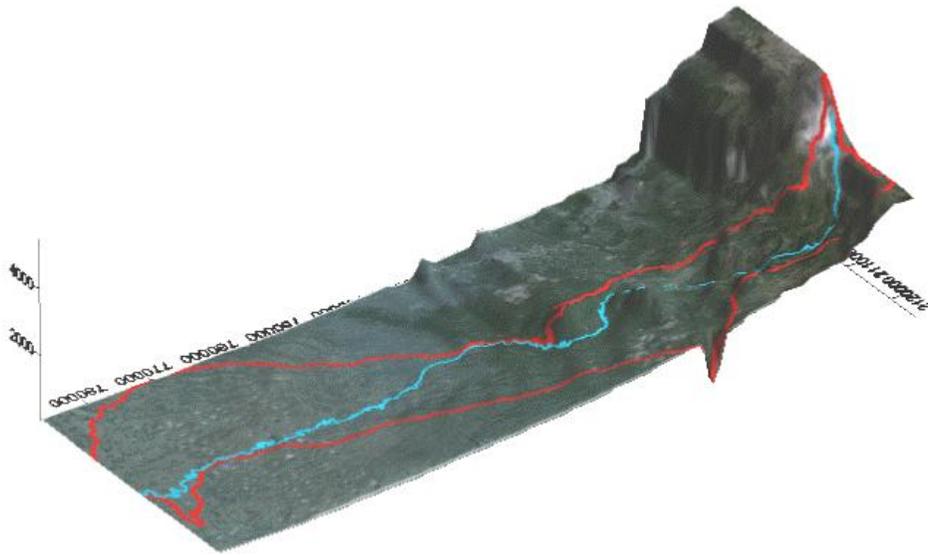


Figura 6. Representación tridimensional de la cuenca del río Jamapa. Tomado de Santamaría, 2011

El río Jamapa y sus principales afluentes nacen en el Pico de Orizaba, cerro Las Cumbres, así como en la parte norte y noroeste de Huatusco, descargando al Golfo de México (Santamaría, 2011).

2.9.2 Geología

La cuenca del río Jamapa se encuentra en la Cuenca de Veracruz, la cual se define como un paquete de sedimentos arcillo-arenosos, conglomeráticos, que en la porción central de la cuenca alcanzan un espesor de 8000 a 9000 m, adelgazándose hacia sus extremos. La secuencia está constituida por sedimentos marinos depositados desde el Paleoceno al Mioceno, con fuertes discordancias, siendo la principal la que deja en contacto sedimentos del Eoceno tardío sobre los del Eoceno temprano y medio, Paleoceno e incluso sobre el Cretácico (Rueda, 2004). En la Figura 7 se muestra la representación de la geología superficial de la cuenca.



Figura 7. Geología superficial en la cuenca del río Jamapa. Tomado de Santamaría, 2011.

2.9.3 Climatología

La clasificación climatológica de la zona de estudio corresponde al método de Köppen, modificado por García, 1988. Se identifican tres grupos climatológicos: A, tropical lluvioso; C, templado lluvioso; y E, frío o polar. En la Figura 8 se muestra la distribución espacial de los climas (Santamaría, 2011).



Figura 8. Climas en la cuenca baja del río Jamapa. Tomado de Santamaría, 2011.

La temperatura media anual es de 23°C, la temperatura máxima promedio es de alrededor de 32°C y se presenta en los meses de abril y mayo; la temperatura mínima promedio es de 13°C y se presenta en el mes de enero (INEGI, 2008).

En la cuenca baja (0 - 400 msnm) del río Jamapa predomina una temperatura media anual de 24 a 26° C, sin embargo, en el extremo este se alcanzan hasta 28°

C, la precipitación disminuye en sentido este a oeste de 1,500 a 1,000 mm anuales y la humedad relativa anual es de 80 % (CSVA, 2006).

2.9.4 Uso y aprovechamiento del agua

2.9.4.1 Fuentes de abasto

Las fuentes de abasto en los diferentes municipios son básicamente de aguas superficiales, a través de presas derivadoras y obras de captación en las márgenes de los ríos, y de agua subterránea, la cual es aprovechada por medio de la captación de manantiales, norias y pozos (CONAGUA, 2011). En la Tabla 10 se muestran las obras de captación oficiales en cada uno de los municipios considerados.

Tabla 10. Fuentes de captación en la cuenca del Río Jamapa. (CONAGUA, 2011)

Nombre	UP	BH	PP	PC	Río	Manantial	Presa	Otra
Medellín	48	1	35	2	10	0	0	0
Jamapa	17	1	9	5	1	1	0	0

Nota: UP: Unidades de producción; BH: Bordo u hoyo de agua; PP: Pozo profundo; PC: Pozo a cielo abierto

2.9.4.2 Usos del agua

Los principales usos del agua son el público urbano, agrícola y el industrial. Destaca el uso agrícola, tanto por lo intensivo de la producción como por su distribución espacial en la cuenca. En segundo término se encuentra el público urbano, el cual empieza a competir con los otros usos. El uso industrial está asociado a las grandes zonas metropolitanas (Santamaría, 2011).

2.9.5 Contaminación del agua del río Jamapa

Como se ha mencionado anteriormente, en el Estado de Veracruz la mayoría de los cuerpos de agua superficiales reciben descargas de aguas residuales

principalmente de origen doméstico-urbano, lo cual ha ocasionado en éstos la presencia de microorganismos patógenos, como los Coliformes Totales y Coliformes Fecales (Palomarez, 2010).

SEMARNAT (2010), indicó que en el 2004, que el río Jamapa se consideraba, de acuerdo al Índice de Calidad del Agua (ICA) obtenido de las estaciones de monitoreo en la Región Golfo Centro, como poco contaminado con presencia de tóxicos.

De acuerdo con datos de la SEMARNAT (2010), en el 2004 el río Jamapa tenía un registro de 1,043 (NMP/100 mL) de Coliformes Fecales, así como 2 mgNH₄⁺/L de amonio y una DBO₅ de 5 mg O₂/L, por citar otros contaminantes. En la Tabla 11, se muestran datos obtenidos de la estación de medición “El Tejar”, Municipio de Medellín.

Tabla 11. Calidad del agua del río Jamapa conforme a parámetros físicos, químicos y biológicos de 1990 al 2004. Tomado y modificado de SEMARNAT, 2007.

Contaminantes	Unidad	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	2000	2001	2002	2003	2004
Amonio (NH ₄ ⁺)	mgN/L	0	0	0	0	0	0.55	0.08	0.11	0	0	0.1	0.2	0	2
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	2,515	28,200	25,200	51	981	4,172	3,454	3,294	1,916	2,435	445	26	86,810	1,043
DBO ₅ (20°C)	mgO ₂ /L	1.23	1.99	1.7	1.28	1.19	1.45	1.69	1.49	1.11	1.1	1.3	1.7	2.3	5
DQO(K ₂ Cr ₂ O ₇)	mgO ₂ /L	13	61.9	22.2	40.6	56.5	16.9	29.6	31.9	24.2	20.8	16	15	34	9.3
Nitratos(NO ₃ ⁻)	mgN/L	0.41	0.75	0.4	0.99	0.84	0.54	0.19	0.98	0.5	0.8	0.5	0.3	13.3	0.6
Ortofosfatos	mg/L	0	0	0.1	0.11	0.11	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L	6.36	6.41	6.08	7.19	6.36	6.47	6.44	6.3	6.24	6.6	6.1	5	5.9	7.3
Sólidos Disueltos	mg/L	0	298	169	1,165	1,830	163	152	151	179	168	179	164	159	161.5
Sólidos Suspendidos	mg/L	22	38.8	16.9	119	68.2	52.6	36	37.2	72.2	13.8	11.1	3.2	77	12
pH		7.7	7.4	7.6	7.5	7.7	7.2	7.4	7.5	7.6	7.2	7.5	7.4	6.9	7.3
Conductividad específica	µmhos/cm	294	284	266	269	238	275	218	209	265	214	234	315	180	271.5
Temperatura	°C	25.5	26.6	25.6	26.5	27.6	26.7	26.7	28.2	27.6	28.8	26.9	27	26.6	28.7

Los datos reflejan solamente la calidad del agua en el sitio del río donde se localiza la estación de medición de la Comisión Nacional del Agua. Vázquez Botello *et al.* (2004), encontraron altos niveles de Níquel y Pb en agua y sedimentos del río Jamapa, posiblemente transportados de las áreas industriales de Córdoba y Orizaba.

Palomarez *et al.* (2007) analizaron metales pesados (As, Cd, Cr, Pb, Hg y Zn) en agua y peces de este río, en el cual encontraron en general, bajos niveles de éstos en el medio, sólo el Cr presentó los valores más elevados (0.008 mg L⁻¹). Sin embargo, los autores encontraron altos niveles de Zn en vísceras de lebrancha y tilapia (33.125 y 55.027 mg kg⁻¹); sólo en la primera especie se encontró 9.742 mg kg⁻¹ de Pb en músculo (tejido comestible).

2.9.5.1 Fuentes de emisión

Entre las fuentes de emisión de contaminantes destacan las de los ingenios El Potrero y Central Progreso, de Fibras Sintéticas, S.A. (FISISA), la unidad Petroquímica de Matapionche, Compañía Herdez, 38 beneficios de café, 17 trapiches e importantes descargas de aguas negras provenientes de las poblaciones de Huatusco, Coscomatepec, Cotaxtla, Soledad de Doblado y Boca del Río (Ecología, 1991).

2.9.5.2 Tipos de contaminantes

La gran mayoría de los contaminantes que se vierten en estos ríos son aportaciones de materiales orgánicos en solución y suspensión fácilmente biodegradables, grasas y aceites, sólidos suspendidos y proliferan los microorganismos coliformes (Ecología, 1991).

2.9.5.3 Efectos de los contaminantes

Como consecuencia de las descargas de aguas residuales y aguas negras en este sistema fluvial, el uso del agua para consumo humano, se debe descartar si no se cuenta con un sistema de potabilización que cumpla con las normas mexicanas de calidad y las normas para aguas superficiales de abastecimiento de agua pública (Ecología, 1991).

Los problemas que se tienen en las regiones de la cuenca alta y cuenca media, mantienen un carácter de índole local y la calidad del agua es aceptable para uso industrial y agrícola (Ecología, 1991).

2.9.5.4 Correlación entre cuerpos receptores y descargas de aguas residuales

La utilización del agua que más afectada resulta, es la del uso doméstico, industrial y piscícola y, la zona donde se tiene más problemas en la calidad del agua, es en la parte media de la cuenca, cercana a la población de Cotaxtla, debido a que en este lugar se encuentra la unidad Petroquímica de Matapionche y sus aguas residuales las vierte en el río Cotaxtla (Ecología, 1991).

En la parte alta de la cuenca donde la corriente es rápida, los efectos de los contaminantes son menores y las aportaciones de materia orgánica de origen urbano e industrial son degradadas con cierta facilidad por la buena oxigenación de la corriente (Ecología, 1991).

Capítulo 3. Metodología

3.1 Localización del área de estudio

La cuenca del río Jamapa se encuentra en la parte central del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave y pertenece a la Región Administrativa X, Golfo Centro, así como a la Región Hidrológica 28 río Papaloapan. El cauce principal y sus principales afluentes nacen en el Pico de Orizaba, cerro Las Cumbres, así como en la parte norte y noroeste de Huatusco, descargando al Golfo de México. En la Figura 9 se muestra la ubicación de las Regiones Hidrológicas que abarcan al estado de Veracruz.

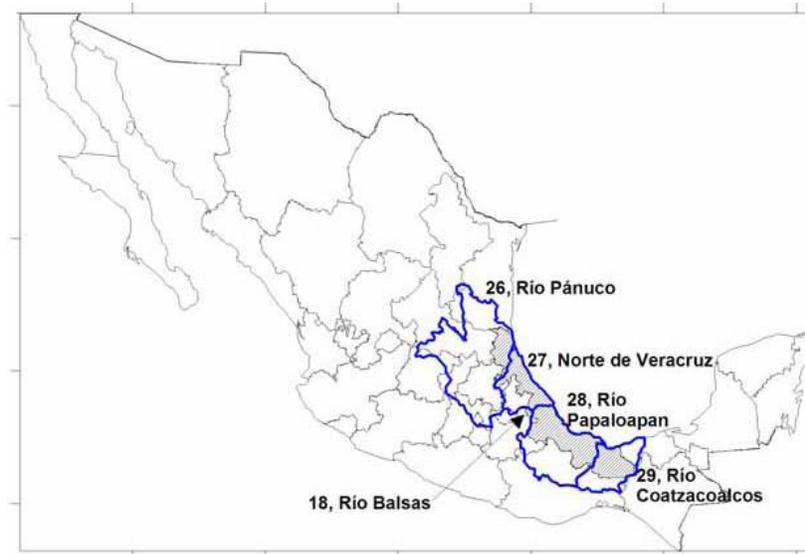


Figura 9. Regiones hidrológicas asociadas con el estado de Veracruz. Tomado de Santamaría, 2011.

3.1.1 Límites hidrológicos

La delimitación del parteaguas de la unidad hidrológica de interés se llevó a cabo por medio del uso de las cartas topográficas escala 1:50000 editadas por el INEGI. Por medio de la digitalización de las curvas de nivel, hidrografía e infraestructura, se obtuvo el plano específico de la cuenca. Las cartas utilizadas son las siguientes: E14-B47, Huatusco – Veracruz; E14B48, Soledad del Doblado; E14B49, Veracruz-Veracruz; E14B59, Piedras Negras; E14B58, Cotaxtla; E14B57,

Córdoba y E14B46, Coscomatepec de Bravo Pue-Ver. En la Figura 10 se muestra una representación tridimensional de la cuenca.

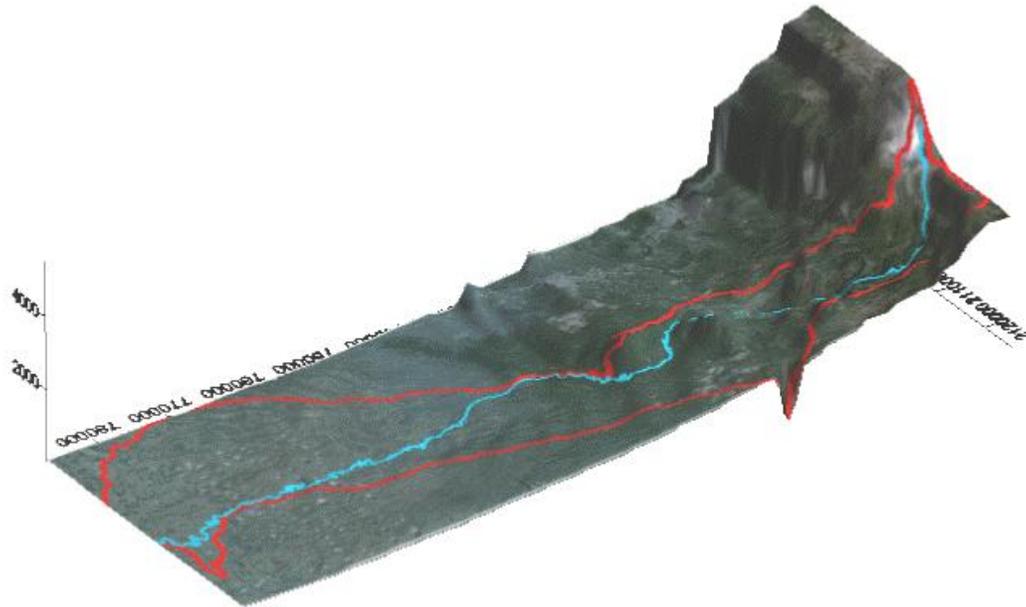


Figura 10. Representación tridimensional de la cuenca del río Jamapa. Tomado de Santamaría, 2011.

3.2 Muestreo y análisis de parámetros

Se realizaron 12 muestreos a lo largo de un año (Agosto 2013 – Julio 2014). Los puntos de muestreo fueron: Jamapa, Zapotal, Ixcoalco, Planta Potabilizadora “El Tejar” y Medellín, como se muestran en la Figura 11.

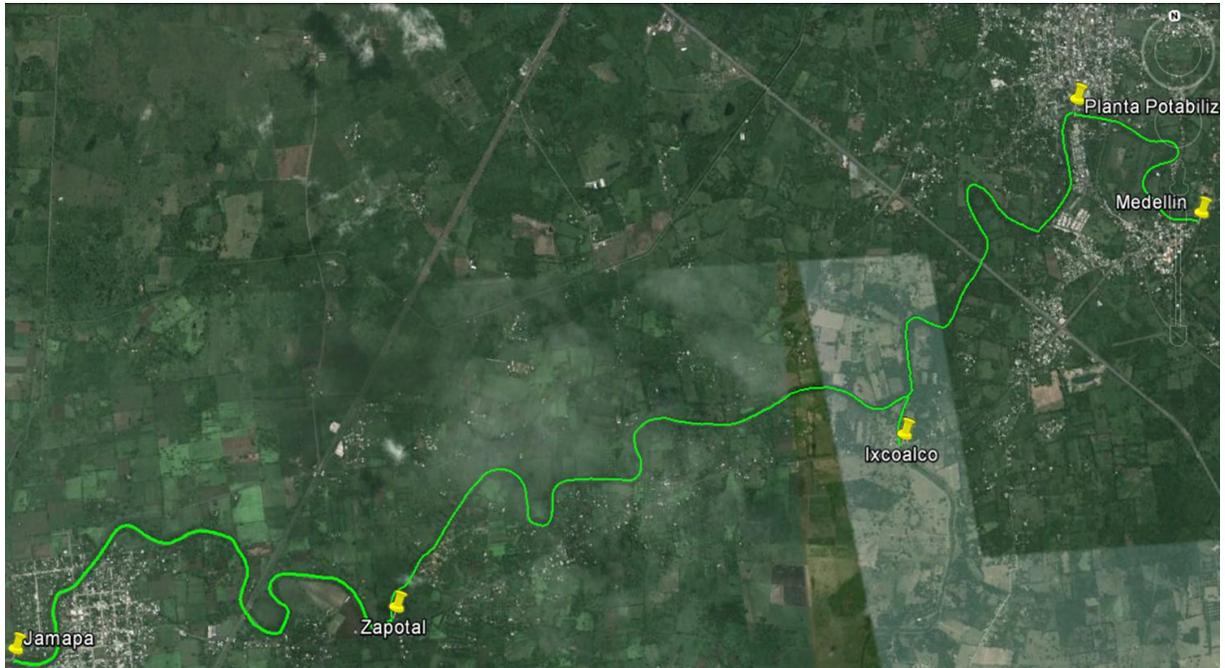


Figura 11. Puntos de muestreo: Jamapa, Zapotal, Ixcoalco, Planta Potabilizadora “El Tejar” y Medellín. Fuente: Google Earth, Octubre 2014.

Se realizaron *in situ* mediciones de pH, salinidad, temperatura y conductividad eléctrica con ayuda del multíparamétrico HANNA 9828. En laboratorio se analizaron los siguientes parámetros: Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Sólidos Suspendedos Totales, Turbiedad, Nitratos, Amonio y Fósforo. En cada muestreo, se recolectaron 5 muestras en frascos de plástico de 1 Litro, sin tratamiento para análisis de turbiedad, nitratos, amonio, fósforo, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno y oxígeno disuelto. También se recolectaron 5 muestras en frascos de vidrio de 200 mL esterilizados para análisis de coliformes totales y coliformes fecales.

Los análisis de parámetros físico-químicos: demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, fósforo, nitratos, amonio, turbiedad y sólidos suspendidos totales, así como microbiológicos: coliformes totales y coliformes fecales fueron realizados en el Laboratorio de Ingeniería Ecológica, Ambiental y Ciencias ubicado en el Plantel del Instituto Tecnológico de Veracruz. Los análisis realizados se hicieron de acuerdo a los métodos de los procedimientos del Manual Métodos

Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales (APHA-AWWA-WPCF, 1990).

Los métodos utilizados para los análisis físico-químicos y bacteriológicos se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Métodos para los análisis físico-químicos y bacteriológicos. Fuente: APHA-AWWA-WPCF, 1990.

Parámetro	Método
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Modificación de Azida
Sólidos Suspendidos Totales	Sólidos Totales Secados a 103-105 °C
Turbiedad	Nefelométrico
Nitratos	Espectrométrico Ultravioleta Selectivo
Amonio	Fenol
Fósforo	Colorimétrico del Ácido Vanadomolibdofosfórico
Coliformes Fecales	Número Más Probable

3.3 Cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA)

Para estimar los valores del Índice de Calidad del Agua (ICA), se determinó por el método de SEMARNAT (CONAGUA, 1999), evaluando los parámetros mencionados con anterioridad.

El cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) se realizó aplicando la siguiente ecuación:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Dónde:

ICA = Índice de Calidad del Agua

I_i = Índice de Calidad para el parámetro I

W_i = Coeficiente de ponderación de parámetro i

n = Número de parámetros

Los pesos relativos de los parámetros se muestran en la Tabla 13

Tabla 13. Pesos relativos para cada parámetro. Fuente: CONAGUA, 1999.

Parámetro	W_i
Demanda Bioquímica de Oxígeno	5.0
Oxígeno Disuelto	5.0
Coliformes Fecales	4.0
Fosfatos Totales	2.0
Amonio	2.0
Nitratos	2.0
pH	1.0
Sólidos Suspendidos Totales	1.0
Turbiedad	0.5
Temperatura	0.12

La ecuación del Índice de Calidad del Agua (ICA), genera un valor entre 0 y 100 que califica la calidad del agua y en función del uso de ésta, nos permite estimar el nivel de contaminación del río. Una vez obtenido el valor de la ecuación se interpreta mediante la clasificación del Índice de Calidad del Agua (ICA), propuesta por Brown (1970), cómo se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Rango de clasificación del Índice de Calidad del Agua (ICA), de acuerdo al criterio general. Fuente: Fernández y Solano, 2005.

Rango	Criterio general	Color indicador
91 – 100	Excelente	Blue
71 – 90	Aceptable	Green
51 – 70	Poco contaminado	Yellow
26 – 50	Contaminado	Brown
0 – 25	Altamente contaminado	Red

El agua con un ICA mayor de 90 son capaces de tener una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería seguro para todas las formas de contacto directo con ella, ya que se encuentra en una forma muy similar o

totalmente pura a como se encuentra en la naturaleza, sin ningún agente contaminante que la altere y no requiere de tratamiento.

El agua en un rango de 71 a 90 se considera como buena, aunque para su consumo requeriría una purificación menor, para cultivos que requieren de alta calidad de agua de riego, necesitaría de un tratamiento menor ya que se encuentra algún agente contaminante y por lo tanto es menor su calidad.

En el rango 51 a 70 se encuentra el agua regular, tiene generalmente menor diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de algas, es dudosa la pesca sin riegos a la salud. Es un agua contaminada por diversos agentes, para consumo humano necesita de tratamiento potabilizador aunque es utilizable en la mayoría de los cultivos.

Se encuentra en la categoría de mala, el agua en el rango de 26 a 50. Es inaceptable para su consumo y requiere de tratamiento, en el uso en agricultura se requiere de tratamiento o solo en cultivos muy resistentes. Ya se presenta una problemática con la contaminación.

El agua con un ICA de 0 a 25 se considera como pésima, es inaceptable para cualquier clase de contacto, ya sea consumo, actividades industriales y recreativas, o riego.

En la Tabla 15, se muestran los usos que se les da al agua según la calidad que tenga.

Tabla 15. Usos del agua según su Índice de Calidad del Agua (ICA). Fuente: Fernández y Solano, 2005.

ICA	Usos				
	Agua potable	Agrícola	Pesca y vida acuática	Industrial	Recreativo
91 – 100	No requiere purificación para consumo	No requiere purificación para riego	Pesca y vida acuática abundante	No se requiere purificación	Cualquier tipo de deporte acuático
71 – 90	Purificación menor requerida	Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua	Pesca y vida acuática abundante	Purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua para operación	Cualquier tipo de deporte acuático
51 – 70	Tratamiento potabilizador necesario	Utilizable en mayoría de cultivos	Límite para peces muy sensitivos y dudosa la pesca sin riesgos de salud	No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal	Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias
26 – 50	Inaceptable para consumo	Uso solo en cultivos muy resistentes o tratamiento necesario para la mayoría de los cultivos	Vida acuática limitada a especies muy resistentes e inaceptable para actividad pesquera	Tratamiento para mayoría de usos	Dudosa para contacto con el agua. Evitar contacto
0 – 25	Inaceptable para consumo	Inaceptable para riego	Inaceptable para vida acuática	Inaceptable para cualquier industria	Contaminación visible, evitar cercanía. Inaceptable para recreación

Capítulo 4. Resultados

El propósito de este trabajo de investigación fue determinar la calidad de agua del río Jamapa, en cinco sitios ubicados a lo largo de su cuenca baja. Además, se buscó evaluar la calidad del agua en las zonas urbanas próximos a los márgenes del río, así como agrícolas e industriales.

El análisis físico, químico y biológico de las muestras de agua nos proporcionó valores que determinaron el cumplimiento o no del agua del río Jamapa con relación a los estándares de calidad de aguas. Estos valores fueron discutidos para cada parámetro que se determinaron para el índice de calidad del agua en los diferentes sitios de muestreo. Se consideró tomar muestras en tres eventos, norte, seco y lluvia, para comparar diferencias en la posible aportación de contaminantes.

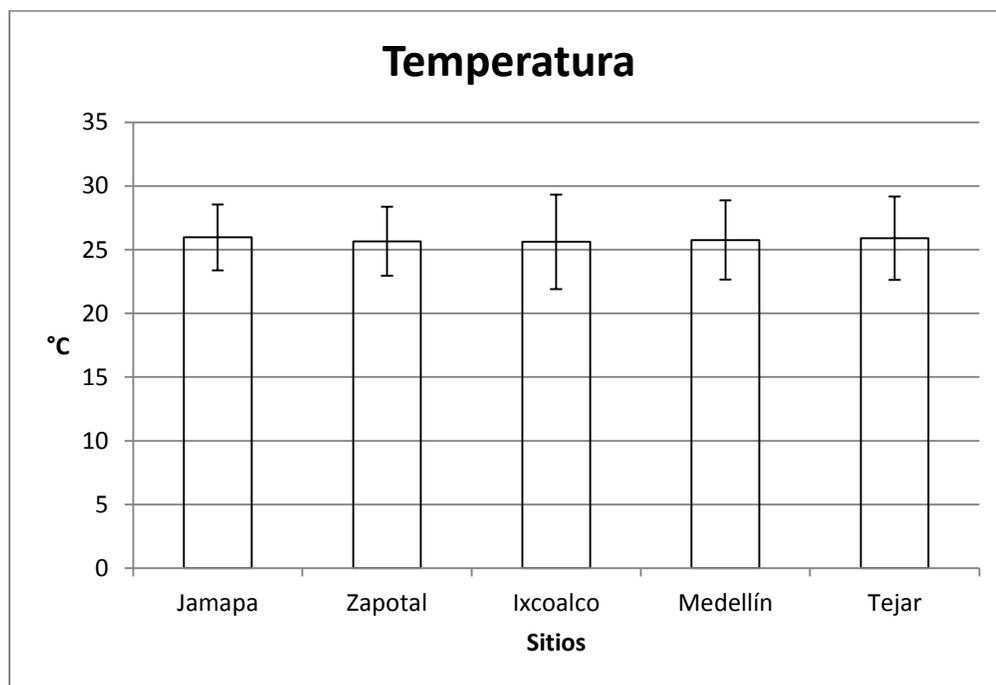
4.1 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos

Para cada sitio se calcularon los valores promedio y la desviación estándar de cada uno de los parámetros muestreados en las diferentes épocas (lluvias, nortes y secas).

Las concentraciones promedio, con su respectiva desviación estándar, del análisis de los parámetros de la calidad del agua que fueron contemplados en este trabajo por cada sitio muestreado se presentan en gráficas y una breve descripción de los valores que fluctuaron por cada época de muestreo a continuación. Asimismo, en la Tabla 16 se muestran los sitios de muestreo con los parámetros estudiados y sus valores promedio obtenidos a lo largo del muestreo Agosto 2013 – Julio 2014.

Temperatura. La temperatura afecta la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la velocidad de fotosíntesis de algas y plantas acuáticas, la velocidad metabólica de organismos acuáticos y la sensibilidad de los organismos a desechos tóxicos. Como se observa en la Gráfica 1, la temperatura es igual en los cinco sitios que se

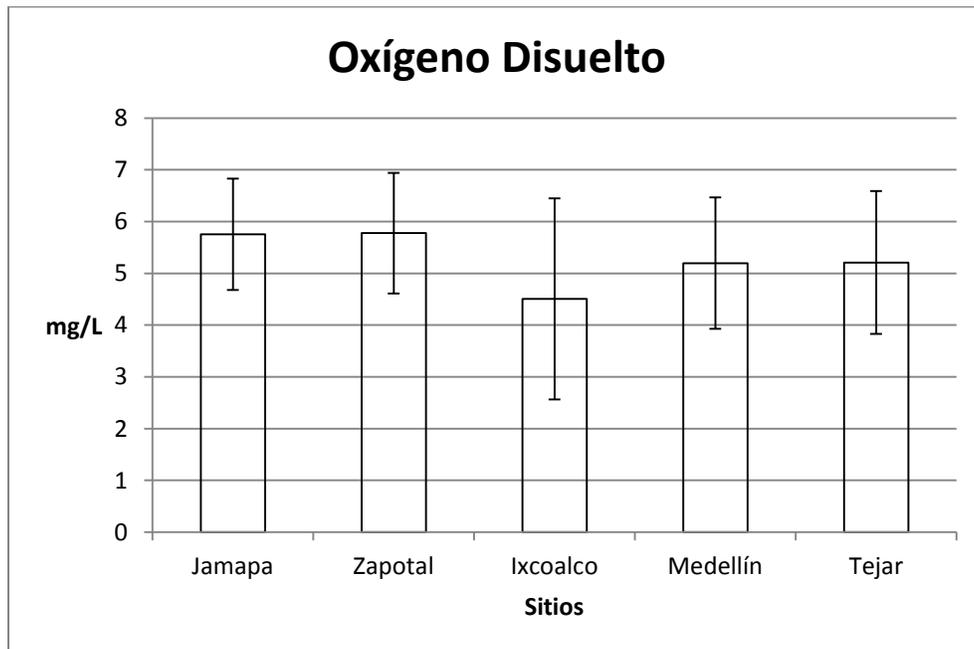
monitorearon. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fluctuaron entre 30°C y 24.68°C, en la temporada de nortes los valores fluctuaron entre 25.5°C y 20.2°C, mientras que en la temporada de secas estuvieron entre 30.68°C y 24.73°C.



Gráfica 1. Valores promedio y desviación estándar de Temperatura para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.

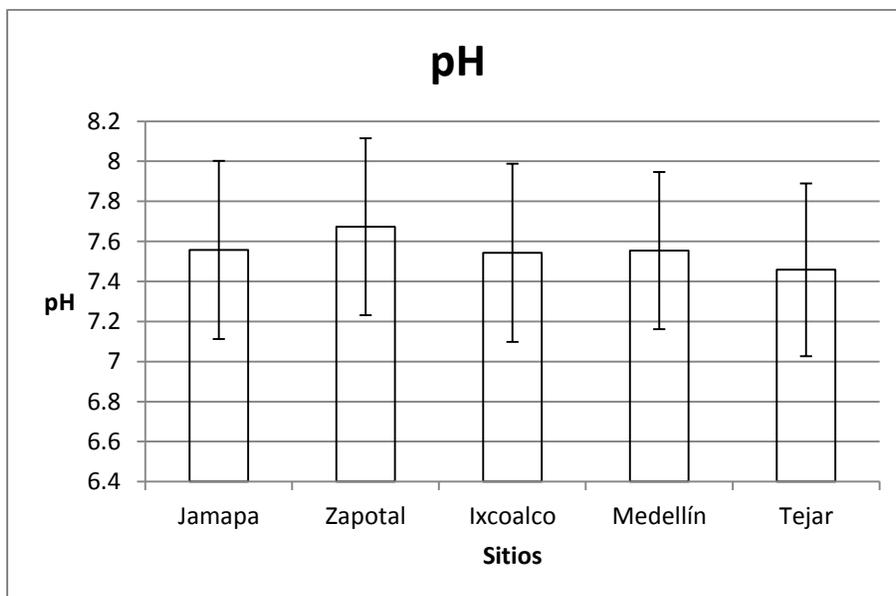
Oxígeno Disuelto. El oxígeno disuelto es un gas muy relevante en dinámica de aguas. Su solubilidad es función de varios factores: temperatura, presión, coeficiente de solubilidad, tensión de vapor, salinidad y composición fisicoquímica del agua. Como se observa en la Gráfica 2, los sitios de Jamapa y Zapotal presentan valores similares (5.75 mg/L y 5.77 mg/L respectivamente), al igual que Medellín y El Tejar (5.19 mg/L y 5.20 mg/L respectivamente), solo Ixcoalco se encontró por debajo (4.50 mg/L) comparado con los sitios antes mencionados. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fluctuaron entre 7.7 mg L⁻¹ y 1.23 mg L⁻¹, en la temporada de nortes los valores fluctuaron entre 7.1 mg L⁻¹ y 4.98 mg

L⁻¹, mientras que en la temporada de secas estuvieron entre 7.21 mg L⁻¹ y 1.68 mg L⁻¹.



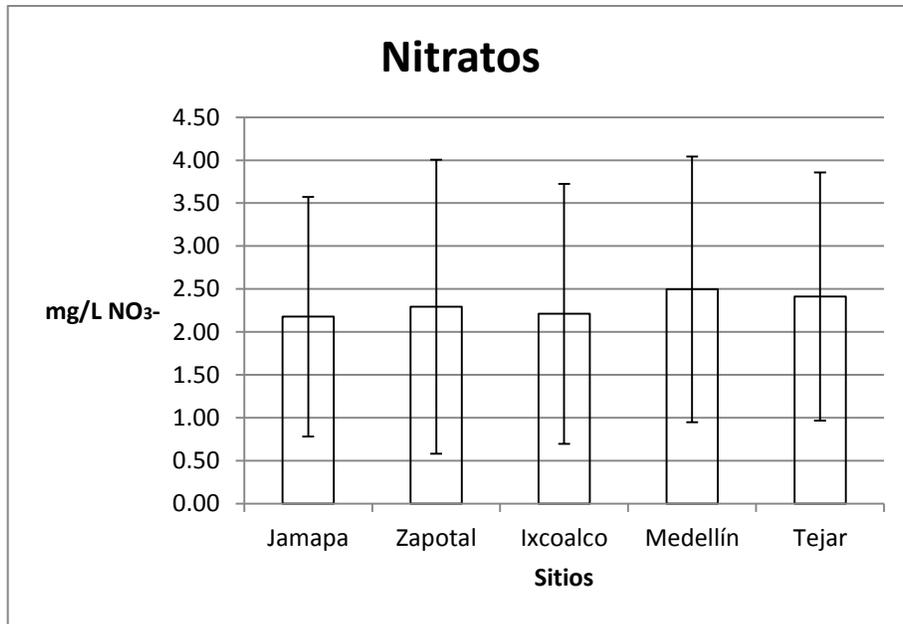
Gráfica 2. Valores promedio y desviación estándar de Oxígeno Disuelto para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.

pH. El pH del agua se debe sobre todo al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. Todas las fuentes de agua son aguas ligeramente ácidas, que se demuestra con los resultados obtenidos en los análisis, los cuales están dentro del rango establecido en la Ley Federal de Derechos de 6.0 – 9.0. Si podemos observar en la Gráfica 3, se muestra que en los cinco sitios tienen un valor promedio de pH entre 7.4 y 7.6. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fluctuaron entre 7.9 y 6.6, en la temporada de nortes los valores fluctuaron entre 8.15 y 7.18, mientras que en la temporada de secas estuvieron entre 7.95 y 6.7.



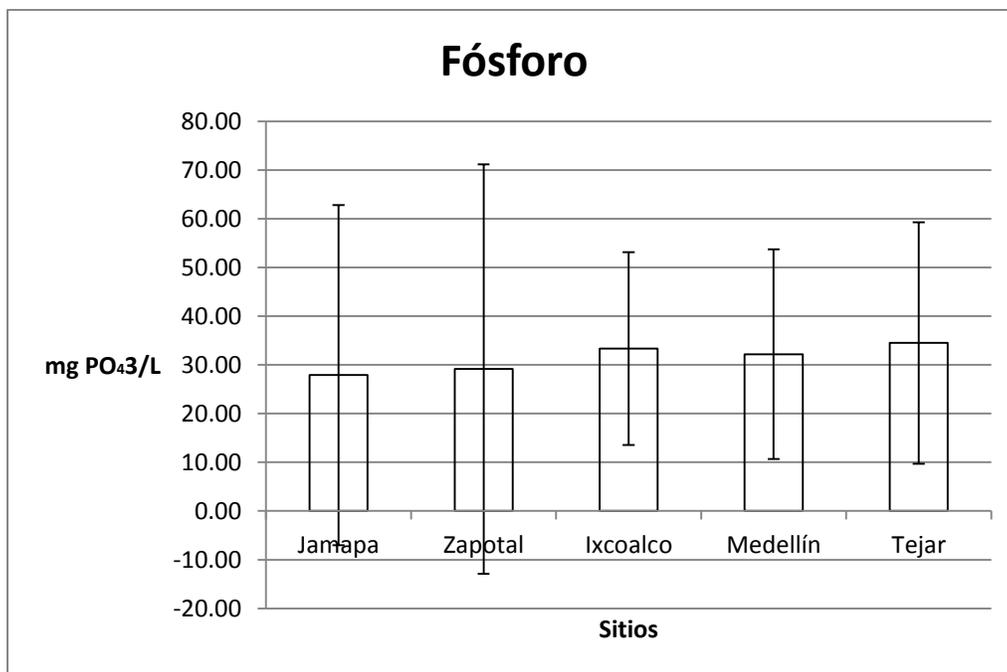
Gráfica 3. Valores promedio y desviación estándar de pH para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.

Nitratos (NO_3^-). El uso de fertilizantes naturales y artificiales en las zonas agrícolas y los efluentes de granjas animales provocan la aparición de nitratos en las aguas superficiales. Como se observa en la Gráfica 4, los sitios de Medellín y El Tejar presentan un valor promedio similar (2.49 mg L^{-1} y 2.41 mg L^{-1} respectivamente), mientras que en Jamapa, Zapotal e Ixcohalco se observó un poco por debajo de los dos sitios antes mencionados (2.18 mg L^{-1} , 2.29 mg L^{-1} y 2.20 mg L^{-1}). Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fluctuaron entre 5.87 mg L^{-1} y 1.07 mg L^{-1} , en la temporada de nortes los valores fluctuaron entre 1.57 mg L^{-1} y 0.94 mg L^{-1} , mientras que en la temporada de secas estuvieron entre 5.39 mg L^{-1} y 0.74 mg L^{-1} .



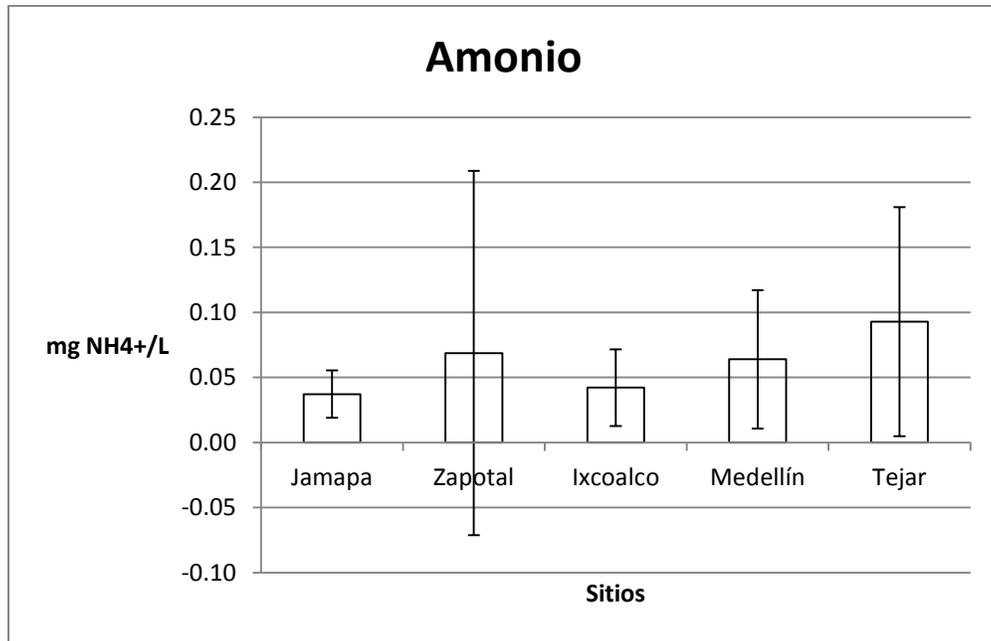
Gráfica 4. Valores promedio y desviación estándar de Nitratos (NO_3^-) para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.

Fósforo total (PO_4^{3-}). El fósforo se introduce al agua principalmente por erosión y por descargas de aguas residuales. Se encuentra en aguas naturales y residuales predominantemente en forma de fosfatos. En la Gráfica 5, se observa que Jamapa presentó menor concentración de Fósforo (27.89 mg L^{-1}), mientras que el sitio de El Tejar presentó una concentración de 34.48 mg L^{-1} de Fósforo. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fluctuaron entre 114.62 mg L^{-1} y 4.76 mg L^{-1} , en la temporada de nortes los valores fluctuaron entre 41.53 mg L^{-1} y 4.98 mg L^{-1} , mientras que en la temporada de secas estuvieron entre 78.07 mg L^{-1} y 4.98 mg L^{-1} .



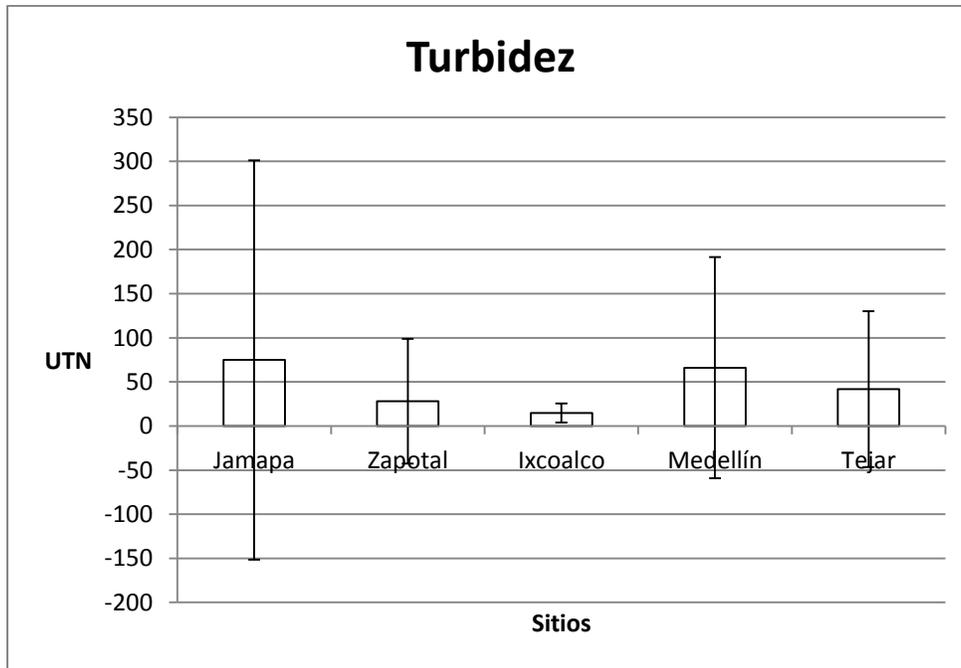
Gráfica 5. Valores promedio y desviación estándar de Fósforo (PO_4^{3-}) para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.

Amonio (NH_4^+). Los resultados promedio obtenidos, como se muestra en la Gráfica 6, en los cinco sitios fluctuaron entre 0.4 mg L^{-1} y 0.9 mg L^{-1} valores que se encuentran dentro del límite de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996, esto quiere decir que el agua carece de contaminación de amonio. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fluctuaron entre 0.20 mg L^{-1} y 0.02 mg L^{-1} , en la temporada de nortes los valores fluctuaron entre 0.30 mg L^{-1} y 0.02 mg L^{-1} , mientras que en la temporada de secas estuvieron entre 0.51 mg L^{-1} y 0.02 mg L^{-1} .



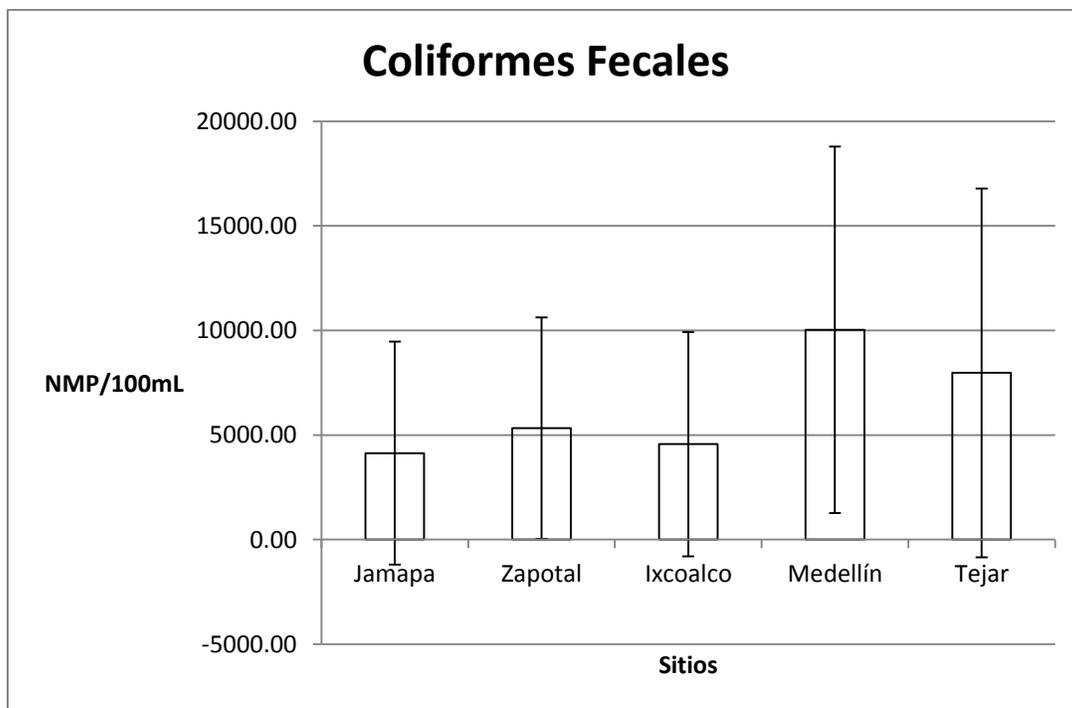
Gráfica 6. Valores promedio y desviación estándar de Amonio (NH_4^+) para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.

Turbidez. La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. En la Gráfica 7, en el sitio de Jamapa presenta un valor promedio de 74.83 UTN, que se encuentra por arriba del límite máximo permisible de la Ley Federal de Derechos. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fluctuaron entre 792.80 y 3.86 UTN, en la temporada de nortes los valores fluctuaron entre 139.59 y 0.95 UTN, mientras que en la temporada de secas estuvieron entre 25.22 y 0.93 UTN



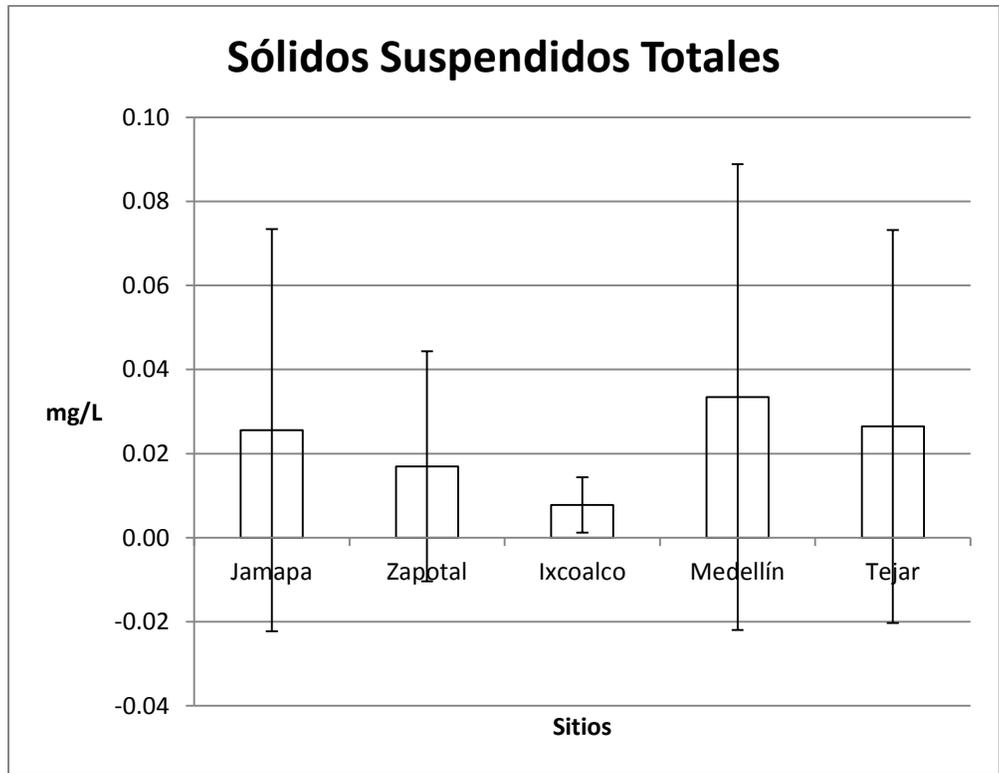
Gráfica 7. Valores promedio y desviación estándar de Turbidez para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.

Coliformes fecales. Los gérmenes patógenos habitualmente transmitidos por el agua viven en los intestinos del hombre y de los animales de sangre caliente. Los coliformes fecales influyen directamente en la contaminación del agua. Los resultados de Coliformes Fecales se muestran en la Gráfica 8, donde podemos observar que la contaminación proviene de restos fecales en los cinco sitios muestreados. Por ejemplo en el sitio de Medellín se obtuvo un valor de 10033.013 NMP/100 mL y en el sitio de Jamapa se obtuvo el valor de 4133.61 NMP/100 mL, esto nos quiere decir que el agua en ninguno de los cinco sitios es apta para consumo humano y que hay un vertimiento de restos fecales al río que va en aumento y no tiene ningún tratamiento. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fluctuaron entre 19053.51 NMP 100 mL⁻¹ y 30.46 NMP 100 mL⁻¹, mientras que en la temporada de nortes y secas estuvieron entre 19053.51 NMP 100 mL⁻¹ y 35.86 NMP 100 mL⁻¹.



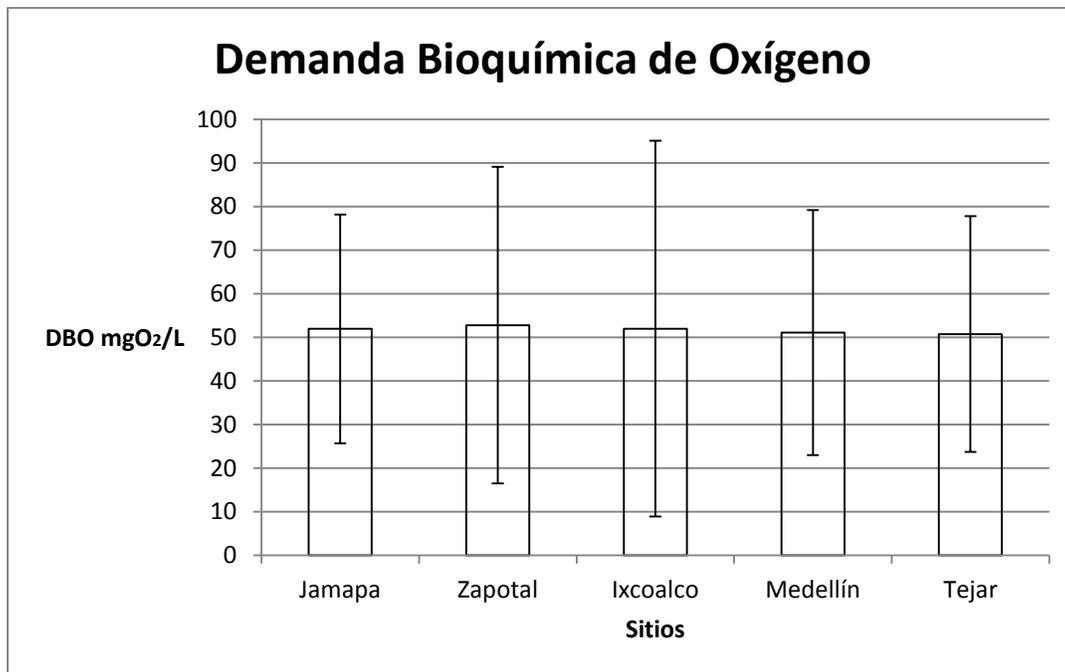
Gráfica 8. Valores promedio y desviación estándar de Coliformes Fecales para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.

Sólidos Suspendidos Totales. Los resultados promedio obtenidos, como se muestra en la Gráfica 9, en los cinco sitios fluctuaron entre 0.007 mg L^{-1} y 0.3 mg L^{-1} valores que se encuentran dentro del límite de la Ley Federal de Derechos. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fluctuaron entre 0.1980 mg L^{-1} y 0.0003 mg L^{-1} , en la temporada de nortes los valores fluctuaron entre 0.0183 mg L^{-1} y 0.0003 mg L^{-1} , mientras que en la temporada de secas estuvieron entre 0.0340 mg L^{-1} y 0.0010 mg L^{-1} .



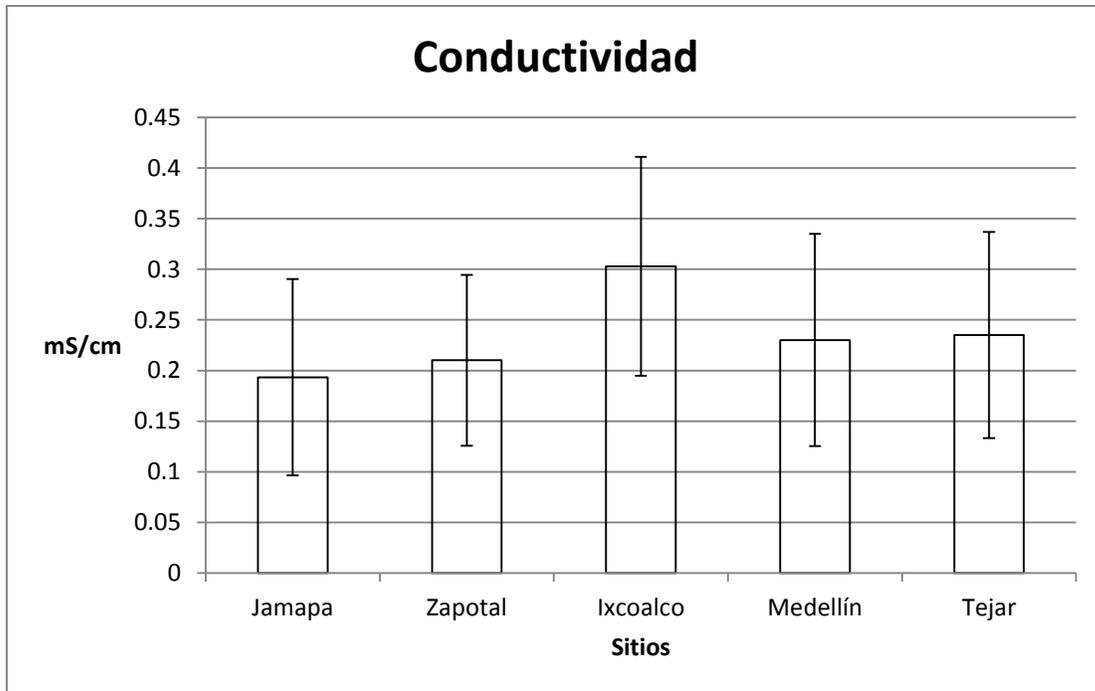
Gráfica 9. Valores promedio y desviación estándar de Sólidos Suspendidos Totales para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). La DBO, es una característica cuantificable del grado de contaminación del agua a partir de su contenido de sustancias biodegradables, ya que nos indica la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación bioquímica, de los compuestos orgánicos degradables existentes en el agua. Los resultados promedio obtenidos, como se muestra en la Gráfica 10, en los cinco sitios fluctuaron entre 50.74 mgO₂ L⁻¹ y 52.79 mgO₂ L⁻¹ valores que se encuentran dentro de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fluctuaron entre 161.28 mgO₂ L⁻¹ y 0 mgO₂ L⁻¹, en la temporada de nortes los valores fluctuaron entre 89.76 mgO₂ L⁻¹ y 21.11 mgO₂ L⁻¹, mientras que en la temporada de secas estuvieron entre 87.48 mgO₂ L⁻¹ y 10.56 mgO₂ L⁻¹.



Gráfica 10. Valores promedio y desviación estándar de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.

Conductividad Eléctrica. Los resultados promedio obtenidos, como se muestra en la Gráfica 11, en los cinco sitios fluctuaron entre 0.19 mS cm⁻¹ y 0.3 mS cm⁻¹. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fluctuaron entre 0.338 mS cm⁻¹ y 0.031 mS cm⁻¹, en la temporada de nortes los valores fluctuaron entre 0.387 mS cm⁻¹ y 0.237 mS cm⁻¹, mientras que en la temporada de secas estuvieron entre 0.386 mS cm⁻¹ y 0.023 mS cm⁻¹.



Gráfica 11. Valores promedio y desviación estándar de Conductividad para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.

4.2 Índice de Calidad del Agua de la Cuenca baja del río Jamapa

A continuación, en la Tabla 16 se muestran los cinco sitios de muestreo con sus respectivos valores promedios obtenidos a lo largo del año del monitoreo en el río Jamapa.

Tabla 16. Valores promedio obtenidos en el muestreo Agosto 2013 – Julio 2014 del río Jamapa. Elaborado por Licona, 2014

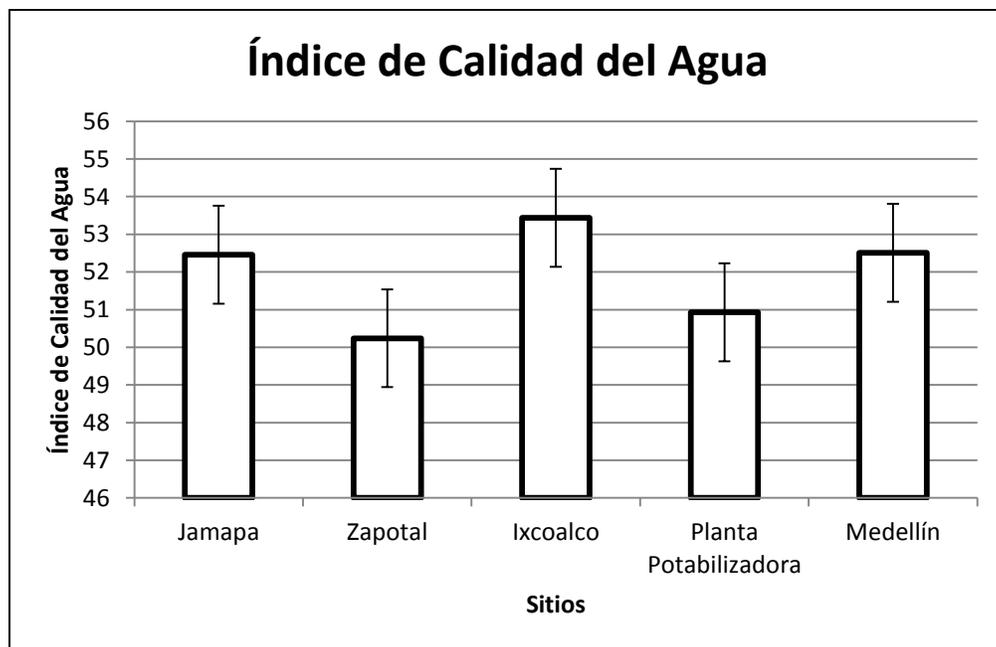
Parámetros	Unidades	Sitios de muestreo				
		Jamapa	Zapotal	Ixcoalco	Planta Potabilizadora “El Tejar”	Medellín
pH		7.55	5.77	7.54	7.55	7.45
Temperatura	°C	25.96	25.66	25.61	25.76	25.9
Turbidez	UTN	74.83	28.13	14.61	66.08	41.71
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	5.75	5.77	4.50	5.19	5.20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mgO ₂ /L	51.91	52.79	51.96	51.09	50.74
Fósforo (PO ₄ ³⁻)	mg/L	27.89	29.14	33.34	32.17	34.48
Amonio (NH ₄ ⁺)	mg/L	0.04	0.07	0.04	0.06	0.09
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	2.18	2.29	2.20	2.49	2.41
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	0.03	0.02	0.007	0.03	0.2
Coliformes Fecales	NMP/ 100 mL	4133.61	5325.60	4566.07	10033.01	7970.62

Los valores promedios en los cinco sitios muestreados a lo largo de un año (Agosto 2013 – Julio 2014) fueron utilizados para calcular el Índice de Calidad del Agua de la Cuenca baja del río Jamapa.

Una vez utilizados los cálculos correspondientes para determinar el Índice de Calidad del Agua de los cinco sitios ubicados en la Cuenca baja del río Jamapa monitoreado en el ciclo Agosto 2013 – Julio 2014, se presentan los siguientes resultados.

Tabla 17. Índice de Calidad del Agua obtenidos de los cinco sitios de muestreo, del monitoreo Agosto 2013- Julio 2014. Elaborado por Licona, 2014

Parámetros	Unidades	Peso relativo (W _i)	Índice de Calidad del Agua				
			Sitios de muestreo				
			Jamapa	Zapotal	Ixcoalco	Planta Potabilizadora "El Tejar"	Medellín
pH		1	92	45	91.8	92	91.5
Temperatura	°C	0.12	17	18.5	17.9	18.3	18
Turbidez	UTN	0.5	28.5	55	69.9	31.8	45.9
Oxígeno Disuelto (OD)	% Sat.	5.0	74.9	77	45.1	67.5	66.9
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mgO ₂ /L	5.0	2	2	2	2	2
Fósforo (PO ₄ ³⁻)	mg/L	2.0	2	2	2	2	2
Amonio (NH ₄ ⁺)	mg/L	2.0	100	100	100	100	100
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	2.0	90	88.5	89.4	86.5	86.7
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	1.0	99.7	99.8	99.9	99.7	99.8
Coliformes Fecales	NNMP 100 mL ⁻¹	4.0	18.5	14.6	16.4	9.5	12.3
Promedio ICA			52.46	50.24	53.44	50.93	52.51



Gráfica 12. Índice de Calidad del Agua y desviación estándar de para los cinco sitios de muestreo del río Jamapa, correspondientes a los municipios de Jamapa y Medellín.

En la Gráfica 12, se puede observar que en los cinco sitios de muestreo reflejan un Índice de Calidad del Agua muy semejante, sin embargo, se observan diferencias muy pequeñas entre punto y punto. Por lo que podemos definir que el agua en la cuenca baja del río Jamapa esta “poco contaminada”, de acuerdo a las tablas de referencia del Índice de Calidad del Agua (ICA).

Capítulo 5. Análisis y Discusión

El propósito de este trabajo de investigación fue determinar la calidad del agua del río Jamapa, en cinco sitios ubicados en el cauce de su cuenca baja. En la zona de estudio se ubicaron cinco sitios de muestreo: Jamapa, Zapotal, Ixcoalco, Planta Potabilizadora “El Tejar” y Medellín.

La contaminación del río Jamapa tiene como origen las descargas de aguas residuales domésticas, ya que es una de las fuentes principales de contaminación biológica, así como las descargas de aguas residuales industriales, que vierten algunos compuestos químicos tóxicos ya que algunos son difíciles de degradar por tratamientos convencionales.

En cuanto a coliformes fecales, se obtuvieron valores de 19053.51 NMP 100 mL⁻¹ en los cinco sitios de muestreo, en épocas de lluvia, norte y secas. SEMARNAT (2009), registró en el 2003 una concentración de 86.81 NMP 100 mL⁻¹ de coliformes fecales en el río Jamapa, mientras que en el 2004 se encontraron 1,043 NMP 100 mL⁻¹ de coliformes fecales. Estos datos fueron obtenidos en la Planta Potabilizadora “El Tejar”, junto con otros parámetros de calidad. Esto quiere decir, que puede haber indicios de contaminación de origen urbano y de escurrimiento de zonas agrícolas en el cauce de la cuenca, que a lo largo del tiempo puede seguir perjudicando la calidad del agua del río Jamapa.

Cabe mencionar que los valores obtenidos en los cinco sitios de muestreo en cuanto a coliformes están muy por arriba del límite máximo permisible de las normas oficiales mexicanas, por ejemplo la NOM-001-SEMARNAT-1996 y la NOM-003-SEMARNAT-1997 establecen un límite de 1000 NMP/100 mL en promedio mensual y la NOM-127-SSA1-1994 establece que no debe de haber presencia de coliformes fecales en el agua y los valores obtenidos de coliformes fecales fluctuaron entre 19053.51 y 30.46 NMP/100 mL.

Los valores obtenidos con respecto a la demanda bioquímica de oxígeno fluctuaron entre 161.28 mgO₂ L⁻¹ y 0 mgO₂ L⁻¹ en los cinco sitios muestreados

mensualmente y de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996 establece un límite de $150 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ para uso en riego agrícola, $75 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ para uso público urbano y $30 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ para protección de vida acuática en promedio mensualmente, esto quiere decir que los valores obtenidos se encuentran por encima del límite máximo permisible y no es apta para ningún uso.

Con relación al fósforo se obtuvieron valores que fluctuaron entre 114.62 mg L^{-1} y 4.76 mg L^{-1} pero de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996 establece un límite de 20 mg L^{-1} para uso en riego agrícola, 20 mg L^{-1} para uso público urbano y 5 mg L^{-1} para protección de vida acuática en promedio mensualmente, esto nos indica que el agua solo puede ser utilizada para la protección de vida acuática pero no para uso en riego agrícola y público urbano ya que los valores obtenidos están por encima de la norma.

De los parámetros físico-químicos, la NOM-127-SSA1-1994 establece que para la turbidez el límite máximo permisible es de 5 unidades de turbidez nefelométricas (UTN) y los resultados que se obtuvieron fluctuaron entre 792.80 y 0.93 UTN lo cual es mayor a dicho límite.

Otros parámetros como amonio y sólidos suspendidos totales se encuentran dentro del límite máximo permisible de las normas NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997 y NOM-127-SSA1-1994.

Los valores que se obtuvieron para determinar el Índice de Calidad del Agua, considerando 10 parámetros físico-químicos y microbiológicos, nos indican que el ICA del río Jamapa se encuentra dentro del rango de 51 – 70, clasificándola como “poco contaminado” de acuerdo al criterio indicado en la Tabla 14 y 15.

Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo al diagnóstico basado en el ICA, la calidad del agua del río Jamapa se encuentra en un rango de 51 – 70 clasificándola apta para uso industrial y para riego. Por lo que, se deben implementar plantas de tratamientos de aguas residuales y mejorar la eficiencia, con el propósito de disminuir la concentración elevada de coliformes fecales, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y ortofosfatos presentes en el agua del río Jamapa.

Uno de los objetivos de este trabajo fue determinar la calidad del agua de la cuenca baja del río Jamapa, ya que en la mayoría de los parámetros físico-químicos analizados de los cinco sitios de muestreo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles en la NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997, NOM-127-SSA1-1994 y la Ley Federal de Derechos.

También, y no menos importante, la calidad del agua es un aspecto muy importante por el cual debemos interesarnos un poco más. Por lo que se recomendaría que se desarrollen pesos ponderados para la evaluación de ríos en el país o el Estado de Veracruz.

Al haber concluido este trabajo, se cree que la propuesta de aplicación de índice de calidad de agua sugerida para la cuenca baja del río Jamapa es un aporte significativo y beneficioso para la Secretaría de Marina y Recursos Naturales, que ayudará a mejorar la evaluación físico-química de los cuerpos de agua y la gestión de sus recursos hídricos.

Durante la realización de este trabajo tuve experiencias agradables y satisfactorias, además de enfrentarme a diferentes obstáculos que me ayudaron a ampliar mi visión en el campo de la limnología, apoyado por los colaboradores del Laboratorio de Ingeniería Ecológica Ambiental y Ciencias al lado del Dr. Luis Alberto Peralta Peláez. Por lo cual me siento complacido y orgulloso del trabajo realizado y los resultados obtenidos.

Bibliografía

Anaya Fernandez, O. G., 2012. *Caracterización Morfométrica de la Cuenca Hidrográfica Chinchao, Distrito de Chinchao, Provincia Huanuco, Región Huanuco*. Tingo María: s.n.

Anon., s.f. *Universidad de Pamplona*. [En línea]

Available at:

http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo2.pdf

[Último acceso: 14 Noviembre 2014].

Anon., s.f. *Universidad de Pamplona*. [En línea]

Available at:

http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo1.pdf

[Último acceso: 14 Noviembre 2014].

Anon., s.f. *Universidad de Pamplona*. [En línea]

Available at:

http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

[Último acceso: 14 Noviembre 2014].

Aparicio Mijares, F. J., 1989. *Fundamentos de hidrología de superficie*. Primera ed. D. F.: NORIEGA.

Aparicio Mijares, F. J., 1992. *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Primera ed. D. F.: Limusa.

Arriaga-Gaona, M. L. y otros, 2009. Monitoreo de la Calidad del Agua del Río Tecolutla desde Coyutla hasta Gutierrez Zamora, Veracruz. *Latinoamericana de Recursos Naturales*, 5(2), pp. 141-147.

Bahamondes C., R. & Gaete C., N., 2012. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. [En línea]

Available at: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29050.pdf>

[Último acceso: 23 Octubre 2014].

Ball, R. & Church, R., 1980. Water quality indexing and scoring. *Journal of the Environmental Engineering Division*, pp. 757-771.

Bateman, A., 2007. *Hidrología Básica y Aplicada*. s.l.:s.n.

Behar G., R., Zúñiga de Cardozo, M. d. C. & Rojas Ch., O., 1997. *Análisis y Valoración del Índice de Calidad de Agua (ICA) de la NSF: Caso Ríos Cali y Meléndez*. s.l.:s.n.

Bobadilla Díaz, P., 2008. *Congreso de la República del Perú*. [En línea]

Available at: <http://www.congreso.gob.pe/comisiones/2002/discapacidad/sociedad->

[inclusiva/Marco-Logico.pdf](#)

[Último acceso: 14 Agosto 2014].

Breña Puyol, A. F. & Jacobo Villa, M. A., 2006. *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial*. D. F.: s.n.

Carillo Gutiérrez, J. R., 2013. *Análisis geoestadístico de los índices de calidad del agua y su representación cartográfica en el río Armería, en el periodo comprendido desde el año 2000 al 2006*. Coquimatlán: s.n.

Carrie, J., s.f. *Manual de Manejo de Cuencas*. Canadá: s.n.

Carrillo Castro, A. G. & Villalobos Alcázar, R., 2011. *Ánalysis comparativo de los índices de calidad del agua (ICA) de los Ríos Tecolutla y Cazonas en el Periodo Marzo-Diciembre 2010*. Poza Rica: s.n.

CCVBA, 2012. *Comisión de Cuenca Valle de Bravo-Amanalco*. [En línea]

Available at: <http://www.cuencaamanalcovalle.org/sec01.php>

[Último acceso: 26 Octubre 2014].

Chereque Morán, W., 2003. *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*. Segunda ed. Lima: s.n.

CNA, 2005. *Estadísticas del Agua en México*. México: s.n.

Colombia, U. N. d., 2012. *Manual de Indicadores de Proceso del Sistema de Mejor Gestión*.

Colombia: s.n.

CONAGUA, 1999. *Índice de Calidad de Agua*. s.l.:s.n.

CONAGUA, 1999. *Índice de Calidad del Agua*. s.l.:s.n.

CONAGUA, 2014. *Comisión Nacional del Agua*. [En línea]

Available at: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=89>

[Último acceso: 1 Octubre 2014].

CSVA, 2006. *Participación del Estado de Veracruz en el IV Foro Mundial del Agua*. [En línea]

Available at: www.csva.gob.mx

[Último acceso: 20 Noviembre 2014].

CSVA, 2010. *Consejo del Sistema Veracruzano del Agua*. [En línea]

Available at: http://www.csva.gob.mx/phe/docs/III_Diagnostico.pdf

[Último acceso: 12 Agosto 2014].

CyTA, 2012. *Ciencia y Técnica Administrativa*. [En línea]

Available at: http://www.cyta.com.ar/elearn/tc/material/lectura_1.htm

[Último acceso: 14 Agosto 2014].

E. Samboni, N., Reyes T., A. & Carvajal E., Y., 2011. Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta. *Ingeniería y Competitividad*, 13(2), pp. 49-60.

Ecología, I. N. d., 1991. *Anexo al Diagnóstico de la Problemática de la Contaminación del Agua en el Estado de Veracruz*. Banderilla: s.n.

Fernández, N., Ramírez, A. & Solano, F., 2005. *Índices fisicoquímicos de calidad del agua un estudio comparativo*. s.l.:s.n.

FUSDA, 2006. *Fundación por la Socialdemocracia de las Américas*. [En línea]
Available at: <http://www.fusda.org/revista11pdf/Revista11%20-5ELAGUAENMEXICO%20.pdf>
[Último acceso: 2 Diciembre 2014].

García Quevedo, T. V., 2012. *Propuesta de Índices de Calidad de Agua para ecosistemas hídricos de Chile*. Santiago de Chile: s.n.

Georgia, A.-A.-S., 2003. *Introducción a cuencas hidrológicas*. Atlanta: s.n.

González, I., 2006. *Establecimiento y Determinación de Índices de Calidad del Agua. Enfoque Basado en Lógica Difusa*. Andes: s.n.

Graniel, C. E. & Carrillo, C. M. E., 2006. Calidad del Agua del Río Zanatenco en el Estado de Chiapas. *Ingeniería*, 10(3), pp. 35-42.

Gutierrez López, J. A., 2010. *Guía para Diseño, Construcción e Interpretación de Indicadores*. s.l.:Dane.

INECC, 2014. *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*. [En línea]
Available at: <http://www.inecc.gob.mx/cuencas-conceptos>
[Último acceso: 9 Octubre 2014].

INEGI, 2008. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. [En línea]
Available at: www.inegi.gob.mx
[Último acceso: 2 Diciembre 2014].

Lomelí Meza, J. M., 2009. *Calidad de las Aguas del Río Lerma en Relación con el Riego Agrícola*. Montecillo: s.n.

López Baena, A. J., Valcárce Cases, M. & Manuel, B. M., 2010. *Indicadores Cuantitativos y Cualitativos para la Evaluación de la Actividad Investigadora: ¿Complementarios? ¿Contradictorios? ¿Excluyentes?*. s.l.:s.n.

Mahamondes C., R. & Gaete C., N., s.f. *Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Temuco: s.n.

Martín Vide, J. P., 2003. *Ingeniería de Ríos*. D. F.: UPC.

- Medina Pineda, N. A., 2002. *Estudio Hidrobiológico de la Cuenca del Río Armeria para las Predicciones de un Desarrollo Sustentable*. Colima: s.n.
- Ordoñez Gálvez, J. J., 2011. *¿Qué es cuenca hidrológica?*. Lima: s.n.
- Ordoñez Gálvez, J. J., 2011. *Ciclo Hidrológico*. Lima: s.n.
- Palomarez García, J. M., 2010. *Valoración de la Calidad de los Influentes y Efluentes de las Granjas Acuícolas de la Cuenca Baja del Río Jamapa, Veracruz*. Manlio Fabio Altamirano: s.n.
- Ramírez Sánchez, D., 2012. *Estimación de la Producción de Sedimentos en Cinco Microcuencas del Río Jamapa Bajo Seis Condiciones de Uso de Suelo*. Chapingo: s.n.
- Reyes Ramírez, A. & Ubaldo Rodríguez, R. L., 2009. *Análisis Estadístico y Probabilístico de Precipitaciones Máximas Anuales, en la Cuenca de los Ríos Jamapa - Cotaxtla, Ver.*. México: s.n.
- Rivera Valle, O., 2010. *Organización de Estados Iberoamericanos*. [En línea]
Available at: <http://www.oei.es/idie/mONITOREOEINDICADORES.pdf>
[Último acceso: 14 Agosto 2014].
- Rodríguez Arévalo, G. y otros, 2006. *Determinación del Índice de la Calidad del Agua en el Río Duero, Michoacán*. s.l.:s.n.
- Rojas Mayorquín, C. M., 2011. *Estudios de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del Río San Pedro, previos a la construcción de una hidroeléctrica (P. H. Las Cruces) en Nayarit, México*. Zapopan: s.n.
- SAGARPA, 2012. *Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación*. [En línea]
Available at:
http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO_HIDROLOG%3%8DA.pdf
[Último acceso: 3 Octubre 2014].
- SALUD, 2014. *Secretaría de Salud*. [En línea]
Available at: <http://www.dged.salud.gob.mx/contenidos/dedss/ir.html>
[Último acceso: 14 Agosto 2014].
- Salud, S. d., 2010. *Dirección General de Planeación y Desarrollo en Salud*. [En línea]
Available at: http://www.dgplades.salud.gob.mx/descargas/dhg/DEFINICION_INDICADORES.pdf
[Último acceso: 04 Julio 2014].
- Samboni Ruíz, N. E., Caravajal Escobar, Y. & Escobar, J. C., 2007. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ibgeniería e Investigación*, 27(3), pp. 172-181.

Santamaría Garnica, L. M., 2011. *Modelación hidrológica en la cuenca del Río Jamapa, Veracruz*. Mexico, D. F.: s.n.

SEGOB, 2014. *Secretaría de Gobernación*. [En línea]

Available at:

<http://dof.gob.mx/website/copias.php?acc=ajaxPaginas&paginas=89&seccion=TERCERA&edicion=257541&ed=MATUTINO&fecha=27/03/2014>

[Último acceso: 14 Agosto 2014].

SEMARNAT, 2008. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. [En línea]

Available at:

http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet28b9.html

[Último acceso: 13 Agosto 2014].

SEMARNAT, 2010. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. [En línea]

Available at:

http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServletad33.html

[Último acceso: 13 Agosto 2014].

SEMARNAT, 2012. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. [En línea]

Available at: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/06_agua/cap6_3.html

[Último acceso: 12 Agosto 2014].

SEMARNAT, 2013. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. [En línea]

Available at: http://infoteca.semarnat.gob.mx/website/diccionario/diccionario_c.html

[Último acceso: 3 Octubre 2014].

SEMARNAT, 2014. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. [En línea]

Available at: <http://www.inecc.gob.mx/cuencas-conceptos>

[Último acceso: 1 Octubre 2014].

SEP, 2010. *Secretaría de Educación Pública*. [En línea]

Available at:

http://www.sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/117587/1/Metodolog%C3%ADa_Ind.pdf

[Último acceso: 14 Agosto 2014].

Te Chow, V., R. Maidment, D. & W. Mays, L., 1994. *Hidrología Aplicada*. Primera ed. Santa Fé de Bogotá: McGraw Hill.

Téllez Ramírez, L. D., 2009. *Sistema Integrado de Gestión*. [En línea]

Available at:

<http://web2.uniquindio.edu.co/dep/plandes/documentos/sig/capacitaciones/indicadores.pdf>

[Último acceso: 14 Agosto 2014].

Tene Pérez, C. E., 2013. *Dirección General de Planeación y Desarrollo Institucional*. [En línea]
Available at: <http://planeacion.ucol.mx/indicadoresinstitucionales/publicaciones/glosario/>
[Último acceso: 14 Agosto 2014].

Torres Vega, F. J., 2008. *Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para ríos en Puerto Rico*. Puerto Rico: s.n.

Torres Vega, F. J., 2009. *Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para Ríos en Puerto Rico*. s.l.:s.n.

Torres, P., Hernán Cruz, C. & Patiño, P. J., 2009. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión critic. *Ingenierías*, 8(15), pp. 79-94.

UNESCO, 2012. *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. [En línea]
Available at: <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-15-water-pollution/>
[Último acceso: 12 Agosto 2014].

Valcarcel Rojas, L., Alberro Macías, N. & Frías Fonseca, D., 2010. *El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo*. [En línea]
Available at: <http://ama.redciencia.cu/articulos/16.01.pdf>
[Último acceso: 14 Noviembre 2014].

Valdes-Basto, J., Samboni Ruiz, N. E. & Carvajal Escobar, Y., 2011. Desarrollo de un indicador de la Calidad del Agua usando Estadística Aplicada, Caso de Estudio: Subcuenca Zanjón Oscuro. *Tecno Lógicas*, Issue 26, pp. 165-180.

Zhen Wu, B. Y., 2009. *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008*. San José: s.n.

ANEXO A. Técnicas de determinación de contaminantes

A1. Oxígeno Disuelto (método de la modificación de azida)

1. Reactivos.

- a) Solución de sulfato manganoso: Disuelva 480 g de $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 400 g de $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ó 364 g de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y afore a 1 L. La solución de MnSO_4 no debe de generar color con almidón cuando es adicionada a una solución yoduro de potasio (KI).
- b) Reactivo de álcali-yoduro de azida: Para muestras por debajo de la saturación disuelva 500 g de NaOH (o 700 g KOH) y 135 g de NaI (o 150 de KI) en agua destilada y afore a 1 L. Agregue 10 g de NaN_3 disueltos en 40 mL de agua destilada. Esta solución no debe de generar color con solución de almidón cuando es diluida y acidificada.
- c) Ácido sulfúrico, H_2SO_4 concentrado: Un mililitro es equivalente a aproximadamente 3 mL de reactivo de álcali-yoduro de azida.
- d) Almidón: Use solución acuosa o una mezcla de almidón soluble. Para preparar una solución acuosa, disuelva 2 g de almidón soluble grado reactivo y 0.2 g de ácido salicílico como conservador, en 100 mL de agua destilada caliente.
- e) Titulante estándar de tiosulfato de sodio: Disuelva 6.205 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ en agua destilada. Agregue 1.5 mL de NaOH 6N ó 0.4 g de NaOH sólido y afore a 1 L. Estandarice este reactivo con solución de biyodato.
- f) Solución estándar de biyodato de potasio 0.0021 M: Disuelva 812.4 mg de $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ en agua destilada y afore a 1 L.

Estandarización.

Disuelva aproximadamente 2 g de KI, en un matraz Erlenmeyer con 100 – 150 mL de agua destilada. Agregue 1 mL H_2SO_4 6N o unas gotas de H_2SO_4 concentrado y 20 mL de solución estándar de biyodato. Diluya a 200 mL y titule el yodo liberado con Titulante de tiosulfato de sodio, adicionando almidón hacia el final de la titulación, cuando se alcance un color paja pálido. Cuando las soluciones tienen

las concentraciones indicadas, se deben requerir 20 mL de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.025M. Si no es así ajuste la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ A 0.025M.

2. Colección de la muestra.

Colecte las muestras cuidadosamente, evitando agitarlas y no permita que las muestras permanezcan en contacto con el aire, ya que estas condiciones pueden causar cambios en el contenido gaseoso de la muestra. Colecte las muestras en botellas de 300 mL de DBO con tapones esmerilados cónicos, puntiagudos y bocas acampanadas.

3. Procedimiento.

- a) A una muestra en una botella de 300 mL agregue 1 mL de MnSO_4 , seguido de 1 mL de reactivo de álcali-yoduro de azida. Coloque la tapa cuidadosamente para evitar la entrada de burbujas de aire y mezcle la botella invirtiéndola varias veces. Una vez formador el precipitado hasta la mitad de la botella, agregue 1 mL de H_2SO_4 concentrado. Coloque la tapa nuevamente y mezcle el contenido de la botella hasta alcanzar la completa disolución. Titule un volumen correspondiente a 200 mL de la muestra original corregido por el desplazamiento de volumen de los reactivos. Por lo tanto, para una total de 2 mL (1 mL de MnSO_4 y 1 mL de álcali-yoduro de azida) en una botella de 300 mL, titule $\frac{200 \times 300}{300-2} = 201 \text{ mL}$.
- b) Titule con solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.025M a un color paja pálido. Agregue unas gotas de solución de almidón y continúe la titulación hasta la desaparición del color azul.

4. Cálculo.

$$1 \text{ mL de } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 0.025M} = 1 \text{ mg de O.D./L}$$

A2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

1. Reactivos.

- a) Solución amortiguadora de fosfatos: Disuelva 8.5 g de KH_2PO_4 , 21.75 g de K_2HPO_4 , 33.4 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 1. G de NH_4Cl en aproximadamente 500 mL de agua destilada y diluya a 1 L. El pH de la solución debe de ser de 7.2 sin ningún ajuste.
- b) Solución de sulfato de magnesio: Disuelva 22.5 g de $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y afore a 1 L.
- c) Solución de cloruro de calcio: Disuelva 27.5 g de CaCl_2 en agua destilada y afore a 1 L.
- d) Solución de cloruro férrico: Disuelva 0.25 g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y afore a 1 L.

2. Material y equipo.

- a) Botellas de DBO.
- b) Incubadora a 20 ± 1 °C.

3. Procedimiento.

- a) Preparación del agua de dilución: Coloque el volumen de agua deseado en un recipiente adecuado ya adicione 1 mL de cada una de las soluciones de: amortiguadora de fosfatos, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico por litro de agua. Preferentemente no prepare el agua de dilución con más de 24 horas de anticipación antes de utilizarla.
- b) Agregue agua de dilución a las botellas hasta la mitad de su volumen y coloque el volumen apropiado de muestra de acuerdo con la DBO esperada, de acuerdo con la Tabla A2.

Tabla A2. Volumen de muestra para distintos rangos de DBO.

Muestra mL	Rango de DBO mg O ₂ /L
0.02	30,000 – 105,000
0.05	12,000 – 42,000
0.10	6,000 – 21,000
0.20	3,00 – 10,500
0.50	1,200 – 4,200
1.00	600 – 2,100
2.00	300 – 1,050
5.00	120 – 420
10.00	60 – 210
20.00	30 – 105
50.00	12 – 42
100.00	6 – 21
300.00	0 – 7

- c) Llène hasta completar los 300 mL y coloque la tapa.
- d) Prepare un blanco con agua destilada en lugar de la muestra.
- e) Incube 5 días a 20 °C.
- f) Después de a incubación, determine la concentración de oxígeno disuelto de acuerdo con la técnica del Anexo A1.

4. Cálculo.

$$DBO \text{ en } mg \text{ O}_2 / L = \frac{O.D. \text{ del blanco} - O.D. \text{ de la muestra} \times Vol. \text{ del frasco (mL)}}{mL \text{ de la muestra}}$$

A3. Nitratos (Método del ultravioleta)

1. Reactivos.

- a) Solución stock de nitratos: Secar nitrato de potasio (KNO_3) en horno a $105\text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas. Disuelva 0.7218 g en agua libre de nitratos y afora a 1 L. 1 mL = 100 μg de $\text{NO}_3\text{-N}$. Conservar con 2 mL de CHCl_3/L . Esta solución es estable por 6 meses.
- b) Solución intermedia de nitratos: Diluir 100 mL de solución stock a 1 L con agua libre de nitratos. 1 mL = 10 μg de $\text{NO}_3\text{-N}$. Conservar con 2 mL de CHCl_3/L . Esta solución es estable por 6 meses.
- c) Solución de ácido clorhídrico 1N.

2. Material y equipo.

- a) Espectrofotómetro para uso a 220 y 275 nm con celdas de borosilicato de 1 cm de paso de luz.

3. Procedimiento.

- a) A 5^o mL de muestra filtrada si es necesario, agregue 1 mL de solución de HCl y mezcle.
- b) Preparación de la curva de calibración: Prepare estándares de calibración en el rango de 0 a 7 mg $\text{NO}_3\text{-N}/\text{L}$ diluyendo a 50 mL los siguientes volúmenes de solución intermedia de nitratos: 0, 1, 2, 4, 7, ..., 35 mL. Trate los estándares de la misma manera que las muestras.
- c) Lea la absorbencia a 220 nm para obtener las lecturas de nitratos y a 275 nm para determinar la interferencia por materia orgánica disuelta.

4. Cálculo.

Para muestras y estándares, reste dos veces la absorbencia leída a 275 nm de la lectura a 220 nm, para obtener la lectura debida a nitratos. Grafique una curva de calibración de absorbencia debida a NO₃-N contra concentración de NO₃-N del estándar. Usando las absorbencias corregidas de las muestras, obtenga las concentraciones directamente de la curva de calibración. Si la corrección es mayor al 10% de la lectura a 220 nm no use este método.

A4. Fósforo (Método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosfórico)

1. Reactivos.

- a) Solución acuosa de indicador de fenoftaleína.
- b) Ácido clorhídrico HCl: 1+1 H₂SO₄, HClO₄, el HCl puede ser sustituido por HNO₃.
La concentración del ácido no es crítica en la determinación pero se recomienda una concentración final de la muestra de 0.5N.
- c) Carbón activado.
- d) Reactivo de vanadato-molibdato:
 1. Solución A: Disuelva 25 g de molibdato de amonio (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O en 300 mL de agua destilada.
 2. Solución B: Disuelva 1.25 g de metavanadato de amonio NH₄VO₃ calentando a ebullición en 300 mL de agua destilada. Enfríe y agregue 330 mL de HCl concentrado. Enfríe la solución B, mezcle y afore a 1 L.
- e) Solución estándar de fosfato: Disuelva 219.5 mg de KH₂PO₄ anhidro en agua destilada y afore a 1 L. 1 mL = 50 µg PO₄³⁻-P.

2. Material y equipo.

- a) Espectrofotómetro para su uso de 400 a 490 nm. Seleccione la longitud de onda de acuerdo a la Tabla A4.

Tabla A4. Longitudes de onda para diferentes concentraciones de fósforo.

Rango de Fósforo mg/L	Longitud de onda nm
1.0 – 5.0	400
2.0 – 10	420
4.0 – 18	470

3. Procedimiento.

- a) Ajuste del pH de la muestra: Si la muestra tiene un pH mayor a 10, agregue una gota de indicador de fenoftaleína a 50 mL de muestra y descargue el color rojo con HCl 1+1 antes de diluir a 100 mL.
- b) Remoción de color de la muestra: Remueva el color excesivo de la muestra agitando 50 mL de muestra con 200 mg de carbón activado en un matraz Erlenmeyer por 5 minutos y retire el carbón activado por medio de filtración. Verifique el contenido de fósforo en cada lote de carbón activado.
- c) Desarrollo de color de la muestra: Coloque 35 mL de la muestra o menos, conteniendo de 0.05 a 1.0 mg de P, en un matraz volumétrico de 50 mL. Agregue 10 mL de reactivo de vanadato-molibdato y afore hasta la marca con agua destilada. Prepare un blanco con 35 mL de agua destilada en lugar de la muestra. Después de 10 minutos o más lea la absorbencia de la mezcla contra el blanco a 470 nm. El color es estable por día y no es afecto por el cambio de temperatura.
- d) Preparación de la curva de calibración: Prepare una curva de calibración usando volúmenes adecuados de solución estándar de fosfatos y proceda como en el inciso 3c.

4. Cálculo.

$$mg P_L = \frac{mg P \text{ en el volumen final de } 50 \text{ mL} \times 1000}{mL \text{ de muestra}}$$

A5. Sólidos suspendidos totales (Método sólidos totales secados a 103–105 °C)

1. Material y equipo.

- a) Placas de evaporación: Placas de 100 mL de capacidad, fabricadas con uno de los materiales siguiente:
 - 1. Porcelana, 90 mm diámetro.
 - 2. Platino, generalmente satisfactorio para tales fines.
 - 3. Vaso alto de sílice.
- b) Horno de mufla para operar a 550 ± 50 °C.
- c) Baño de vapor.
- d) Desecador, provisto de un desecante que contiene un indicador colorimétrico de concentración de humedad.
- e) Horno de secado, para operaciones a 103-105 °C.
- f) Balanza de análisis, capaz de pesar hasta 0.1 mg.

2. Procedimiento.

- a) Preparación de la placa de evaporación: Si se va a medir sólidos volátiles, incinérese una placa de evaporación limpia a 550 ± 50 °C durante una hora en un horno de mufla. Si solamente se intentan medir sólidos totales, caliéntese la placa limpia a 103 – 105 °C durante una hora. Consérvese la placa en el desecador hasta que se necesite. Pesar inmediatamente antes de usar.
- b) Análisis de la muestra: Elíjase un volumen de muestra que proporcione un residuo entre 2.5 y 200 mg. Transfiérase un volumen medido de muestra bien mezclada a la placa pesada previamente y evapórese hasta que se seque en un baño de vapor o un horno de secado. En caso necesario, añádanse a la misma placa, después de la evaporación, nuevas porciones de muestra. Si la evaporación se lleva a cabo en un horno de secado, reducir la temperatura hasta 2 °C aproximadamente por debajo del punto de ebullición, a fin de evitar salpicaduras. Secar la muestra evaporada al menos durante una hora en horno

a 103 – 105 °C, enfriar la placa en desecador para equilibrar la temperatura y pesar. Repítase el ciclo de secado, enfriado, desecación y pesado hasta obtener un peso constante. O hasta que la pérdida de peso sea menor del 4 por 100 del peso previo o menor de 0.5 mg (escoger la menor de ambas).

3. Cálculo.

$$\text{mg de sólidos totales/L} = \frac{A - B \times 1,000}{\text{vol. de muestra, mL}}$$

Donde:

A = Peso de residuo seco + placa, mg.

B = Peso de la placa, mg.

A6. Turbidez (Método nefelométrico)

1. Material y equipo.

a) Turbidímetro: Consiste en un nefelómetro en una fuente de luz iluminar la muestra, y uno o más detectores fotoeléctricos con un dispositivo de lectura exterior para indicar la intensidad de la luz dispersada a 90° de la vía de luz incidente. Utilícese un turbidímetro diseñado de manera que una parte de la luz desviada alcance el detector en ausencia de turbidez y libre de una desviación significativa después de un breve calentamiento. La sensibilidad del instrumento debiera permitir la detección de diferencias de turbidez de 0.02 UNT, con margen entre 0 y 40 UNT. Para obtener una cobertura adecuada y una sensibilidad suficiente para turbideces bajas son necesarios varios márgenes.

Las diferencias en el diseño del turbidímetro producirán diferencias en los valores obtenidos, aunque se use la misma suspensión para el calibrado. A fin de reducir al mínimo estas diferencias, obsérvese los siguientes criterios de diseño:

1. Fuente de luz: Lámpara de filamento de tungsteno dispuesto para una temperatura de color comprendido entre 2,200 y 3000 K.
2. Distancia recorrida por la luz incidente y la dispersada dentro del tubo de muestra: Total que no exceda de 10 cm.
3. Ángulo de aceptación de la luz por el receptor: Centrada a 90° de haz de luz incidente y sin exceder $\pm 30^\circ$ a partir de 90° . El detector y el sistema de filtro, si se usa, tendrán una respuesta-pico en el espectro entre 400 y 600 nm.

b) Tubos de muestra, de cristal incoloro transparente. Mantener los tubos escrupulosamente limpios, por dentro y fuera, descartando los rayados y manchados. No manejarlos cuando están bajo la luz. Utilícese de tipo extralargo, con un estuche protector que facilite su manejo. Llénense las muestras y los patrones después de agitación cuidadosa, dejando tiempo para que se eliminen las burbujas.

2. Reactivos.

- a) Agua libre de turbidez: Es difícil de obtener. Para medir una turbidez alrededor de 0.2 UNT es adecuado el siguiente método.

Pásese agua destilada a través de una membrana de filtro con orificios de precisión de 0.2 μm ; no resultan adecuados los filtros bacteriológicos corrientes. Enjuáguese el matraz de recogida al menos dos veces con agua filtrada y deséchense los 200 mL siguientes.

Algunas botellas de agua desmineralizadas de uso comercial están casi libres de partículas. Pueden usarse cuando su turbidez sea más baja que la obtenida en el laboratorio. Dilúyanse las muestras con agua destilada hasta una turbidez no menor de 1.

- b) Suspensión de turbidez de reserva:

1. Solución I: Disuélvase 1,000 g de sulfato de hidracina (PRECAUCIÓN: Cancerígeno, evitar inhalación, ingestión y contacto con la piel), $(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{SO}_4$, en agua destilada y dilúyanse hasta 100 mL en un matraz volumétrico.

2. Solución II: Disuélvase 10 g de hexametileno tetraamina, $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, en agua destilada y dilúyanse hasta 100 mL en un matraz volumétrico.

3. En un matraz de 100 mL mézclense 5 mL de solución I y 5 mL de solución II. Manténgase durante 24 horas a 25 ± 3 °C, dilúyase hasta la marca y mézclese. La turbidez de esta suspensión es de 400 UNT.

4. Prepárense soluciones y suspensiones mensualmente.

- c) Suspensión de turbidez estándar: Dilúyanse 10 mL de suspensión madre de turbidez, hasta 100 mL, en agua libre de turbidez. Prepárese diariamente. La turbidez de esta suspensión se considera de 40 UNT.

- d) Estándares alternativos: Como alternativa a la preparación y dilución de formacina, utilícense estándares comerciales, como los gránulos de estireno-divinilbenzeno, si se ha demostrado su equivalencia a la formacina de preparación reciente.

- e) Estándares diluidos de turbidez: Dilúyanse porciones de suspensiones de turbidez estándar con agua libre de turbidez, según se requiera. Prepárese diariamente.

4. Procedimiento.

- a) Calibrado de turbidímetro: Síganse las instrucciones del fabricante. A falta de una escala precalibrada, prepárense curvas de calibrado para cada margen del aparato. Utilizando estándares adecuados, compruébese la exactitud de cualquier escala de calibrado de que se disponga sobre un instrumento precalibrado.

Verifíquese por lo menos un estándar en cada margen del aparato que se vaya a utilizar. Compruébese que el turbidímetro facilita lecturas estables en todos los márgenes de sensibilidad utilizados. Es probable que las turbideces elevadas determinadas por medida directa difieran apreciablemente de las determinadas en el apartado 4c.

- b) Medida de turbideces menores de 40 UNT: Agítense cuidadosamente la muestra. Espérese hasta que desaparezcan las burbujas de aire, y viértase la muestra en el tubo del turbidímetro. Cuando sea posible, viértase la muestra agitada en el tubo y sumérjase en un baño ultrasónico durante 1-2 segundos, obteniendo la eliminación total de las burbujas. Léase directamente la turbidez en la escala del aparato o en la curva del calibrado adecuado.
- c) Medida de turbideces superiores a 40 UNT: Dilúyase la muestra con uno o más volúmenes de agua libre de turbidez hasta que ésta descienda a 30-40 UNT. Calcúlese la turbidez de la muestra original en función de la que tiene la muestra diluida y del factor de dilución. Por ejemplo, si cinco volúmenes de agua libre de turbidez se añaden a un volumen de muestra y la muestra diluida mostró una turbidez de 30 UNT, la turbidez de la muestra original era de 180 UNT.
- d) Calíbrese soluciones de monitorización continua de turbidez, para cifras bajas de ésta, mediante determinación de la turbidez del agua que entra y sale por ellas, utilizando un turbidímetro modelo de laboratorio. Cuando esto no sea

posible empléese un adecuado estándar diluido (apartado 3e). Para turbideces superiores a 40 UNT, utilícese solución madre no diluida.

5. Cálculo.

$$\text{Unidades nefelométrica de turbidez UNT} = \frac{A \times B + C}{C}$$

Donde:

A = UNT encontrada en muestra diluida.

B = volumen (mL) de agua de dilución.

C = Volumen (mL) de la muestra tomada para dilución.

A7. Amonio (Método de fenol).

1. Reactivos.

- a) Reactivo de ácido hipocloroso: Añádanse 40 mL de solución de NaOCl al 5 por 100 preparada a partir de lejía comercial, a 40 mL de agua. Ajústese el pH a 6.5 – 7 con HCl. Prepárese este reactivo inestable semanalmente.
- b) Solución de sulfato manganeso, 0.003M: Disuélvanse 50 mg de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ en 100 mL de agua.
- c) Reactivo de sal de fenol: Disuélvanse 2.5 g de NaOH y 10 g de fenol, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, en 100 mL de agua. Prepárese cada semana, porque se oscurece con el tiempo. (PRECAUCIÓN: Manipúlese el fenol con cuidado).
- d) Solución madre de amonio: Disuélvanse 381.9 mg de NH_4Cl anhidro, secado a 100°C , en agua, y dilúyase a 1 L: $1\text{ mL} = 100\ \mu\text{g N} = 122\ \mu\text{g NH}_3$.
- e) Solución patrón de amonio: Dilúyanse 5 mL de solución madre de amonio a 1 L con agua; $1\text{ mL} = 0.5\ \mu\text{g N} = 0.607\ \mu\text{g NH}_3$.

2. Material y equipo.

- a) Equipo colorimétrico: Se requiere uno de los siguientes:
 1. Espectrofotómetro, para uso a 630 nm, con recorrido de luz de 1 cm aproximadamente.
 2. Fotómetro de filtro, provisto de un filtro rojo-naranja con transmitancia máxima próxima a los 630 nm y un recorrido de luz de 1 cm aproximadamente.

3. Procedimiento.

- a) Tratamiento de la muestra: Añádase 1 gota (0.05 mL) de solución de MnSO_4 a una muestra de 10 mL en un vaso de 50 mL. Póngase sobre un agitador magnético y añádanse 0.5 mL de reactivo de ácido hipocloroso. Añádanse inmediatamente, gota a gota, 0.6 ml de reactivo de sal de fenato, sin intervalos, utilizando una pipeta de bulbo o una bureta adecuada. Márquese la pipeta para ácido hipocloroso al nivel de 0.5 mL y añádase el reactivo de sal de fenol con una pipeta o bureta que se ha calibrado contando el número de gotas equivalente a 0.6 mL, encontrado previamente. Agítese enérgicamente durante

la adición de los reactivos. Dado que la antigüedad de los reactivos afecta a la intensidad del color, se debe realizar un blanco y un patrón con cada lote de muestras. Mídase la absorbencia utilizando un blanco de reactivos para ajustar el cero del espectrofotómetro. La formación del color es completa a los 10 minutos y permanece estable durante 24 horas por lo menos. Aunque el color azul tiene un máximo de absorbencia a 630 nm, se pueden hacer determinaciones satisfactorias en la región de 600 a 660 nm.

- b) Preparación de patrones: Prepárese una curva de calibrado en el rango de 0.1 a 5 µg de NH₃-N, tratando los patrones exactamente igual que la muestra. Se rige por la ley de Beer.

4. Cálculo.

Calcúlese la concentración de amoníaco del siguiente modo:

$$mg \text{ NH}_3 - N \quad L = \frac{A \times B}{C \times S} \times \frac{D}{E}$$

Donde:

A = absorbencia de la muestra.

B = NH₃-N en el patrón, µg.

C = absorbencia del patrón.

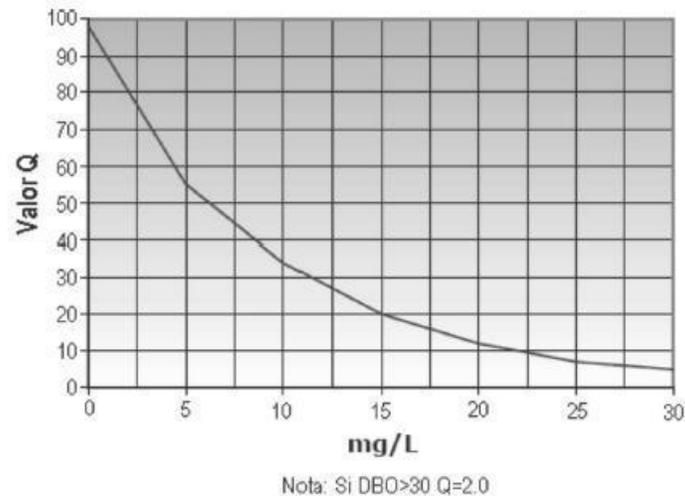
S = volumen de muestra usado, mL.

D = volumen de destilado total obtenido, mL, incluyendo el absorbente ácido, agente neutralizante y agua exenta de amoníaco añadida.

E = volumen de destilado usado para desarrollo del color, mL.

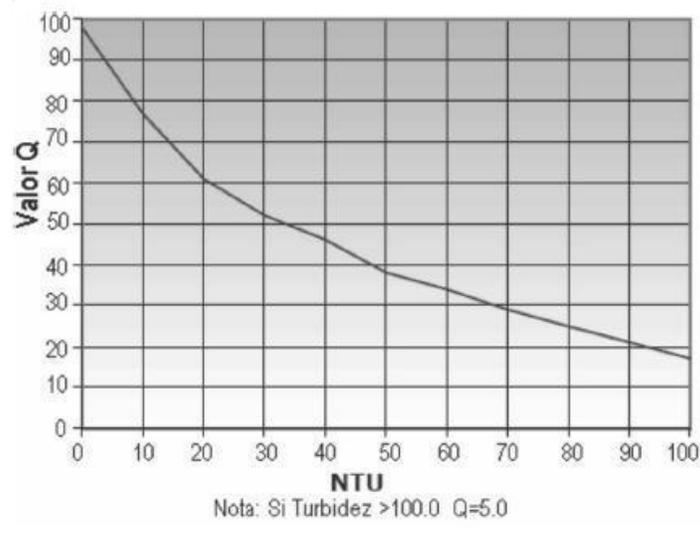
ANEXO B. Gráfica de interpolación para la valoración de la calidad del agua.

Valoración de la calidad de agua en función de la DBO₅



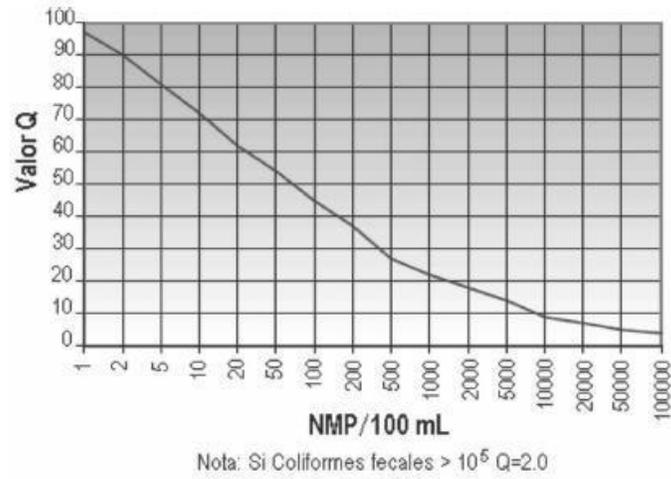
Gráfica B1. Curva de calidad de DBO.

Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez



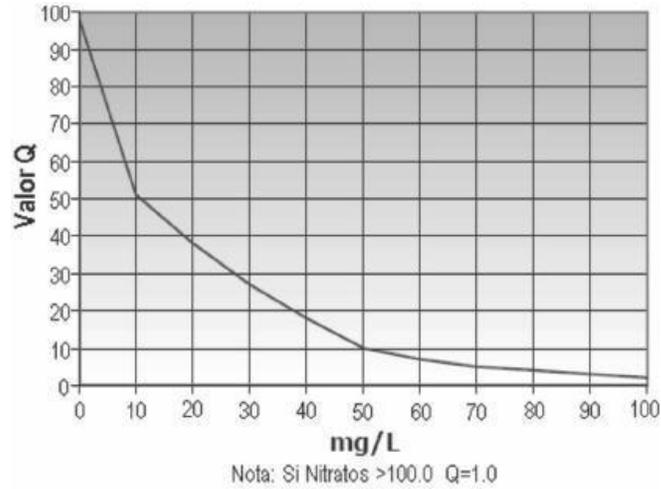
Gráfica B2. Curva de calidad de turbidez.

Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales



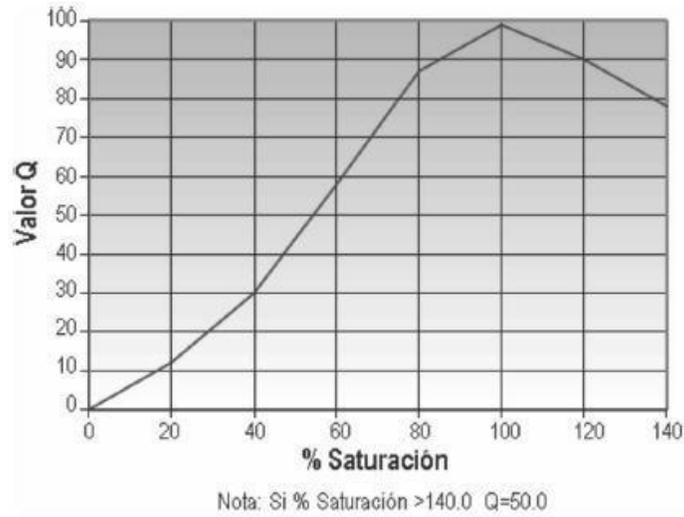
Gráfica B3. Curva de calidad de Coliformes Fecales.

Valoración de la calidad de agua en función de Nitratos



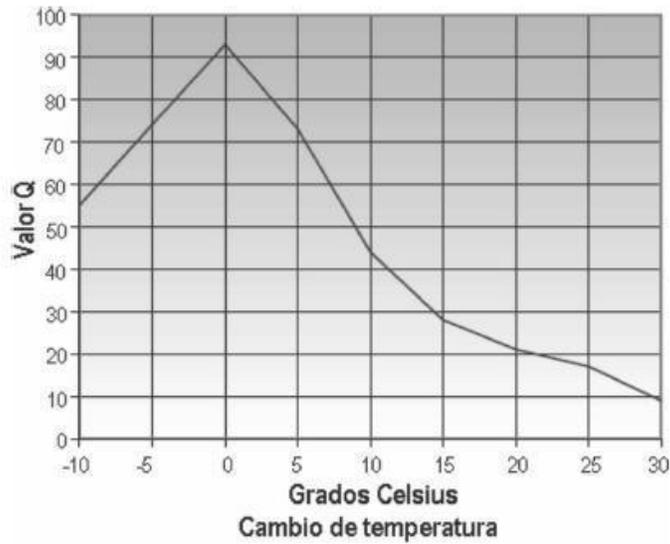
Gráfica B4. Curva de calidad de Nitratos.

Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno Disuelto



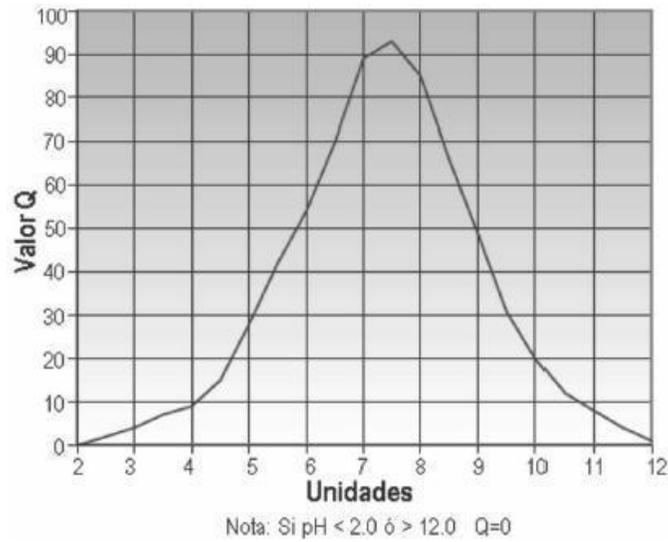
Gráfica B5. Curva de calidad del % de Saturación del Oxígeno Disuelto.

Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura



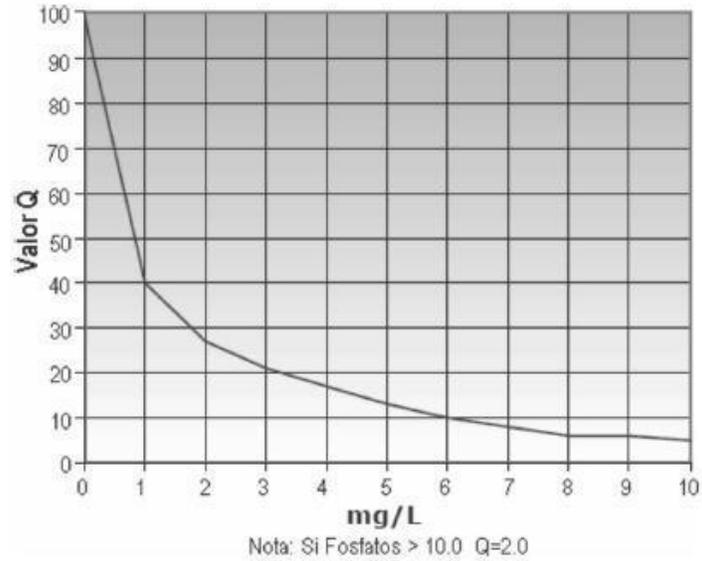
Gráfica B6. Curva de calidad de la Temperatura.

Valoración de la calidad de agua en función del pH



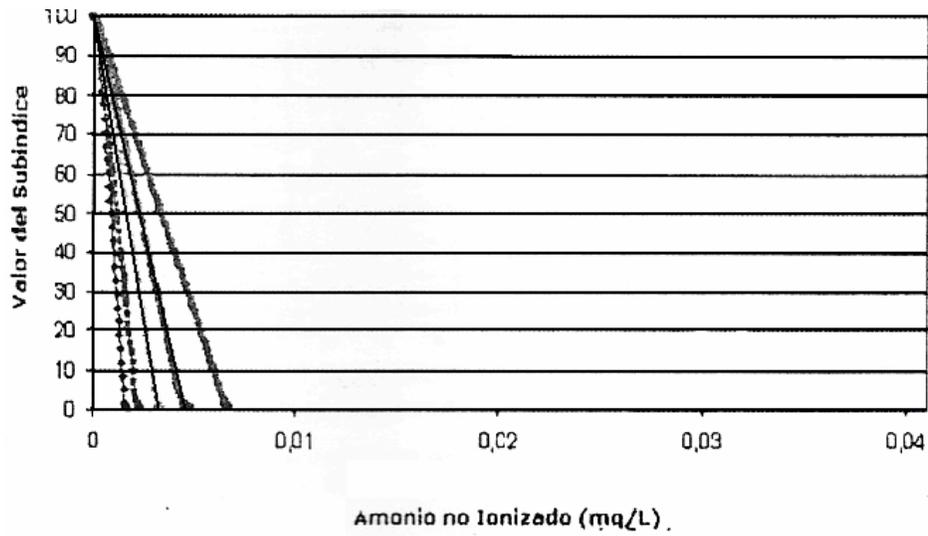
Gráfica B7. Curva de calidad de pH.

Valoración de la calidad de agua en función de Fosfatos



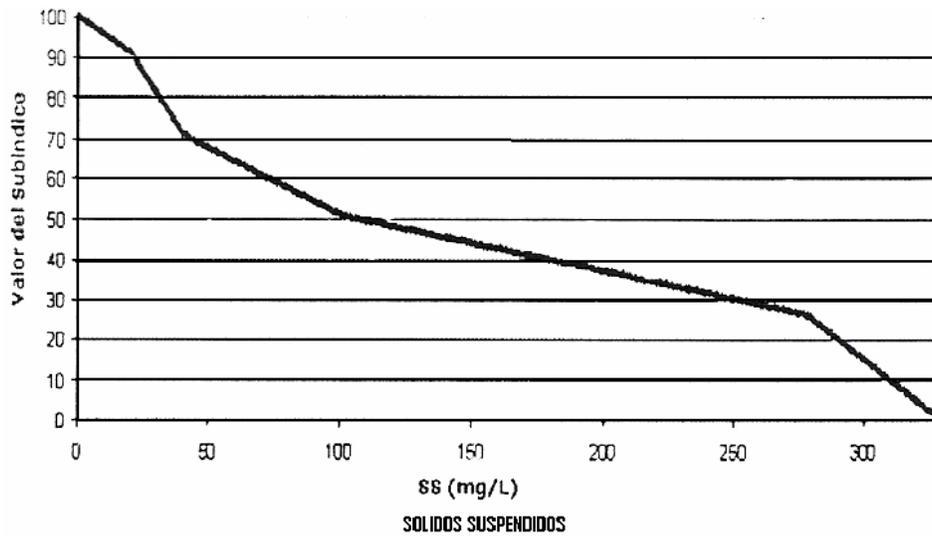
Gráfica B8. Curva de calidad de Fosfatos.

Valoración de la calidad de agua en función de Amonio



Gráfica B9. Curva de calidad de Amonio.

Valoración de la calidad de agua en función de Sólidos Suspendido Totales



Gráfica B10. Curva de calidad de Sólidos Suspendidos Totales.



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



EL CONTENIDO DE SEMILLAS EN EL SUELO.
ANTECEDENTE DE LA SUCESIÓN SECUNDARIA
EN POTREROS ABANDONADOS EN LAS DUNAS
COSTERAS DE VERACRUZ.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN ECOLOGÍA

PRESENTA

ALEJANDRO ROMERO GARCÍA

ASESOR

DR. SERGIO ANTONIO GUEVARA SADA

DRA. LILIA GAMA CAMPILLO

VILLAHERMOSA, TABASCO

FEBRERO 2015



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN**



MARZO 04 DE 2015

**C. ALEJANDRO ROMERO GARCÍA
PAS. DE LA LIC. EN BIOLOGIA
P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Titulación denominado: **“EL CONTENIDO DE SEMILLAS EN EL SUELO. ANTECEDENTE DE LA SUCESIÓN SECUNDARIA EN POTREROS ABANDONADOS EN LAS DUNAS COSTERAS DE VERACRUZ”**, asesorado por la Dra. Lilia María Gama Campillo y Dr. Sergio Antonio Guevara Sada sobre el cual sustentará su examen profesional, cuyo jurado está integrado por el M. en C. Ofelia Castillo Acosta, Dra. Nelly del Carmen Jiménez Pérez, Dra. Lilia María Gama Campillo, M. en C. Georgina Vargas Simón y Eduardo Javier Moguel Ordoñez.

**A T E N T A M E N T E
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE**

**M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ
DIRECTORA**

C.c.p.- Expediente del Alumno.
Archivo.

**UJAT
DIVISION ACADEMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



DIRECCION



CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis denominado: **“EL CONTENIDO DE SEMILLAS EN EL SUELO. ANTECEDENTE DE LA SUCESIÓN SECUNDARIA EN POTREROS ABANDONADOS EN LAS DUNAS COSTERAS DE VERACRUZ”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 4 de Marzo de 2015.

AUTORIZO



ALEJANDRO ROMERO GARCÍA



DEDICATORIA.

A Dios

A mis papás: Patricia García y Leopoldo Romero

Y a mi hermano Leopoldo Romero.

Al final de esta etapa de mi vida doy las gracias a los pilares de mi vida.

Gracias por enseñarme los milagros a través de la interacción, pasión y amor de la naturaleza.

A ustedes que fueron mi motivo por luchar, por siempre mirar hacia adelante.

Porque sé que mi sueño era el suyo también, su unión fue la fuerza que me impulso y su amor el estimuló que me ayudo a lograrlo.

El logro hoy alcanzado es también de ustedes, resultado de sus esfuerzos, trabajo y amor que me han dado.

A la memoria de mi papá Leopoldo Romero Mandujano.



AGRADECIMIENTOS.

Al proyecto RED-PD 045/11 Rev. 2 (M) "Evaluación ambiental y valoración económica de los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques costeros (manglares, selvas inundables, selvas y matorrales sobre dunas) y sus agro-sistemas de reemplazo, en la planicie costera central de Veracruz, México" Financiado por la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) que proporciono los recursos económicos para la elaboración de esta tesis.

Al Instituto de Ecología, A.C. por brindarme un espacio del "Centro de Investigaciones Costeras La Mancha" (CICOLMA) y facilitar mi estancia durante la elaboración de la tesis.

A mi asesor externo Dr. Sergio Guevara Sada por creer en mí y darme la oportunidad de llevar a cabo este trabajo. Por su amistad, apoyo e ingenio que cada día me demostraba. Gracias por sus consejos y por compartirme esa pasión al hacer las cosas.

A mi asesora interna Dra. Lilia Gama Campillo por siempre estar ahí a pesar de la distancia, por brindarme su tiempo y su apoyo en cada paso que di para que este trabajo se realizara.

A mi comité revisor M. en C. Ofelia Castillo Acosta, Dra. Nelly del Carmen Jiménez Pérez, Dra. Lilia María Gama Campillo, M. en C. Georgina Vargas Simón y M. en C. Eduardo Javier Moguel Ordoñez por sus observaciones y recomendaciones para mejorar el trabajo de tesis.

A PRONATURA y Don David por haberme prestado sus predios para efectuar este trabajo.

Al personal del Herbario del Instituto de Ecología, A. C. en la identificación de las plántulas, su apoyo fue fundamental para la elaboración de esta tesis.



A Mayi, por su apoyo incondicional en campo, redacción, análisis y tantas cosas más, gracias por tu compañía, alegría y amistad.

A mis fieles compañeros de campo, Anny y Don Enrique y Fernando. Gracias por hacer de esos días momentos inolvidables.

A la red de Ecología funcional y a todas las personas que hicieron de mi estancia en Xalapa, Veracruz algo único e irrepetible: Dra. Patricia, M. en C. Graciela, Dr. Javier, Doña Gisela, Keren, Lore, Blanca, Ricardo, Robert, Jorge, Diana, Omar, Martin, Stacey, Rodolfo, Adi, Nadia, Alisson, Judith, Marcos, Toñita y Abraham

A la M. en C. Georgina Vargas, por ser la primera en abrirme y enseñarme el camino de la investigación, gracias por su amistad y su apoyo.

A mi mamá, la luchadora incansable, mi cimiento y pilar de lo que logre motivándome día a día con su sonrisa y su belleza. A mi papá, mi dador de fuerzas, anhelos y sueños, el ángel que cuida siempre de mí. A mi hermano, el que con su alegría y apoyo logro despejar tempestades de mi vida. A mi abuelita y tías al ser mis segundas mamás, su alegría y su motivación fueron el motor que me impulso todos los días y finalmente a toda mi gran y extensa familia, su unión significo la luz que ilumino mi caminar. Gracias por lo que logramos.

A Flor, por hacer en mi vida grandes y lindos momentos, gracias por tu apoyo, tu entrega y tu amor.

A Don Eradio por abrirme las puertas de su casa en mi carrera universitaria y Nelo por su apoyo de todas las maneras posibles y por siempre estar ahí cuando lo necesite.

A las madres Chanis y Domi, gracias por su cariño y sus grandes consejos.

A mi fiel, confidente, loco y divertido amigo Wiliam.

A grandes amigos que son parte de mi familia: Fernando, Thanai, Alba, Maria, Anabel, Fabi, Kristell, Denis, Lili, Mirna, William, Blanca, Alina, Pedro, Paris, la familia MEJ y mis mascotas Precioso y Skiper.



INDICE

I.- Introducción	9
II.- Justificación	11
III.- Antecedentes	12
3.1. La dispersión de los frutos y semillas.....	12
3.2. El banco de semillas.....	12
3.3. La conservación y el manejo de la biodiversidad en el banco de semillas.....	13
3.4. Trabajos relacionados con bancos de semillas.....	14
IV.- Hipótesis	19
V.- Objetivos	20
5.1. Objetivo general.....	20
5.2. Objetivos específicos.....	20
VI.- Área de estudio	21
6.1. Descripción de las áreas de estudio.....	22
6.2. Clima.....	22
6.3. Suelo.....	24
6.4. Hidrología.....	24
6.5. Usos del suelo.....	25
VII.- Método	26
7.1. Revisión bibliográfica.....	26
7.2. Determinación de los sitios de muestreo para el análisis de banco de semillas.....	26
7.3. Técnica de muestreo.....	28
7.4. Perturbación de las muestras del banco de semillas.....	30
7.5. Identificación taxonómica.....	30
7.6. Análisis de resultados.....	30
7.6.1. Diversidad alfa.....	30
7.6.1.1. Densidad de semillas.....	30



7.6.1.2. Índice de complementariedad.....	32
7.6.1.3. Índice de diversidad.....	32
7.6.1.4. Prueba de Chi cuadrada.....	32
7.6.2. Diversidad beta.....	33
7.6.2.1. Índice de similitud.....	33
VIII.- Resultados.....	34
8.1. Sitios en el Predio Cansaburro.....	35
8.1.1. Formas de dispersión.....	36
8.1.2. Sitios principales de acumulación de semillas.....	36
8.2. Sitios en el Predio David.....	37
8.2.1. Formas de dispersión.....	37
8.2.2. Sitios principales de acumulación de semillas.....	37
8.3. Perturbación.....	40
8.3.1. Predio Cansaburro.....	40
8.3.2. Predio David.....	42
<u>Diversidad alfa.</u>	
8.4. Curva de acumulación de especies.....	44
8.5. Índice de complementariedad.....	46
8.6. Índice de diversidad.....	46
8.7. Prueba de Chi Cuadrada.....	47
8.7.1. Abundancia.....	47
8.7.2. Riqueza de especies.....	48
<u>Diversidad beta.</u>	
8.8. Índice de similitud.....	49
8.8.1. Predio Cansaburro.....	49
8.8.2. Predio David.....	50
IX.- Discusión.....	51
9.1. Técnica de muestreo.....	51
9.2. Predios de muestreo.....	52
9.2.1. Predio Cansaburro.....	52



9.2.2. Predio David.....	53
9.3. Perturbación.....	54
X.- Conclusión.....	56
XI.- Literatura citada.	57
XII.- Anexos.	65

ÍNDICE DE FIGURAS.

1. Localización de los Predios de muestreo.....	21
2. Climograma del Centro de Investigaciones Costeras La Mancha.....	23
3. Sitios de muestreo.....	27
4. Dispositivo para muestreo del contenido de semillas en el suelo.....	28
5. Procedimiento para la colecta de las muestras de suelo.	29
6. Formas de dispersión por sitios de muestreo, predio Cansaburro.....	36
7. Formas de dispersión por sitios de muestreo, predio David.....	37
8. Riqueza de especies por sitio, del predio Cansaburro y el predio David.....	39
9. Formas de dispersión por sitios de muestreo después de la perturbación, predio Cansaburro.....	40
10. Formas de dispersión por sitios de muestreo después de la perturbación, predio David.....	42
11. Curvas de acumulación de especies predio Cansaburro.....	44
12. Curvas de acumulación de especies predio David.....	45
13. Prueba de Chi cuadrada para abundancia en los sitios de los dos predios.....	47
14. Prueba de Chi cuadrada para riqueza de especies en los sitios de los dos predios.....	48
15. Similitud. Dendrograma predio Cansaburro.....	49
16. Similitud. Dendrograma predio David.	50



ÍNDICE DE TABLAS.

1. Cantidad de semillas por sitio y especie en el Predio Cansaburro.....	38
2. Cantidad de semillas por sitio y especie en el Predio David.....	39
3. Cantidad de semillas germinadas después de la perturbación en el Predio Cansaburro.....	41
4. Cantidad de semillas germinadas después de la perturbación en el Predio David	43
5. Índice de complementariedad entre los sitios de muestreo en cada uno de los dos predios.....	46
6. Diversidad de especies en cada sitio entre los dos predios. Índice de Shannon-Wiener.....	46



I. INTRODUCCIÓN.

El inicio y las primeras etapas de la regeneración natural de una comunidad vegetal dependen de la disponibilidad de frutos y semillas, que están en el suelo y de aquellas que llegan en el momento (Guevara *et al.*, 1986, De Souza *et al.*, 2006, Etchepare y Boccanelli, 2007 y Cano-Salgado *et al.*, 2012). A medida que avanza la sucesión secundaria, las semillas contenidas en el suelo pierden influencia en la composición de la comunidad y gana en importancia la caída o lluvia de semillas. Sin embargo, en general, la importancia relativa del banco de semillas (BS) y de la lluvia de semillas en las primeras etapas de la sucesión secundaria está en función del ecosistema de que se trate (Luzuriaga *et al.*, 2005).

Las especies de semillas que hay en el suelo de un determinado sitio provienen de la caída de semillas a lo largo del tiempo, que pueden permanecer y acumularse dependiendo de: 1) cuantas semillas y con que frecuencia caen (medios de dispersión, cantidad y temporalidad de la fructificación de las plantas), 2) la capacidad que tienen para permanecer viables y en condiciones de germinación, 3) la depredación, 4) la vida media y 5) la germinación (Bossuyt y Hermy, 2004).

Por lo tanto, hemos considerado que al estudiar el banco de semillas se implica a la lluvia de semillas, a los dispersores y a su biología. La composición de especies del banco proporciona un panorama acerca del potencial florístico que tiene un sitio determinado, el cual puede tener implicaciones para la regeneración, para la conservación de la biodiversidad como consecuencia de la conectividad y también, puede ser un indicador del manejo del paisaje.

Este estudio se llevó a cabo en el paisaje costero del Estado de Veracruz, un mosaico formado de fragmentos de selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia, selva baja perennifolia inundable, manglar, palmar, vegetación riparia, vegetación de dunas costeras, humedal y pastizal (Moreno-Casasola, 2006).



La selva baja caducifolia destaca como el ecosistema predominante (Miranda y Hernández, 1963), donde sus especies están presentes en otros componentes del paisaje y participan activamente en la sucesión secundaria y en la regeneración de la vegetación (Guevara, 2006; Guevara y Moreno-Casasola, 2008).

La selva durante las últimas décadas ha sufrido un intenso proceso de deforestación que la ha reducido a fragmentos, amenazando con su aislamiento su biodiversidad y la del paisaje en su conjunto.

Ante este panorama, se puede aseverar que el mantenimiento de la biodiversidad del paisaje de la selva depende de la eficiente dispersión de las plantas y los animales entre los fragmentos y a través de los campos agrícolas y ganaderos y de la disponibilidad de especies y semillas en el suelo, que varía en el terreno y en el tiempo en función de la caída de semillas y su viabilidad y latencia ((Márquez *et al.*, 2002 y Bedoya-Patiño *et al.*, 2010).

El conocimiento de la riqueza de especies, la abundancia de semillas y su distribución en el suelo entre los distintos hábitats del paisaje costero da una clara idea acerca de la movilidad de la biodiversidad y abre la posibilidad de su manejo para contribuir a la regeneración natural y la restauración ecológica (Guevara, 1986).



II. JUSTIFICACIÓN.

El contenido de semillas del suelo es un aspecto de la estructura y dinámica de las comunidades, que ha sido ampliamente tratado por diversos autores debido a que permite entender el proceso de sucesión secundaria, la regeneración natural y la influencia que pueden tener los agentes dispersores en un sitio.

Los métodos y técnicas utilizados para el análisis del BS son muy diversos, dependiendo de la vegetación o paisaje de que se trate, del tipo de suelo y de las características de las especies dominantes. Aunque la aplicación de métodos y técnicas para estudiar la distribución vertical y horizontal de las semillas no ha sido tema relevante se hace necesaria al considerar que si se conserva la estructura del suelo intacta se obtendrá un mejor resultado de la riqueza de propágulos que se establecería en un área dada cuando se quita la vegetación.

Se desea comparar el efecto de los agentes dispersores que favorecen la caída y la acumulación de propágulos mediante percheros artificiales y naturales en dos áreas contrastantes, un pastizal nativo y una selva baja caducifolia. Esto ayudara a conocer en donde se está acumulando la mayor cantidad de semilla y que especies son las que están teniendo éxito en su dispersión y acumulación de semillas en el suelo.

Se debe señalar que si bien los estudios de BS se han concentrado en conocer la abundancia, riqueza y diversidad de las especies no han sido tratados como un aspecto relevante de la conectividad del paisaje directamente relacionada con la conservación de la biodiversidad y con las posibilidades de su manejo.



III. ANTECEDENTES.

3.1. La dispersión de los frutos y semillas.

En general, el periodo y distancia de dispersión y la proporción de semillas dispersadas depende de: la cantidad que produce la planta, el período en que la produce, el medio de transporte, y la fenología de la especie (Glenn-Lewin *et al.*, 1992). Esto indica que la llegada de semillas a un sitio y su permanencia en el suelo son muy variables en relación al clima y los cambios en la estructura y función del paisaje de que se trate.

Las especies se pueden agrupar en síndromes de dispersión: anemocoria (dispersión por el viento), hidrocoria (dispersión por el agua), epizocoria (dispersión por contacto con animales), endozocoria (dispersión al ser ingeridas por animales), barocoria (dispersión por gravedad) y autocoria (dispersión por mecanismos propios de la planta como la explosión de frutos). Algunas especies pertenecen a un solo síndrome de dispersión, mientras otras, según el hábitat son policorias, es decir, presentan más de un síndrome de dispersión (Van Der Valk, 1992).

Una vez en el suelo, las semillas pueden estar sujetas a un proceso de dispersión secundaria por acarreo animal (pequeños mamíferos, insectos, etc) arrastradas por la lluvia o aún el viento, dependiendo de la forma y estructuras de las semillas. Cuando son muy pequeñas pueden acumularse en grietas y pequeños orificios del suelo (Mortimer, 1974).

3.2. El banco de semillas.

Al conjunto de las especies y las poblaciones de semillas que permanecen en el suelo, se les denomina genéricamente **banco de semillas**. En el trópico, según (Garwood, 1989, citado por Bedoya-Patiño *et al.*, 2010), La permanencia se puede describir como: **Transitoria**, cuando tienen corta viabilidad y latencia nula, **Persistente**, cuando las semillas tienen larga viabilidad y poseen mecanismos de



latencia, **Pseudo-persistentes**, cuando las semillas llegan constantemente durante todo el año, **Transitoria estacional**, cuando las semillas tienen latencia estacional y **Transitoria retardada**; cuando las semillas retardan su germinación que no está asociada con condiciones adversas estacionales.

La combinación de viabilidad y latencia de las semillas determina la capacidad de cada especie y población para descubrir y colonizar nuevos hábitats. La viabilidad les da la posibilidad de permanecer durante un determinado tiempo y la latencia asegura que existan las condiciones adecuadas para su germinación y el establecimiento de las plantas. La diferencia entre la viabilidad y la latencia a escala de individuos, poblaciones y especies, hace que la composición de especies y la abundancia de semillas en el *banco de semillas* varíen espacial y temporalmente (Caballero *et al.*, 2005, Moreno-Casasola, 1996).

3.3. La conservación y el manejo de la biodiversidad en el banco de semillas.

La creciente deforestación y fragmentación de los ecosistemas y los paisajes, como las que ocurren en el centro de Veracruz, hace necesario recurrir a distintos métodos que permitan evaluar la situación de la biodiversidad, y estimar la capacidad de regeneración natural de las comunidades vegetales.

El *banco de semillas* permite hacer ese diagnóstico y es un aspecto indispensable para el diseño de técnicas adecuadas para emprender la restauración ecológica, cuando se requiera. Para ello, se debe tomar en cuenta la ecofisiología de las especies de plantas, las características del suelo y la dinámica de los nutrientes, el uso del suelo, la transformación del sistema con fines productivos, la importancia de las especies nativas, entre otros, para generar un sistema altamente diverso y similar, en cuanto a composición, estructura y funcionamiento al original. (Rincón *et al.*, 2000).



3.4. Trabajos relacionados con bancos de semillas.

Altamirano y Guevara (1982) analizaron el contenido de semillas en el suelo en dos dunas costeras móviles en La Mancha, en la reserva del Centro de Investigaciones Costeras de La Mancha (CICOLMA), del INECOL. Muestrearon nueve sitios en cada duna: en la hondonada seca parte baja y media de la pendiente de barlovento, la cima, la pendiente de sotavento y los brazos. En cada sitio tomaron 10 muestras distribuidas en 1 m², con un cilindro de 8 cm de diámetro y 8 cm de altura, un total por sitio de 500 cm² de superficie y 4,020 cm³ de volumen. Muestrearon cuatro veces en un año. Cada muestra se secó en el laboratorio y se separó en cuatro fracciones utilizando tres tamices, que se examinaron en el microscopio de disección. Encontraron siete especies, el total de semillas varió entre cada fecha de muestreo y en cada sitio, la mayor variación en la cantidad de semillas de los sitios fue anual. La mayor cantidad se obtuvo en el mes de octubre, coincidiendo con el pico de fructificación. Concluyeron que el ambiente de las dunas ofrece hábitats estables seguros y a salvo para germinar.

Ramírez-Marcial *et al.* (1992) compararon la composición florística y la riqueza del BS y de la lluvia de semillas en 8 comunidades sucesionales (campo agrícola de maíz, campo agrícola con 3-4 años de abandono, pastizal con pastoreo por ovinos, matorral de *Baccharis vaccinioides* con pastoreo, matorral rozado sin pastoreo, bosque incipiente de 20-25 años, bosque medianamente maduro de 40-45 años y borde del bosque medianamente maduro con el matorral rozado) en un área de bosque de pino-encino de los altos de Chiapas. Encontraron la menor riqueza de semillas en el campo de cultivo activo (112 ind/m²) y en el campo recién abandonado (92 ind/m²) y la más alta en el bosque maduro (698 ind/m²) y el pastizal (578 ind/m²). En todas las muestras predominaron especies pioneras (>85%). No encontraron relación entre la composición florística del banco de semillas y la de la vegetación. La lluvia de semillas fue mayor de octubre a febrero y encontraron mayor número de semillas de especies anuales en el pastizal y el matorral que en las comunidades arboladas. Concluyeron que la fragmentación creciente de los bosques que



ocasiona el patrón regional de su uso actual del suelo no se ve compensada por las comunidades de sucesión temprana al no conformar banco de semillas ricos además de requerir para su regeneración la presencia de adultos reproductivos.

Pérez (1993) evaluó la composición del banco de semillas en la zona estabilizada de las dunas costeras con pastizales y matorrales, en la reserva del CICOLMA. Utilizó el método de germinación para su análisis en cuatro ocasiones para determinar la variabilidad estacional. Seleccionó cuatro tipo de ambientes: pastizal, matorral abierto (con un dosel abierto y pobre en especies), con presencia de *Diphysa americana*, matorral cerrado (con un dosel cerrado y rico en especies) y selva. En cada ambiente incluyó dos sitios; cada muestra fue de 20x20 cm con una profundidad de 5 cm, el volumen fue de 4,000 cm³ por muestra. En 96 muestras por colecta y 384 en total, germinaron 13,207 semillas de 82 morfoespecies: 14 a nivel familia, 6 a nivel de género y 25 a nivel de especie y 37 sin poder identificar. La mayor cantidad de especies y semillas se obtuvo durante la época de nortes. La densidad promedio de plántulas fue de 880 semillas/m². Concluyeron que entre pastizales y matorrales existe un flujo de semillas de especies herbáceas hacia estados sucesionales avanzados (matorrales y selva), siendo mayor que el de especies arbóreas hacia ambientes sucesionales iniciales (pastizales).

Haretche (2002) analizó el banco de semillas en una pradera natural en el Departamento de San José, Uruguay, en dos parcelas sometidas a tratamientos diferentes: una con pastoreo y otra sin pastoreo. Utilizó el método de germinación para su análisis, ubicándolas en 4 grupos funcionales: gramíneas invernales, gramíneas estivales, monocotiledóneas no gramíneas y dicotiledóneas. Encontró que en la parcela pastoreada, la densidad del banco de semillas fue significativamente mayor con predominio de dicotiledóneas mientras que las gramíneas fueron muy escasas. En el banco de semillas de la exclusión predominaron las gramíneas, seguidas por las dicotiledóneas, en tanto las monocotiledóneas no gramíneas estuvieron bien representadas en ambas



condiciones. Concluyeron que el nivel de similitud entre la vegetación aérea y el banco de semillas resultó bastante bajo con pastoreo y relativamente alto con exclusión de pastoreo y que las diferencias entre el banco de semillas y la vegetación aérea podrían tener efectos importantes en la dinámica espacial y temporal de la vegetación de las praderas.

Etchepare y Boccanelli (2007) analizaron la composición florística, abundancia, riqueza y diversidad del banco de semillas y de la comunidad vegetal; evaluaron la relación entre ambos, en un lote agrícola de la llanura pampeana en Argentina donde se desarrollaba una sucesión secundaria de 20 años. Registraron 13 especies en la comunidad vegetal, entre las cuales predominan especies perennes y 12 especies en el banco de semillas, con predominio de especies anuales. Tres especies estuvieron presentes en el banco de semillas y en la vegetación, pero sólo una mostró correlación significativa y positiva. Esta escasa relación entre la vegetación y el banco de semillas sugirió que el banco de semillas puede ser de limitada importancia en el reclutamiento, estructura y composición de la comunidad vegetal.

Ortiz-Arrona (2008) estudió la composición, riqueza y diversidad de especies en el banco de semillas (BS) del suelo en un bosque mesófilo de montaña de la Sierra de Manantlán, colectó 40 muestras de suelo, de 30 × 30 cm y 5 cm de profundidad, en cuatro fechas del año (febrero, mayo, agosto y noviembre). Se identificaron las plántulas, obtenidas por germinación de las muestras. Reportaron un total de 80 especies, de 48 géneros y 31 familias. Predominaron las herbáceas con 50 especies, seguidas por las arbustivas y arbóreas. Demostraron que la similitud en la composición florística del BS y la vegetación en el sitio fue relativamente baja. Los resultados indicaron cierta variación estacional de las especies en el BS, que las especies arbóreas están fuertemente relacionadas con su temporada de fructificación y señalaron la importancia de la reserva de semillas en el suelo como fuente de propágulos para la regeneración del bosque mesófilo de montaña.



Gámez y White (2009) analizaron el banco de semillas del suelo en tres comunidades vegetales; Zacatón (bosque secundario), El Cafetal (café con sombra) y Los Pinos (bosque de coníferas), en el parque ecológico municipal Cerro Santa Gallo, Condega, Departamento de Estelí. Managua, Nicaragua. Estimaron la composición de especies y densidad de semillas presentes en el banco de semillas del suelo y determinaron la profundidad promedio de almacenamiento de las semillas germinadas. Colectaron muestras de suelo que incluían la capa de litter y tres capas de suelo mineral sucesivas (de 0-3, 3-6 y 6-9 cm.). Trasladaron las muestras a un invernadero para monitorearlas por seis meses. Germinaron cuatro especies, distribuidas en cuatro familias; Zacatón presentó tres especies, dos especies Los Pinos y El Cafetal dos especies. Las especies eran hierbas (cuatro), la germinación de bejucos, arbustos y árboles fue nula en el banco de semillas del suelo. Germinó un total de 40 individuos, el Zacatón fue el sitio con mayor número de semillas con 23 individuos, Los Pinos con nueve y El Cafetal con ocho. Concluyeron que las semillas estaban en las dos últimas capas del suelo.

Cardona-Cardozo y Vargas-Ríos (2011) realizaron un estudio en dos sitios de un bosque subandino con diferente estado sucesional; bosque maduro y bosque secundario de 20 años, determinaron el volumen mínimo de suelo representativo para el muestreo de caracterización del BS, para lo cual se extrajeron muestras de suelo con un incremento constante de 1.000 cm³ hasta 5.000 cm³, tomándose tres réplicas por cada volumen, las muestras se tomaron distribuidas cada 5 m, a lo largo de un transecto de 30 metros y hasta una profundidad de 10 cm. Las muestras del suelo las extendieron sobre camas de germinación dentro de invernadero, por periodo de un mes; los datos obtenidos se evaluaron mediante gráficas de especies-volumen y abundancias-volumen para determinar el volumen mínimo requerido dando como resultado un volumen mínimo de suelo de 3.800 cm³. Para la caracterización del BS, el suelo extraído lo colocaron en bandejas de germinación dentro de un invernadero, semanalmente se registraron las plántulas germinadas, el mayor número de plántulas se registró en el BS del bosque secundario con 908



individuos, mientras que en el bosque maduro se encontraron 734 individuos. No encontraron diferencias significativas en el BS de los dos sitios, en cuanto a la diversidad, tamaño y composición; los dos sitios resultaron ser muy similares en cuanto a la composición de especies. Concluyeron que no existe ninguna relación entre el BS y la cobertura de la vegetación en pie, en ninguno de los dos sitios estudiados.



IV. HIPÓTESIS.

La riqueza de especies del banco de semillas es parte del potencial de regeneración natural de las comunidades vegetales que depende de la movilidad de la biodiversidad en el paisaje costero fragmentado. La determinación de la composición de especies y abundancia de semillas en el suelo de la selva y de sitios perturbados, es indispensable, para entender el inicio y primeras etapas de la sucesión secundaria que ocurre cuando cesa la perturbación de un sitio determinado, por lo tanto es un insumo importante para diseñar técnicas para la restauración ecológica.



V. OBJETIVOS.

5.1. GENERAL.

Determinar que especies de semillas germinan cuando se elimina la cobertura vegetal de la selva y del pastizal nativo en el paisaje costero del centro de Veracruz.

5.2. ESPECÍFICOS.

1. Diseñar una técnica de muestreo que conserve la estructura del suelo, con el fin de mantener la distribución original de las semillas, especialmente las que se encuentran en la superficie.
2. Identificar los sitios de acumulación de semillas en el suelo, en la selva y en un pastizal abandonado.
3. Comparar el contenido de semillas en el suelo de la selva con el pastizal.
4. Comparar a través de índices ecológicos el estado actual de la comunidad vegetal de los dos predios.



VI. ÁREA DE ESTUDIO.

El muestreo del banco de semillas se realizó en dos áreas, una perteneciente Pronatura A.C. llamada Cansaburro; la otra es un predio particular del Sr. David Díaz Romero (David), del estado de Veracruz localizados en $19^{\circ} 33' \text{ LN}$ y $96^{\circ} 22' \text{ LW}$; entre $19^{\circ} 37' \text{ LN}$ y $96^{\circ} 23' \text{ LW}$, ambos cercanos al Centro de Investigaciones Costeras La Mancha (CICOLMA) del Instituto de Ecología, A.C.

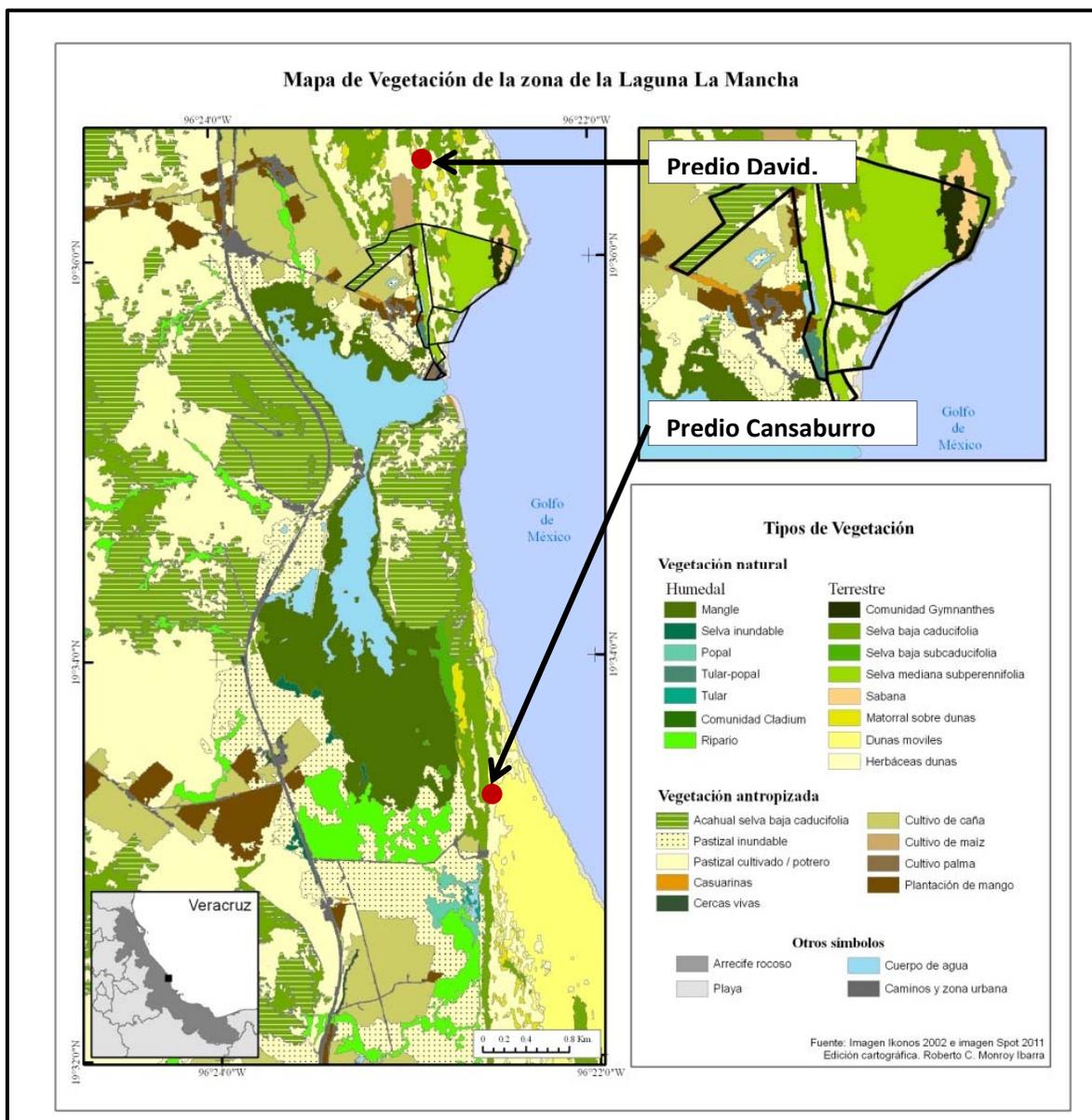


Figura 1. Localización de los Predios de muestreo.



6.1. Descripción de las áreas de estudio:

Constan de una zona de dunas costeras con pastizal y otra zona de selva baja caducifolia. La primera contiene árboles aislados esparcidos de *Randia laetevirens*, *Diphysa americana* y arbustos de *Opuntia stricta*, ocupa la ladera de barlovento paralela a la costa del Golfo de México. La selva se encuentra en buen estado de conservación, las especies dominantes son: *Ficus sp*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Bursera simaruba* (Ramírez-Pinero, 2012).

6.2. Clima.

El clima es del tipo Aw₂ acorde al sistema de clasificación climática de Köeppen, modificado por García (García, 1981). Es cálido subhúmedo, con régimen de lluvias de verano, un P/T mayor de 55.3, con temperatura media anual del mes más frío mayor de 18°C y la del mes más caliente mayor a 22°C. Tiene una temporada lluviosa, de junio a septiembre, donde cae alrededor del 78% de la precipitación total anual y otra seca, de octubre a mayo. La precipitación total anual oscila de 899 a 1829 mm., con un valor medio de 1,286 mm. y el mes más lluvioso varía de un año a otro. La temperatura media anual oscila entre 21.1°C en enero y 27.3°C en junio; temperatura obtenida de un promedio de 29 años (Figura 2), (Moreno-Casasola, 2006).

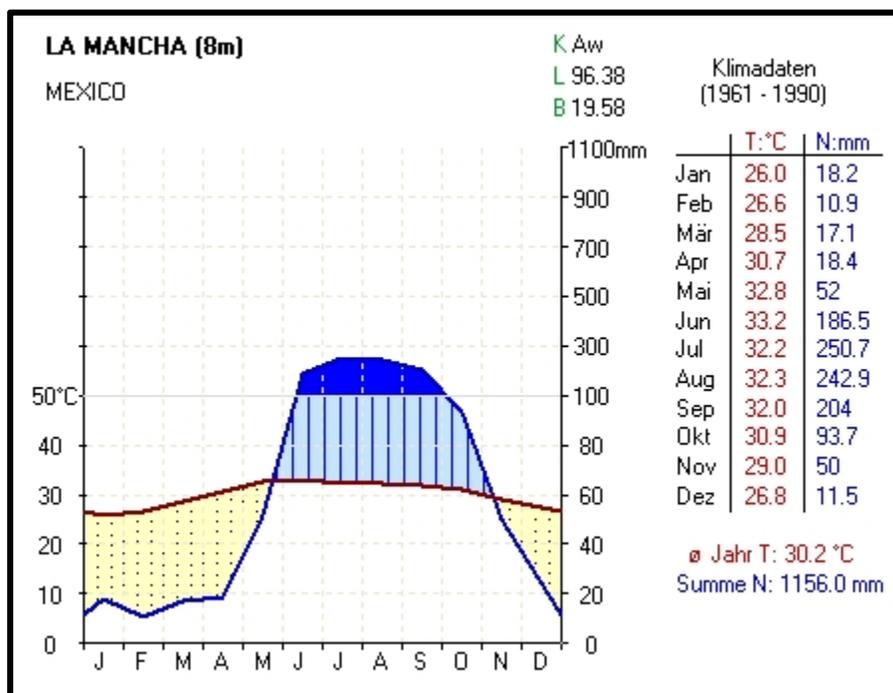


Figura 2. Climograma del Centro de Investigaciones Costeras La Mancha (CICOLMA) del Instituto de Ecología, A.C.

La zona se encuentra bajo la influencia de los vientos alisios que aportan humedad y determinan la precipitación. Los vientos dominantes son del noreste y norte, siendo estos últimos muy fuertes durante los meses de noviembre a febrero (Blain, 1988). Al final del verano y principios del otoño, la zona está expuesta a los ciclones tropicales (Gómez-Pompa *et al.*, 1972), aunque la incidencia de estos es baja con respecto a otras zonas del Golfo de México (Moreno-Casasola, 2006).



6.3. Suelo.

El suelo es de tipo arenosol con fluctuaciones menores:

- **Arenosol lúvico:** Se ubica en los cordones litorales, ocupa una superficie de 0.9 km². Retiene mejor la humedad y contiene mayor cantidad de materia orgánica que el resto de los arenosoles (Moreno-Casasola, 2006).
- **Arenosol calcárico poco humificado:** Se localiza en la playa y dunas de playa, con una superficie de 1.7 km². Presenta poco desarrollo, una alta permeabilidad y por tanto una capacidad de retención de humedad baja. Es pobre en nutrientes y su cobertura vegetal es escasa (Moreno-Casasola, 2006).
- **Arenosol calcárico ligeramente humificado:** Se encuentra en las dunas transversales y parabólicas, con una superficie de 2.9 km². Es similar al arenosol calcárico poco humificado, pero presenta una cobertura vegetal y una cantidad de residuos orgánicos mayor (Moreno-Casasola, 2006).

6.4. Hidrología.

El área de estudio pertenece a la región hidrológica del Papaloapan, a la cuenca del río Jamapa y a la subcuenca del río Pajaritos (SPP, 1984). Los escurrimientos superficiales son del 5-10% en las unidades geomorfológicas de playa, dunas y depresión prelitoral y del 20-30% en los cerros volcánicos (SPP, 1984). Estos dependen de la precipitación, la evaporación y de las características edáficas. (Moreno-Casasola, 2006)



6.5. Usos del suelo.

En el paisaje se intercalan formando un mosaico la vegetación natural (11 km²) con la vegetación transformada por las actividades humanas (42 km²) (Figura 1). La vegetación natural está formada por distintos tipos de selvas (4 km²), varios tipos de humedales (3 km²) y vegetación de dunas costeras (4 km²). La vegetación transformada consiste en vegetación secundaria (acahuales), la cual ocupa 13 km², los potreros para la ganadería bovina (21 km²), cultivos de caña, maíz y mango (7 km²), caminos y asentamientos (1 km²) (Moreno-Casasola, 2006).



VII. MÉTODO.

7.1. Revisión Bibliográfica.

Se utilizaron varias fuentes de información, buscando publicaciones acerca de banco de semillas, ecología de semillas, sucesión secundaria, restauración ecológica y ecología del paisaje. Se utilizaron los siguientes buscadores: ISI Web of Science y Google Scholar. La estrategia de búsqueda se basó en artículos recientes que tuvieran más de una palabra clave.

7.2. Determinación de los sitios de muestreo para el análisis de banco de semillas.

El muestreo se realizó en dos predios: Cansaburro y David. En cada uno se ubicaron un fragmento de selva y un pastizal.

El muestreo de los pastizales se hizo entorno a 10 árboles aislados de *Diphysa americana*, considerando cada una como una unidad de muestreo. Cada una tiene 3 sitios: bajo el árbol de *Diphysa americana* (D), bajo una percha artificial (polín de madera de pino tratado de 3 m de largo y 9 cm de ancho de sección cuadrada, con un travesaño en la parte superior de un 1 m de largo) (P) y en pastizal abierto (p) (Figura 3).

Se tomaron cuatro muestras por sitio (12) por 10 unidades (120) en el pastizal de cada predio para un total de 240 muestras en ambos predios. En la selva se tomaron 40 muestras en cada predio para un total de 80 muestras. La superficie total muestreada en las 160 muestras de cada predio fue de 1.31 m² (Figura 3).

La época de muestreo se realizó en los meses de lluvia de agosto a noviembre.

El total de 320 muestras provenientes de ambos predios, se colocaron en un invernadero con riego hasta que cesó la germinación, alrededor de 90 días.



Las plántulas individualmente fueron trasplantadas a macetas conteniendo arena lavada como sustrato.

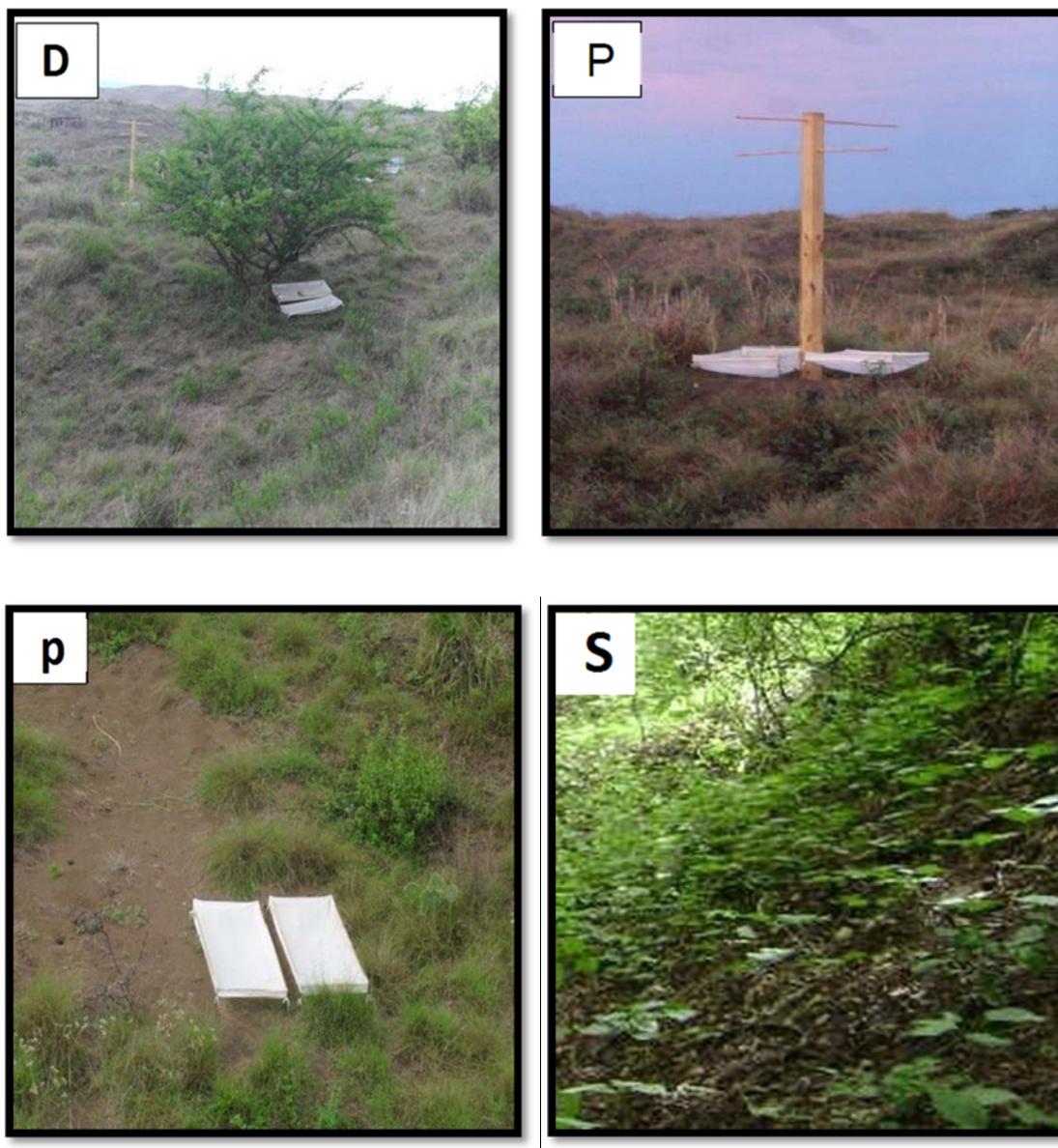


Figura 3. Sitios de muestreo: *Diphysa americana* (D) percha artificial (P) pastizal abierto (p) y selva baja caducifolia (S).

Las muestras de suelo se colocaron en un invernadero cerca de ambos predios, en condiciones de humedad constante, temperatura (29°C como mínima y 32°C como



máxima) y exposición a la luz similar a las que se encuentran en el campo cuando desaparece la cobertura vegetal.

7.3. Técnica de muestreo.

Se empleó un dispositivo de muestreo en forma de paralelepípedo de lámina de hierro (15 cm. x 7 cm. x 5 cm. con una superficie de 70 cm² y un volumen de 525 cm³) (Figura 4). El paralelepípedo se introduce dejando un espacio de 0.5 cm entre la muestra y la pared superior del dispositivo y así, impedir que la capa superficial del suelo se altere, extrayendo una muestra con un volumen de suelo de 472.5 cm³.

Una vez introducido el dispositivo se excarvo en un lado de la muestra y se introdujo una charola de plástico de las mismas dimensiones del paralelepípedo, con orificios para tener una buena filtración del agua, cuando la charola estuvo en su posición se deslizó el dispositivo hacia la charola de plástico y se extrajo procurando no alterar el suelo, cuando la muestra se adhirió a las paredes del cubo se le dieron pequeños golpes para despegar el suelo. Para finalizar se registró cada una de las muestras con una etiqueta de sitio de muestreo y fecha.

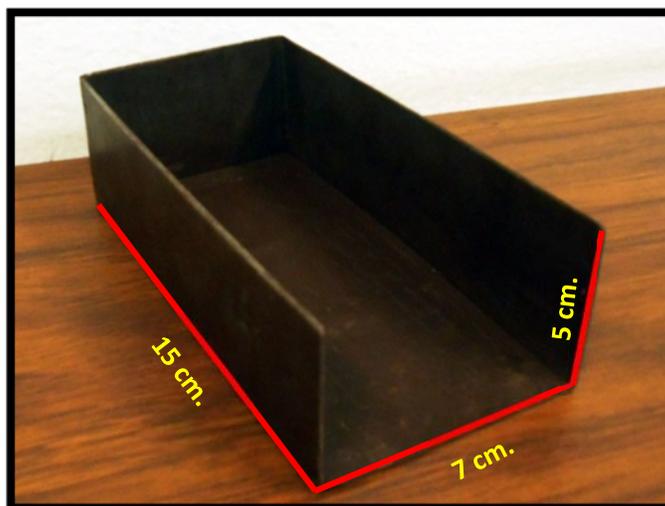


Figura 4. Dispositivo para muestreo del contenido de semillas en el suelo (Superficie: 70 cm².Volumen: 525 cm³).



Alejandro Romero García

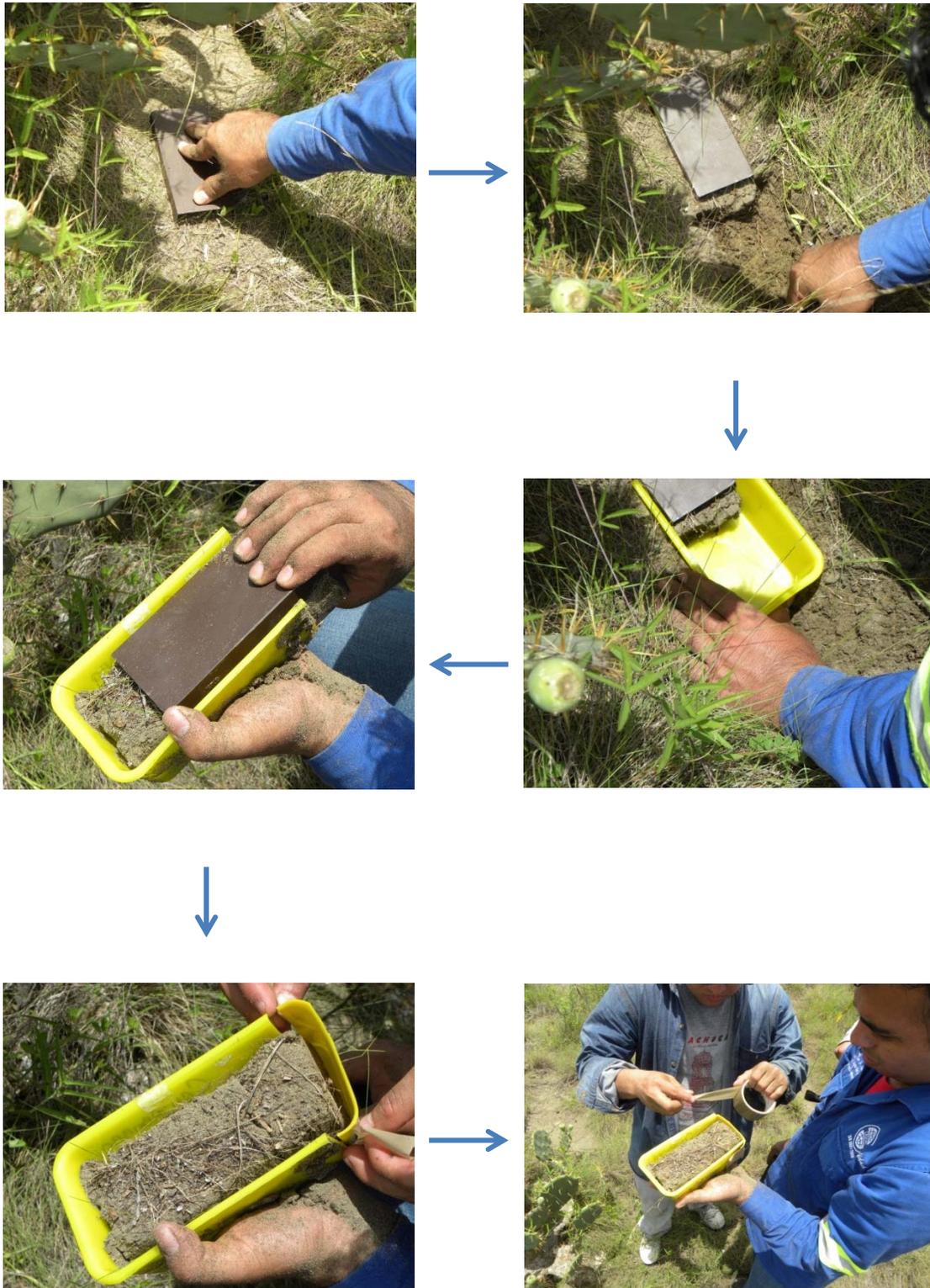


Figura 5. Procedimiento para la colecta de las muestras de suelo.



7.4. Perturbación de las muestras del banco de semillas.

Para corroborar que la mayoría de las semillas están en la superficie, una vez concluida la germinación de las muestras, se les hicieron “cortaduras” para exponer eventuales semillas viables que se encontraran a mayor profundidad.

7.5. Identificación taxonómica.

Las plántulas se mantuvieron hasta hacer posible su identificación. Las plantas se determinaron con la colaboración de especialistas y el uso de claves de identificación. Las familias se denominaron de acuerdo al sistema de clasificación de (Cronquist, 1988). Para la validez de los nombres científicos se utilizó la base de datos del Missouri Botanical Garden (www.tropicos.org).

7.6. Análisis de resultados.

7.6.1. Diversidad alfa.

7.6.1.1. Densidad de semillas.

Se determinó la densidad de semillas por predio por metro cuadrado, haciendo uso de la fórmula establecida para calcular número de árboles por hectárea (Sörgel, 1985), adaptada para determinar el número de semillas por metro cuadrado (Gámez López y White Sevilla, 2009)

$$\text{No de sem/ m}^2 = \frac{1}{(\text{Nm} \times \text{Ac})} \times \text{S sem.}$$



Nm: número de muestras

Ac: área del cuadrado utilizado (1.7161 m²)

S sem. : sumatoria de las semillas.

Curvas de acumulación de especies.

Estimador para calcular el número de especies esperadas a partir de un muestreo.

- S (est) (Número esperado de especies).
- S (est) 95% CI Lower Bound (Límite inferior del intervalo de confianza del 95 %).
- S (est) 95% CI Upper Bound (Límite superior del intervalo de confianza del 95 %).
- Chao 2. (Estimador basado en la incidencia). Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras).

La fórmula es la siguiente.

$$S_{est} = S_{obs} + (L^2/2M)$$

L= Número de especies que aparecen en solo una muestra (especies “únicas”).

M= Número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (especies “dobles”).

Se utilizó el paquete estadístico EstimateS 9.1.0. (Colwell, 2013).



7.6.1.2. Índice de complementariedad.

Determina la relación entre la riqueza observada y la riqueza estimada. El porcentaje se obtuvo de acuerdo con los estimadores S (est) (Número esperado de especies) y Chao 2 Mean (estimador de riqueza).

$$C = S(\text{est}) / \text{Chao2}$$

Se utilizó el paquete estadístico EstimateS 9.1.0. (Colwell, 2013).

7.6.1.3. Índice de diversidad.

Se usó el índice de Shannon para estimar la diversidad por ser muy apropiado cuando se compara la diversidad entre zonas (Magurran 1989).

Se utilizó el paquete estadístico EstimateS 9.1.0. (Colwell, 2013).

7.6.1.4. Prueba de Chi cuadrada.

Los datos se sometieron a un análisis de normalidad, dado que no cumplieron con dicha norma se aplicó la prueba de Chi cuadrada para las variables de abundancia y riqueza con la ayuda del paquete estadístico "Sigmaplot" versión 12.5 (Systat Software, San Jose, CA).

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{Observed Value} - \text{Expected Value})^2}{(\text{Expected Value})}$$

- Grados de libertad (gl): n-1 donde n es el número de clases.

Se utilizó la prueba de Chi cuadrada porque los datos no tienen una distribución normal.



7.6.2. Diversidad Beta.

7.6.2.1. Índice de similitud.

Se determinó el coeficiente de similitud de especies del banco de semillas del suelo de cada sitio mediante el índice de Jaccard o índice de similitud florística utilizando el paquete estadístico EstimateS 9.1.0. (Colwell, 2013).

$$IJ: c/(a+b-c)$$

a: número de especies presentes en la estación A.

b: número de especies presentes en la estación B.

c: número de especies presentes en ambas estaciones, A y B.

Este índice está diseñado para ser igual a uno (1) en caso de completa similitud e igual a cero (0) en comunidades sin especies en común. Se obtuvo un dendrograma de distancia entre sitios con la ayuda del paquete estadístico "Sigmaplot" versión 12.5 (Systat Software, San Jose, CA).



VIII. RESULTADOS.

Se registró un total de 38 especies de semillas; 22 de las cuales (58%) se identificaron a especie, 9 (24%) a género, 2 (5%) a familia y 5 (13%) no se identificaron. En cuanto a su forma de vida se trata de 3 especies de árboles, 13 especies de arbustos, 6 herbáceas trepadoras, 7 hierbas y 9 que no se lograron identificar al obtener sólo un individuo en 16 especies y ser especies de crecimiento lento o tasa de mortalidad alta.

La cantidad de semillas y la riqueza de especies en cada uno de los predios fue muy distinta: en el predio Cansaburro germinaron 343 semillas de 30 especies, 1.2 plántulas por metro cuadrado, mientras que en el predio David germinaron 84 semillas de 15 especies, 0.3 plántulas por metro cuadrado.

En el predio Cansaburro: 3 son especies arbóreas, 10 especies arbustivas, 6 herbáceas trepadoras, 6 hierbas y 5 no se lograron identificar. Pertenecen a 14 familias; Fabaceae 7 especies, Poaceae 5 especies, Desconocidas 3 especies, Moraceae, Convolvulaceae y Asteraceae 2 especies, Sapindaceae, Caricaceae, Amaranthaceae, Commelinaceae, Phyllanthaceae, Malvaceae, Solanaceae, Cactaceae y Euphorbiaceae 1 especie cada una.

En el predio David: 1 especie es arbórea, 6 son arbustivas, 3 hierbas y 5 no se lograron identificar. Pertenecen a 10 familias; Fabaceae 4 especies, Desconocidas y Amaranthaceae 2 especies, Verbenaceae, Poaceae, Moraceae, Phyllanthaceae, Malvaceae, Solanaceae y Cactaceae 1 especie cada una.

Los dos predios comparten entre si 7 especies; *Ficus cotinifolia* (Moraceae), *Phyllanthus niruri* (Phyllanthaceae), *Sida rhombifolia* (Malvaceae), *Hylocereus sp.* (Cactaceae), *Iresine celosia* (Amaranthaceae), *Pappophorum pappiferum* (Poaceae) y *Solanum sp.* (Solanaceae); 1 especie arbórea, 3 especies arbustivas, 2 hierbas y 1 no se logró identificar.



La familia mejor representada fue Fabaceae con 11 especies y Poaceae con 5 especies. La especie más abundante en ambos predios fue *Pappophorum pappiferum* (Poaceae), con 119 semillas, es una especie pionera en la sucesión secundaria de sitios perturbados (Tabla 1).

8.1. Sitios en el Predio Cansaburro.

La riqueza de especies fue mayor en “Diphysa” con 16 especies, seguido por “Selva” con 15 especies y “Percha” con 12 especies, el sitio con menor riqueza fue “Pastizal abierto” con 9 especies (Figura 8). También tuvo la mayor abundancia de semillas (160), seguido de “Selva” con 97 semillas, “Pastizal abierto” con 45 y “Percha” con 41 semillas (Tabla 1).



8.1.1. Formas de dispersión.

Las formas de dispersión se establecieron de acuerdo a la literatura y a comunicaciones personales con investigadores del grupo de trabajo del INECOL, A. C.

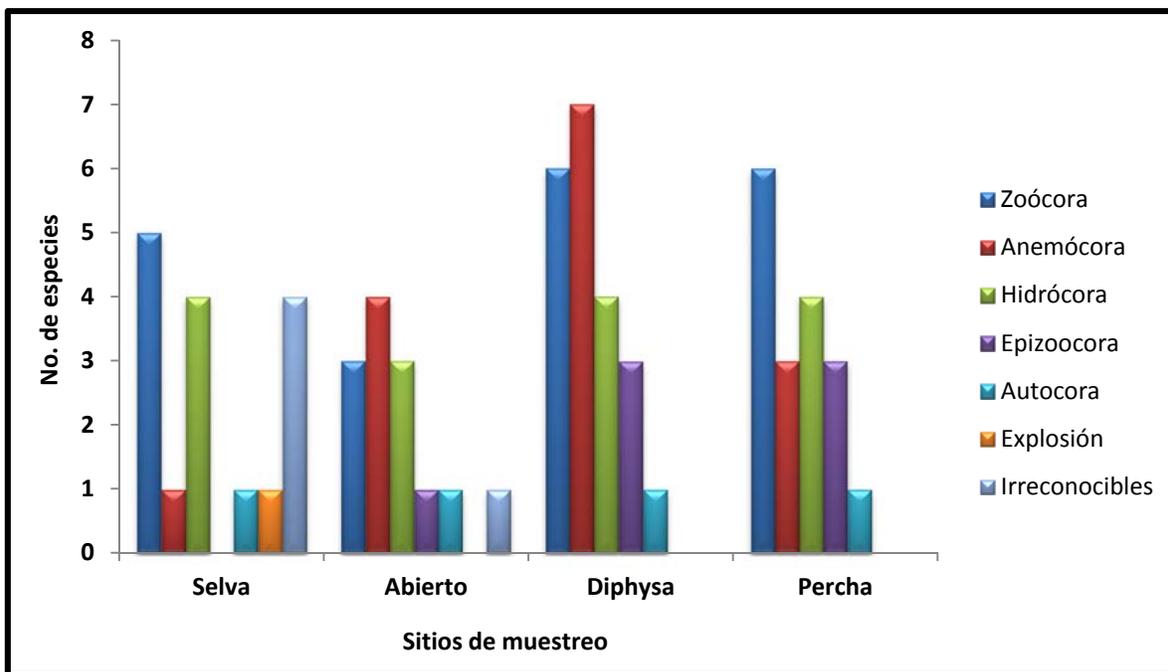


Figura 6. Formas de dispersión por sitios de muestreo, predio Cansaburro.

Se identificó la forma de dispersión del 87% de las especies. La dispersión por frugívoros fue mayor en “Diphysa y Percha” (6 especies), seguido por “Selva” (5 especies) y “Pastizal abierto” (3 especies) (Figura 6).

8.1.2. Sitios principales de acumulación de semillas.

La mayor riqueza (Figura 8) y abundancia de semillas (Tabla 1) se encontró en el sitio “Diphysa” seguido del sitio “Selva”.



8.2. Sitios en el Predio David.

La riqueza de especies fue mayor en “Percha” (10 especies), seguido por “Pastizal abierto” (7 especies) y “Selva” (5 especies), el sitio con menor riqueza fue “Diphysa” (3 especies) (Figura 8). Sin embargo los sitios “Diphysa y Percha” tuvieron la mayor abundancia de semillas (26), el sitio con menor abundancia fue “Selva” (10) (Tabla 2).

8.2.1. Formas de dispersión.

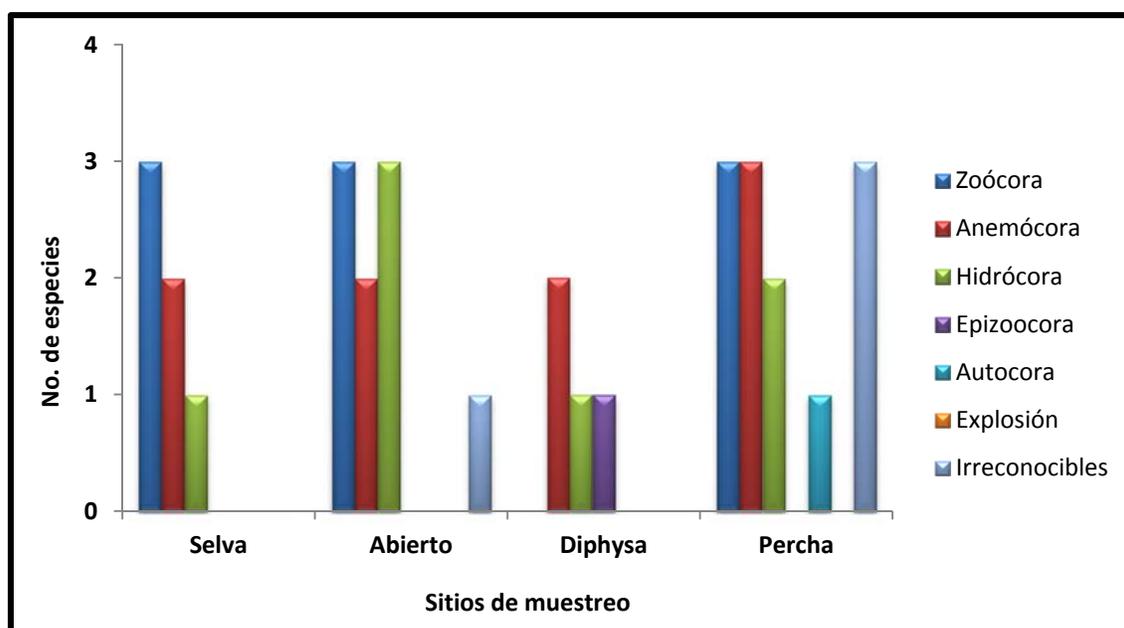


Figura 7. Formas de dispersión por sitios de muestreo, predio David.

Se identificó la forma de dispersión del 80% de las especies. La dispersión por frugívoros fue mayor en “Percha y Pastizal abierto” con 4 especies, seguido por “Selva” con 3 especies y “Diphysa” sin ninguna especie (Figura 7).

8.2.2. Sitios principales de acumulación de semillas.

La mayor riqueza de especies se registró en el sitio “Percha” con 10 especies (Figura 8). Por su abundancia de semillas destacan el sitio “Percha” y el “Pastizal abierto” (Tabla 2).



Tabla de abundancia de semillas por sitio y especie en el Predio Cansaburro					
Especies	Sitios de muestreo				
	Selva	Abierto	Diphysa	Percha	Total
<i>Acalypha sp.</i>	1	0	0	0	1
<i>Aristida adscensionis</i>	0	13	4	6	23
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	0	0	1	0	1
<i>Carica cauliflora</i>	1	0	0	0	1
<i>Centrosema angustifolium</i>	1	1	2	1	5
<i>Commelina erecta</i>	0	0	1	0	1
<i>Crotalaria sp.</i>	0	0	0	1	1
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	0	1	14	6	21
Desconocida	4	0	0	0	4
Desconocida	2	1	0	0	3
Desconocida	1	0	0	0	1
<i>Diphysa americana</i>	0	0	1	0	1
<i>Ficus cotinifolia</i>	52	0	2	0	54
<i>Hylocereus sp.</i>	0	0	0	1	1
<i>Indigofera suffruticosa</i>	0	0	3	1	4
<i>Ipomea sp.</i>	1	0	0	0	1
<i>Ipomoea pescaprae</i>	1	0	0	0	1
<i>Iresine celosia</i>	8	0	34	4	46
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	2	0	0	0	2
<i>Melinis repens</i>	0	0	16	3	19
<i>Mimosa pudica</i>	0	1	0	0	1
Moraceae	3	0	0	0	3
<i>Mucuna sp.</i>	11	0	0	0	11
<i>Pappophorum pappiferum</i>	0	21	59	6	86
<i>Paspalum conjugatum</i>	1	0	7	1	9
<i>Phyllanthus niruri</i>	0	4	2	9	15
<i>Porophyllum punctatum</i>	0	0	2	0	2
<i>Sida rhombifolia</i>	0	1	7	2	10
<i>Solanum sp.</i>	8	0	0	0	8
<i>Stevia sp.</i>	0	2	5	0	7
Total	97	45	160	41	343

Tabla 1. Cantidad de semillas por sitio y especie en el Predio Cansaburro.



Tabla de abundancia de semillas por sitio y especie en el Predio David					
Especies	Sitios de muestreo				
	Selva	Abierto	Diphysa	Percha	Total
<i>Amaranthus hybridus</i>	0	0	0	1	1
<i>Centrosema sp.</i>	0	0	0	1	1
<i>Chamaecrista sp.</i>	0	5	0	2	7
Desconocida	0	0	0	1	1
Desconocida	0	0	0	1	1
Fabaceae	0	7	0	7	14
<i>Ficus cotinifolia</i>	1	0	0	0	1
<i>Hylocereus sp.</i>	0	1	0	3	4
<i>Iresine celosia</i>	1	2	3	2	8
<i>Lippia graveolens</i>	3	0	0	0	3
<i>Mimosa deamii</i>	0	0	2	0	2
<i>Pappophorum pappiferum</i>	0	9	17	7	33
<i>Phyllanthus niruri</i>	0	1	0	1	2
<i>Sida rhombifolia</i>	2	1	0	0	3
<i>Solanum sp.</i>	3	0	0	0	3
Total	10	26	22	26	84

Tabla 2. Cantidad de semillas por sitio y especie en el Predio David.

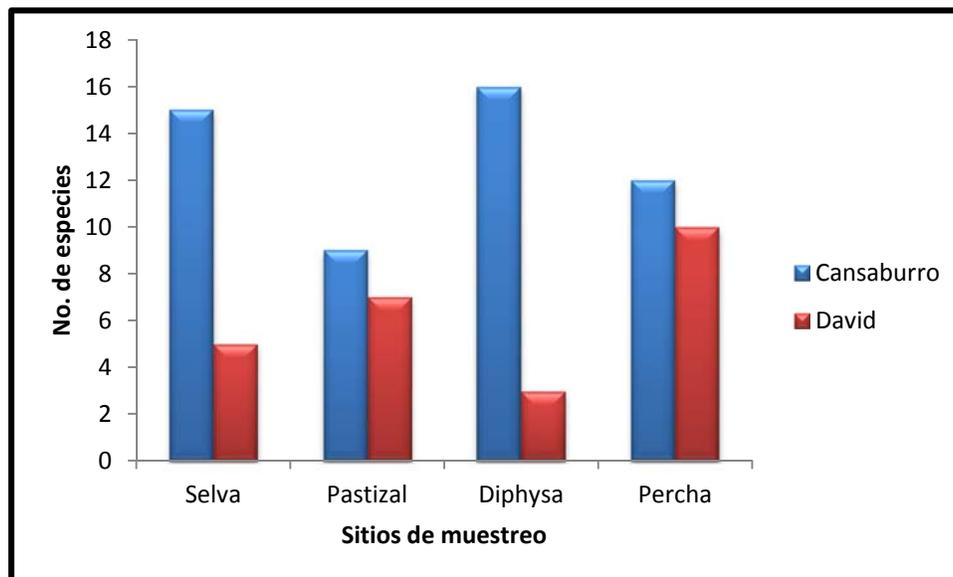


Figura 8. Riqueza de especies por sitio, del predio Cansaburro y el predio David.



8.3. Perturbación.

A los 90 días cuando cesó la germinación de semillas en las muestras, se perturbó el suelo para exponer las semillas que pudieran estar a mayor profundidad de las muestras.

8.3.1. Predio Cansaburro.

Germinaron 28 semillas de 14 especies, de las cuales 2 especies ya se habían registrado y 12 especies fueron nuevos registros; 3 son especies arbóreas, 4 especies arbustivas, 1 hierba y 7 no se lograron identificar (Tabla 3). Pertenecen a 11 familias; Asteraceae 3 especies, Solanaceae 2 especies, Malvaceae, Casuarinaceae, Bignoniaceae, Moraceae, Polygonaceae, Betulaceae, Salicaceae, Amaranthaceae y Sapindaceae o Anacardiaceae tienen una sola especie cada una.

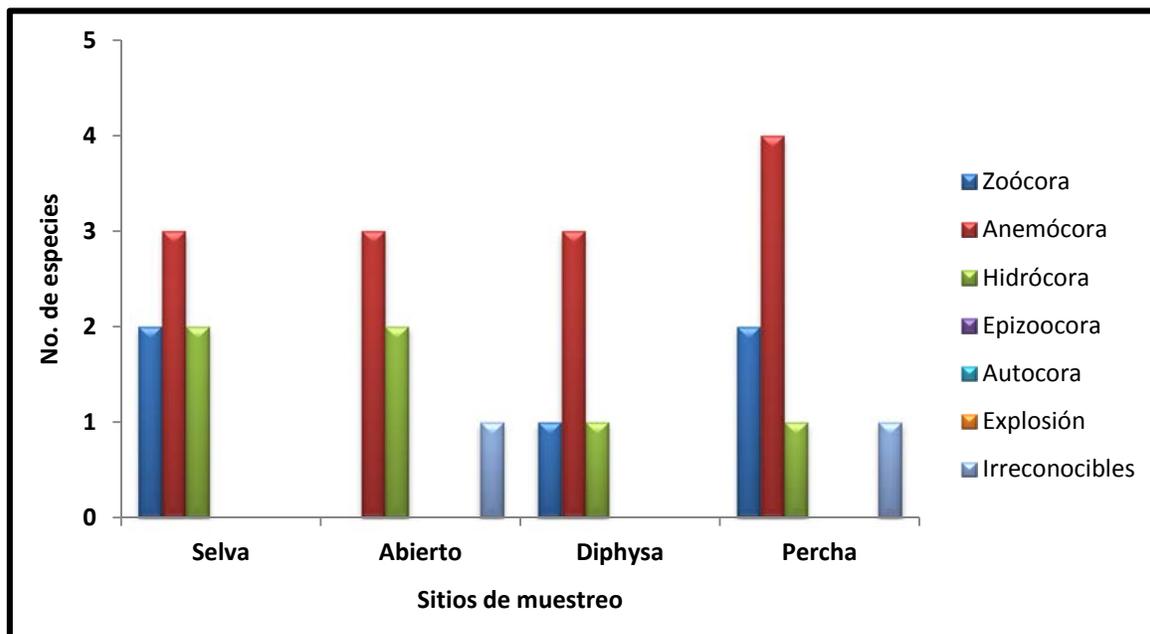


Figura 9. Formas de dispersión por sitios de muestreo después de la perturbación, predio Cansaburro.



Se identificó el método de dispersión del 93% de las especies. La mayor cantidad de especies dispersadas por frugívoros se detectó en “Percha” y “Selva” (2 especies), seguidos por “Diphysa” (1 especie) y “Pastizal abierto” donde no germinó especie alguna (Figura 9).

Tabla de abundancia de semillas por sitio y especie en el Predio Cansaburro					
Especies	Sitios de muestreo				
	Selva	Abierto	Diphysa	Percha	Total
<i>Alnus sp.</i>	0	1	0	1	2
Asteraceae	1	0	0	0	1
Asteraceae	0	0	0	1	1
<i>Casuarina equisetifolia</i>	2	1	0	0	3
<i>Coccoloba sp.</i>	0	0	0	1	1
<i>Ficus insipida</i>	1	0	0	0	1
<i>Iresine celosia</i>	0	0	5	0	5
<i>Stevia sp</i>	0	0	1	2	3
<i>Salix sp.</i>	0	0	0	1	1
Sapindaceae o Anacardiaceae	0	1	0	2	3
<i>Solanum sp.</i>	2	0	0	0	2
<i>Solanum sp.</i>	0	0	1	0	1
<i>Tecoma stans</i>	1	1	1	0	3
<i>Waltheria indica</i>	0	0	0	1	1
Total	7	4	8	9	28

Tabla 3. Cantidad de semillas germinadas después de la perturbación en el Predio Cansaburro.



8.3.2. Predio David.

En las muestras del predio David germinaron 16 semillas de 13 especies de las cuales 4 especies ya se habían registrado y 9 especies fueron nuevos registros, 3 son especies arbóreas, 4 especies arbustivas, 2 herbáceas trepadoras, 2 hierbas y 2 no se lograron identificar (Tabla 4). Pertenecen a 8 familias; Fabaceae 6 especies, Malvaceae, Plantaginaceae, Euphorbiaceae, Asteraceae, Salicaceae, Moraceae y Solanaceae una sola especie en cada una.

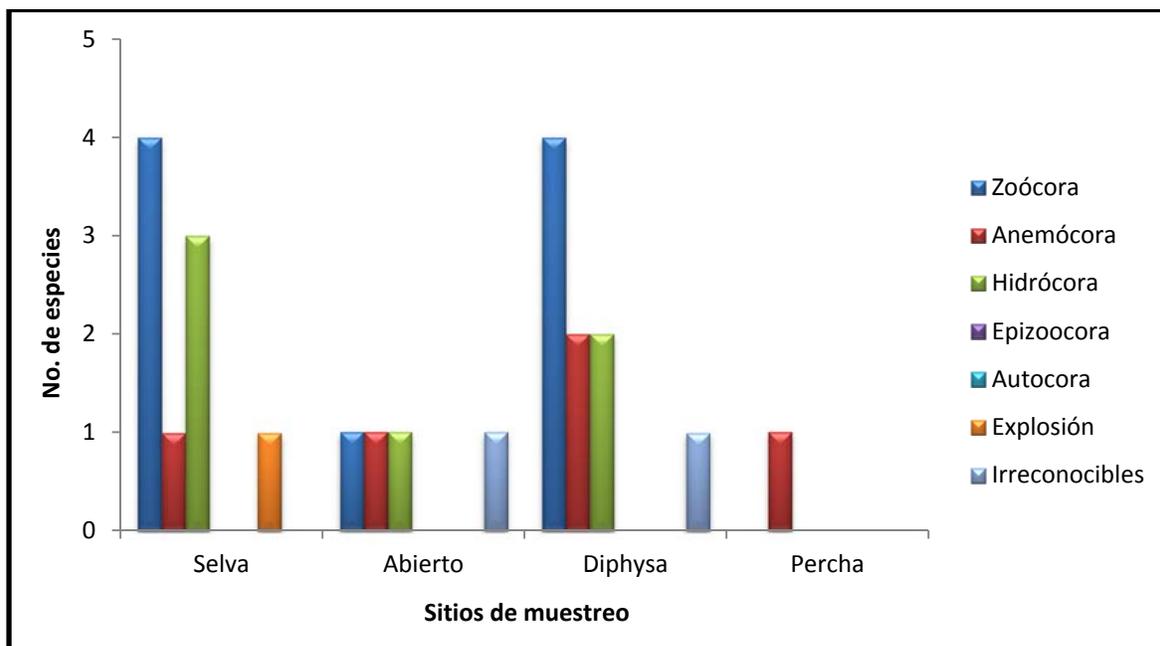


Figura 10. Formas de dispersión por sitios de muestreo después de la perturbación, predio David.

Se identificó el método de dispersión del 92% de las especies. Las especies dispersadas por frugívoros se concentraron en “Selva” y “Diphysa” con 4 especies, seguido por “Pastizal abierto” con una especie (Figura 10).



Tabla de abundancia de semillas por sitio y especie en el Predio David					
Especies	Sitios de muestreo				
	Selva	Abierto	Diphysa	Percha	Total
<i>Bacopa sp.</i>	0	1	1	0	2
<i>Chamaecrista sp.</i>	0	0	1	0	1
<i>Chamaecrista sp.</i>	0	0	0	1	1
<i>Conyza canadensis</i>	1	0	0	0	1
<i>Croton lobatus</i>	1	0	0	0	1
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	1	0	0	0	1
Fabaceae	0	1	0	0	1
<i>Maclura tinctoria</i>	1	0	0	0	1
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	0	0	1	0	1
<i>Mimosa pudica</i>	0	1	0	0	1
<i>Salix sp.</i>	0	0	2	0	2
<i>Solanum sp.</i>	0	0	1	0	1
<i>Waltheria indica</i>	1	0	1	0	2
Total	5	3	7	1	16

Tabla 4. Cantidad de semillas germinadas después de la perturbación en el Predio David.

La familia mejor representada fue Fabaceae con 6 especies. Los dos predios comparten 2 especies; *Salix sp.* (Salicaceae) y *Waltheria indica* (Malvaceae). 1 especie arbórea y 1 especie arbustiva.



Diversidad alfa.

8.4. Curvas de acumulación de especies.

Conforme aumentó el número de muestras las curvas tuvieron un comportamiento asintótico, llegando a intersectarse para el Predio Cansaburro en dos sitios (Diphysa y Pastizal abierto) y en el sitio David en tres sitios (Selva, Diphysa y Percha) (Figura 11). Significa que el esfuerzo del muestreo es representativo de la especies de semillas que están en cada sitio.

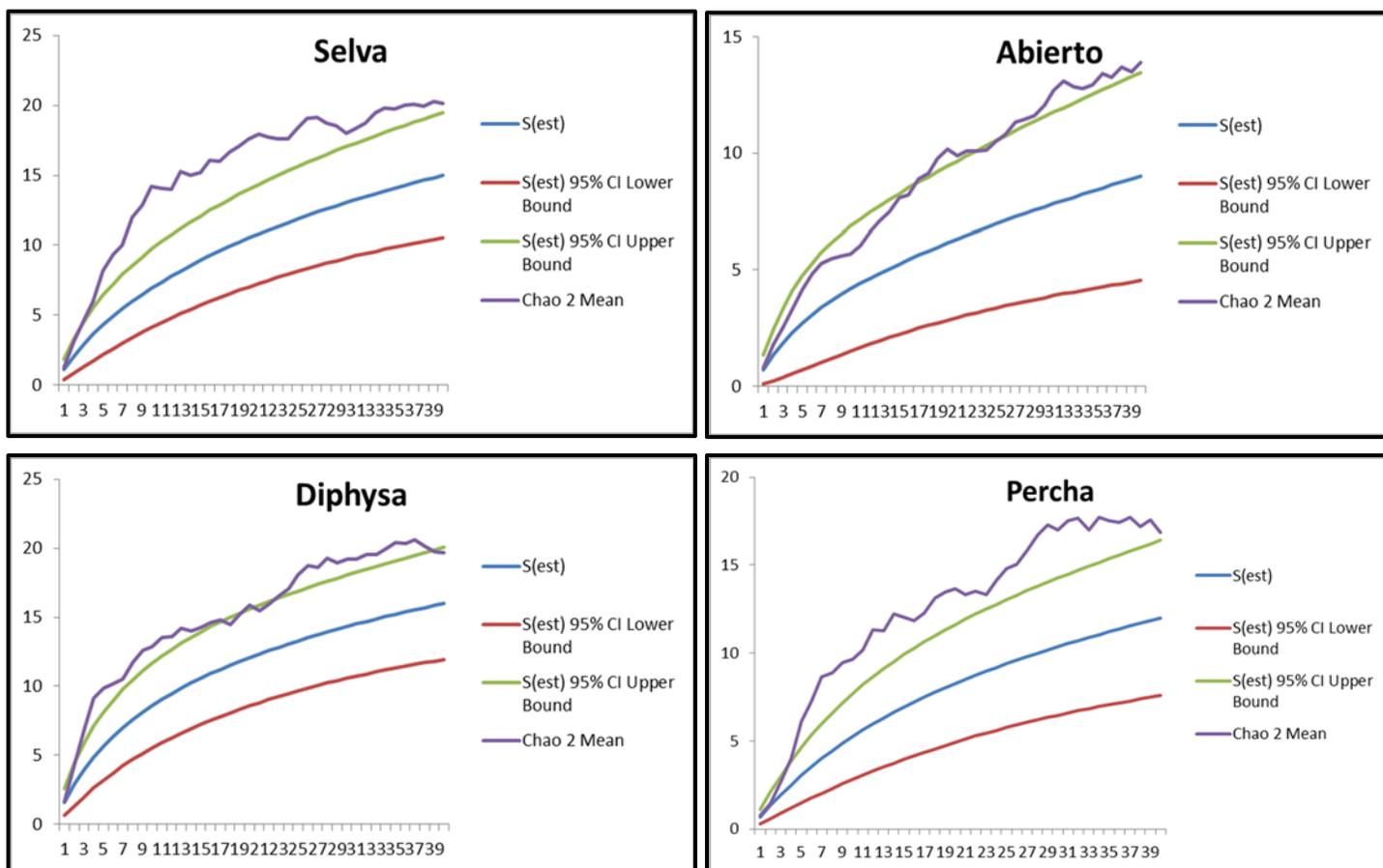


Figura 11. Curvas de acumulación de especies por sitios de muestreo del predio Cansaburro.

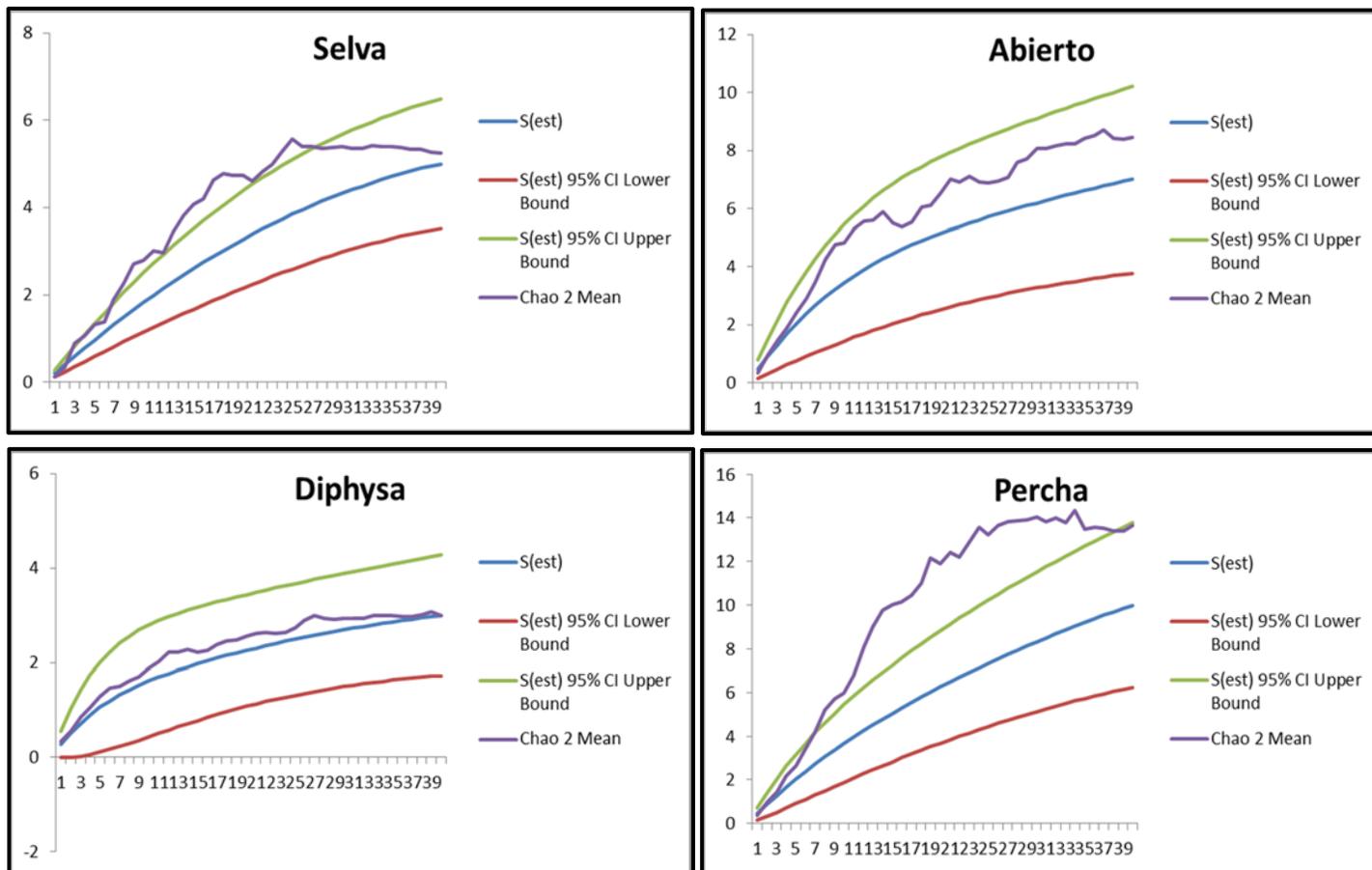


Figura 12. Curvas de acumulación de especies por sitios de muestreo del predio David.



8.5. Índice de complementariedad.

La complementariedad entre los sitios fue alta, hasta de 100% en el sitio “Diphysa” del predio David; los demás sitios presentan valores iguales o mayores a 65%, lo que indica que hay heterogeneidad en la riqueza de especies de los dos predios.

El esfuerzo de muestreo del predio Cansaburro fue de: Selva 75%, Pastizal abierto 65%, Diphysa 81% y Percha 71%.

El predio David registró un porcentaje de complementariedad por sitios de: Selva 95%, Pastizal abierto 83%, Diphysa 100% y Percha 73% (Tabla 5).

Índice de complementariedad				
Predio	Sitios de muestreo			
	Selva	Abierto	Diphysa	Percha
Cansaburro	75	65	81	71
David	95	83	100	73

Tabla 5. Índice de complementariedad entre los sitios de muestreo en cada uno de los dos predios.

8.6. Índice de diversidad.

El índice de Shannon-Wiener adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

Índice de Shannon-Wiener				
Predio	Sitios de muestreo			
	Selva	Abierto	Diphysa	Percha
Cansaburro	1.72	1.49	2	2.2
David	1.5	1.61	0.69	1.98

Tabla 6. Diversidad de especies en cada sitio entre los dos predios. Índice de Shannon-Wiener.



8.7. Prueba de Chi cuadrada.

Se realizó el test estadístico “Chi-cuadrada” para medir la discrepancia entre una distribución observada y otra teórica (bondad de ajuste), indicando en qué medida las diferencias existen entre ambas, así como para probar la independencia de dos variables entre sí.

8.7.1. Abundancia.

La abundancia del banco de semillas varía entre los sitios de muestreo (Selva, abierto, diphysa y percha), el predio Cansaburros y el predio David se relacionan de manera significativa (Figura 13) ($P = <0,001$).

Poder de la prueba realizada con alfa (α) = 0.050: 1.000

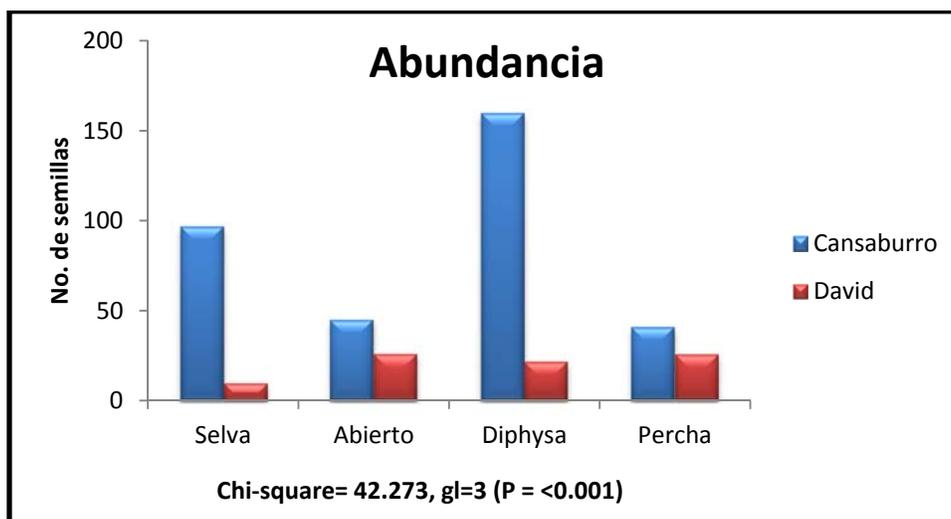


Figura 13. Prueba de Chi cuadrada para abundancia en los sitios de los dos predios.



8.7.2. Riqueza de especies.

La riqueza de especies del banco de semillas no varía entre los sitios de muestreo (Selva, abierto, Diphysa y percha), el predio Cansaburros y el predio David no se relacionan de manera significativa (Figura 14) ($P = 0,136$).

Poder de la prueba realizada con alfa (α) = 0.050: 0.472

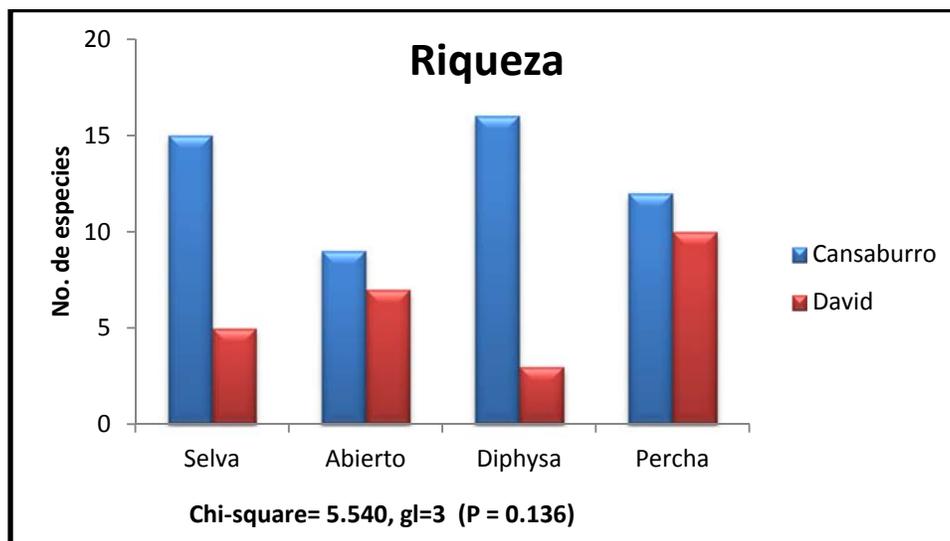


Figura 14. Prueba de Chi cuadrada para riqueza de especies en los sitios de los dos predios.



Diversidad beta.

8.8. Índice de similitud.

8.8.1. Predio Cansaburro.

Los sitios que mostraron mayor similitud fueron “Diphysa” y “Percha” los cuales comparten el 55% de las especies, “Selva” registra la menor similitud (Figura 15).

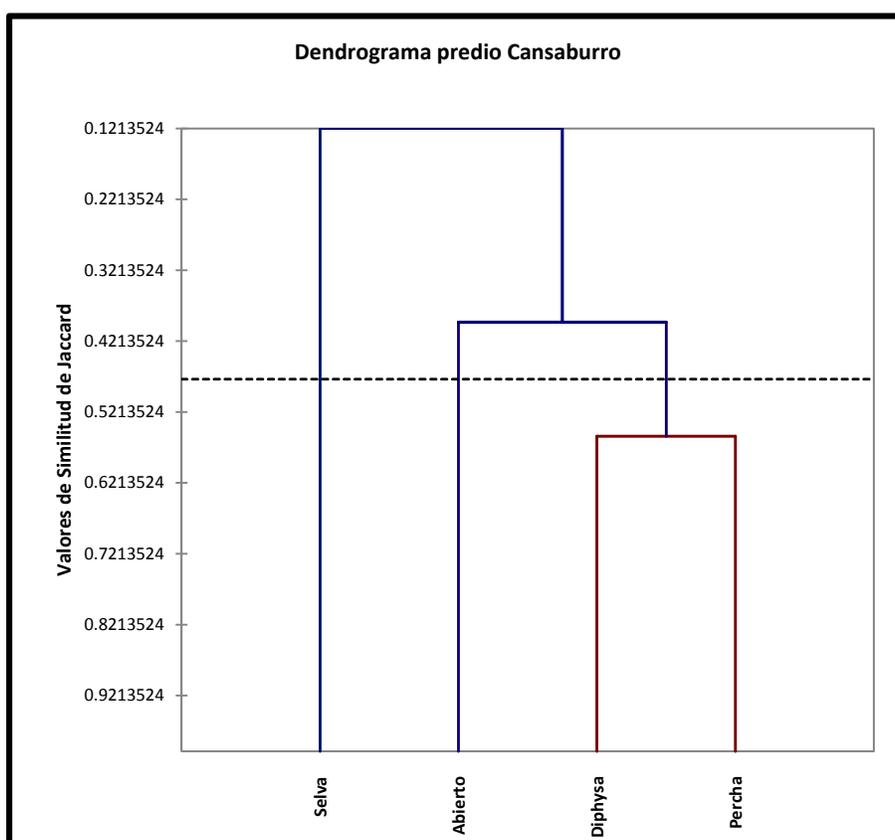


Figura 15. Similitud. Dendrograma del Predio Cansaburro.



8.8.2. Predio David.

Los sitios que mostraron mayor similitud fueron “Pastizal abierto” y “Percha” los cuales comparten el 54% de las especies, “Selva” registra la menor similitud (Figura 16).

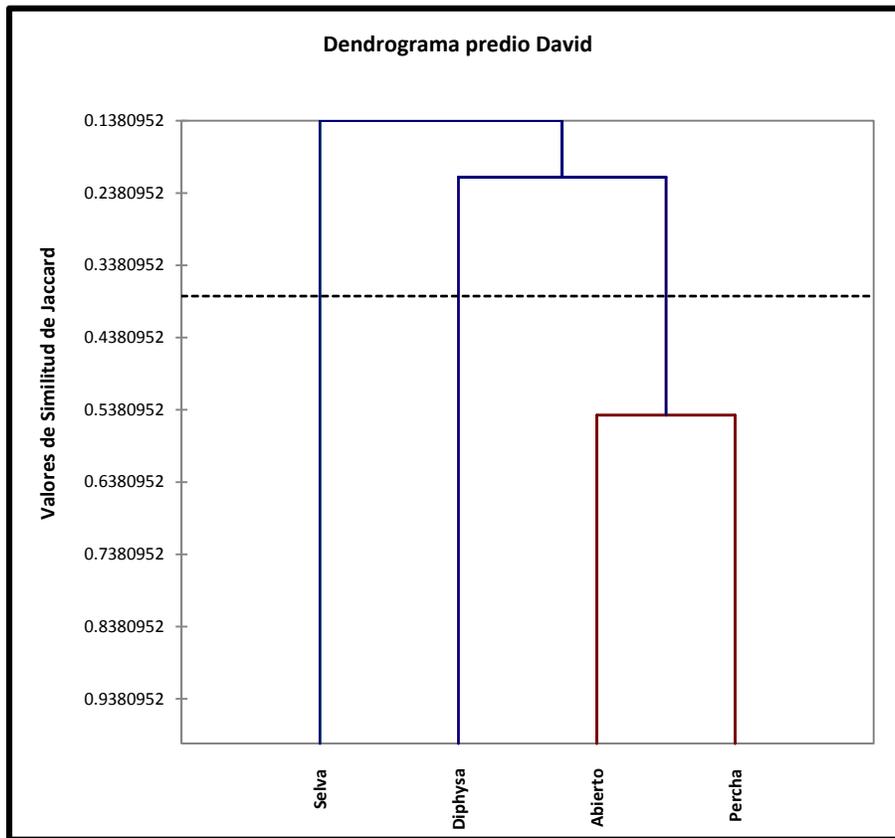


Figura 16. Similitud, Dendrograma del Predio David.



IX. DISCUSIÓN.

9.1. Técnica de muestreo.

El diseño de la técnica que conserva la estructura del suelo es importante al mantener la distribución original de las semillas, especialmente las que se encuentran en la superficie del suelo que son las semillas que germinarían si desapareciera la vegetación; El BS posee una dinámica, determinada por las tasas de ingreso y salida de semillas (Harper, 1960; Hyatt y casper, 2000).

La tasa de ingreso depende de la cantidad de semillas que ingresan al suelo por unidad de área y tiempo, a través de los agentes de dispersión. La tasa de salida depende de la cantidad de semillas que mueren por unidad de área y tiempo al ser depredadas, parasitadas o infectadas por hongos y bacterias (Harper, 1956; Marone, 2000). Mientras mayor sea el tiempo que permanezcan las semillas en el suelo la tasa de salida aumenta. La distribución de las semillas se catalogó en base a la tasa de ingreso y salida, las semillas que están en la superficie son semillas recién reclutadas y las que están a más de 5 cm son semillas que difícilmente germinarían en las condiciones a las que fueron sometidas.

Para obtener una representación estadística de la riqueza de especies, en el banco de semillas del suelo en una localidad dada, Butler y Chazdon (1998) establecen que se requieren entre 40 a 75 muestras de suelo por hectárea. Considerando esta base, puede decirse que el tamaño de la muestra empleado en este estudio (160 muestras/ha) supera su recomendación.

Las especies identificadas en los dos predios representan a las especies más abundantes, en cambio las que no se lograron identificar eran aquellas con una sola semilla.



Entre los resultados obtenidos destaca la gran diferencia que existe entre los dos predios y, en cada uno, la diferencia entre los sitios de muestreo. La explicación acerca de las causas de la menor riqueza de especies y cantidad de semillas obtenidas en el Predio David se podría atribuir a las condiciones de germinación o que la cantidad de semillas dispersadas por aves frugívoras es menor que el predio Cansaburro

9.2. Predios de muestreo.

9.2.1. Predio Cansaburro.

Diphysa americana, el árbol aislado más común en el pastizal del Predio Cansaburro tuvo la mayor abundancia y riqueza de especies, es una prueba de la importancia que tienen estos árboles como percha para aves, que dejan caer bajo su sombra numerosas semillas. En segundo lugar están las condiciones bajo la sombra de los árboles; mayor humedad, una menor temperatura a las que se presentaría en un sitio abierto y una calidad y cantidad de luz muy distinta que la que prevalece en el sitio "Pastizal abierto" (Ramírez-Pinero, 2012).

En el sitio "Diphysa" y el sitio "Percha" hay especies zoócoras como: *Indigofera suffruticosa*, *Alnus sp.*, *Ficus cotinifolia*, *Cardiospermum halicacabum* e *Hylocereus sp.*, especies que son comunes en la selva. Entre las 3 especies de árboles registradas, destaca la gran cantidad de semillas de *Ficus cotinifolia* (52) resultado de la gran actividad de aves (Guevara y Laborde, 1993; Laborde, 1996; Galindo-González, 1998, 1999). La frecuencia de visitas de aves frugívoras a los árboles de *Ficus sp.*, varía entre 4 y 18 visitas/h, llegando a registrarse un valor extremo de 80 visitas/h (Laborde, 1996). Ramírez-Pinero (2012) reportó la presencia de plántulas de árboles de la selva bajo de *Diphysa americana*: *Enterolobium cyclocarpum*, *Schaefferia frutescens*, *Randia aculeata* y *Chiococca coriacea*.



Las semillas dispersadas por aves frugívoras se concentra definitivamente bajo los árboles aislados y las perchas artificiales (*Indigofera suffruticosa*, *Alnus sp.*, *Ficus cotinifolia*, *Cardiospermum halicacabum* e *Hylocereus sp.*)

También llama la atención que en la selva solo haya aparecido una especie anemócora *Iresine celosia*. Parece que la dispersión más influyente es zoócora (5 especies) e hidrócora (4 especies). En contraste en el “Pastizal abierto” se registró el mayor número de especies anemócoras: *Iresine celosia*, *Pappophorum pappiferum*, *Diphysa americana*, *Mimosa pudica*, *Aristida adscensionis*, *Melinis repens*, *Porophyllum punctatum*, y *Stevia sp.* Los cual coincide con los resultados de Guevara *et al.*, (2004b) quienes señalaron que el banco de semillas en los suelos de los pastizales, está compuesto principalmente por semillas pequeñas de especies anemócoras (< 3 mm de diámetro).

9.2.2. Predio David.

El sitio “Pastizal abierto” tiene mayor abundancia y riqueza de semillas que el sitio “Selva”, en este caso a diferencia del Predio Cansaburro, los arboles aislados no reclutan semillas. La “Percha” mostró mayor riqueza de especies y cantidad de semillas: *Pappophorum pappiferum*, *Phyllanthus niruri*, *Iresine celosia*, *Crotalaria sp.*, *Chamaecrista sp.*, *Amaranthus hybridus* y *Centrosema angustifolium* todas ellas propias del pastizal, a excepción de *Hylocereus sp.* que se dispersa por aves. Se registraron dos especies en el banco de semillas de la selva que se dispersan por aves: *Ficus cotinifolia* y *Lippia graveolens*. Las semillas pueden estar llegando al pastizal pero podrían no estar en el banco de semillas por diversos factores; germinación, depredación, fuego, erosión, viabilidad, hongos y bacterias (Marañón, 2001).



Las especies que comparten la selva y el pastizal son especies cosmopolitas por lo que no se puede aseverar que haya alguna conectividad entre ambos ambientes en la época en que se realizó el muestreo.

Los resultados que se obtuvieron después de la perturbación de las muestras hacen pensar que las especies germinadas en la superficie del suelo son transitorias, y que más abajo se encuentran las especies que forman un banco de semillas persistente.

9.3. Perturbación.

La presencia de las semillas después de la remoción del suelo puede explicarse por dos razones; las semillas se depositaron en el suelo en épocas pasadas; o las semillas fueron desplazadas verticalmente por acción del agua o animales. Al exponer semillas que se encontraban a una profundidad mayor se observaron especies arbóreas como: *Casuarina equisetifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Ficus insípida*, *Maclura tinctoria* y *Salix sp.* y especies arbustivas reflejo de la diferencia en la viabilidad de especies arbóreas con especies herbáceas (Cárdenas, *et al.*, 2002). McGraw (1987) atribuye los cambios de composición de especies con la profundidad al régimen de lluvia de semillas.

Sumando la abundancia de semillas después de la perturbación en los dos predios se considera que las semillas que se encuentran en arboles aislados (15) y en la selva (12) mantienen condiciones idóneas para que las semillas puedan mantenerse latentes por más tiempo. El pastizal abierto (7) se considera como el banco transitorio, donde pocas semillas pueden sobrevivir más de un ciclo anual (Garwood, 1989 citado por Bedoya-Patiño *et al.*, 2010).



En el predio David hubo un aumento en el número de especies del banco de semillas, registrándose especies arbóreas y especies zoócoras. La perturbación refleja un posible caso que sucede en el ambiente ya que la perturbación de un sitio afecta más directamente a la composición y densidad de los bancos de semillas locales transitorios (Rydgren y Hestmark 1997).

Olano *et al.*, (2002) resume como influye la perturbación de un sitio en el banco de semillas; Los bancos de semillas, en lugar de ser una línea subterránea donde las semillas esperan un tren de un solo sentido para llegar (perturbación), son un sistema ferroviario complejo donde los trenes (oportunidades de regeneración) llegan con diferentes periodicidades y desde diferentes direcciones. Las semillas se meten en estos trenes en diferentes momentos y con diferentes abundancias.

Se acepta la hipótesis nula que efectivamente las semillas tienen una gran movilidad en el paisaje.



X. CONCLUSIÓN.

- El método de muestreo resultó adecuado para detectar que especies se encuentran en la superficie del suelo y que especies están enterradas. Los resultados sugieren un banco de semillas superficial transitorio y uno más profundo persistente.
- Los sitios de acumulación de semillas en el suelo se concentraron bajo los árboles solitarios que funcionan como percheo de aves, así como las perchas artificiales; la conectividad entre las selvas y pastizales se mantiene y eventualmente estos ambientes podrán ser recuperados a través de los agentes dispersores.
- Los pastizales están conectados con la selva a través de los árboles aislados y las perchas artificiales y estos son “núcleos de regeneración” de la selva en sitios abandonados.
- La cantidad de semillas de especies arbóreas es pequeña, lo cual hace pensar que esto limita la velocidad del proceso de sucesión secundaria.



XI. LITERATURA CITADA.

Alcorn J. B. 1984. Huastec Mayan ethnobotany. University of Texas Press. Austin, TX, EUA. 982 p.

Altamirano R. M. y Guevara S., 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras. Semillas en la tierra. *Biotica* 7: 569-575.

Bedoya-Patiño J. G., Estévez-Varón J. V. y Castaño-Villa G. J. 2010. Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales. *Boletín Científico Museo De Historia Natural*. 14: 77 – 91.

Blain D. 1988. Factors affecting the early stages of regeneration of three tropical trees species in a seasonal forest, Veracruz México. Tesis de Maestría. York University. North York, Ontario, Canada.

Butler B. J. y Chazdon R. L. 1998. Species richness, spatial variation, and abundance of the soil seed bank of a secondary tropical rain forest. *Biotropica*, 30: 214-222.

Bossuyt B. y Hermy M. 2004. Seed bank assembly follows vegetation succession in dune slacks. *Journal of Vegetation Science*. 15: 449-456.

Caballero I. J., Olano M., Luzuriaga A. L. y Escudero A. 2005. Spatial coherence between seasonal seed Banks in a semiarid gypsum community: density but structures does not. *Seed Science Research*. 15: 153-160.



Cárdenas C. A., Posada V. C. y Vargas O. 2002. Banco de semillas germinable de una comunidad vegetal de paramo húmedo sometida a quema y pastoreo (parque nacional natural Chingaza, Colombia). *Ecotropicos* 15: 51-60.

Cardona-Cardozo A. y Vargas-Ríos O. 2011. Potencial de regeneración del banco de semillas germinable de un bosque subandino: implicaciones para la restauración ecológica (reserva biológica Sachalú – Santander, Colombia). *Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica*. Bogotá, D. C., Colombia. 430-443 p.

Colwell R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9 and earlier. User's Guide and application. Published at: <http://purl.oclc.org/estimates>

Cronquist A. 1988. *The evolution and classification of flowering plants*. 2ª edición. New York Botanical Garden, Bronx.

De Souza Maia M., Maia F.C. y Pérez M.A. 2006. Banco de semillas en el suelo. *Agriscientia*. 8: 33-44.

Etchepare M. A. y Boccanelli S. I. 2007. Análisis del banco de semillas y su relación con la vegetación emergente en una clausura de la llanura pampeana. *Ecología Austral* 17: 159-166.

Galindo-González J. 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zool. Mex.* 73: 57-74.

Galindo-González J. 1999. Los murciélagos frugívoros en la regeneración de la vegetación del paisaje pastizal-selva de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. 156 p.



Gámez López J. M. y White Sevilla W. E. 2009. Evaluación del banco de semillas del suelo de tres comunidades vegetales del Parque Ecológico Municipal Cerro Canta Gallo, Condega, Estelí, Nicaragua. Tesis profesional. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 68 p.

García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México. 252 p

Gómez-Pompa A., Lot A., Vázquez Y. C, Soto E. M. y Diego P. N. 1972. Estudio preliminar de la vegetación y la flora de la región de Laguna Verde, Veracruz. Instituto de Biología. Depto. de Botánica. Instituto de Biología, UNAM. México. 278 p.

Gordon B. L. 1982. A Panama forest and shore natural history and amerindian culture in Bocas del Toro. Boxwood Press. Pacific Grove, C. A., EUA. 178 p.

Gordon E. 2000. Dinámica de la vegetación y del banco de semillas en un humedal herbáceo lacustrino. Venezuela. Revista biología tropical. 4: 25- 42.

Glenn-Lewin R. K., Peet R. K. y Veblen T. T. (eds.). 1992. Plant Succession: Theory and Prediction. Londres: Chapman and Hall. 351 p.

Guevara S. S. y Gómez-Pompa A. 1972. Seeds from Surface soils in a tropical region of Veracruz, Mexico. J. Arnold Arboretum, 53: 312-335.

Guevara S., Purata S. E. y E. Maarel. 1986. The role of remnant forest trees in tropical secondary succession. Plant Ecology 66: 77-84.



Guevara S. y Laborde J. 1993. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability. *Vegetatio* 107/108: 319-338.

Guevara S., Laborde J. y Sánchez-Ríos G. 2004b. Rain forest regeneration beneath the canopy trees isolated in pastures of Los Tuxtlas Mexico. *Biotropica* 36: 99-108.

Haretche F. 2002. Estudio del banco de semillas de una pradera natural bajo diferentes condiciones de pastoreo. Tesis profesional. Dpto. San José. Uruguay. 21 p.

Harper J. L. 1957. The ecological significance of dormancy and its importance in weed control proceedings *Monograph*: 181.213.

Harper J. L y McNaughton I. H. 1960. The inheritance of dormancy in inter-and intraspecific hybrids of papaver. Department of Agriculture. University of Oxford. 315-320.

Hyatt L. A. y Casper B. 2000. Seed bank formation during early secondary succession in a temperate deciduous forest. *Biotropica*: 516-527.

Kelly I. y Palerm A. 1952. The Tajin Totonac, Part I: History, subsistence, shelter and technology. Smithsonian Institution. Washington, D. C., EUA. 369 p.

Laborde J. 1996. Patrones de vuelo de aves frugívoras en relación a los árboles en pie de los pastizales. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. 97 p.

Leckie S., Vellend M., Bell G., Waterway M. J. y Lechowicz M. J. 2000. The seed bank in an old-growth, temperate forest. *Can. J. Bot.* 78: 181-192.



Luzuriaga A. L., Escudero A., Olano J.M. y Loidi J. 2005. Regenerative role of seed banks following an intense soil disturbance. España. Acta Oecologica 27: 57-66.

Magurran A. 1988. Ecology diversity and it's measurement. Princeton. New Jersey. 179 p.

Marañón T. 2001. Ecología del banco del banco de semillas y dinámica de comunidades mediterráneas. En Zmora Rodriguez, R., y Pugnaire de Iraola, F.I. (eds.), Ecosistemas mediterráneos. Análisis funcional. CSIC/AEET. 29 p.

Márquez S., Funes G., Cabido M. y Pucheta E. 2002. Efectos del pastoreo sobre el banco de semillas germinable y la vegetación establecida en pastizales de montaña del centro de Argentina. Revista Chilena de Historia Natural 75: 327-337.

Martínez Orea Y., Castillo-Argüero S., Álvarez-Sánchez J., Collazo-Ortega M. y Zavala-Hurtado A. 2013. Lluvia y banco de semillas como facilitadores de la regeneración natural en un bosque templado de la ciudad de México. Interciencia 38: 400-409.

Mcglone C. M., Stoddard M. T., Springer J. D., Daniels M. L., Fulé P. Z. y Wallace C. W. 2012. Nonnative species influence vegetative response to ecological restoration: Two forests with divergent restoration outcomes. Forest Ecology and Management 285:195–203.

McGraw J. B. 1987. Seed-bank properties of an *Appalachian Sphagnum* bog and a model of the depth distribution of viable seeds. Can. J. Bot. 65: 2028-2035.

Miranda F. y Hernández X. E. 1963a. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Méx. 28: 29-178.



Moreno-Casasola P. 1996. Vida y obra de granos y semillas. Fondo de cultura económica. México. 207 p.

Moreno-Casasola P. (Ed.) 2006. Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México. 576 p.

Moreno-Casasola P. 2007. Beaches and dunes of the Gulf of Mexico: a view of the current situation. In: M. Caso, I. Pisanty, E. Ezcurra, K. Withers and M. Nippers (eds version en inglés). Environmental Analysis of the Gulf of Mexico. Harter Research Institute for Gulf of Mexico Studies. Special Publications no 1. Capítulo 15: 302-312. <http://www.hartheresearchinstitute.org/books.html>

Morone L. M. E. Horno y González del Solar R. 2000. Post-dispersal fate of seeds in the Monte desert of Argentina: Patterns of germination in successive wet and dry years. *Journal Ecology* (88), 940-949. In Souza, M. M; F. C. Maia y M. A. Pérez. 2006. Banco de semillas en el suelo. *Agriscientia*, 23: 33-44.

Mostacedo B. y Fredericksen T. S. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Santa Cruz, Bolivia. 92p.

Olano J. M., Caballero I., Laskurain N. A., Loidi J. y Escudero A. 2002. Seed bank spatial pattern in a temperate secondary forest. *Journal of Vegetation Science* 775-784.

Ortiz-Arrona C., Saldaña A. A., Sánchez-Velásquez L. R. y Castillo N. B. J. 2008. Banco de semillas en el suelo de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, México. *Scientia-CUCBA* 10: 81-94.



Pérez V. N. L. 1993. Banco de semillas en matorrales de dunas costeras del Morro de La Mancha, Veracruz. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM.

Ramírez-Marcial N., González-Espinosa M. y Quintana A. P. F. 1992. Banco y lluvia de semillas en comunidades sucesionales de bosques de pino-encino en los altos de Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana*. 20: 59-75.

Ramírez Pinedo Mayitza. 2012. Técnica para la restauración de la selva baja caducifolia en el centro de Veracruz. Tesis de maestría. Posgrado en Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz, México. 63 p.

Rincón E., Álvarez A. M., González D. G., Huante P. y Hernández R. A. 2000. Restauración de selvas bajas caducifolias. *Gaceta Ecológica* No. 53: 72 p.

Rydgren, K. y Hestmark, G. 1997. The soil propagule bank in a boreal old-growth spruce forest: changes with depth and relationship to aboveground vegetation. *Can. J. Bot.* 75:121-128.

Roberts H. A. 1981. Seed banks in soils. *Advances in Applied Biology* 6: 1-55.

Secretaría de Programación y Presupuesto. 1984. Hidrología superficial. Hoja Veracruz. E 14-3. Mapa a color escala 1: 250 000. Instituto de Geografía, Estadística e Informática, México.

Systat Software Inc. 2013. SigmaPlot 12.5: User's Guide. Systat Software Incorporated. San Jose California USA. www.sigmaplot.com

Sörgel N. 1985. Introducción en inventarios forestales. Servicio alemán de cooperación social técnica, Managua, Nicaragua.



Suazo A.A., Craig D.J., Vanier C.H. y Abella S.R. 2012. Seed removal patterns in burned and unburned desert habitats: Implications for ecological restoration. *Journal of Arid Environments* 88: 165-174.



Secretaría de Educación Pública

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Veracruz

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, BACTERIOLÓGICA E
HIDROLOGÍA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN HUMEDALES
MODIFICADOS DE LA ZONA CONURBADA VERACRUZ- BOCA DEL
RÍO-MEDELLÍN”**

TESIS

Para obtener el título de:

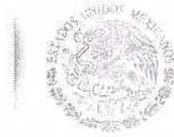
INGENIERO BIOQUÍMICO

PRESENTA

Gilberto Garcia Marin

ASESOR

Dr. Luis Alberto Peralta Peláez



"2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón"

22 de Mayo del 2015

**C. GILBERTO GARCIA MARIN.
PASANTE DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA
PRESENTE**

*Por medio del presente se le comunica que está autorizada la
impresión de su Trabajo profesional denominado:*

**"CARACTERIZACION FISICOQUIMICA, BACTERIOLOGICA E HIDROLOGIA DEL
AGUA SUBTERRANEA EN HUMEDALES MODIFICADOS DE LA ZONA CONURBADA
VERACRUZ-BOCA DEL RIO"**

Sin otro particular por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE

**ING. JERONIMO ISRAEL VALENCIA PEREZ
JEFE DEL DEPTO. DE INGRÍAS
QUÍMICA Y BIOQUÍMICA**



SRIA. DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE VERACRUZ
Departamento de Ingeniería
Química y Bioquímica



Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar,
C.P. 91897, H. Veracruz, Ver.,
Tel.: (229) 934 1500
www.itver.edu.mx



AGRADECIMIENTOS

Puede llegar a ser difícil decir a quien agradecer después de este largo camino que inicio no de la manera más amable, ya que muchas personas han influido a lo largo de los dos tecnológicos y ciudades que recorrí para poder llegar al final de esta etapa.

Debo de agradecer en especial a mi madre la Sr. Heriberta Marin Parra por haberme dado la vida y la confianza que deposito en mí, aunque tuvimos nuestras altas y bajas, siempre estuvo ahí alentándome muchas veces de una manera no muy sutil, pero siempre fue sincera, y espero que ella se sienta orgullosa del hombre en que me eh convertido. A mi padre el Sr. Manuel Garcia Carrillo, por haberme aguantado y mantenido todos estos años, por sus consejos y por haberme enseñado algo muy valioso que en ninguna escuela me pueden enseñar, a luchar por lo que quiero, a nunca dejarme caer y sobre todo a querer más a mi familia sobre todas las cosas. Aunque también no puedo olvidar a mis carnalitos Alfonso y Jose, que siguen luchando por alcanzar sus metas, que mal o bien, estuvieron ahí unas veces para ayudarme otras para hacerme ver mis errores pero siempre con la intención de que yo saliera a delante, a mi familia les debo mucho y no creo que me alcance la vida para pagarles todo lo bueno que han hecho por mí.

Al Dr. Luis Alberto Peralta Peláez, mi maestro, asesor de tesis, mi amigo y un gran hombre, que fue mi guía, durante estos años en el tecnológico gracias a sus sabias palabras pude crecer como profesionista y como persona, agradezco mucho las lecciones que me ha dado, la confianza y la paciencia que me ha tenido hasta el día de hoy.

A mis compadres, Chendo, Erick, Landa y el Tomy, por todos los días de estudio, sufrimiento y diversión, como olvidar todos esos días en el tec, todas esas fiestas y que a pesar del tiempo puedo contar con ustedes hasta el día de hoy.

A los amigos del ITVER, en especial a los que conocí en el Laboratorio de ecología, al Master Rogelio, Alejandro, Manuel, Jhony, por su apoyo al realizar las pruebas y mediciones, y por esos momentos divertidos y hasta educativos en el laboratorio. Sin olvidar a mis amigas Katy, Isabel, Yulan y Neri, por haberme escuchado y aconsejado todo este tiempo, gracias.

A mis amigos del ITTUX, Ray, Francia, Jeannie, Ema, Grecia, Ceci, kris, xiu, estrella por todos esos momentos agradables y motivacionales que pasamos en Tuxtepec, aunque me fui, nunca olvidare todas las palabras de aliento y esos momentos tan divertidos.

A la familia Ramírez Figueroa, por apoyarme en todo lo que pudieron durante mi estancia en Veracruz, todas esas palabras, muchas gracias por el apoyo.

Como no mencionar a los amigos en Cd del Carmen, a la gente de COT. Que si no estuvieron en mi etapa de estudiante me dieron la oportunidad de tener un trabajo y un ingreso, a mis compañeros y amigos, Euclides, William, Valdivia, Filippini, Don Joaquín, Gaby, Eduardo y todos los demás. Por la confianza y las enseñanzas de todo tipo.

Por último y no menos importante, a Claudia por haber creído en mi cuando nadie lo hacía, por decirme que podía y que lo tenía que lograr, por todo ese cariño y confianza. A la niña bonita que fue mi inspiración por muchos años que me motivo con sus palabras a seguir a delante, y nunca rendirme. A esas dos mujeres son muy importantes en mi vida.

Y a todas esas personas que no mencione que para bien o para mal me apoyaron muchas gracias por todo.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

A la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) como parte del proyecto “Servicios ecosistémicos de bosques costeros y sus sistemas de reemplazo: una evaluación ambiental y económica” -RED-PD 045/11 Rev.2 (M).

Al CONACYT-SEP por el financiamiento del proyecto No. 0106451 “procesos de estructuración de comunidades de flora y fauna durante la restauración de humedales”.

A la Dirección General de Institutos Tecnológicos (DGEST) por el financiamiento y apoyo en el proyecto “*Percepciones ambientales, hidroperíodo y vegetación acuática de los humedales de la zona conurbada Veracruz - Boca del Río – Medellín*” Núm. 4398.11-P.

RESUMEN

Los humedales constituyen uno de los principales sistemas naturales para regular los flujos de agua, nutrientes y son filtradores naturales de agua. También sirven como amortiguamiento natural en época de huracanes o tormentas para evitar daños severos e inundaciones. Ya que los asentamientos humanos han modificado los humedales, al construir y rellenar sobre ellos, han modificado su hidrología y fisicoquímica del agua, siendo estas dos de los procesos fundamentales involucrados en la función de los humedales. El objetivo de este estudio es caracterizar la hidrología y evaluar las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas del agua que fluye en zonas que antes del asentamiento humano fueron humedales. La determinación del nivel de agua subterránea se realizó por medio de instalación y medición de piezómetros, las concentraciones de nitrato, amonio, fósforo, se determinaron por métodos espectrométricos tomados del manual métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (APHA *et al*, 1998) y los parámetros físicos (pH, temperatura, salinidad y conductividad) in situ se registraron con un medidor multiparamétrico marca Hanna Instruments® Modelo HI9829. Se realizaron monitoreo y muestreos de agua durante la temporada de secas, nortes y lluvias, en los municipios de Veracruz, Floresta; Boca del Río, humedal del Universidad Cristóbal Colon (UCC) campus Calasanz; Medellín, Puente moreno. En temporada de secas el nivel de agua no tuvo cambio considerable, sin embargo en temporada de nortes y lluvias, en el Fraccionamiento Floresta el nivel de agua vario considerablemente siendo julio donde obtuvo el nivel más alto, en Puente Moreno el comportamiento fue más notable ya que alcanzó niveles cercanos al nivel de la tierra. Los parámetros Químicos de Nitratos, Nitrógeno Amoniacal y Fósforo respectivamente del agua en temporada de lluvias fueron, Floresta : 3.4-0.012 mg NO₃/l, 0.034-0.01 mg NH₃-N/L, 0.054-0.011 mg P/L y pH de 8.11-7.02; Jobo: 0.87-0.10 NO₃-/L, 0.11-0.007 mg NH₃-N/L, 0.011-0.012 mg P/L y pH de 7.43-7.93; Puente Moreno: 0.9-0.012 NO₃-/L, 0.025-0.006 mg NH₃-N/L, 0.015-0.011mg P/L y pH de 8.22-6.39; UCC campus Calasanz: 3.8-0.13 NO₃-/L, 0.094-0.009 mg NH₃-/L, 0.023-0.014 mg P/L, pH de 7.88-6.88; y en temporada de nortes, Floresta: 1.19-0.99 NO₃-/L, 0.026-0.014

mg NH₃-/L, 0.013-0.012 mg P/L y pH de 7.94-7.35; Jobo: 1.19-0.99 NO₃-/L, 0.19-0.28 NH₃-/L, 0.013-0.014 mg P/L y pH de 7.69; Puente Moreno: 1.72-1.27 NO₃-/L, 0.084-0.017 mg NH₃-/L, 0.012-0.013 mg P/L y pH de 7.04-7.12; UCC campus Calasanz: 4.16-0.026 NO₃-/L, 0.057-0.01 mg NH₃/L, 0.027-0.018 mg P/L y pH de 7.93-7.43. Al comparar la hidrología de un humedal rellenado con uno que no se observó que conservan casi las mismas condiciones hidrológicas ya que el flujo de agua subterráneas a pesar de que están rellenos ha seguido fluyendo, sin embargo se observó que cuando hay lluvias intensas los humedales rellenos no tienen la misma capacidad de salida de agua y tienden a inundarse por más tiempo que los humedales modificados, a su vez como las zonas de estudio son áreas de asentamientos humanos (Floresta y Puente Moreno) y zona ganadera (UCC campus Calasanz), ha contaminado las aguas, siendo más notables a final de temporada de lluvia y principios de nortes. Las zonas de estudio son zonas con riesgo a inundación, que se tienen que tomar como ejemplo para no seguir construyendo sobre humedales, ya que estos siempre serán lugares de depósito de agua.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1 CONCEPTOS BÁSICOS	5
1.1.1 CICLO HIDROLÓGICO	5
1.1.2 AGUA SUBTERRÁNEA	7
1.2 HUMEDALES	10
1.2.1 HIDROLOGÍA DE LOS HUMEDALES	11
2. ANTECEDENTES	16
3. OBJETIVOS	19
3.1 OBJETIVO GENERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
5. JUSTIFICACIÓN	21
6. HIPÓTESIS	22
7. METODOLOGÍA	23
7.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	23
7.2 SITIOS DE ESTUDIO	24
7.3 PLAN DE MUESTREO Y MEDICIÓN DEL NIVEL DE FLUCTUACIÓN	27
7.4 CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE PIEZÓMETROS.	28
7.5 ANÁLISIS <i>IN SITU</i>	32
7.6 ANÁLISIS DE LABORATORIO	33
7.6.1 MICROBIOLÓGICOS	33
7.6.2 ANÁLISIS QUÍMICOS	38
7.6.2.1 NITRATO	39
7.6.2.2 NITRÓGENO AMONIACAL	40
7.6.2.3 FOSFORO	42
8. RESULTADOS	44
9. DISCUSIÓN	58
10. CONCLUSIONES	65
11. RECOMENDACIONES	67
12. BIBLIOGRAFÍA	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución mundial del agua.	5
Figura 2 Ciclo Hidrológico del agua.	6
Figura 3 Hidroperíodo de distintos tipos de humedales.	14
Figura 4 Esquema de un piezómetro.	15
Figura 5. Variación de la profundidad del nivel estático en el 2012 de piezómetros (m).	18
Figura 6 Municipios donde se realizo el estudio.	23
Figura 7. Sitios de estudio: PZ 1, Pz 2, PZ 3 y Pz 4, Conurbación de Veracruz (zona 1).	25
Figura 8. Sitios de estudio: PZ 5 y Pz 6. Municipio de Boca del Rio (zona 2).	26
Figura 9. Sitios de estudio: Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10. Municipio de Medellín (zona 3).	27
Figura 10. Construcción e instalación de piezómetros.	29
Figura 11 Ranuras en tubo de PVC.	30
Figura 12 Instalación de malla filtro en piezómetro.	30
Figura 13 Ejemplo para realizar el cálculo real del agua en el piezómetro	32
Figura 14. Forma de distribuir la dilución en los tubos con campana de Durham.	35
Figura 15 Esquema de la fase confirmativa.	36

ÍNDICE DE GRÁFICAS

- Gráfica 1.** Variación de la profundidad del nivel freático (hidroperíodos) en el 2011 - 2012 de piezómetros (m). 45
- Gráfica 2.** Valores promedio y desviación estándar de pH para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10). 47
- Gráfica 3.** Valores promedio y desviación estándar de temperatura para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10). 49
- Gráfica 4.** Valores promedio y desviación estándar de salinidad para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10). 50
- Gráfica 5.** Valores promedio y desviación estándar de conductividad para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10). 51
- Gráfica 6.** Valores promedio y desviación estándar de Nitratos (NO_3^-) para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10). 53
- Gráfica 7.** Valores promedio y desviación estándar de nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3 - \text{N}$) para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10). 54
- Gráfica 8.** Valores promedio y desviación estándar de Nitratos (NO_3^-) para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10). 56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes principales del agua subterráneas.	8
Tabla 2. Abundancia relativa de los componentes de las aguas subterráneas.	8
Tabla 3. Datos Físico-Químicos de aguas subterráneas y superficiales obtenidos de la literatura	9
Tabla 4. Propiedades físico-químicas del agua subterránea del humedal la Mancha, Veracruz, México, durante la temporada de lluvias (agosto de 2003).	17
Tabla 5. Ubicación de los sitios de muestreo y su nomenclatura utilizada.	24
Tabla 6. Preparación del medio líquido de lactosa.	35
Tabla 7. Índice del NMP y límites de confianza 95% para varias combinaciones de resultados positivos cuando son usados varios números de tubos. (Diluciones 1.0, 0.1 y 0.01 mL).	37
Tabla 8. Métodos químicos que se le realizará a las muestras.	38
Tabla 9. Longitudes de onda para diferentes concentraciones de fósforo.	43
Tabla 10. Datos capturados del nivel de agua en los piezómetros (unidades expresadas en cm)	46
Tabla 11. Concentración de coliformes fecales para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calazans (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10).	57

INTRODUCCIÓN

Los humedales han sido vistos como focos generadores de enfermedades para el ser humano, por lo cual el hombre los ha modificado parcial o totalmente, para utilizar el área principalmente para la ganadería, la producción de caña de azúcar y las actividades petroquímicas (Del Angel, 2006; Estrada-Loreto, 2013 y Yetter, 2004). Sin saber que se ocasiona un impacto al entorno.

Los humedales nos proporcionan una amplia gama de servicios ambientales como son la recarga de acuíferos, el control de inundaciones, la estabilización de la línea costera, el control de la erosión, la retención de sedimentos, la depuración de sustancias tóxicas, la absorción de nutrientes, la exportación de biomasa, la protección contra tormentas, la estabilización de microclimas y el transporte de agua (Moreno-Casasola *et al.*, 2011; Moreno-Casasola y Warner, 2009; Mitsch W.J. y J.G. Goseelink, 2000).

En el país los humedales proveen de diferentes recursos y servicios ambientales tales como alimentos (acuacultura), agua para la irrigación de campos agrícolas, también funcionan como abrevaderos para el ganado, ayudan a la dilución de los contaminantes, preservación de la biodiversidad (Peralta-Peláez *et al.*, 2007).

Además de generar una gran variedad de productos útiles para el hombre, como recursos forestales, fauna silvestre (específica), pesquerías, forrajes, recursos agrícolas y abastecimiento de agua (Dugan, 1992) y juegan un papel económico muy importante al ser centros turísticos y de recreación (Moreno-Casasola *et al.*, 2011).

El clima y la geomorfología definen el grado en el cual pueden existir los humedales, pero el punto de inicio es la hidrología, la cual, a su vez, afecta el entorno fisicoquímico, el suelo, los cuales determinan que tipo de biota que se encuentra en ellos (Manzano *et al.*, 2002), si el humedal se encuentra cerca de la costa, la salinidad producirá un efecto sobre el humedal produciendo una heterogeneidad ambiental (Moreno-Casasola y Warner, 2009).

La hidrología es parte importante porque también ocasiona salidas y entradas de agua que con frecuencia remueven material biótico y abiótico tales como el carbón orgánico disuelto, salinidad excesiva, toxinas y sedimentos (Mitsch y Gosselink, 2000; Berlanga-Robles *et al.*, 2007).

El nivel de nutrientes en los sedimentos y el agua determina la productividad y cuáles especies dominarán dicha productividad. Cuando los patrones hidrológicos permanecen similares año con año, la integridad estructural y funcional de la biota del humedal puede persistir por muchos años (Mitsch y Gosselink, 2000).

“En algunos humedales la presencia de agua no es visible, aunque sí lo son sus efectos. La vegetación es un buen indicador de ello y cuando vemos juncales y carrizales, sabemos que es un lugar húmedo” (Moreno-Casasola y Warner, 2009).

Lo antes mencionado son características que al relacionarse o interactuar nos dan como resultado una diversidad de humedales (herbáceos y arbóreos, temporales y permanentes, de aguas dulces, salobres, salinos e hipersalinos, etc.) (Moreno-Casasola y Warner, 2009). Por lo que se debe de conocer y entender cada una de estas características, para comprender su funcionamiento y el servicio ambiental que proporciona (Peralta y Yetter, 2002).

En el tiempo de evolución de los humedales mexicanos, muchos han desaparecido, en especial los que están relacionados con los cambios climáticos como los del tipo geológico (García y De la Lanza, 2002), y otros por

causa del crecimiento urbano y agropecuario. (Yetter, 2004; López-Rosas *et al.*, 2013).

“En México predomina una visión utilitaria de estos sistemas y de los servicios que nos proporcionan, son usados como abrevadero de ganado y para cultivo de tilapia; además los sistemas de dunas y las depresiones más húmedas que los rodean, se utilizan de manera importante para actividades ganaderas y siembra de caña de azúcar” (Moreno-Casasola y Warner, 2009).

Así mismo los humedales son deteriorado o completamente destruidos debido al drenado o relleno para crear tierras de cultivo, infraestructura carretera, urbanización, así como por la explotación del manto freático mediante el bombeo de agua por pozos y a acequias (Estrada-Loreto, 2013 y López-Rosas, Espejel- González y Moreno-Casasola, 2013).

Otro factor que influye negativamente en los humedales es la contaminación, haciendo énfasis por la generada por la extracción de petróleo y/o por el uso de plaguicidas y agroquímicos en terrenos agrícolas colindantes a los humedales (López-Rosas, Espejel- González y Moreno-Casasola, 2013, 2013; Yetter, 2004). Lo cual produce una contaminación de la tierra y por ende del manto freático.

Así como inundaciones por agua subterránea, McKenzie *et al.* (2010) definen a una inundación por agua subterránea cuando el nivel freático aumenta en respuesta a una recarga excepcional hacia la superficie de la tierra o hacia un punto donde la infraestructura subsuperficial es afectada y se ha reconocido como un tópico importante con impactos económicos.

La preocupación por conservar los humedales es relativamente reciente, cuando se le dio la importancia de los servicios ambientales que proporcionan y las consecuencias de su deterioro, debido a actividades antropológicas (Velasco-Orozco, 2008). Por esa razón, diversos sectores unieron esfuerzos para formar una organización mundial que velara por ellos y en 1971, en Ramsar, Irán, se realizó la primera reunión: “La convención relativa a los

humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas”, después se le conocería como la Convención sobre los Humedales o la Convención Ramsar (RAMSAR, 1971).

En la Convención RAMSAR, México ha inscrito a humedales de todo el país, con un total de 2.7 millones de hectáreas de importancia internacional, (RAMSAR, 1971). A partir de tal convención, se han asignado humedales para protección y conservación en muchos países (Yetter, 2004).

Aun así la investigación en estas áreas es insuficiente. Por este motivo en este trabajo se presenta el estudio de la hidrología, fisicoquímica y estudios bacteriológicos de tres humedales costeros de agua dulce de la zona conurbada Veracruz – Boca del Rio- Medellín.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 CONCEPTOS BÁSICOS

1.1.1 CICLO HIDROLÓGICO

Uno de los recursos de vital importancia para la vida es el agua, esta fuente vital se encuentra en un volumen aproximado de 1.4 billones de Km^3 , alrededor del mundo (Acreman, 2000). Más del 97.2 % del total de agua mundial se encuentra en los mares y océanos, solo una pequeña parte, es decir, aproximadamente un 2.8%, corresponde a la distribución de agua dulce sobre la Tierra (Fetter, 2001 y Drenver, 1997), de esto el 87% se encuentra en los glaciares y casquetes polares, 1% corresponde a ríos y lagos, y por último el 12% restante corresponde al agua subterránea, es decir, un porcentaje aproximado al 0.24% del total de agua sobre la Tierra (Figura 1), (Calderón, 2010).

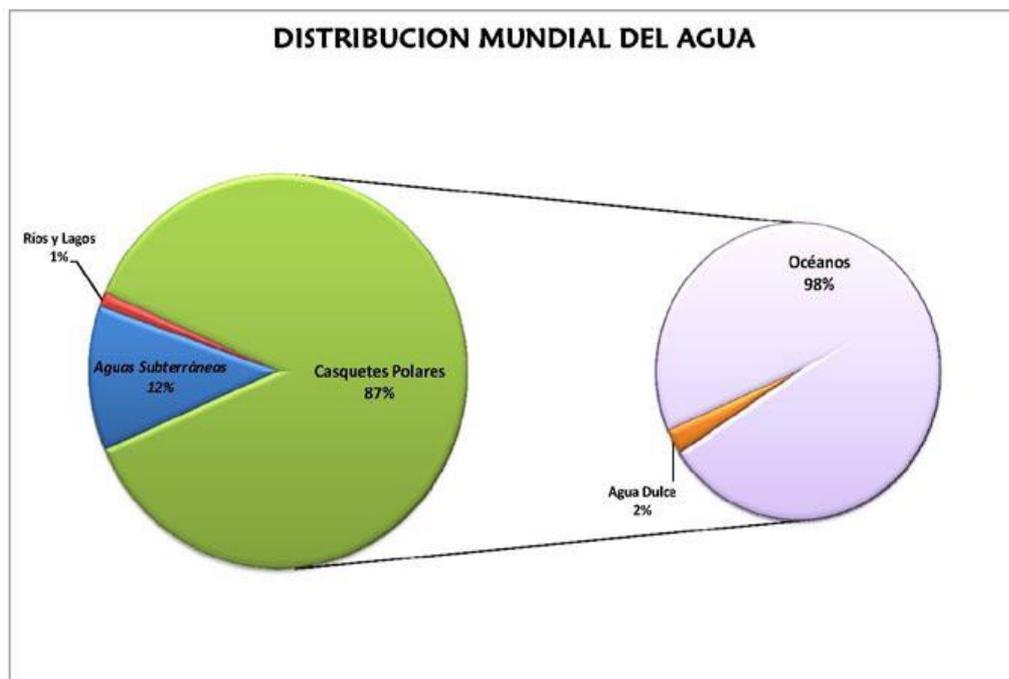


Figura 1. Distribución mundial del agua. (Tomado de Calderón, 2010)

Dependiendo de la presión y temperatura, el agua puede cambiar a diferentes estados sea sólido, líquido o gaseoso. En otras palabras el agua se encuentra en un movimiento continuo de tipo cíclico, formando la hidrósfera. La cual esta interactuando constantemente con la corteza terrestre, la atmosfera y biósfera. Dicho movimiento es el Ciclo Hidrológico (Drenver, 1997) (Figura 2).

Aunque se calcula que sólo 0.001 % del agua del mundo, aproximadamente se mueve a través del ciclo (Acreman, 2000 y Fetter, 2001).

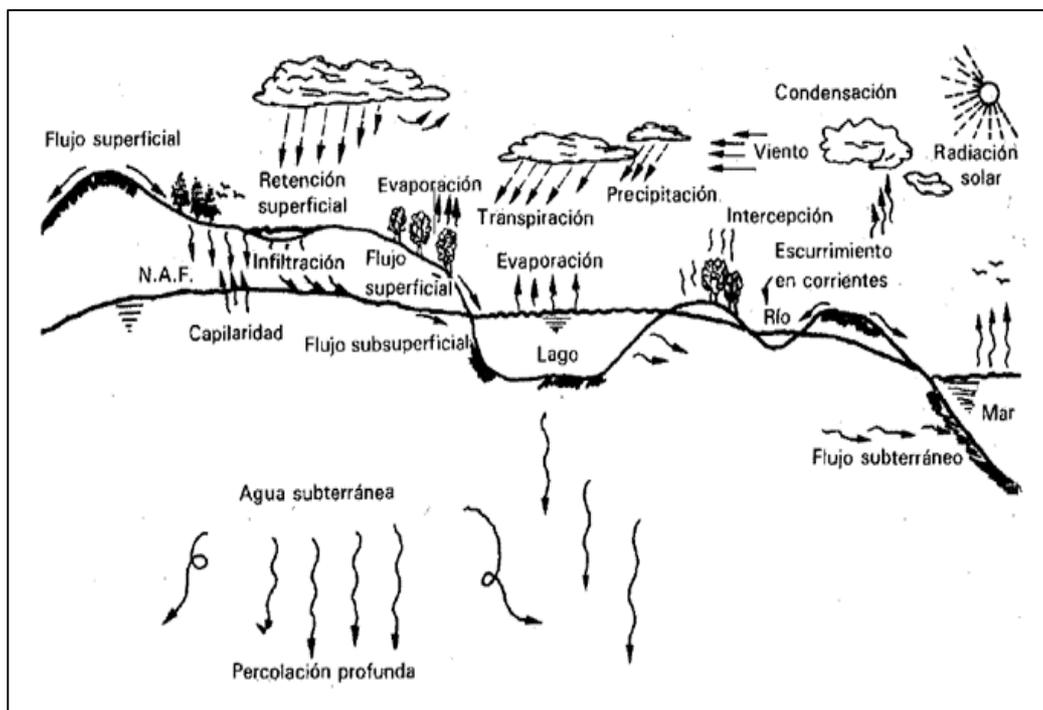


Figura 2. Ciclo Hidrológico del agua. (Tomado de Aparicio, 1992)

Los patrones climáticos producen muy variadas precipitaciones alrededor del mundo, La en el retorno de agua a la atmósfera (Dodds, 2002), continuando así el ciclo del agua.

La evaporación, se da en la superficie de agua de los océanos, cuerpos de agua dulce y en plantas. En las plantas, sus fuentes de agua provienen de las precipitaciones de lluvia o nieve, que a través de sus raíces absorben el agua del suelo, esta agua es llevada a las hojas que las transpiran. A todo este fenómeno se lo conoce como evapotranspiración (Fetter, 2001).

El agua que no escurre por la superficie del suelo, que no se evapora y que no es utilizada por las plantas, se infiltra en el terreno hasta llegar a una capa impermeable que la retiene, almacenándola en cualquier poro, huecos o grietas en las rocas que el subsuelo tiene (Drenver, 1997). Esta agua fluye lentamente y regresa a la superficie a través de manantiales, ríos o indirectamente al mar, a la cual se le conoce como escorrentía subterránea.

1.1.2 AGUA SUBTERRÁNEA

Las aguas subterráneas, freáticas o del subsuelo son las aguas contenidas en rocas permeables, como la caliza, y en sedimentos no consolidados, como la arena y la grava, existentes debajo de la superficie terrestre (Ramsar, 2010 y Ley general de aguas nacionales, 2012).

Forma parte de la precipitación que se filtra a través del suelo hacia los estratos porosos y en ocasiones los satura de agua. Se mueve lentamente hacia los niveles bajos, generalmente en ángulos inclinados (debido a la gravedad) y, eventualmente, llegan a los manantiales, los arroyos, lagos y océanos.

1.1.2.1 CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

A medida que el agua pasa a través de un acuífero, esta disuelve los minerales que hay en las rocas, como lo son el Ca, Na, HCO_3^- y Cl^- , entre otros, además de que la temperatura del agua termina igualándose con el de las rocas. Los humedales alimentados por aguas subterráneas suelen albergar comunidades de flora y fauna diferentes de los que se alimentan únicamente de aguas superficiales (Ramsar, 2010).

Las aguas subterráneas se han clasificado según Freezer y Cherry (1979), por la frecuencia y valor de concentración de algunos aniones, cationes y tras partículas disuelta en el agua (Tabla 1).

Tabla 1. Componentes principales del agua subterráneas (Tomado de Freezer y Cherry, 1979)

FUNDAMENTALES			SECUNDARIOS		MENORES
Aniones	Cationes	Otros	Aniones	Cationes	Trazas
(HCO ₃ ⁻ + CO ₄ ⁻), Cl ⁻ , SO ₄ ⁻ , NO ₃ ⁻	Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺	CO ₂ , SiO ₄ H ₄ , SiO ₂	F ⁻ , S ⁼ , SH ⁻ , Br ⁻ , NO ₂ ⁻ , PO ₄ ⁻ , BO ₃	Mn ⁺⁺ , Fe ⁺⁺ , Li ⁺ , Sr ⁺⁺ , Zn ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺ , Ti ⁺⁴ , Co ⁺⁺ , Cu ⁺⁺ , Pb ⁺⁺ , Ni ⁺⁺ ,

La calidad química del agua subterránea normalmente es buena, pero a concentraciones elevadas de algún componente puede causar problemas para el uso de la misma (Chilton, 1996). La abundancia relativa de los componentes disueltos en el agua subterránea se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Abundancia relativa de los componentes de las aguas subterráneas. (Tomado de Chilton, 1996)

COMPONENTES	CONCENTRACIÓN (mg/L)
Fundamentales	1 a 1000
Secundarios	0.01 a 10
Menores	0.0001 a 0.1

A continuación se presentan los datos reportados sobre la concentración de algunos cationes y aniones presentes en distintas partes del mundo y en el estado de Veracruz (Tabla 3).

Tabla 3. Datos Físico-Químicos de aguas subterráneas y superficiales obtenidos de la literatura

Parámetro	Literatura	La Mancha Ver, Mex (Yetter, 2004)	*Región central Ver, Mex (Peralta 2004)	(Barranquero et al., 2011)	Harbison, 2007	Kangjo o, et al., 2005	Woods, et al., 2000	Turner, 2006	Phelps, 2004	Mrklas, Bentley, Lunn, & Chu, 2005
pH		6.9	6.05 -	7.6	6.6	6.11	6.92 - 8.2	6.11 - 7.14.	6.3 - 9.17	5.87 - 7. 29
OD (mg/L)		3	0.72 - 12.68	-	1.1	5.3	-	-	0.1 - 8.3	-
CONDUCTIVIDAD (µS/cm)		235 - 1148	-	792,9	78	-	-	1265 - 2300	170 - 1270	700 - 1445
SALINIDAD (ppt)		0.2-0.4	0.03 - 0.37	-	-	-	-	-	-	-
NITRATOS (mg/L)		1 - 3	0.30 - 3.82	23.1	-	24.9	0 - 0.3	-	0.02 - 12	0.01 - 47. 13
AMONIO (mg/L)		-	0.23 - 0.61	-	-	-	0.04 - 6.62	-	0.01 - 0.2	0.04 - 120.34
FÓSFORO (mg/L)		-	0.03 - 0.48	-	-	-	-	-	0.02 - 2.7	-
MAGNESIO (mg/L)		10.60 - 36.03	-	19.1	2	3.06	1 - 127	20.4 - 45.5	24 - 176	0.21 - 32.13
CALCIO (mg/L)		47.61 - 255.47	-	38,4	15.4	-	7 - 103	49.2 - 141	24 - 176	2.60 - 216.44
DUREZA (mg/L de CaCO3)		166 - 679	-	83 - 320	-	-	-	-	-	-
ALCANIDAD (mg/L)		-	18.23 - 420.9	-	-	1020	-	-	29 - 249	-

(*) Datos tomados de agua superficial.

1.1.2.2 EI AGUA SUBTERRÁNEA EN MÉXICO

México recibe de forma anual alrededor de 1.489 billones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación. De esta agua, el 73.1% se evapotranspiración y regresa a la atmósfera; el 22.1% escurre por los ríos o arroyos y el 4.8% restante se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos, de tal forma para la recarga de acuíferos, anualmente se recibe 70 Km³ de agua dulce renovable que se extraen por medio de pozos, norias, galerías filtrantes y manantiales, entre otros (CONAGUA, 2011). Así, el balance subterráneo refleja

en principio una gran disponibilidad de agua en el subsuelo, sin embargo, esta situación es engañosa ya que gran parte de los principales acuíferos del país se encuentran seriamente sobreexplotados (CONAGUA, 2011; IMTA, 2009).

De acuerdo a lo publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 5 de diciembre de 2001, en lo que se refiere a las aguas subterráneas, el país se divide en 653 acuíferos o unidades hidrogeológicas.

La importancia del agua subterránea queda de manifiesto al considerar que el 70% del volumen que se suministra a la población, el 33% del que se destina a la agricultura y el 62% del que utiliza la industria tienen ese origen (CONAGUA, 2011).

A partir de la década de los años setenta, ha venido aumentando sustancialmente el número de acuíferos sobre-explotados: 32 en 1975, 36 en 1981, 80 en 1985, 97 en 2001, 102 en 2003 y 104 en 2006. De ellos se extrae casi el 60% del agua subterránea para todos los usos (CONAGUA, 2011).

1.2 HUMEDALES

Según el texto de la convención Internacional sobre humedales Ramsar (1971), define al humedal como: “extensiones de marismas, pantanos o turberas cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”. Esta definición es sumamente amplia por lo que frecuentemente resulta imprecisa (Moreno-Casasola y Warner, 2009).

Pero para poder definir mejor lo que es un humedal debemos poder reconocer las semejanzas que existen entre todos ellos como son: suelos saturados de agua, acumulan materia vegetal orgánica que se descompone

lentamente y soportan una variedad de plantas y animales adaptados a las condiciones inundación y anoxia (Mitsch y Gosselink, 2000).

Por este motivo toda definición de humedal en palabras de Mitsch y Gosselink (2000) incluye, tres componentes principales:

- a) La presencia de agua, ya sea en la superficie o debajo del nivel del suelo.
- b) Suelo hidromórfico, no drenado.
- c) Soportan vegetación que se encuentra adaptada a las condiciones de saturación de agua (*hidrófitas*) y se caracterizan por la ausencia de vegetación intolerante a tales condiciones.

En el humedal, el agua se encuentra en la superficie esto es, que corre o se estanca sobre el suelo, y el agua subterránea que está en contacto con las raíces de las plantas a unos 15 o 20 cm de profundidad y que dependiendo de la estación del año se puede encontrar cerca de la superficie o a unos metros de profundidad (Infante *et al.*, 2009)

En algunos humedales la presencia de agua no es visible, aunque sí lo son sus efectos (la presencia de vegetación hidrófita a su alrededor), la vegetación hidrófita es indicador que es un lugar húmedo (Moreno-Casasola y Warner, 2009).

I.2.1 HIDROLOGÍA DE LOS HUMEDALES

Una de las características físicas fundamentales de los humedales es la presencia de agua, esto es, el nivel del agua y su fluctuación en el tiempo (hidroperiodo). De acuerdo con Mitsch y Gosselink (2000) es quizás el componente principal para el mantenimiento de la estructura y funcionamiento de los mismos.

Las condiciones hidrológicas afectan un gran número de procesos abióticos y bióticos, Dentro de los factores bióticos que se ven afectados, se encuentra la composición y riqueza de especies, la productividad primaria, la acumulación de materia orgánica y los ciclos de nutrientes (Peralta-Peláez *et al.*, 2009)

La temporalidad, profundidad, el momento de la inundación, las características fisicoquímicas del agua y el tipo de suelo o sustrato, afectan las características física y químicas de la misma agua (salinidad, conductividad, pH, transparencia, densidad, oxígeno disuelto, etc.) afectado la estructura, composición y riqueza de especies, la productividad primaria, la acumulación de materia orgánica y los ciclos de nutrientes. (Mitsch y Gosselink 2000; Blom y Voeselek, 1996).

El agua es el componente principal que mantiene a los humedales, por lo tanto se debe conocer sus características fisicoquímicas y determinar su origen y destino. Los métodos para monitorear la calidad del agua de los humedales se dividen en los que corresponden a aguas superficiales entrantes y salientes y los segundos corresponden a las aguas subterráneas, que al igual que las anteriores, tienen un flujo de entrada y de salida. No se puede olvidar que esto depende mucho de las condiciones físicas y químicas del suelo. (Peralta-Peláez *et al.*, 2009)

1.2.1.1 HIDROPERIODO

El hidroperiodo se puede definir como: una característica distintiva de la variabilidad hidrológica que describe la variación de los niveles de agua superficial o subterránea en el tiempo y en el espacio (Acosta y Perry, 2001), y además está influenciado por las entradas y salidas de agua. Es la firma del humedal y nos permite identificarlo ya que Indica el tiempo de inundación, su estacionalidad, periodicidad y la cantidad de agua (Moreno-Casasola y Infante, 2010).

Las condiciones impuestas por el hidroperiodo son importante para el mantenimiento de la estructura y funcionamiento de los humedales, ya que crean condiciones físico-químicas que afectan a varios factores (anaerobiosis del suelo, acumulación de materia orgánica, disponibilidad de nutrientes, la riqueza y composición de especies, etc.) (Flores-verdugo *et al.*, 2007).

Varios enfoques pueden ser utilizados para caracterizar las etapas de cambio temporal de un humedales (es decir, los niveles de agua). El enfoque más sencillo es trazar una gráfica en función de tiempo (llamada hidrograma o hidroperiodo). El hidroperiodo muestra la variación del nivel de agua para un período de tiempo. Ya sea Inter-anual, estacional, eventual y diaria el nivel de fluctuación de agua puede llegar a ser aparente usando este enfoque (U.S. EPA, 2008), (Figura 3).

Algunos ejemplos del hidroperiodo (hidrogramas) de distintos tipos de humedales a lo largo de un año se muestran en la Figura 3, en los cuales se pueden apreciar la diferencias en cuanto al tiempo que permanece una capa de agua sobre el suelo (duración), la periodicidad así como la profundidad que alcanza y la época de inundación.

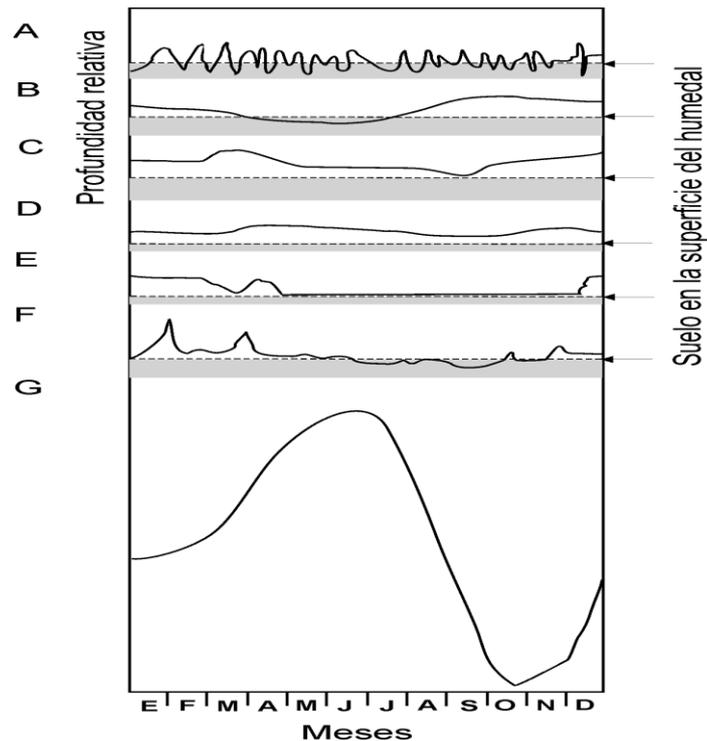


Figura 3. Hidroperíodo de distintos tipos de humedales: A. marisma sujeta a influencia de áreas con inundaciones semidiurnas, en Rhode Island, E.U.; B. popal en la Mancha, Veracruz, Golfo de México, con un periodo estacional de inundación; C. Humedal de agua dulce en la costa de Louisiana en el Golfo de México; D. Humedal herbáceo denominado “pothole”, en praderas con entrada de agua de manto freático, E.U.; E. Charca temporal en California, E.U.; F. Humedal de selva inundable aluvial en Carolina del Norte, E.U.; G. Planicie de inundación tropical con selvas inundables en El Pantanal, Brasil. (Tomado de Peralta *et al.*, 2009)

En la Figura 3 el eje de las X indica los meses del año, el de las Y la altura de la fluctuación de agua y la línea punteada el nivel del suelo (Mitsch y Gosselink, 2000 y Peralta *et al.*, 2009). Un método para monitorear la fluctuación del nivel del agua a lo largo del tiempo implica el uso de piezómetros (Peralta-Peláez *et al.*, 2009).

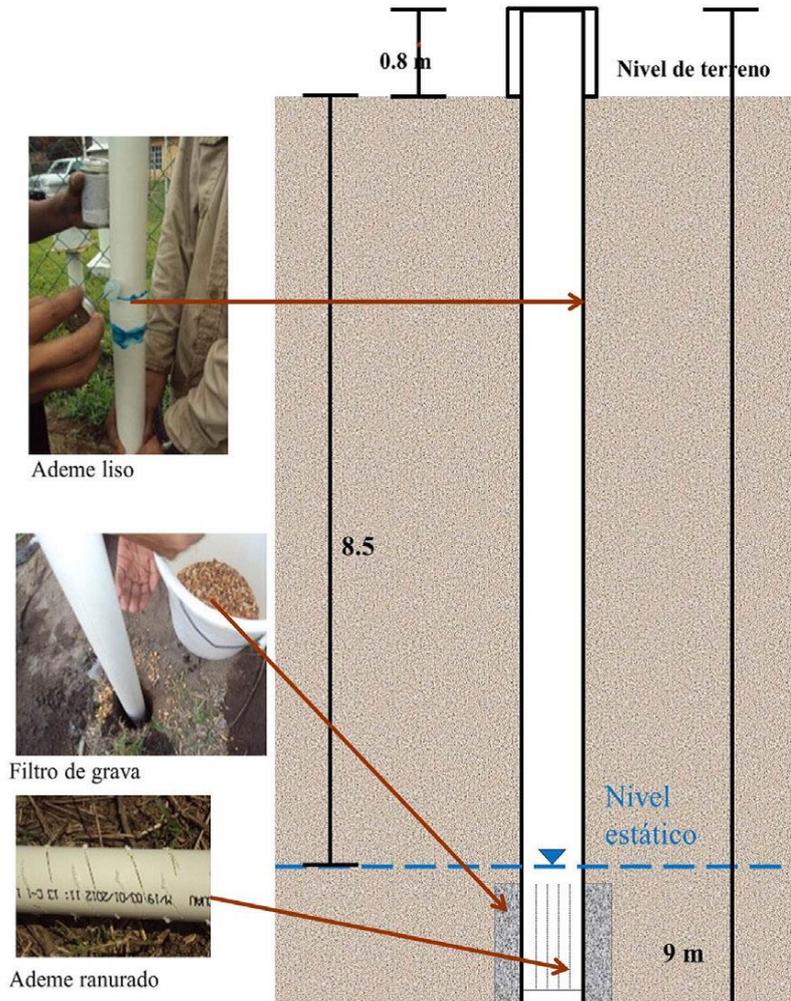


Figura 4. Esquema de un piezómetro (Neri et al, 2014)

Un piezómetro es un dispositivo utilizado para medir la presión del líquido estático en un sistema mediante la medición de la altura a la que una columna de las aguas subterráneas que eleva contra la gravedad (Figura 4). Se deben medir periódicamente durante por lo menos un año, o de ser posible varios años para poder conocer el comportamiento del humedal en años secos y años lluviosos. La frecuencia de medición deber ser de preferencia mensual o bimensual o quincenal. Los resultados obtenidos pueden presentarse en graficas de cada piezómetro de manera independiente (Peralta *et al.*, 2009).

2. ANTECEDENTES

En el país se han hecho diversas investigaciones acerca de los cuerpos de agua, como, Arriaga *et al.* (2000), De la Lanza y Calderón (2002) que hablan de las características de los cuerpos de agua en México. De la Lanza y Gómez (2004), Contreras y Castañeda (2004), Peralta-Peláez (2007), Peralta-Peláez y Moreno-Casasola (2009), Peralta-Peláez *et al.*, (2014) hacen su estudio de humedales más enfocado hacia el golfo de México.

Entre los cuerpos de agua se encuentran los humedales asociados a sistemas de dunas costeras que han sido poco estudiados, como lo muestran los trabajos de: De la Lanza y Lozano (1999) que escribe una comparación fisicoquímica de las lagunas de Alvarado. Moreno-Casasola y Espejel (1986), Moreno-Casasola y Vázquez (1999) y Vázquez *et al.*, (2004) están más enfocados a sistemas temporales. Clorinda (2004) estudia el sistema de lagunas interdunarias del puerto de Veracruz. Siemens *et al.*, (2006) analizan la destrucción de los lagos interdunarios por el crecimiento urbano de la ciudad de Veracruz, Sarabia (2004) estudió la química del agua de los lagos interdunarios de la ciudad de Veracruz, Peralta-Peláez (2007), Peralta-Peláez *et al.*, (2007), Peralta-Peláez *et al.*, (2009), realiza estudios de los lagos interdunarios de la región central del estado de Veracruz, enfocándose a la calidad del agua superficial.

2.1 ESTUDIOS PREVIOS

Debido a la poca importancia que se le da al agua subterránea y a los humedales son pocos los estudios que se han realizado en el país, aunque autores han publicado datos del estado de Veracruz.

Yetter (2004) realizó un estudio denominado Hydrology and geochemistry of freshwater wetlands on the Gulf Coast of Veracruz, Mexico. Donde estudió la hidrología y la química de agua de un conjunto de humedales, determinando que las principales entradas de agua son a través del manto freático de fuentes tanto cercanas como distantes así como por lluvias y las concentraciones de

agentes químicos en el agua subterránea, es el único trabajo que se tiene sobre la hidrología subterránea, subsuperficial y superficial, el cual se realizó para un solo lago en La Mancha, Veracruz, México. En la Tabla 4 se presenta los resultado del estudio de química del agua subterránea en humedales realizado por Yetter (2004).

Tabla 4. Propiedades físico-químicas del agua subterránea del humedal la Mancha, Veracruz, México, durante la temporada de lluvias (agosto de 2003) (Tomado de Yetter, 2009).

Parámetro	Concentración
Temperatura °C	24 - 27
pH	6.9 - 7.9.
OD (mg/L)	0-2
Conductividad (µS/cm)	235 - 1148
Salinidad (ppt)	0.2-0.4
Nitratos (mg/L)	0.9 – 2.9
Amonio (mg/L)	0.10 – 5.69
Fósforo (mg/L)	0.61 - 71.66
Magnesio (mg/L)	10.60 - 36.03
Calcio (mg/L)	47.61 - 255.47

Neri (2014) realizo el estudio de inundaciones por agua subterránea en zonas costeras, caso de estudio: acuífero de Veracruz, donde expone que el manejo del riesgo en inundaciones debe ser entendido como parte integral de las interacciones del ciclo hidrológico, en donde el ascenso de niveles freáticos puede generar zonas inundables por agua subterránea. La metodología empleada para identificar este fenómeno fue el monitoreo mensual de mediciones de profundidad del nivel freático durante el año 2012, mediante una red de monitoreo de 27 norias, nueve piezómetros y el registro de precipitación diaria en una planicie de inundación de la zona costera de Veracruz. Los resultados muestran que existe una variación temporal del nivel freático e

indican que la temporada de menor nivel tiene lugar en mayo, y que ocurren ascensos de hasta 2 – 3 m en septiembre (Figura 5). En la zona de estudio, el ascenso de niveles freáticos evidenció tres casos de inundaciones por agua subterránea que tuvieron períodos de inundación hasta por cuatro meses. Este trabajo pone en evidencia la presencia de zonas inundables por agua subterránea, la cual debe ser tomada en cuenta para la gestión del riesgo por inundaciones en áreas con niveles freáticos someros de zonas costeras.

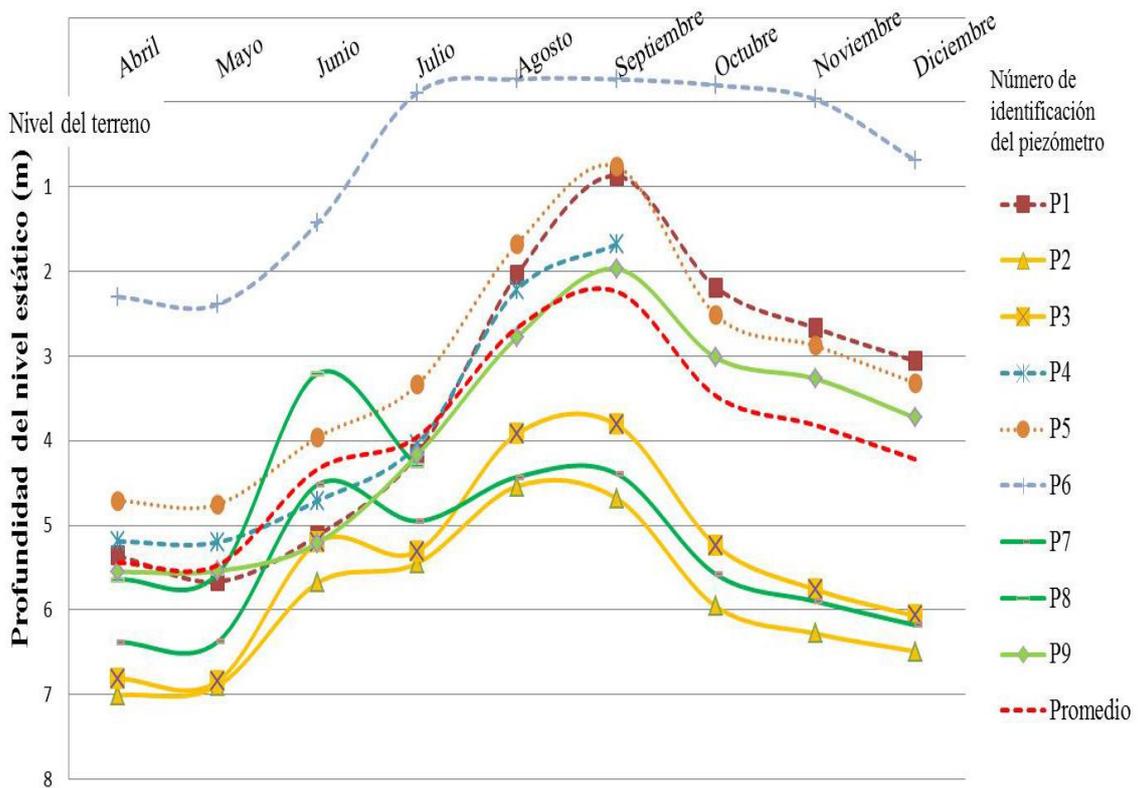


Figura 5. Variación de la profundidad del nivel estático en el 2012 de piezómetros (m), (Neri, 2014)

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar y evaluar el agua subterránea de humedales naturales y modificados de la zona conurbada Veracruz – Boca del Río – Medellín, durante la temporada de nortes, secas y lluvias.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conocer las fluctuaciones del manto freático (hidroperiodo) de la zona de estudio en relación al tiempo, mediante el uso de piezómetros.

Evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua subterránea del área de estudio.

Evaluar los parámetros bacteriológicos de las aguas subterráneas en el área de estudio.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el estado de Veracruz se cuentan con diferentes tipos de humedales, que proporcionan servicios ambientales como son: el aprovisionamiento de agua, regulación y protección de inundaciones, infiltración y recarga del manto freático, mantenimiento de la calidad de agua, entre otros (Moreno-Casasola *et al.*, 2006). Desgraciadamente debido a las actividades antropogénicas estos humedales se han modificado o han sido completamente destruidos (Yetter, 2004). Trayendo consigo modificaciones en el clima local, inundaciones y una disminución de la calidad de agua.

Así mismo existe una relación entre las inundaciones registradas, las precipitaciones y las fluctuaciones del nivel freático (Neri, 2014). Pocas son las zonas propensas a sufrir inundaciones severas, como las que se tuvieron en la zona conurbada Veracruz – Boca del Río – Medellín, durante el huracán Karl en el año 2010.

La zona en cuestión ha sufrido diferentes modificaciones como son el relleno con diversos materiales, construcción de canales para el drenado, así como cambio de uso de suelo, lo que supone modificaciones en el hidroperíodo y sus características. Por este motivo se hace la pregunta; ¿Es posible caracterizar y evaluar el hidroperíodo mediante los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos en un espacio temporal en humedales naturales y transformados de la zona conurbada Veracruz – Boca del Río - Medellín?

5. JUSTIFICACIÓN

El agua subterránea, constituye una fuente importante de agua para consumo humano y uso agrícola, que se están viendo afectados por la contaminación provocada por los drenajes cercanos que contienen desechos orgánicos y heces los cuales se infiltran a través del suelo y que llegan a estas fuentes de agua por escorrentías, además por las condiciones físicas de los puntos de captación las cuales no son ideales en infraestructura; esta situación da paso a que se altere la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua y por ende la calidad de vida de las personas que se abastecen de distintas formas de estos depósitos.

Y todo esto empeora cuando se realiza asentamientos humanos en zonas que son denominadas humedales ya que estos son superficies hacia las cuales fluyen o se acumula el agua. Esta agua, al filtrar lentamente hacia el subsuelo actúa como una esponja controlando el flujo de agua e impide que siga escurriendo, disminuyendo la velocidad, evitando erosión y reduciendo las inundaciones a su alrededor (EPA. 1995, 2000; Rader 2001; Mitsch y Gosselink, 2000).

Aunado a ello, el hecho de que no existen registros o estudios previos respecto al hidroperiodo y la caracterización fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea en la zona conurbada Veracruz – Boca del Río – Medellín razón por la que se lleva a cabo dicho trabajo.

6. HIPÓTESIS

Si es posible caracterizar y evaluar el hidroperiodo de los humedales naturales y transformados de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río – Medellín mediante los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos con la relación espacio temporal.

7. METODOLOGÍA

7.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se localiza en el centro del estado de Veracruz, en los municipios de Boca del Río y Medellín (INEGI, 2012), (Fig.1). Se ubicada dentro de la región hidrológica numero 28 (CONAGUA, 2002), rodeada por una gran red hidrológica que corresponde a los ríos Jamapa, Río Grande y Río Medio. Además que dentro de la zona se localizan un número importante de sistemas de cuerpos de aguas (sistemas lagunares).

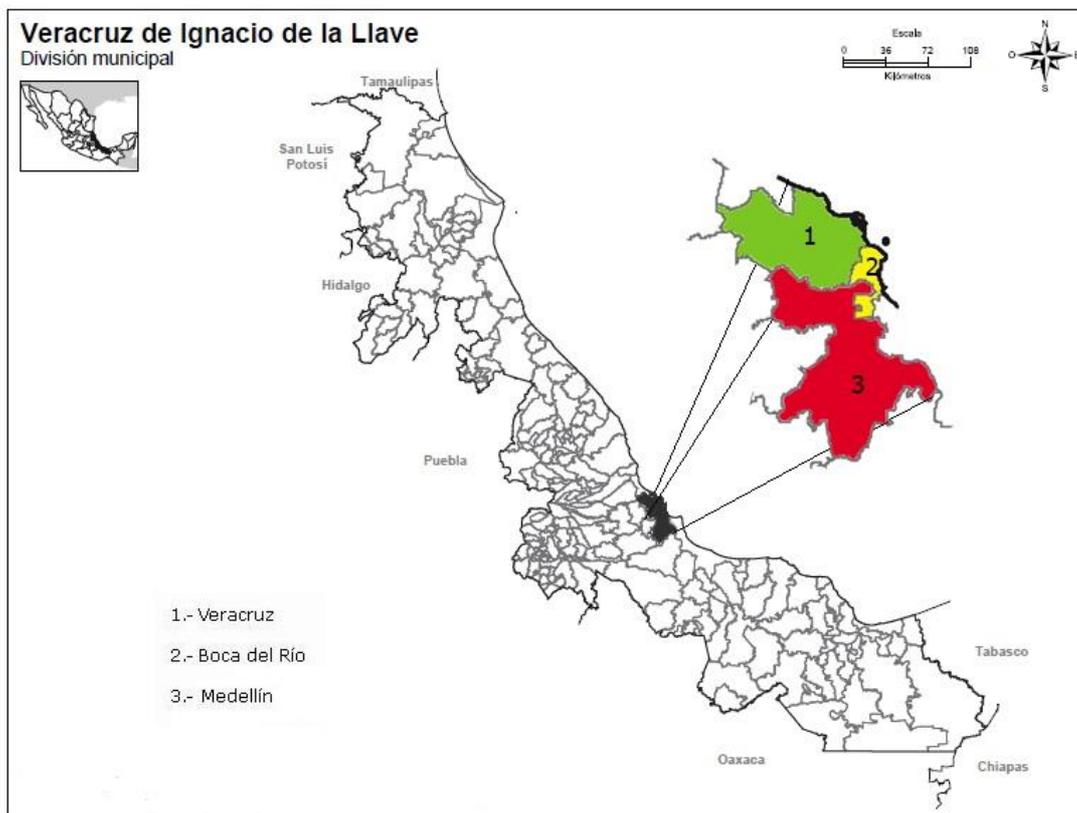


Figura 6. Municipios donde se realizó el estudio (mapa tomado y modificado de INEGI, 2010)

7.2 SITIOS DE ESTUDIO

Se definieron tres zonas de estudio en las cuales se instalaron piezómetros y se realizaron muestreos de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos:

El área de estudio se dividió en tres zonas para facilitar el manejo de la información. (Tabla 5).

Tabla 5. Ubicación de los sitios de muestreo y su nomenclatura utilizada.

Zona	Nomenclatura	Latitud N	Longitud O	Municipio
I	Pz 1	19° 9'29.73"	96° 8'9.96"	Veracruz
	Pz 2	19° 9'21.45"	96° 8'21.01"	Veracruz
	Pz 3	19° 9'10.13"	96° 8'0.22"	Veracruz
	Pz 4	19° 8'41.81"	96° 8'10.81"	Veracruz
II	Pz 5	19° 7'29.66"	96° 8'14.35"	Boca del Rio
	Pz 6	19° 7'26.94"	96° 8'13.40"	Boca del Rio
III	Pz 7	19° 6'26.33"	96° 9'26.22"	Medellín
	Pz 8	19° 6'4.83"	96° 9'9.81"	Medellín
	Pz 9	19° 5'44.98"	96° 9'43.40"	Medellín
	Pz 10	19° 6'16.85"	96° 9'14.82"	Medellín

Zona 1: Fraccionamiento Floresta y El Jobo, Los fraccionamientos se ubican en el municipio de Veracruz:

En el fraccionamiento Floresta, se establecieron tres sitios de estudios en los cuales se instalaron 3 piezómetros (Pz 1, Pz 2 y Pz 3), (Tabla 5) y (Figura 7), el fraccionamiento antes de su construcción, estaba rodeado de pantanos, médanos y acahuales, actualmente se encuentra completamente urbanizado.

En el fraccionamiento el Jobo, se estableció un sitio de estudio, donde se instaló un piezómetro (Pz 4), (Tabla 5 y Figura 7), dicho fraccionamiento se encuentra ubicado cerca del canal de la Zamorana y es una zona completamente urbanizada.

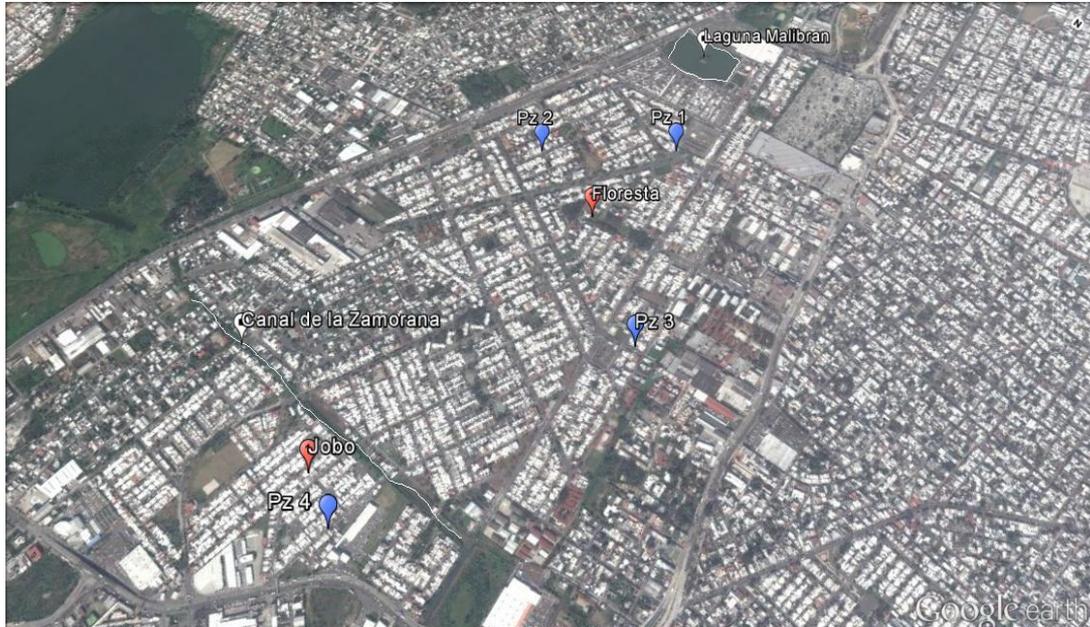


Figura 7. Sitios de estudio: PZ 1, Pz 2, PZ 3 y Pz 4, Conurbación de Veracruz (zona 1). Fuente: Google Earth, Octubre 2013

Zona 2: Universidad Cristóbal Colon (UCC) Campus Calasanz (humedales no transformados):

El campus Calasanz se encuentra ubicado en el municipio de Boca Del Río, se establecieron dos sitios de estudio (Pz 5 y Pz 6) y se instalaron dos piezómetros (Tabla 5 y Figura 8), el sitio de estudio es una laguna que se encuentra rodeada de pastizal para ganado por ende la laguna es usada como bebedero del ganado.

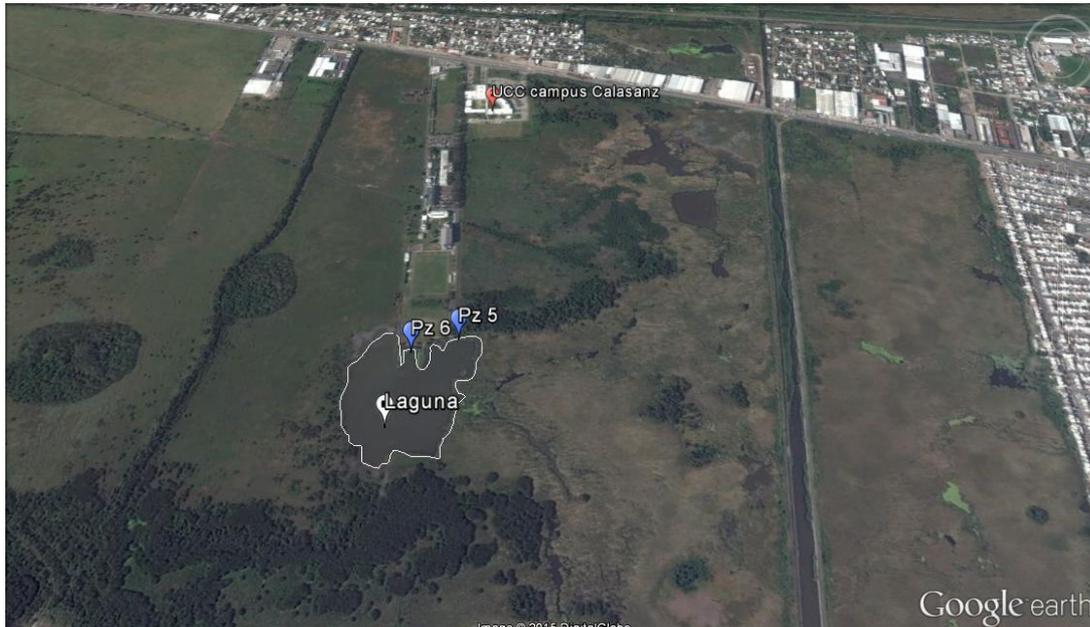


Figura 8. Sitios de estudio: PZ 5 y Pz 6. Municipio de Boca del Rio (zona 2). Fuente: Google Earth, Octubre 2013.

Zona 3: Fraccionamiento Puente Moreno:

El fraccionamiento se encuentra ubicado en el municipio de Medellín, se establecieron 4 sitios de estudio y se instalaron cuatro piezómetros (Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10) (Tabla 5) y (Figura 9), el fraccionamiento se encuentra semi-urbanizado ya que cuenta con áreas verdes, una laguna artificial y se encuentra cerca de una zona que no se encuentra habitada, cabe mencionar que el fraccionamiento está en crecimiento.

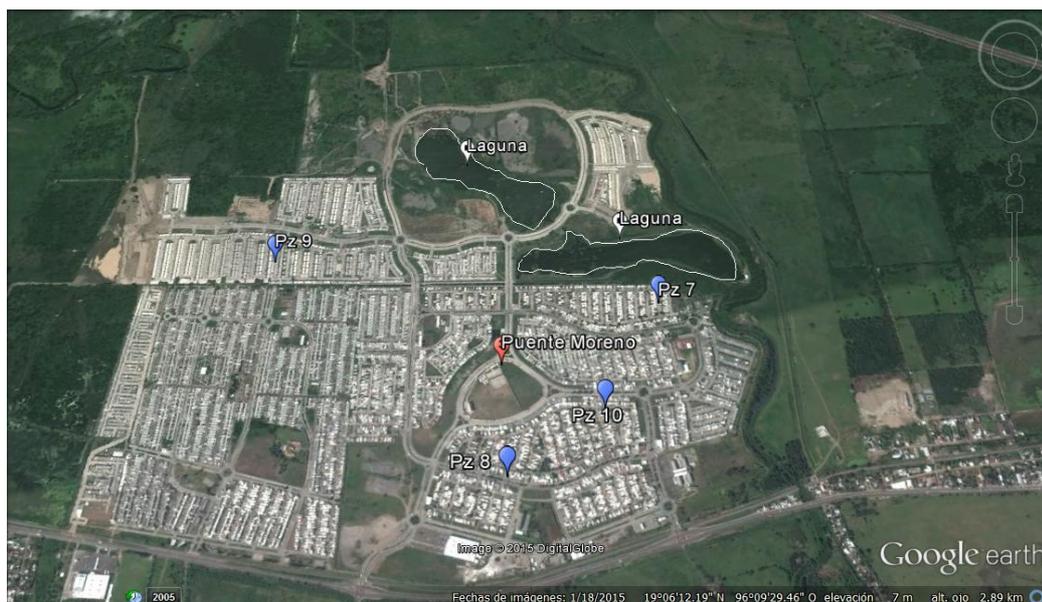


Figura 9. Sitios de estudio: Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10. Municipio de Medellín (zona 3). Fuente: Google Earth, Octubre 2013.

7.3 PLAN DE MUESTREO Y MEDICIÓN DEL NIVEL DE FLUCTUACIÓN

7.3.1 MONITOREO DE NIVEL DE AGUA EN LOS PIEZÓMETROS.

Para el monitoreo de aguas subterráneas o fluctuaciones del manto freático (hidroperiodo) en la zona de estudio se instalaron 10 piezómetros (Tabla 5) y (Figuras 7, 8, 9). Se realizaron las mediciones del nivel de agua en los piezómetros mensuales, durante los años 2011 y 2013. Iniciando en septiembre de 2011 y finalizando en diciembre del 2012.

7.3.2 PLAN DE MUESTREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS.

El muestreo se determinó tomando en consideración la disponibilidad de agua y distribuyendo de forma representativa dentro de los 10 sitios de estudio, (Tabla 5) y (Figuras 7, 8, 9). Se realizó un muestreo por mes, se seleccionó como fecha de muestreo la temporada de lluvias (Septiembre y Octubre) y nortes (Noviembre y Diciembre) lluvias (Septiembre y Octubre).

7.3.3 PLAN DE MUESTREO PARA ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS.

Para los análisis bacteriológicos se realizaron muestreos a la par con la toma de muestras para determinación de parámetros fisicoquímicos.

7.4 CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE PIEZÓMETROS.

Para la construcción e instalación de piezómetros se siguió el método descrito en el manual técnico para la instalación de piezómetros para el estudio de aguas subterráneas de humedales (Peralta-Peláez y Yetter, 2002).

Construcción de Piezómetros:

Los piezómetros serán contruidos con tubo PVC de 1 pulgada de diámetro y 1.5 - 2 m de largo, ranurados desfasadamente para evitar debilitar el tubo y cubiertos con malla (Nytex) filtro de nylon en el extremo que vaya a hacer enterrado, para permitir el paso del agua y no del sedimento, reforzado con alambre de acero (Peralta-Peláez *et al.*, 2009), como se muestra en la Figura 10.

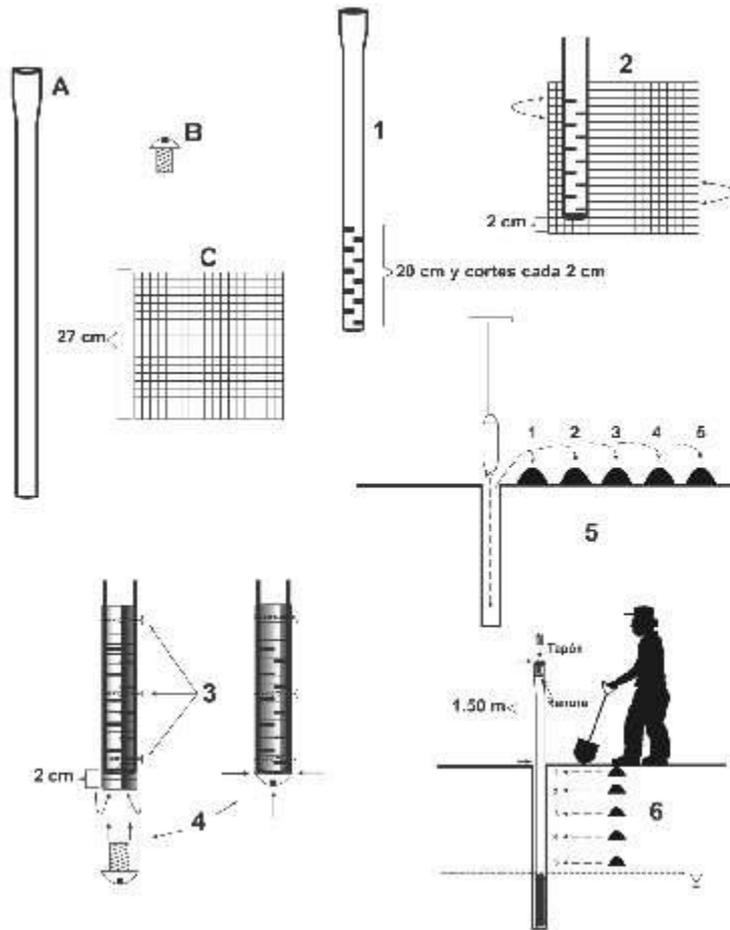


Figura 10. Construcción e instalación de piezómetros: A) Tubo de PVC; B) tornillos inoxidables; C) tela Nytex. Los siguientes esquemas muestran detalles de la construcción del tubo. 1) tubo ranurado en la parte inferior; 2, 3 y 4) instalación de la tela nytex forrando el tubo y colocación del tornillo en la parte inferior para ayudar a introducir y mantener los extremos de la tela en el interior del tubo; 5) perforación del pozo con nucleador, donde la numeración indica el orden en que se extrajeron las capas de suelo; 6) instalación del piezómetro en el pozo donde se irá regresando el suelo en el orden en que fue excavado. (Tomado de Peralta-Peláez y Yetter, 2002).

Se deben realizar ranuras en uno de los extremos del tubo con una sierra, en los últimos 20-25 cm y con una separación entre ellas de 2-2.5 cm, ver Figura 11. Se hacen dos hileras colocadas de manera opuesta, procurando que las perforaciones queden desfasadas o alternadas, para evitar cortar el tubo (Peralta-Peláez y Yetter, 2002).



Figura 11 Ranuras en tubo de PVC

Se forra la zona de las perforaciones con malla para filtro Nyltex de 22 cm X 20 cm (Figura 12). Una vez que ha quedado enrollada, se asegura la malla con hilo de alambre inoxidable (Peralta-Peláez *et al.*, 2009; Peralta-Peláez y Yetter, 2002).



Figura 12 Instalación de malla filtro en piezómetro.

El extremo de tela que sobresale del tubo se flexiona hacia el interior y se coloca e introduce uno de los tornillos inoxidables, (Figura 12), con cinta de

aislar se fija, para que sirva como tapón e impedir el paso de los sedimentos al interior (Peralta-Peláez y Yetter, 2002).

Instalación de piezómetros:

Una vez elegido el lugar, se inicia la excavación de los pozos donde se colocarán los piezómetros, se realiza una excavación entre 70 – 150 cm (Peralta-Peláez y Yetter, 2002).

El equipo y forma de instalar los piezómetros va a depender de las características del suelo. A suelos muy blandos o saturados de agua no es necesario realizar la perforación, sólo se instalan a presión, ya que se tiene la profundidad deseada, se extrae y se reintroduce el piezómetro nuevamente en el hueco y a suelos muy secos se realiza una excavación con equipos y herramientas (Peralta-Peláez y Yetter, 2002).

Cuando se ha terminado la instalación de los piezómetros se procede a realizar la limpieza de los mismos. Succionando el agua por medio mecánico (manguera y jeringa), esto se hace con el fin de retirar el sedimento que pudiese haber entrado al momento de instalar los piezómetros (Peralta-Peláez *et al*, 2009; Peralta-Peláez y Yetter, 2002).

Monitoreo y medición del nivel de fluctuación de agua en los piezómetros

El monitoreo se realiza con un sensor electrónico llamado vulgarmente “chillometro” (llamado así por la señal que emite), el cual es introducido en el tubo y al momento que haga contacto con el agua emitirá un sonido, el cual indica el nivel de agua (Peralta-Peláez *et al.*, 2009).

Se mide la distancia recorrida por el cable del medidor de nivel electrónico dentro del tubo con un flexómetro u regla graduada y se le resta la distancia que tiene el tubo fuera del nivel del suelo, como se ilustra en la Figura 13.

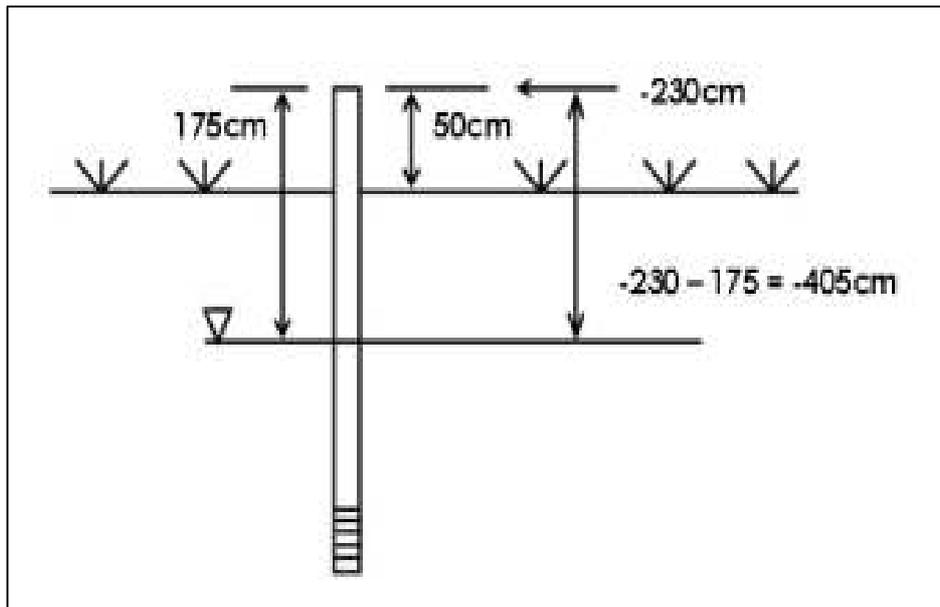


Figura 13 Ejemplo para realizar el cálculo real del agua en el piezómetro (Tomado de Peralta *et al.*, 2009).

Todos estos resultados serán registrados en una bitácora de campo y una bitácora electrónica en un libro de Excel.

7.5 ANÁLISIS *IN SITU*

Para la relación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se determinó la fluctuación del agua en el manto freático y/o el nivel de inundación. Los parámetros fisicoquímicos se obtuvieron con un medidor multiparamétrico marca Hanna Instruments® Modelo HI9829. LA medición en sitio se realizó una vez al mes, de Septiembre a Diciembre del 2012. Se evaluaron los parámetros físicos del agua del manto freático: pH, temperatura, salinidad y conductividad.

Las muestras de agua para análisis químicos se extrajeron de los piezómetros con una manguera de plástico previamente esterilizada e introduciéndola dentro del tubo hasta la profundidad deseada. En el extremo de la manguera se conecta a una llave de paso y a su vez a una jeringa de plástico de 60 ml y se aspira el agua a frascos de 1 L (Infante *et al.*, 2009), en cada muestreo, se recolectaron 10 muestras (una por sitio).

De igual forma se recolectaron 10 muestras (una por sitio) en frascos de vidrio de 200 mL esterilizados para análisis de coliformes totales y coliformes fecales. Las muestras se recolectaron teniendo previamente mangueras, jeringas y llave de paso, previamente esterilizados con una solución de cloruro de benzalconio al 12 %, se siguió la metodología de Infante *et al* (2009) de igual forma como se siguió para la recolección de muestras para análisis químicos, la diferencia radica en que se colocó una lámpara de alcohol cerca de la llave de paso y no se abrió completamente el frasco de recolección esto para evitar contaminación por otros medios, cabe mencionar que se usó un juego de manguera, jeringa y llave por sitio.

Recolectadas las muestras se colocaron en una nevera con hielo a una temperatura de aproximada de 4°C (APHA *et al.*, 1998). Las muestras de agua recolectadas se enviaron al Laboratorio de Ingeniería Ecológica, Ambiental y Ciencias ubicado en el Plantel del Instituto Tecnológico de Veracruz, donde se realizaron los análisis químicos y bacteriológicos correspondientes.

7.6 ANÁLISIS DE LABORATORIO

7.6.1 MICROBIOLÓGICOS

Para detectar la presencia de bacterias coliformes fecales se utilizó la técnica de tubos de fermentación o número más probable (NMP), siguiendo la metodología descrita en la NOM-112-SSA1-1994 (Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable) y del manual de métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (APHA *et al.*, 1998).

La determinación del número más probable (NMP) de microorganismos coliformes totales y fecales se obtiene a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y confirmativa, se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una

temperatura entre 35 °C a 48 °C por un periodo de 24 a 48 horas (Camacho *et al.*, 2009).

1. REACTIVOS

- a) Caldo Lactosado: Medio completamente deshidratado, se sigue las instrucciones del fabricante.
- b) Caldo lactosa bilis verde brillante: Medio completamente deshidratado, se sigue las instrucciones del fabricante.

2. MATERIAL Y EQUIPO

- a) Horno u olla para esterilizar que alcance una temperatura mínima de 170 °C.
- b) Incubadora con termostato que evite variaciones mayores de $\pm 1,0$ °C, provista con termómetro.
- c) Tubos de cultivo con rosca y tubos de fermentación (campana de Durham) invertidos en su interior.

3. PROCEDIMIENTO

- a) Prueba presuntiva:

1. Agitar la muestra y transferir volúmenes de acuerdo con la Tabla 6, a cada uno de los tubos con caldo lactosado que se hayan seleccionado. Agitar los tubos para homogeneizar la muestra. Las diluciones serán de 1.0 mL (10^0), 0.1 mL (10^{-1}) y 0.01 mL (10^{-2}) como se muestra en la Figura 14.

Tabla 6. Preparación del medio líquido de lactosa (Tomado de APHA *et al*, 1998)

Inóculo mL	Cantidad de medio en el tubo mL	Volumen de medio + inóculo mL	Medio líquido de lactosa deshidratado necesario g/L
1	10 o mas	11 o mas	13.0
10	10	20	26.0
10	20	30	19.5
100	50	150	39.0
100	35	135	50.1
100	20	120	78.0

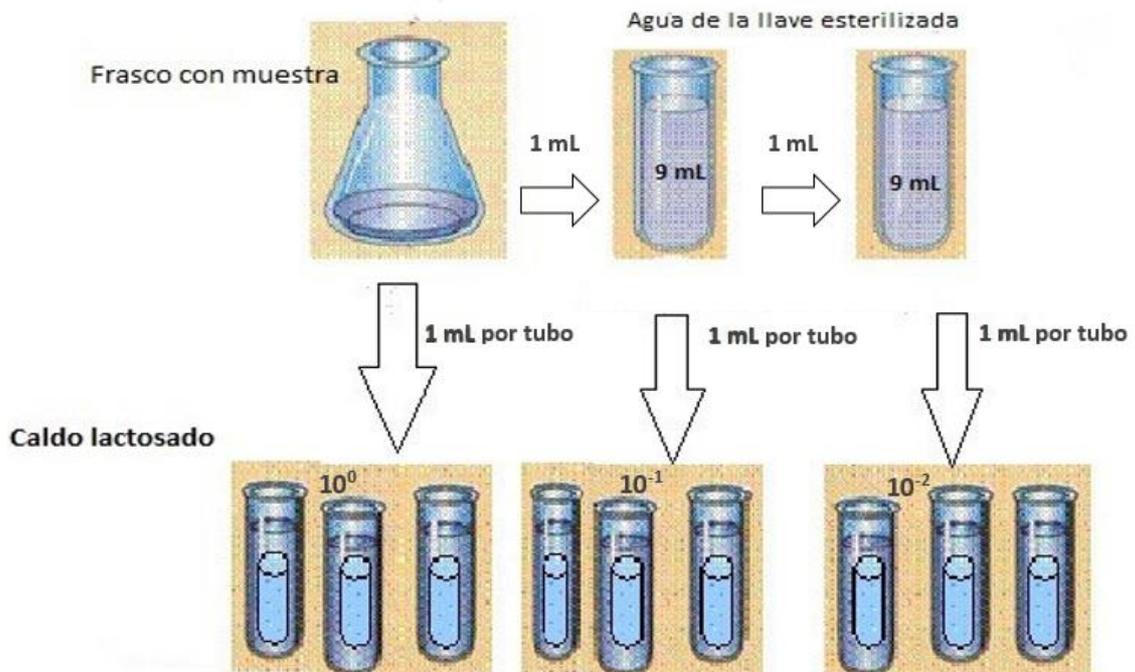


Figura 14. Forma de distribuir la dilución en los tubos con campana de Durham.

2. Los tubos se incuban a $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante 24 ± 2 horas. Examinar los tubos después del periodo de incubación y observar si hay formación de gas, si la formación de gas no se observa en este tiempo, incubar por 48 ± 2 h. Considerar como resultados positivos aquellos que muestren turbidez debido al crecimiento bacteriano y formación de gas en los tubos internos (campana de Durham).

a) Prueba confirmativa:

1. De cada tubo que muestre formación de gas en la prueba presuntiva, agitar suavemente para que se produzca una resuspensión de microorganismos, tomar una azada y sembrar en un número igual de tubos con medio de confirmación, caldo lactosa lauril bilis verde brillante (Figura 15).

2. Incubar a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas o si la formación de gas no se observa en este tiempo, incubar por 48 ± 2 horas.

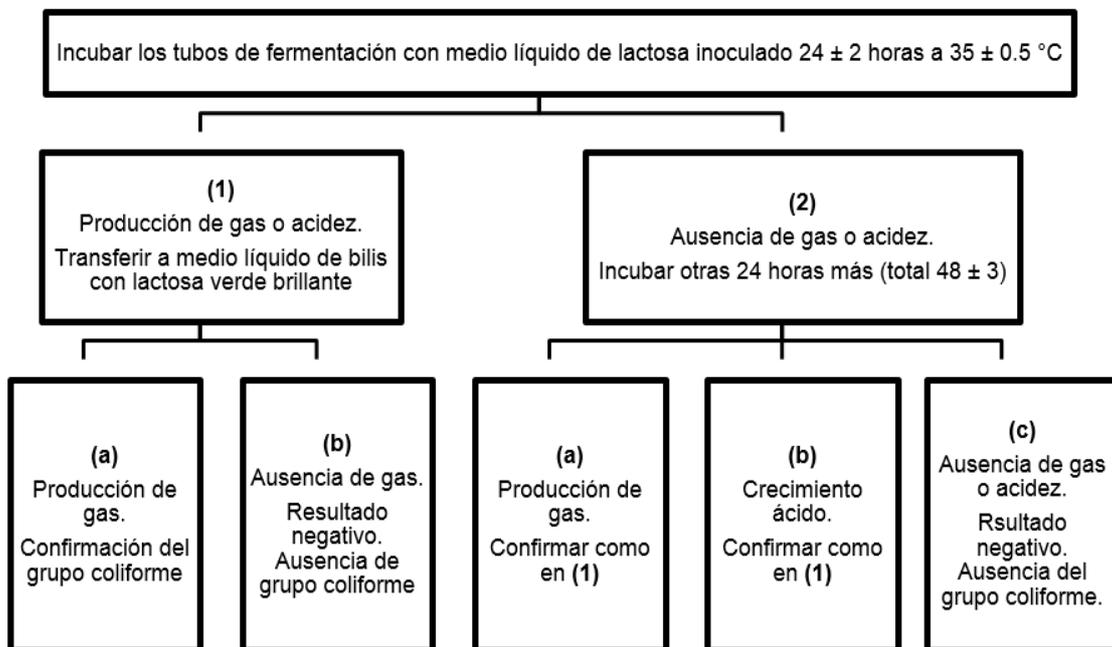


Figura 15. Esquema de la fase confirmativa (Tomado de APHA *et al*, 1998)

4. CÁLCULO

Tomar la serie de tubos de la prueba confirmativa que haya dado formación de gas después del periodo de incubación requerido y consultar en la Tabla 7 de índices de NMP para conocer el número más probable de organismos coliformes.

Tabla 7. Índice del NMP y límites de confianza 95% para varias combinaciones de resultados positivos cuando son usados varios números de tubos. (Diluciones 1.0, 0.1 y 0.01 mL) (Tomado de NOM-112-SSA1-1994).

Combinación de positivos	Índice NMP/100 mL	Límite de confianza de 95%	
		Inferior	Superior
0 0 0	<0.3	-	-
0 0 1	0.3	<0.05	0.9
0 1 0	0.3	<0.05	1,3
1 0 0	0.4	<0.05	2.0
1 0 1	0.7	0.1	2.0
1 1 0	0.7	0.1	2.3
1 1 1	1.1	0.3	3.6
1 2 0	1.1	0.3	3.6
2 0 0	9	0.1	3.6
2 0 1	1.4	0.3	3.7
2 1 0	1.5	0.3	4.4
2 1 1	2	0.7	8.9
2 2 0	2.1	0.4	4.7
2 2 1	2.8	1	15
3 0 0	2.3	0.4	12
3 0 1	3.9	0.7	13
3 0 2	6.4	1.5	38
3 1 0	4.3	0.7	21
3 1 1	7.5	1.4	23
3 1 2	12	3	38
3 2 0	9.3	1.5	38
3 2 1	15	3	44
3 2 2	21	3.5	47
3 3 0	24	3.6	130
3 3 1	46	7.1	240
3 3 2	110	15	480
3 3 3	>110	>15	>480

El NMP para combinaciones que no aparecen en la Tabla 7 o para otras combinaciones de tubos o diluciones, pueden calcularse por la fórmula de Thomas (APHA *et al*, 1998):

$$\text{NMP}/100 \text{ mL} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de tubos positivos} \times 100}{\sqrt{(\text{mL de muestra en tubos negativos} \times \text{mL de muestra en todos tubos})}} \quad (1)$$

7.6.2 ANÁLISIS QUÍMICOS

Los análisis químicos para conocer las concentraciones de Nitratos, Nitrógeno amoniacal y Fósforo se realizaron mediante métodos estandarizados. Siguiendo la metodología descrita en el manual de métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (APHA *et al*, 1998):

Tabla 8. Métodos químicos que se le realizará a las muestras (Tomado de APHA *et al*, 1998)

Nitrato	4500-NO ₃ ⁻ B. Método espectrométrico ultravioleta selectivo.
Nitrógeno amoniacal	4500-NH ₃ C. Método espectrométrico de la nesslerización.
Fosforo	4500-P C. Método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosfórico.

Los métodos que se aplicaran para realizar el análisis (Tabla 8), son métodos espectrofotométricos, en los cuales se debe de realizar una curva de calibración y así evitar errores al momento de la lectura y verificar que se cumpla con la correcta calibración del equipo, para evitar errores (APHA *et al*, 1998).

Así mismo para los análisis se debe de tener las muestras a temperatura ambiente, debidamente filtradas con filtros de fibra de vidrio para evitar que algún agente extraño interfiera con el análisis, así mismo las pruebas se realizaran lo más pronto posible ya que algunos compuestos tienden a reaccionar (APHA *et al*, 1998).

7.6.2.1 NITRATO (4500-NO₃⁻ B. Método espectrométrico ultravioleta selectivo)

1. REACTIVOS.

a) Solución stock de nitratos: Secar nitrato de potasio (KNO₃) en horno a 105 °C por 24 horas. Disuelva 0.7218 g en agua libre de nitratos y afore a 1 L. 1 mL= 100 µg NO₃-N. Conservar con 2 mL de CHCl₃/L. Esta solución es estable por 6 meses.

b) Solución intermedia de nitratos: Diluir 100 mL de solución stock a 1 L con agua libre de nitratos. 1 mL= 10 µg NO₃-N. Conservar con 2 mL de CHCl₃/L. Esta solución es estable por 6 meses.

c) Solución de ácido clorhídrico 1N.

2. MATERIAL Y EQUIPO

a) Espectrofotómetro para uso a 220 y 275 nm con celdas de borosilicato de 1 cm de paso de luz.

3. PROCEDIMIENTO

a) A 50 mL de muestra filtrada si es necesario, agregue 1 mL de solución de HCl y mezcle.

b) Preparación de la curva de calibración: Prepare estándares de calibración en el rango de 0 a 7 mg NO₃-N/L diluyendo a 50 mL los siguientes volúmenes de solución intermedia de nitratos: 0, 1, 2, 4, 7,...,35 mL. Trate los estándares de la misma manera que las muestras.

c) Lea la absorbencia a 220 nm para obtener las lecturas de nitratos y a 275 nm para determinar la interferencia por materia orgánica disuelta.

4. CÁLCULO

Para muestras y estándares, reste dos veces la absorbencia leída a 275 nm de la lectura a 220 nm, para obtener la lectura debida a nitratos. Grafique una curva de calibración de absorbencia debida a NO₃-N contra concentración de NO₃-N del estándar. Usando las absorbencias corregidas de las muestras,

obtenga las concentraciones directamente de la curva de calibración. Si la corrección es mayor al 10% de la lectura a 220 nm no use este método.

7.6.2.2 NITRÓGENO AMONIACAL (4500-NH₃ C Método espectrométrico de la nesslerización)

1. REACTIVOS

- a) Solución de sulfato de zinc: Disuelva 100 g de ZnSO₄·7H₂O y afore con agua destilada a 1 L.
- b) Agente estabilizador: Utilice un agente estabilizador para muestras no destiladas para evitar la precipitación de calcio o magnesio.
 - 1) Reactivo de EDTA: Disuelva 50 g de tetraacetato de etilendiamina disodica dihidratada, en 60 mL de agua destilada que contenga 10 g de NaOH. Si fuera necesario aplique calor suave para completar la disolución. Enfríe a temperatura ambiente y dilúyase a 100 mL.
 - 2) Solución de sal de Rochelle: Disuelva 50 g de tartrato de sodio potásico tetrahidratado (KNaC₄H₄O₆·4H₂O) en 100 mL de agua. Elimine el amonio presente en la sal por ebullición de 30 mL de la solución. Enfríe y diluya a 100 mL.
- c) Reactivo de Nessler: Disuelva 100 g de HgI₂ y 70 g de KI en una pequeña cantidad de agua y añada esta mezcla lentamente y con agitación a una solución fría de 160 g de NaOH en 500 mL de agua destilada. Afore a 1 L. Conserve esta solución en material de vidrio de borosilicato con tapón de goma, protegida de la luz solar. Este reactivo puede ser estable por un año. Compruebe si el reactivo produce el color característico con 0.1 mg de NH₃-N/L en los diez minutos siguiente a la adición y no forma un precipitado con pequeñas cantidades de amoniaco en las 2 horas siguientes.
- d) Solución madre de amonio: Disuelva 3.819 g de NH₄Cl anhidro, secado a 100 °C en agua destilada y afore a 1 L. 1 mL = 1 mg N = 1.22 mg NH₃.
- e) Solución patrón de amonio: Diluya 10 mL de solución madre de amonio a 1 L con agua destilada. 1 mL = 10.00 µg N = 1.22 µg NH₃.

2. MATERIAL Y EQUIPO

- a) Espectrofotómetro para uso de 400 a 500 nm con un recorrido de luz de 1 cm.
- b) Tubos Nessler de 50 mL.
- c) Medidor de pH con electrodo de pH elevado.

3. PROCEDIMIENTO

- a) Tratamiento de las muestras no destiladas: Si fuera necesario elimine el cloro residual de la muestra recién obtenida por adición de una cantidad equivalente de agente decolorante. Añada 1 mL de solución de $ZnSO_4$ a 100 mL de la muestra y mezcle completamente. Ajuste el pH de la muestra a 10.5 añadiendo de 0.4 a 0.5 mL de NaOH 6N. Deje reposar la muestra durante unos minutos, se formará un precipitado floculante y denso, dejando un sobrenadante claro e incoloro. Filtre la muestra para retirar el precipitado con filtro de nitrocelulosa de 0.45 μm de diámetro de poro. Determine el contenido de amoníaco del papel filtro. Las muestras con más de 10 mg de NH_3-N/L , pueden perder amoníaco durante este tratamiento, diluya estas muestras hasta el rango sensible.
- b) Desarrollo el color:

Muestras no destiladas: Utilice 50 mL de la muestra. Si la muestra contiene concentraciones suficientes de calcio y magnesio u otros iones que pueden causar turbidez o precipitado con el reactivo Nessler, añada 1 gota (0.05 mL) de reactivo de EDTA o de 1 a 2 gotas de reactivo de sal de Rochelle. Mezcle y agregue 2.0 mL de reactivo Nessler si utilizo EDTA o 1 mL si usó sal de Rochelle.
- c) Mezcle las muestras tapando los tubos Nessler con tapones de goma e invirtiendo los tubos 6 veces por lo menos. Mantenga las mismas condiciones, tales como temperatura y tiempo de reacción, iguales para muestras, blanco y patrones. Deje que la reacción prosiga por lo menos 10 minutos, tras añadir el reactivo Nessler. Si el NH_3-N es muy bajo deje proseguir la reacción por 30 minutos

- d) Mida la absorbencia a 425 nm y prepare una curva de calibración a la misma temperatura y tiempo de reacción utilizados en las muestras.

4. CÁLCULO

Determine la concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ directamente de la curva de calibración.

7.6.2.3 FOSFORO (4500-P C. Método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosfórico)

1. REACTIVOS

- a) Solución acuosa de indicador de fenolftaleína.
- b) Ácido clorhídrico HCl: 1+1 H_2SO_4 , HClO_4 , el HCl puede ser sustituido por HNO_3 .
La concentración del ácido no es crítica en la determinación pero se recomienda una concentración final de la muestra de 0.5N.
- c) Carbón activado.
- d) Reactivo de vanadato-molibdato:
1. Solución A: Disuelva 25 g de molibdato de amonio $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en 300 mL de agua destilada.
 2. Solución B: Disuelva 1.25 g de metavanadato de amonio NH_4VO_3 calentando a ebullición en 300 mL de agua destilada. Enfríe y agregue 330 mL de HCl conc. Enfríe la solución B a temperatura ambiente, vierta las solución A en la solución B, mezcle y afore a 1 L.
- e) Solución estándar de fosfato: Disuelva 219.5 mg de KH_2PO_4 anhidro en agua destilada y afore a 1 L. 1 mL = 50 $\mu\text{g PO}_4^{3-}\text{-P}$.

2. MATERIAL Y EQUIPO

- a) Espectrofotómetro para su uso de 400 a 490 nm. Seleccione la longitud de onda de acuerdo a la Tabla 9.

Tabla 9. Longitudes de onda para diferentes concentraciones de fósforo (Tomado de APHA, 1998)

RANGO DE FÓSFORO mg/L	LONGITUD DE ONDA nm
1.0 – 5.0	1.0 – 5.0
400	400
2.0 – 10	2.0 – 10

3. PROCEDIMIENTO

- a) Ajuste del pH de la muestra: Si la muestra tiene un pH mayor a 10, agregue una gota de indicador de fenolftaleína a 50 mL de muestra y descargue el color rojo con HCl 1 + 1 antes de diluir a 100 mL.
- b) Remoción de color de la muestra: Remueva el color excesivo de la muestra agitando 50 mL de muestra con 200 mg de carbón activado en un matraz Erlenmeyer por 5 minutos y retire el carbón activado por medio de filtración. Verifique el contenido de fósforo en cada lote de carbón activado.
- c) Desarrollo de color en la muestra: Coloque 35 mL de la muestra o menos, conteniendo de 0.05 a 1.0 mg de P, en un matraz volumétrico de 50 mL. Agregue 10 mL de reactivo de vanadato-molibdato y afore hasta la marca con agua destilada. Prepare un blanco con 35 mL de agua destilada en lugar de la muestra. Después de 10 minutos o más lea la absorbencia de la mezcla contra el blanco a 470 nm. El color es estable por días y no es afecto por el cambio de temperatura.
- d) Preparación de la curva de calibración: Prepare una curva de calibración usando volúmenes adecuados de solución estándar de fosfatos y proceda como en el inciso 3c.

4. CÁLCULO

$$mg \text{ P/L} = \frac{mg \text{ (en el volumen final de 50 mL)} \times 1000}{mL \text{ de muestra}} \quad (2)$$

8. RESULTADOS

8.1 FLUCTUACIONES DEL MANTO FREÁTICO

Los 10 sitios de estudio muestra fluctuaciones del hidropériodo a lo largo del estudio, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 10. Los cuales nos arrojan datos del nivel de agua dentro de los piezómetros con respecto al nivel del suelo expresada en cm, comprendido de Septiembre 2011 a Diciembre 2012. En la Grafica 1 se aprecia un conjunto de 10 hidropéridos que muestran la fluctuación del agua en los sitios de estudio.

Zona de estudio 1: Fraccionamiento Floresta y El Jobo:

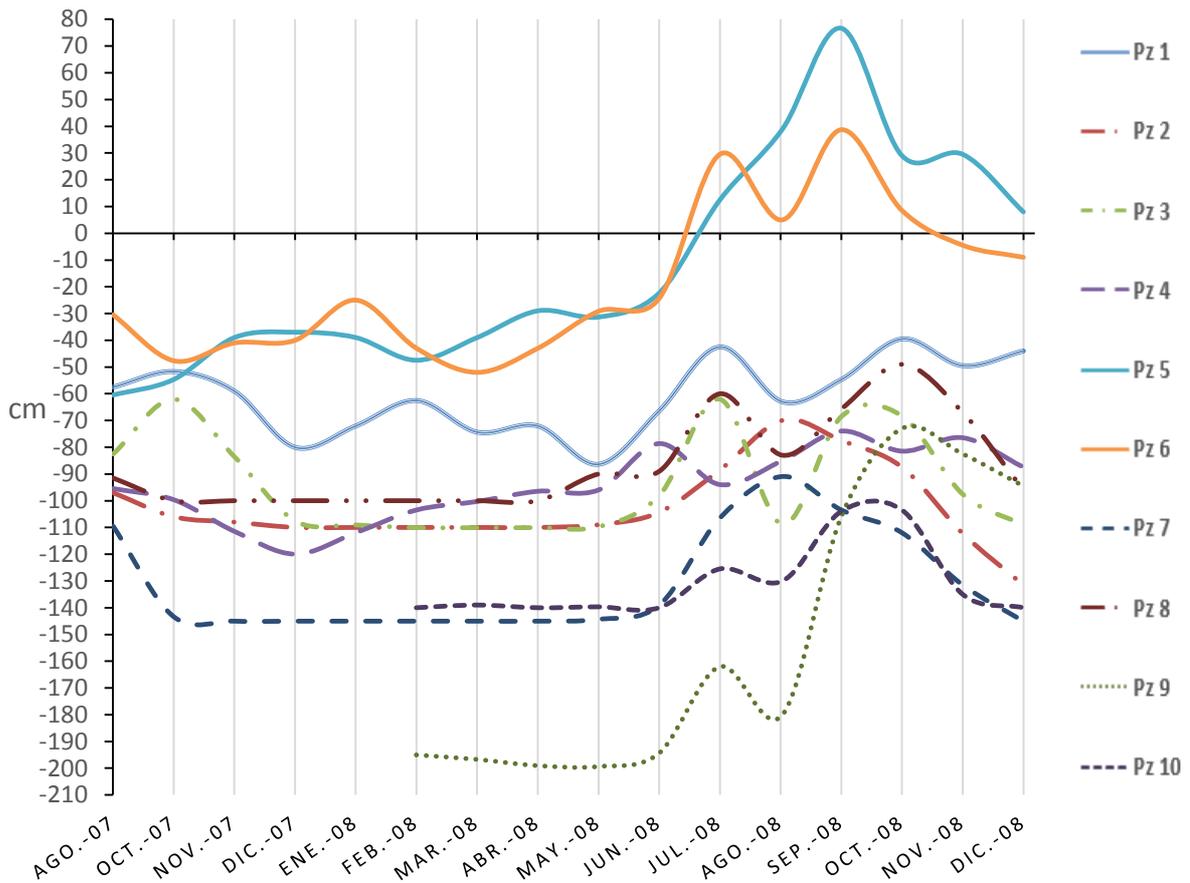
La fluctuación del agua en el manto freático, del fraccionamiento Floresta vario considerablemente durante todo el año, (Grafica 1), teniendo puntos altos de nivel de agua en los piezómetros en temporadas de nortes (Octubre 2011 y 2012) en los sitios Pz 3 (-62.0 cm) y Pz 1 (-39.5 cm) respectivamente y en temporadas de lluvias (Agosto 2012) en el sitio Pz 2 (-70.0). Teniendo niveles bajos en el sitio Pz 1 de -86.3 cm en el mes de mayo 2012, en el sitio Pz 2 nivel de -131.5 cm en el mes de Diciembre 2012, y en el sitio Pz 3 un nivel de ≥ -110 cm durante los meses de Febrero a Marzo de 2012.

En el Fraccionamiento el Jobo el nivel de agua tuvo pocas variaciones, mantuvo la característica de que siempre hay agua disponible en el piezómetro, teniendo como nivel más alto en septiembre 2012 (-74 cm) y como nivel más bajo en Diciembre 2011 (-120 cm).

Zona de estudio 2: Universidad Cristóbal Colon campus Calasanz:

El humedal que se encuentra ubicado en la universidad Cristóbal Colon campus Calasanz, está considerado como poco perturbado ya que a pesar de que se encuentra rodeado de pastizal para ganado, no ha sido rellenado completamente. En la Grafica 1 se observa 2 hidropéridos del humedal de la UCC campus Calasanz, el cual nos indica que la fluctuación más alta se obtuvo

en temporadas de lluvias (Septiembre 2012) con una fluctuación 76.7 cm para el Pz 5 y de 38.7 cm en el Pz 6, de tal modo que se inundó completamente la zona, cubriendo totalmente los piezómetros. Teniendo los niveles más bajos para Pz 5 (-60.5 cm) en Septiembre 2011, en temporada de nortes y para el Pz 6 (-52.0 cm) en Marzo 2012 en temporada de secas.



Gráfica 1. Variación de la profundidad del nivel freático (hidroperíodos) en el 2011 - 2012 de piezómetros (m).

Tabla 10. Datos capturados del nivel de agua en los piezómetros (unidades expresadas en cm)

Sitio	2011				2012											
	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pz 1	-57.5	-51.7	-59.0	-80.0	-72.0	-62.5	-74.3	-72.0	-86.3	-66.3	-42.5	-63.0	-54.7	-39.5	-49.5	-44.0
Pz 2	-97.0	-106.0	-108.0	-110.0	-110.0	-110.0	-110.0	-110.0	-109.0	-104.3	-88.5	-70.0	-77.5	-87.5	-112.3	-131.5
Pz 3	-82.5	-62.0	-83.5	-107.5	-109.0	-110.0	-110.0	-110.0	-109.7	-98.0	-62.0	-108.8	-68.5	-68.3	-97.5	-109.0
Pz 4	-95.5	-99.7	-111.5	-120.0	-112.0	-103.5	-100.3	-96.5	-96.0	-78.7	-94.0	-85.0	-74.0	-81.5	-76.5	-87.5
Pz 5	-60.5	-54.7	-39.0	-37.0	-39.0	-47.5	-39.0	-29.0	-31.3	-22.3	12.5	39.0	76.7	29.0	29.5	8.0
Pz 6	-30.5	-47.7	-41.0	-40.0	-25.0	-43.0	-52.0	-43.0	-29.2	-24.3	29.5	5.0	38.7	8.5	-4.5	-9.0
Pz 7	-109.5	-143.3	-145.0	-145.0	-145.0	-145.0	-145.0	-145.0	-144.3	-139.0	-106.5	-91.0	-103.5	-112.0	-131.5	-145.0
Pz 8	-91.5	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-90.0	-89.0	-60.0	-83.0	-65.7	-49.0	-67.0	-96.0
Pz 9	*	*	*	*	*	-195.0	-196.7	-199.0	-199.3	-194.3	-162.0	-180.0	-106.0	-73.0	-82.5	-94.5
Pz 10	*	*	*	*	*	-140.0	-139.0	-140.0	-139.7	-140.0	-125.5	-130.0	-104.0	-103.5	-135.0	-140.0

Zona de estudio 3: Fraccionamiento Puente Moreno:

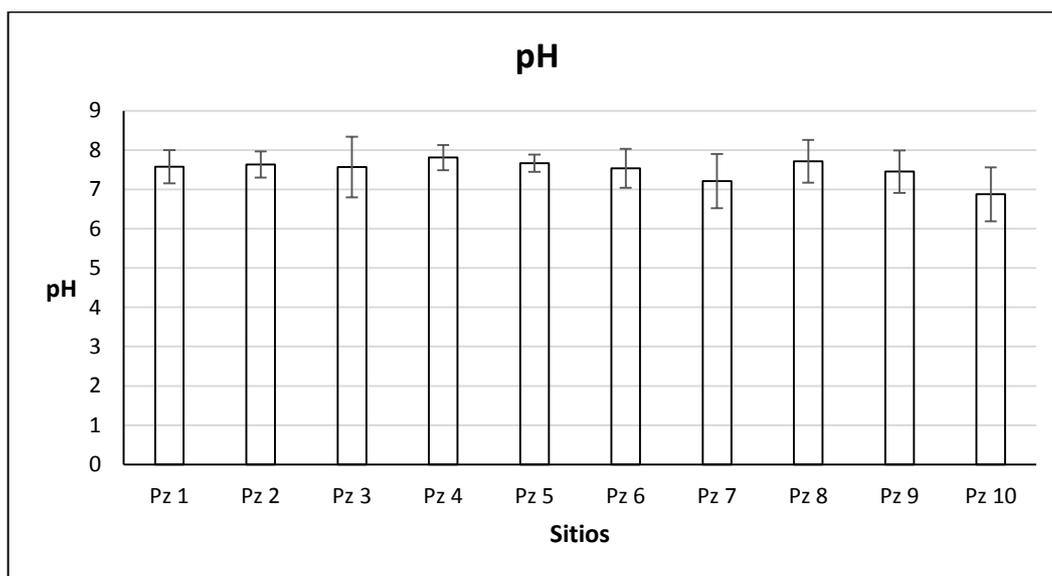
En el fraccionamiento Puente Moreno, mostró mayor variación en la fluctuación de agua en el manto freático durante la temporada de lluvias, llegando a tener un máximo el mes de Septiembre 2012 (Pz 7, -71.5 cm; Pz 8, -31 cm; Pz 9, -52; Pz 10, -77 cm) y teniendo sus niveles más bajos en temporadas de secas (Pz , \geq -145 cm; Pz 8, \geq -100 cm; Pz 9, \geq -200 cm; Pz 10, \geq -140 cm).

8.2 PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS.

- pH

En la Gráfica 2, se muestra que en 9 de los sitios tienen un valor promedio de pH entre 7.45 y 7.8, solo el sitio Pz 10 tiene un valor menor de 6.8.

Los valores promedio de pH en los sitios de estudio del fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2 y Pz 3) y fraccionamiento el Jobo (Pz 4) de la zona 1, fluctuaron entre 7.5 - 7.8. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 7.0 - 8.1, en la temporada de nortes los valores fueron de 7.3 – 8.1.



Gráfica 2. Valores promedio y desviación estándar de pH para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10).

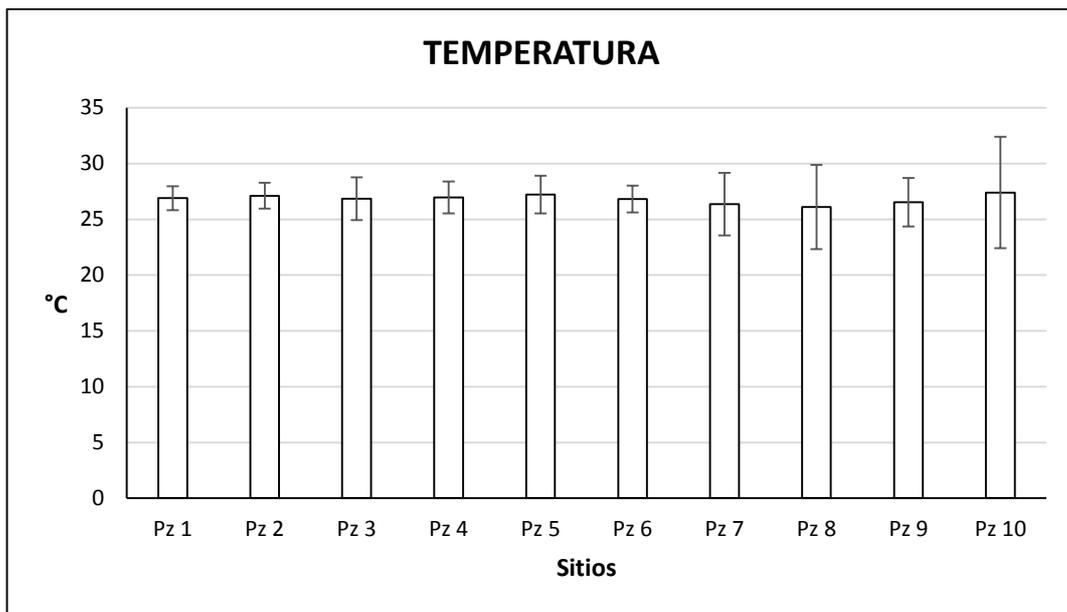
Los valores promedio de pH en los sitios del humedal de la Universidad Cristóbal Colon Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6), fluctuaron entre 7.5 - 7.6. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 6.3 - 8.2, y en la temporada de nortes los valores fueron de 7.4 - 7.9.

Los valores promedio de pH en los sitios de estudio del fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10), fluctuaron entre 6.8 - 6.7. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 6.8 - 7.9 y en la temporada de nortes los valores fueron de 7.4 - 7.1.

- **TEMPERATURA**

En la Gráfica 3, se muestra que en los sitios Pz 1, Pz 3, Pz 4, Pz 6, Pz 7, Pz 8 y Pz 9 tienen un valor promedio de 26 °C, y los sitios Pz 2, Pz 5 y Pz 10 tienen un valor promedio de 27 °C.

Los valores promedio de temperatura en los sitios del fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2 y Pz 3) y del fraccionamiento el Jobo (Pz 4), fluctuaron entre 26.8 - 27.1 °C. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 25.3 - 28.3 °C y en la temporada de nortes los valores fueron de 26.9 – 27.7 °C.



Gráfica 3. Valores promedio y desviación estándar de temperatura para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10).

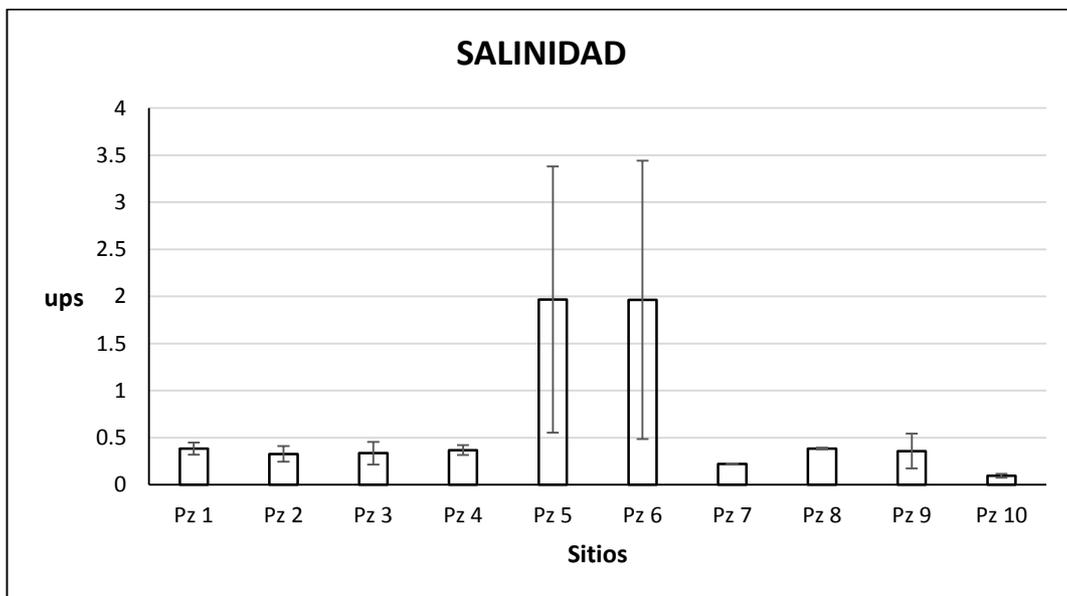
Los valores promedio de temperatura en los sitios de estudio de la Universidad Cristóbal Colon Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) de la zona 2, fluctuaron entre 26.9 - 27.2 °C. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 25.3 - 29.3 °C, en la temporada de nortes los valores fueron de 26.4 - 27.7 °C.

Los valores promedio de temperatura en los sitios de estudio del fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10) de la zona 3, fluctuaron entre 26.1 - 27.4 °C. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 23.4 - 30.9 °C, en la temporada de nortes los valores fueron de 26.8 - 27.2 °C.

- **SALINIDAD**

En la Gráfica 4, se muestra que en los sitios Pz 1, Pz 2, Pz 3, Pz 4, Pz 7, Pz 8 y Pz 9 tienen un valor promedio de 0.22 - 0.38 ups, los sitios Pz 5 y Pz 6, tienen un valor de 1.96 ups, por último el sitio Pz 10 tiene un valor de 0.09 ups.

Los valores promedio de salinidad en los sitios de estudio del fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2 y Pz 3) y fraccionamiento el Jobo (Pz 4) de la zona 1, fluctuaron entre 0.32 – 0.38 ups. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.25 – 0.48 ups, en la temporada de nortes los valores fueron de 0.29 – 0.31 ups.



Gráfica 4. Valores promedio y desviación estándar de salinidad para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10).

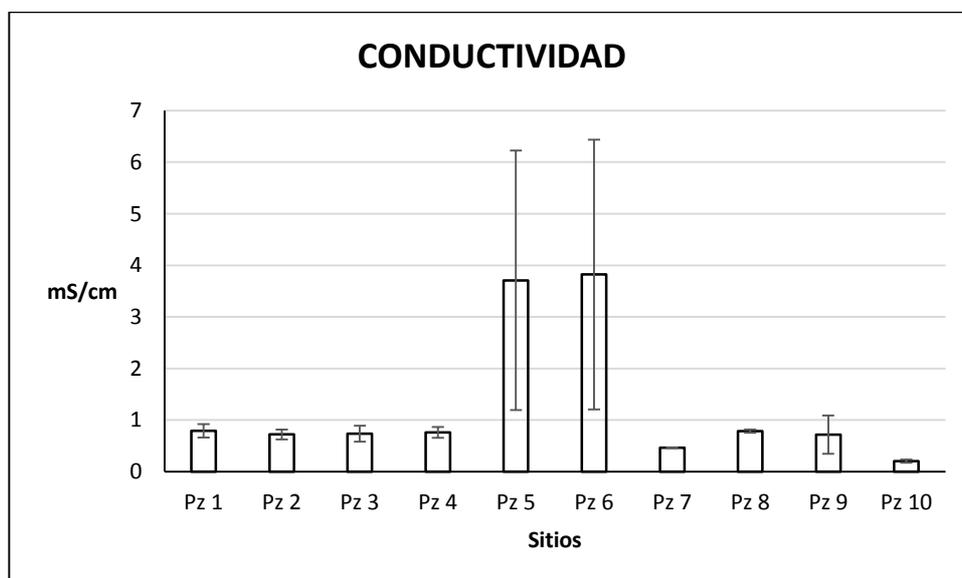
Los valores promedio de salinidad en los sitios de estudio de la Universidad Cristóbal Colon Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) de la zona 2, fueron de 1.96 ups. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.73 - 1.43 ups, en la temporada de nortes los valores fueron de 1.7 – 4.09 ups.

Los valores promedio de salinidad en los sitios de estudio del fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10) de la zona 3, fluctuaron entre 0.09 - 0.38 ups. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.08 - 0.39 ups, en la temporada de nortes los valores fueron de 0.38 - 0.61 ups.

- **CONDUCTIVIDAD**

En la Gráfica 5, se muestra que en los sitios Pz 1, Pz 2, Pz 3, Pz 4, Pz 8 y Pz 9 tienen un valor promedio entre 0.71 - 0.78 mS/cm, los sitios Pz 5 y Pz 6, tienen un valor 3.7 - 3.8 mS/cm, por último en los sitios Pz 7 y Pz 10 tienen un valor de 0.2 - 0.46 mS/cm.

Los valores promedio de conductividad en los sitios de estudio del fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2 y Pz 3) y fraccionamiento el Jobo (Pz 4), fluctuaron entre 0.72– 0.79 mS/cm. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.62– 0.98 mS/cm, en la temporada de nortes los valores fueron de 0.66– 0.9 mS/cm.



Gráfica 5. Valores promedio y desviación estándar de conductividad para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10).

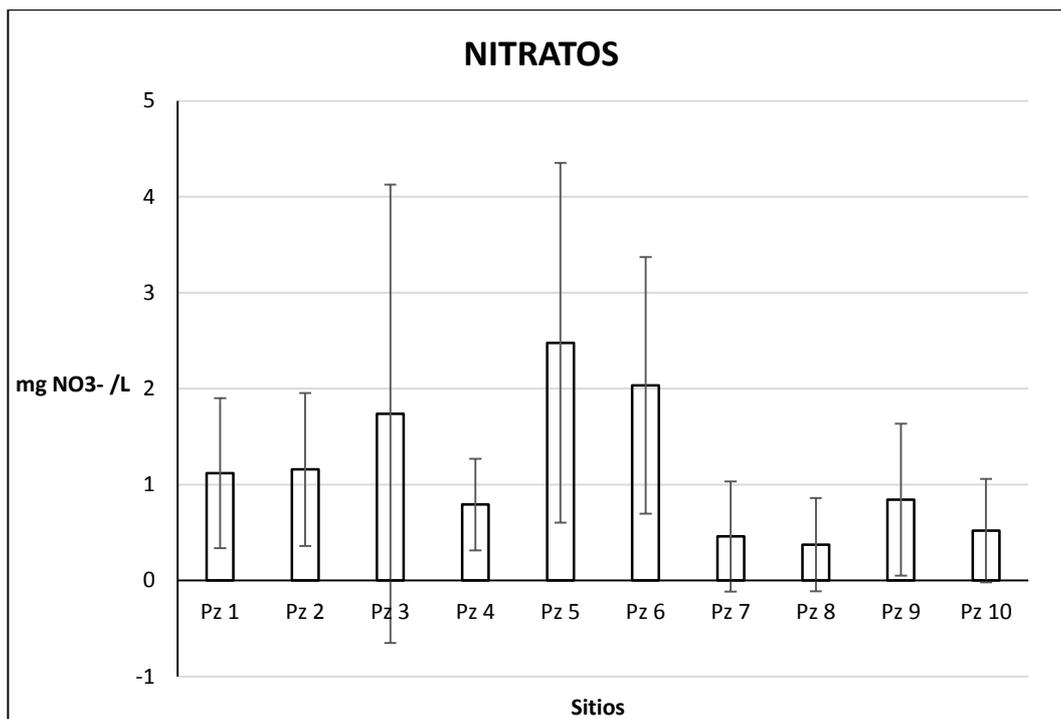
Los valores promedio de conductividad en los sitios de estudio de la Universidad Cristóbal Colón campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) de la zona 2, fluctuaron entre 3.8 – 3.7 mS/cm. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 1.4 - 2.7 mS/cm, y en la temporada de nortes los valores fueron de 3.3 – 7.4 mS/cm.

Los valores promedio de conductividad en los sitios de estudio del fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10), fluctuaron entre 0.2 – 0.7 mS/cm. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.18 – 0.8 mS/cm, en la temporada de nortes los valores fueron de 0.72 - 1.23 mS/cm.

- **NITRATOS (NO₃⁻)**

En la Gráfica 6, se muestra que en los sitios Pz 5 y Pz 6 tienen una concentración de NO₃⁻ promedio entre 2.03 - 2.47 mg/L siendo las concentraciones más altas, los sitios Pz 1, Pz 2, Pz 3, tiene una concentración de 1.11 -1.73 mg/L, por último los sitios Pz 4, Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10 tienen un valor de 0.37 – 0.79 mg/L, siendo estas las concentraciones más bajas.

Las concentraciones promedio de NO₃⁻ en los sitios de estudio del fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2 y Pz 3) y fraccionamiento el Jobo (Pz 4), fluctuaron entre 0.79 – 1.73 mg/L. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.04 – 3.4 mg/L, en la temporada de nortes las concentraciones fueron de 0.99 - 1.34 mg/L.



Gráfica 6. Valores promedio y desviación estándar de Nitratos (NO₃⁻) para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10).

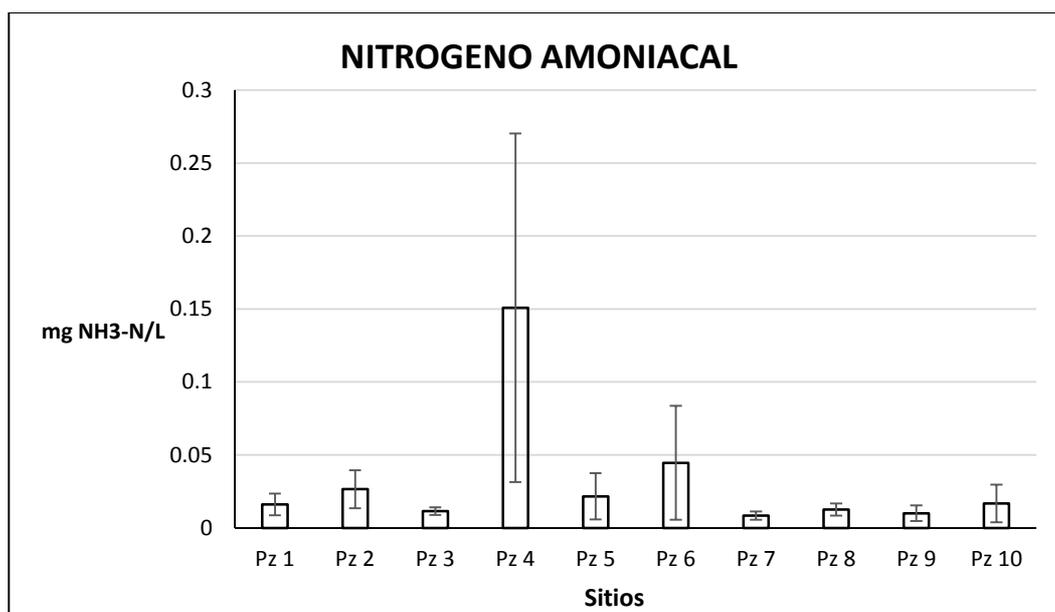
Las concentraciones promedio de NO₃⁻ en los sitios de estudio de la Universidad Cristóbal Colon Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6), fluctuaron entre 2.03 - 2.47 mg/L. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.13 – 3.8 mg/L, en la temporada de nortes los valores fueron de 1.8 - 4.16 mg/L.

Las concentraciones promedio de NO₃⁻ en los sitios de estudio del fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10), fluctuaron entre 0.37 - 0.84 mg/L. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.01 – 0.9 mg/L, en la temporada de nortes las concentraciones fueron de 1.27 - 1.72 mg/L.

- **NITRÓGENO AMONIAICAL (NH₃ - N)**

En la Gráfica 7, se muestra que en el sitio Pz 4 tienen una concentración de NH₃-N promedio de 0.15 mg/L siendo la concentración más altas, el sitio Pz 6 tiene una concentración de 0.04 mg/L, los sitios Pz 1, Pz 2, Pz 3, Pz 5, Pz 8, Pz 9 y Pz 10 tiene una concentración de 0.01 -0.026 mg/L, por último los sitio, Pz 7, tienen una concentración de 0.008 mg/L, siendo la más baja.

Las concentraciones promedio de NH₃-N en los sitios de estudio del fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2 y Pz 3) y fraccionamiento el Jobo (Pz 4), fluctuaron entre 0.011 - 0.15 mg/L. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.009 - 0.034 mg/L, en la temporada de nortes los valores fueron de 0.014 - 0.28 mg/L.



Gráfica 7. Valores promedio y desviación estándar de nitrógeno amoniacal (NH₃ - N) para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10).

Las concentraciones promedio de NH₃-N en los sitios de estudio de la Universidad Cristóbal Colon campus Calasanz, Pz 5 y Pz 6, tuvieron concentraciones de 0.021 mg/L y 0.044 mg/l respectivamente. Los resultados

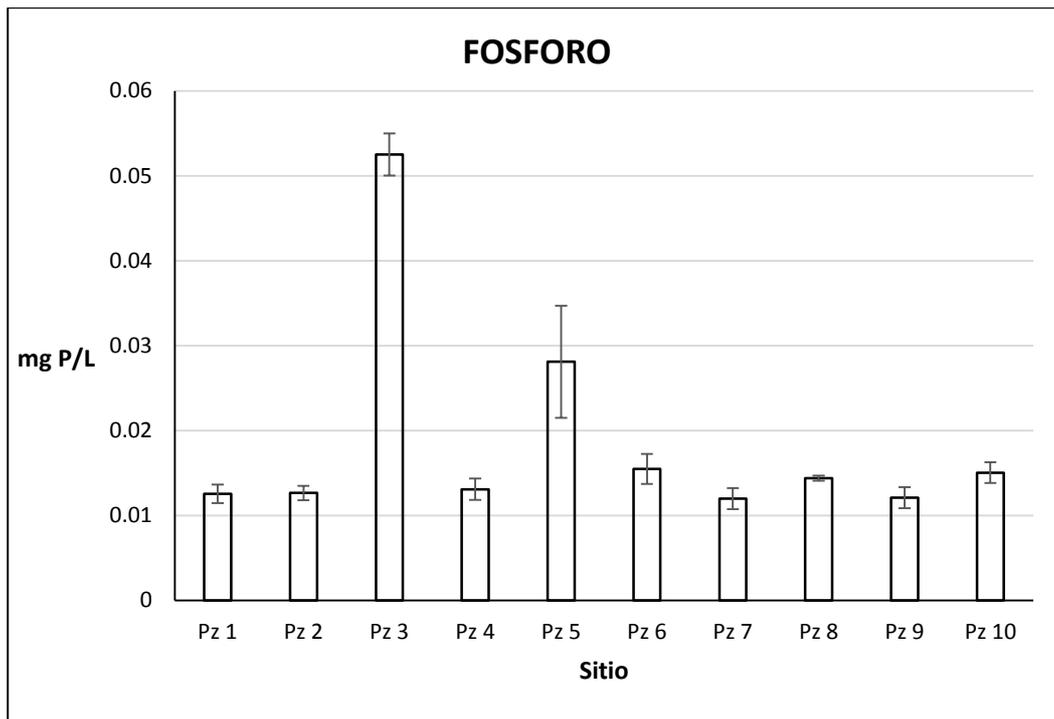
obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.07 – 0.11 mg/L, en la temporada de nortes los valores fueron de 0.01 - 0.05 mg/L.

Las concentraciones promedio de $\text{NH}_3\text{-N}$ en los sitios de estudio del fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10) de la zona 3, fluctuaron entre 0.008 - 0.012 mg/L. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.006 – 0.11 mg/L, en la temporada de nortes las concentraciones fueron de 0.008 - 0.017mg/L.

- **FÓSFORO TOTAL (P)**

En la gráfica 8, se muestra que en el sitio Pz 3 tienen una concentración de fósforo total promedio de 0.058 mg/L siendo la concentración más altas, el sitio Pz 5 tiene una concentración de 0.028 mg/L, los sitios Pz 1, Pz 2, Pz 4, Pz 6, Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10 tiene una concentración entre 0.012 - 0.015 mg/L, siendo los niveles más bajos.

Las concentraciones promedio de fósforo en los sitios de estudio del fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2 y Pz 3) y fraccionamiento el Jobo (Pz 4), fluctuaron entre 0.012 - 0.052 mg/L. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.011 - 0.054 mg/L, en la temporada de nortes los concentraciones fueron de 0.012 - 0.13 mg/L.



Gráfica 8 Valores promedio y desviación estándar de Nitratos (NO_3^-) para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC Campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10).

Las concentraciones promedio de fosforo en los sitios de estudio de la Universidad Cristóbal Colon campus Calasanz, Pz 5 y Pz 6, tuvieron concentraciones de 0.028 mg/L y 0.015 mg/L respectivamente. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.011 – 0.023 mg/L, en la temporada de nortes los valores fueron de 0.012 - 0.014 mg/L.

Las concentraciones promedio de fosforo en los sitios de estudio del fraccionamiento Puente moreno (Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10), fluctuaron entre 0.012 - 0.015 mg/L. Los resultados obtenidos en la temporada de lluvias fueron de 0.011 - 0.015 mg/L, en la temporada de nortes las concentraciones fueron de 0.012 - 0.013 mg/L.

- **BACTERIOLÓGICOS**

La determinación de coliformes, se presenta el Numero Más Probable (NMP) por cada 100 ml, (Tabla 11). En el muestreo del primer semestre del año se encontró que en los fraccionamiento Puente moreno (Pz 10) y Floresta (Pz 1 y Pz 3) tuvieron la concentración más alta de coliformes fecales con una concentración de 3287 NMP/100 mL cada uno, así mismo los sitios de estudio UCC campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7), mostraron concentraciones por debajo de 0.3 NMP/100 mL, como se muestra en la tabla de la NOM-112-SSA1-1994 (Tabla 7). En el segundo muestreo del año no se contó con la suficiente cantidad de muestra para realizar los muestreos en los sitios (Pz 3, Pz 7, Pz 8 y Pz 10), así que solo se realizó el muestreo a los sitios Pz 1, Pz 2, Pz 4, Pz 5, Pz 6, Pz 9, el fraccionamiento el Jobo (Pz 4) tuvo la mayor cantidad de concentración de coliformes fecales (457 NMP / 100ml) y las concentraciones más bajas se obtuvieron en el Floresta (Pz 1), UCC campus Calasanz (PZ 5) y Puente Moreno (Pz 9) con una concentración menor a 0.3 NMP / 100ml según tabla de NOM-112-SSA1-1994 (Tabla 7).

Tabla 11. Concentración de coliformes fecales para los 10 sitios de muestreo en el fraccionamiento Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), Fraccionamiento el Jobo (Pz 4), UCC campus Calazans (Pz 5 y Pz 6) y fraccionamiento Puente Moreno (Pz 7, Pz 8 Pz 9 y Pz 10).

SITIO	1er semestre	2do semestre
	NMP/ 100 ml	NMP/ 100 ml
Pz 1	3287	94
Pz 2	**	<0.3
Pz 3	3287	*
Pz 4	120	457
Pz 5	<0.3	<0.3
Pz 6	<0.3	94
Pz 7	<0.3	*
Pz 8	271	*
Pz 9	457	<0.3
Pz 10	3287	*

* Sitio sin agua dentro de piezómetro, ** No se realizó la toma de muestra.

9. DISCUSIÓN

• FLUCTUACIONES DEL MANTO FREÁTICO

Los requerimientos del nivel de agua son importantes para mantener las condiciones únicas de los humedales (Gosselink, 2000), aunque muchos humedales a pesar de haber sido rellenados o modificados conservan características propias de un humedal, iguales a los humedales que no han sido completamente modificados y este es uno de los motivos por el cual se generan inundaciones por aguas subterráneas (Neri, 2014)

En este trabajo, se determinó el nivel de agua del manto freático, obtenido por medio de piezómetros (Peralta-Peláez y Yetter, 2002; Yetter, 2004), mostrando variaciones a lo largo de los meses (septiembre 2011 - diciembre 2012). Estas variaciones nos dan una idea para visualizar la fluctuación del agua en el subsuelo (Peralta-Peláez *et al.*, 2009).

Al comparar los hidroperíodos de las tres zonas de estudio (Floresta-Jobo, Puente Moreno y UCC campus Calasanz) se tiene que el mayor nivel se obtuvieron en temporadas de lluvias, aunque en algunos sitios (Pz 1, Pz 4, Pz 5 y Pz 6), se extendieron hasta principios de nortes, esto debido al escurrimiento del agua de las zonas más altas y los niveles más bajos en temporada de secas.

Zona de estudio 1: Fraccionamiento Floresta y El Jobo:

El fraccionamiento Floresta y el Jobo, son fraccionamientos que fueron construidos sobre cuerpos de agua y a pesar de estar completamente urbanizado ha sufrido inundaciones en años anteriores (huracán Karl 2010).

Teniendo conocimiento de la fluctuación del agua en el manto freático se observó que en el fraccionamiento Foresta, en el sitio Pz 1, el cual está ubicado cerca de la laguna Malibrán, en la parte baja del fraccionamiento, tuvo

movimiento de agua cerca del nivel del suelo (-21 cm) en temporada de lluvia (Grafica 1), al aumentar el nivel de agua en el piezómetro se inundaba el terreno vecino (lote baldío), así mismo los sitios Pz 3 y Pz 2, solo tuvieron fluctuaciones relevantes en temporada de lluvias y nortes.

El fraccionamiento el Jobo tuvo un hidroperiodo similar al del Floresta (Grafica 1), teniendo niveles de fluctuación en temporada de lluvias-nortes (-53 cm) y bajos en temporada de secas (\leq -100 cm), esto se debe por la cercanía con el canal de la zamorana, siendo este último un gran captador de agua.

Neri (2014) expone que en una zona topográficamente baja el ascenso del nivel freático produce una inundación por agua subterránea, ya que el nivel freático queda por arriba del nivel del terreno, y Yetter (2004) confirma que durante la temporada de lluvias, las precipitaciones y el aumento de descarga de aguas subterráneas locales, junto con la disminución de la recarga de aguas subterráneas de los humedales, causar un exceso de agua a este sistema. Por tal motivo se producen las inundaciones en el fraccionamiento floresta y el Jobo ya que al ser una zona baja que anterior a su construcción estuvo rodeada de fuentes de agua y al a ver modificada su estructura (rellenado y compactado) impide la rápida descarga de agua subterránea hacia la laguna de Malibrán (caso Floresta) o hacia el canal de la zamorana (caso Jobo).

El zona de estudio 1 a pesar de que fue rellenada, compactada y completamente urbanizada, sigue realizando su función como humedal ya que conserva las características de los humedales, presencia de vegetación hidrófita, presencia de agua en el subsuelo y suelo hidromórfico (Mitsch y Gosselink, 2000), y los hidroperíodos característicos de un humedal (Yetter, 2004), se puede apreciar que el hidroperiodo de los sitios Pz 1, Pz 2, Pz 3 y Pz 4 son muy parecidos a los hidroperíodos de los sitios Pz 5 y Pz 6, siendo estos últimos un humedal no modificado (Grafica 1).

Zona de estudio 2: Universidad Cristóbal Colon campus Calasanz (humedales no transformados):

La zona de estudio 2 es un humedal (laguna), que se encuentra rodeado de pastizales y sirve como bebedero al ganado, este humedal ha sido poco alterado (Figura 8), tiene las características distintivas de un humedal, presencia de vegetación hidrófita, presencia de agua en el subsuelo y suelo hidromórfico (Mitsch y Gosselink, 2000).

Presento inundaciones en los dos sitios de estudios Pz 5 y Pz 6 durante la temporada de lluvias, alcanzando niveles de + 98 cm y +51 cm respectivamente sobre el nivel de suelo, y niveles más bajos en temporada de secas de -60 cm a -75 cm (Grafica 1), el agua prevaleció todo el año en el humedal, ya que según Yetter (2004) la hidrología de los humedales de agua dulce está dominado por las aguas subterráneas, aunque no reciba agua por precipitaciones y la precipitación pluvial en altitudes más altas que en la costa se filtra a las aguas subterráneas y luego fluye hacia abajo del gradiente donde finalmente se descarga en los cuerpos de agua.

Por este motivo rellenar este humedal traería consigo inundaciones a poblaciones cercanas, ya que a donde se desplazaría tal cantidad de agua que se mueve en el humedal durante el año, Neri (2014) sugiere que en la planicie costera del estado de Veracruz, existe una relación entre las inundaciones registradas, las precipitaciones y las fluctuaciones del nivel freático, por lo tanto entre más llueva más agua se moverá debajo de la tierra. Además que se perderían servicios ambientales que nos proporciona el humedal (Peralta-Peláez, 2009)

Zona de estudio 3: Fraccionamiento Puente Moreno

En el fraccionamiento Puente Moreno la fluctuación de agua en el manto freático, nos demuestra que el flujo de agua está distribuido entre la laguna artificial que fue creada en el fraccionamiento y en las áreas verdes cercanas a

Puente Moreno ya que a pesar que cuenta con asentamientos humanos, todavía quedan zonas sin modificar en dicho fraccionamiento, no está completamente urbanizado.

El hidroperiodo de los sitios Pz 7, Pz 8, Pz 9 y 10 al ser comparado con el hidroperiodo de los sitios Pz 5 y Pz 6 (humedal modificado), muestran mucha similitud (Grafica 1), sin embargo estos hidroperíodos de los sitios de estudio del fraccionamiento Puente Moreno tuvo niveles más bajos que en otras áreas de estudio teniendo niveles más bajos en temporada de secas, por debajo de los -100 cm y sus niveles más altos en temporada de lluvias de -31 cm a -50 cm (Grafica 1), esto se debe a que el ascenso de los niveles freáticos en temporada de lluvia, se debe al tipo de suelo (arenoso), el cual tiene una gran porosidad y facilita la recarga de los acuíferos, aumentando el nivel freático (Neri, 2014).

- **Análisis físicos, químicos y bacteriológicos:**

Se realizaron muestreos durante temporadas de lluvias y nortes, para relacionar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos con el flujo de agua en el manto freático, cabe mencionar que debido a disponibilidad de agua en los sitios de estudio algunos sitios no se pudieron analizar.

En las 3 zonas de estudio (Floresta – Jobo, UCC campus Calasanz y Puente Moreno) se observó que la concentración del pH, no varió considerablemente con respecto a las lluvias, ya que en dicho temporal (Octubre 2012) tuvo las concentración más alta de pH (Pz 1, 8; Pz 2; Pz 3, 7.9; Pz 4, 8.11; Pz 5, 7.88; Pz 6, 7.9; Pz 7, 7.7; Pz 8, 8.1; Pz 9, 8.22; y Pz 10, 7.36), disminuyendo durante el mes de Noviembre 2012 (Pz 1, 7.35; Pz 3, 7.4; 7.69; Pz 5, 7.63; Pz 6, 7.43 y Pz, 9, 7.12), aumentando en el mes de Diciembre 2012 (Pz 1, 7.86; Pz 3, 7.94; Pz 4, 8.18; Pz, Pz 5, 7.77; Pz 6, 7.93; Pz 9, 7.04), este comportamiento es similar la fluctuación de agua (hidroperíodo) durante el periodo estudiado (Grafica 1), siguiendo este principio entre más aumente el nivel freático la concentración de pH aumentara, esto se puede deber a que el agua en esta zona proviene de escurrimiento de zonas más altas (Yetter,

2014). La NOM-001-SEMARNAT-1996 establecen un límite de pH de 5 - 10, de tal forma que no se sobre pasan los límites permisibles de pH.

La temperatura está relacionada directamente con las condiciones climáticas, por lo tanto tiene poca relación con la fluctuación del agua en el manto freático, sin embargo en las tres zonas de estudio siguen el mismo patrón de variación de temperatura con una pequeña variación entre ellas (26 °C - 27 °C), (Grafica 2), en lo que se refiere al agua subterránea Yetter (2004) refiere que la temperatura de las muestras tomadas aumenta rápidamente después de la extracción debido a la alta o baja temperatura del aire. Como resultado, las temperaturas alrededor de 27 ° C, no se consideran representativos de las aguas subterráneas.

La salinidad en las aguas subterráneas generalmente tiene concentraciones mayores que las del agua de la superficie, en las áreas de estudio la salinidad aumenta al finalizar temporada de lluvias e inicios de temporada de nortes, teniendo los valores más altos en el humedal del UCC campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) con una concentración de 1.7 - 4.09 ups en el mes de Diciembre 2012 (Grafica 4), Yetter (2004) reporta que en los humedales de agua dulce puede experimentar un aumento de la salinidad si hay interacción superficial o subterránea con un sistema adyacente de aguas con salinidad más alta, por tal motivo solo en el humedal se tuvieron las concentraciones más elevadas, ya que los otros sitios mostraron concentraciones de 0.08 – 0.45 (Grafica 4). Flores Verdugo *et al.*, (2007) reporta que la salinidad del agua, en humedales es mayor a 1.5 ups. Con esto se puede apreciar que las zonas de estudio 1 (Floresta – Jobo) y 3 (Puente Moreno) no superan este valor a excepción de la zona de estudio 2 (UCC campus Calasanz).

La concentración de nitratos tuvo variaciones diferentes en las zonas de estudio ya que en cada zona se ejercen actividades antropogénicas diferentes, en el Floresta (Pz 1, Pz 2 y Pz 3), el Jobo (Pz 4) y Puente Moreno (Pz 7, Pz 8, Pz 9 Pz 10) la concentración de nitratos siguió el mismo patrón que el de la fluctuación de agua subterránea, (Grafica 1), aumentaba en temporada de

nortes y disminuía en secas, se observó que la concentración más alta de nitratos fue en la zona 1, Floresta (Pz 3) teniendo una concentración de 3.42 mg NO₃⁻ /L comparándola con los otro sitio de análisis Pz 1, Pz 2, Pz 4, Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10 con un rango de concentración 0.37 mg NO₃⁻ /L a 1.15 mg NO₃⁻ /L, cabe mencionar que el sitio Pz 3 se encuentra cerca de una planta de tratamiento de agua residuales. En la zona de estudio 2, UCC campus Calasanz las concentraciones más altas fueron de 4.16 mg NO₃⁻ /L y 3.23 mg NO₃⁻ /L, para los sitios Pz 5 y Pz respectivamente, esta zona se caracteriza por ser ganadera con lo cual el ganado que habita en esta zona defeca cerca del humedal o en él, aunque también como es un humedal donde todos los escurrimientos de agua superficial y subterránea se concentran, al igual que los contaminantes que contienen. Yetter (2014) reporta que las concentraciones de nitrato de menos de 3 mg NO₃⁻/L se consideran concentraciones normales en aguas subterráneas, las concentraciones por encima de este se considera provocadas partir de fuentes antropogénicas, como lo son la eliminación inadecuada de desechos humanos y la contaminación agrícola. La NOM-001-SEMARNAT-1996 establecen un límite de nitrato de 10 mg NO₃⁻/L, de tal forma que las áreas de estudio no sobre pasan los límites permisibles.

Las aguas superficiales, sí están aireadas, no deben contener normalmente nitrógeno amoniacal. Ahora bien, si se consideran los tramos de aguas debajo de las aglomeraciones humanas, donde se descargan aguas negras, tienen siempre presencia de nitrógeno amonio, llegando a veces hasta 4 mg NH₃ - N/L. Las concentraciones de amonio en las tres zonas de estudio en los fraccionamientos Floresta (Pz 1, Pz 2, Pz 3), el Jobo (Pz 4), UCC campus Calasanz (Pz 5 y Pz 6) y Puente Moreno (Pz 7, Pz 8, Pz 9 y Pz 10) no supero la concentración de 3.42 mg NH₃ - N /L, siendo esta la concentración del sitio Pz 4 (Grafica 7), esto se debe a que el piezómetro se encuentra situado cerca al canal de aguas negras de la zamorana y por arrastre de agua se puede contaminar (Yetter, 2004). La NOM-127-SSA1-1994 establecen un límite de nitrógeno amoniacal de 0.50 mg NH₃ - N/L, de tal forma que solo el sitio Pz 4, no cumple con la norma, los otros sitios están dentro de los límites permisibles.

Con relación al fósforo total se obtuvieron valores promedios que fluctuaron entre 0.012 mg P /L y 0,52 mg P /L, siendo estos valores muy bajos para lo que la NOM-001-SEMARNAT-1996 establece, que el límite es de 20 mg L⁻¹ para uso en riego agrícola y público urbano y 5 mg L⁻¹ para protección de vida acuática en promedio mensualmente, por tal motivo no sobrepasa el límite permisible.

En el análisis bacteriológico demostró que en las zonas urbanizadas existen presencia de coliformes fecales, esto se debe en gran parte al sistema de drenajes de las zonas de estudio, teniendo como puntos más altos los sitios Pz 1, Pz 3, y Pz 10 (Tabla 11), ubicado en los fraccionamiento Floresta, el Jobo y Puente Moreno respectivamente teniendo concentraciones mayores a 3287.97 NMP/ 100 mL. En el caso del sitio Pz 3, cabe mencionar que en esta zona se encuentra la planta tratadora de aguas residuales que vierte sus aguas tratadas hacia el drenaje público. Con respecto al fraccionamiento Puente Moreno (Pz 8 y Pz 9) mantiene concentraciones de 271.24 - 457.06 NMP/ 100 mL. La UCC campus Calasanz (Pz 6) una concentración de 94.91 NMP/ 100 mL. Los otros sitios (Pz 5, Pz 7) tienen concentraciones menores de 0.3 NMP/ 100 mL. La NOM-001-SEMARNAT-1996 establecen un límite de coliformes fecales de 1000 mg NMP/ 100 mL, de tal forma que los sitios de estudio Pz 1, Pz 3, y Pz 10 sobrepasan el límite permisible.

10. CONCLUSIONES

- El hidroperíodo de cada uno de los 10 sitios de estudio fue diferente y vario con respecto al tiempo, por lo tanto, la hidrología de cada uno es única.
- Los niveles de agua en los piezómetros siempre muestran una mayor cantidad de agua hacia los piezómetros que están colocados cerca de humedales y están relacionados directamente en la concentración de parámetros físico-químicos, debido a los arrastres de contaminantes.
- La hidrología del Floresta-Jobo, Puente Moreno, presentan un hidroperíodo muy parecido al de los humedales costeros, es decir que al agua en el subsuelo ha buscado la manera de volver a fluir como lo hacía antes de ser rellenado, provocando inundaciones.
- El flujo de agua es más constante en épocas de lluvias en las zona del Floresta, Jobo y Puente Moreno, y teniendo en cuenta que estos fraccionamientos fueron construidos sobre humedales, aunque hayan sido rellenados están propensos a recibir inundaciones graves, cada vez que grandes cantidades de agua precipiten en zonas más altas y escurran, es por esta razón, se concluye que las inundaciones ocurridas en estas zonas fueron causadas por que el relleno permitió filtración hacia la superficie en vez de que fluyera hacia los cuerpos de agua que se encuentran cerca.
- El humedal de la Universidad Cristóbal Colon, es un cuerpo regulador de agua, ya que en temporadas de intensas lluvias, tiene respuesta rápida, es decir incrementa el nivel de agua mitigando inundaciones y proporcionando servicios ambientales.

- Las concentraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos indican que en 2 sitios de estudio del Floresta, y uno de Puente Moreno, no cumple con la NOM-001-SEMARNAT-1996 (que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.), en el parámetro de coliformes fecales, y el sitio del el Jobo no cumple con el limite permisible de concentración de nitrógeno amoniacal que establece la NOM-127-SSA1-1994, (salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización) por tal motivo no es apta para uso humano.
- En conclusión no se debe de construir sobre humedales o zonas cercanas a ellos ya que dejan a un lado la pérdidas económicas que cause las inundaciones, estos humedales nos proporcionan servicios ambientales y son capadores y reguladores de agua, si siguen desapareciendo las inundaciones dejaran de ser el problema, en lugar de eso el problema será que no tendremos reservas de aguas para consumo humano y sufriremos temperaturas extremas por qué no se tendrá quien regule los climas de la zona.

11. RECOMENDACIONES

La investigación presentada es una aproximación al estudio de hidroperíodos en humedales modificados. Los hidroperíodos reportados son el único representante del estudio de la fluctuación de agua en el manto freático, se requiere estudios de varios años con el fin de producir hidroperíodos que sean verdaderamente representativos en cada tipo de humedal. Así como no existen trabajos de este tipo, ni datos en la literatura de los componentes físicos, químicos y bacteriológicos de las aguas en el manto freático, de la zona conurbada Veracruz, Boca del Rio y Medellín por lo cual se recomienda:

- Instalar más piezómetros y a diferentes profundidades en las tres zonas de estudio para poder predecir con exactitud hacia donde fluye el agua subterránea.
- Seguir realizando monitoreo del nivel de fluctuación de agua en el manto freático, por periodos más largos de tiempos.
- Solicitar el apoyo de un topógrafo para que indique la altura con respecto al mar y así poder graficar el nivel de agua, el tiempo y la altura con respecto al mar.
- Realizar análisis fisicoquímicos y bacteriológicos una vez por mes para mejor estimación de la concentración de contaminantes del agua.

12. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, C. A., y Perry, S. A. 2001. Impact of hydroperiod disturbance on crayfish population dynamics in the seasonal wetlands of Everglades National Park, USA," *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems*, 45-57,

Acreman, M. 2000, *Hidrología de los humedales: Conservación de los humedales mediterráneos*, Num 10, Tour du Valat, Arles (Francia), 112p.

Aparicio Mijares, F. J. 1992. *Fundamentos de hidrología de superficie*. Mexico: Limusa.

APHA. 1998. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th Edition.

Blom, C.W.P.M. & Voeseek, L.A.C.J. 1996. Flooding: the survival strategies of plants. *Trends in Ecology & Evolution* 11, 290–295

Calderón M. 2010. *Modelo Conceptual Del Acuífero Del Río De Olón*, Tesis, Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador.

Camacho, A., M. Giles, A. Ortegón, M. Palao, B. Serrano y O. Velázquez. 2009. *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos*. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México.

Comisión Nacional del Agua. 2011. *Estadísticas del agua en México*, edición 2011. DF: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Cronk, J. y Fennessy, S. 2001. *Wetland Plants: Biology and Ecology*. Lewis publishers. US.

Del ángel Pérez, A. L., Villagómez Cortés, J. A., Mendoza Briceño, M. A., & Rebolledo Martínez, A. 2006. Valoración de recursos naturales y ganadería en la zona centro de Veracruz, México. *Maderas y Bosques*, 29-48.

Diario Oficial de la Federación (2011) DOF: 05/12/2001. Recuperados de:
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=756719&fecha=05/12/2001
. Recuperado el 8 de Marzo de 2011.

Dodds, W. K. 2002. Freshwater ecology: concepts and environmental applications. Manhattan: Academic Press.

Dugan, P. J. 1992. Conservación de humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. Gland, Suiza: UICN.

Drenver, J. I. 1997. The hydrologic cycle. En J. I. Drenver, The geochemistry of natural wáter. New Jersey: Prentice Hall. 1-3.

Estrada Loreto, F. Barba Macías, E. & Ramos Reyes, R. 2013. Cobertura temporal de los humedales en la cuenca del Usumacinta, Balancán, Tabasco, México. Universidad y ciencia, 29(2), 141-151

Fetter, C. W. 2001. Applied Hydrogeology. Winsconsin Oshkosh: Pretice hall.

Honorable Cámara de Diputados (2012) Ley General de Aguas Nacionales. Recuperado de:
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_110814.pdf. Recuperado el 12 de Diciembre de 2012.

López Rosas, H., Espejel-González, V. E., y Moreno-Casasola, P. 2013. Zacate alemán (*Echinochloa pyramidalis*): planta invasora. Investigación Ambiental.

Manzano, M. Forja, F. Montes, C. 2002. Metodología de tipificación hidrológica de los humedales españoles con vistas a su valoración funcional y a su gestión. Aplicación a los humedales de Doñana. Boletín Geológico y Minero, 113 (3): 313-330

Mitsch W.J. y J.G. Goseelink, 2000. Wetlands. John Wiley & Son, Inc. New York. 920 p.

Moreno-Casasola P. y B. Warner. 2009. Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable no 1. RAMSAR, Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa, Ver. México.

Moreno-Casasola, Salinas P, G. Travieso-Bello, A.C. Juárez, A. Ruelas M L. Amador L., Cruz H. H. y Monroy R. 2006. El paisaje costero: investigación para el manejo y la conservación. En: K. Oyama y A. Castillo (Eds.) Manejo, Conservación y Restauración de Recursos Naturales en México: perspectivas desde la Investigación Científica. UNAM (Dirección General de Publicaciones) y Siglo XXI Editores. 179-2002.

Moreno-Casasola, P. e Infante-Mata, D. 2010. Veracruz. Tierra de ciénagas y pantanos. Veracruz, México.

Moreno-Casasola P. Sánchez-Higuieredo, L. Vázquez, J. López-Rosas, H., 2011, Cambios en la composición de la comunidad vegetal después de la restauración de un humedal tropical en Veracruz, México.

Neri-Flores, I. Escolero-Fuentes, O. A. Pérez-Torres, S. Riquer-Trujillo, G. 2014. Inundaciones por agua subterránea en zonas costeras. Caso de estudio: acuífero de Veracruz. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 247-261.

Peralta-Peláez L. A. Infante-Mata, D. y Moreno-Casasola, P. 2009. Construcción e instalación de piezómetros. En: Moreno-Casasola P. y B. Warner. Eds. Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable no 1. 53 RAMSAR, Instituto de Ecología A.C., CONAN US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa, Ver. México: 17-30.

Peralta-Peláez, L. A y Moreno-Casasola, P. 2009. Composición florística y diversidad de la vegetación de humedales en los lagos interdunarios de Veracruz. Boletín de la sociedad botánica de México, diciembre, 89-101.

Peralta-Peláez L. A. y Yetter J. 2009. Geoquímica del agua. En: Moreno-Casasola P. y B. Warner. Eds. Breviario para describir, observar y manejar

humedales. Serie Costa Sustentable no 1. 53 RAMSAR, Instituto de Ecología A.C., CONAN US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa, Ver. México: 43-52.

Peralta-Peláez. L. A. y Yetter J. 2002. Manual técnico para la instalación de piezómetros para el estudio de aguas subterráneas de humedales.

Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010. El manejo de las aguas subterráneas: Lineamientos para el manejo de las aguas subterráneas a fin de mantener las características ecológicas de los humedales. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4ª edición, vol. 11. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2008. EPA's 2008 Report on the Environment. National Center for Environmental Assessment, Washington, DC; EPA/600/R-07/045F. Available from the National Technical Information Service, Springfield, VA, and online at <http://www.epa.gov/roe>

Velasco Orozco, J. J. 2008. La Ciénaga de Chiconahuapan, Estado de México: un humedal en deterioro constante. Contribuciones desde Coatepec, julio-diciembre, 101-125.

Yetter J. 2004. Hydrology and Geochemistry of freshwater wetlands on the Gulf Coast of Veracruz, Mexico, Thesis for the degree of Master of Science in Earth Sciences, University of Waterloo.



**SECRETARIA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ**

**“Evaluación de la relación del perfil de playa y la
concentración de microorganismos indicadores de
la calidad de agua”**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA BIOQUÍMICA

PRESENTA:

I.Q. EDUARDO DE JESÚS HERNÁNDEZ GONZÁLEZ

ASESORES:

**DR. LUIS ALBERTO PERALTA PELÁEZ
DR. JOSÉ A. AKE CASTILLO**

REVISORES:

**DRA. PATRICIA G. MENDOZA GARCÍA
DRA. ROSA MARÍA OLIART ROS**

VERACRUZ, 2016

Agradezco a mi director de tesis el Dr. Luis Alberto Peralta por el apoyo recibido y por darme la oportunidad de trabajar con él y no perder la confianza en mí.

A los miembros del comité revisor: Dr. José A. Ake, Dra. Patricia G. Mendoza, Dra. Rosa M. Oliart por el tiempo dedicado a dar sus sugerencias y apoyo en la revisión de la presente tesis.

Agradezco a cada uno de mis familiares: A mi ahora esposa que más de una vez nos ayudó con los muestreos y preparar todo para las pruebas y que diariamente me motivaba, Kary, gracias por la confianza y seguir ahí; a mi madre Alicia, y y a mis tíos y primos que con sus palabras de aliento, confianza, y comprensión me impulsaron a terminar este proyecto con entusiasmo.

A Kathya por el gran apoyo en todos los muestreos y reír con las choco aventuras en cada una de ellos (perder tus lentes, quebrar el termómetro de bulbo húmedo y seco, etc.) y brindarme tu amistad, y a cada una de esas personas y compañeros de laboratorio que de alguna manera contribuyeron en la realización y mejoramiento de esta tesis.

RECONOCIMIENTOS

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado en la beca de maestría No.362982. A la Dirección General de Educación Tecnológica (DGEST) por el financiamiento y apoyo en los proyectos “*Percepciones ambientales, hidroperíodo y vegetación acuática de los humedales de la zona conurbada Veracruz - Boca del Río – Medellín*” Núm. 4398.11-P y el proyecto “Caracterización ambiental de humedales costeros en la región central del estado de Veracruz en un ciclo anual”, con Num. 5483.14-P. A la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) como parte del proyecto “Servicios ecosistémicos de bosques costeros y sus sistemas de reemplazo: una evaluación ambiental y económica” -RED-PD 045/11 Rev.2 (M)

RESUMEN

Hernández González, Eduardo de Jesús. M.C. en Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Veracruz, Junio, 2015, Evaluación de la relación del perfil de playa y la concentración de microorganismos indicadores de la calidad del agua. Asesores: Dr. Luis Alberto Peralta Peláez, Dr. José A. Ake Castillos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la relación del perfil de playa y la concentración de microorganismos de origen fecal en tres playas de la región central del estado de Veracruz. Se seleccionaron tres playas de diferente afluencia turística, La Mancha con escasa, Santa Ana de mediana y Villa del Mar de alta afluencia turística; en cada playa se tomaron tres muestras de agua, tres de arena húmeda y 3 de arena seca. El muestreo se realizó mensualmente durante un año de marzo 2014 a 2015 (omitiendo agosto y octubre). Se realizaron pruebas fisicoquímicas, coliformes fecales y se evaluó el perfil de playa. En cuanto a los niveles de coliformes (Límite Máximo Permisible. $< 200\text{NMP}/100\text{ml}$) la Mancha presento su nivel más alto en abril (2014) con 35 NMP en arena húmeda con un perfil de acumulación, Santa Ana en junio (2015) de 412NMP en arena húmeda con perfil de erosión, Villa del Mar en septiembre (2014) 412 NMP con perfil de erosión. Los fosfatos en promedio anual estuvieron fuera de los límites máximos permisibles para descargas de aguas residuales ($<0.01\text{mgPO}_4/\text{L}$) en la mancha $5.19\text{mgPO}_4/\text{L}$, Santa Ana 3.69mg y Villa del Mar 6.48mg , al igual que los nitratos (lím. Máx. Permisible $<0.04\text{mgNO}_3/\text{L}$) para la Mancha $0.640\text{mgNO}_3/\text{L}$, Santa Ana 0.611mg y Villa del Mar 0.672mg . Los promedios anuales de amonio alcanzaron los siguientes niveles: para la Mancha ($0.63\text{mgNH}_4/\text{L}$), Santa Ana (0.54mg) y Villa del Mar (0.144mg), todos sobrepasando los límites máximos de $0.05\text{mgNH}_4/\text{L}$, en la playa la Mancha estos niveles fueron atribuidos a la descomposición de sargazo que arriba de manera natural en los meses de abril-junio. Solo la playa Villa del Mar presento una relación entre el perfil de playa y los niveles de coliformes en la arena, cuando persistía el perfil de erosión los niveles de coliformes en la arena incrementaban. En la playa la Mancha las coliformes no presentaron un riesgo a los bañistas y en la playa Santa Ana no se encontró una relación debido a que presento una gran variación atribuido a la influencia de los aportes del río Jamapa.

ABSTRACT

Hernández González, Eduardo de Jesús. M.C. en Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Veracruz, Junio, 2015, Evaluación de la relación del perfil de playa y la concentración de microorganismos indicadores de la calidad del agua. Asesores: Dr. Luis Alberto Peralta Peláez, Dr. José A. Ake Castillos.

The aim of this study was to evaluate the relationship of the beach profile and the concentration of microorganisms of fecal origin in three beaches in the central region of the state of Veracruz. Three beaches with different tourist influx were selected, the Mancha with low influx, Santa Ana of middle influx and Villa del Mar of high tourist influx, for sampling were taken three water samples, three samples of wet sand and 3 samples of dry sand each month for one year from March 2014-2015 (except August and October). Beach profiles, physiochemical and coliform test were performed. Regarding coliform levels (lim. Max. Permissible <math><200\text{NMP} / 100\text{ml}</math>) the Mancha beach its highest level was obtained it in April (2014) with 35 NMP in wet sand showing an accumulation profile, Santa Ana at June (2015) with 412 NMP with an erosion profile, for Villa del Mar at September (2014) in wet sand of 412 NMP in with an erosion profile. Phosphates annual average were out of the maximum permissible limits for wastewater discharges ($<0.01\text{mgPO}_4 / \text{L}</math>), in La Mancha with values of $5.19\text{mgPO}_4 / \text{L}</math>, Santa Ana $3.69\text{mgPO}_4 / \text{L}</math> and Villa del Mar $6.48\text{mgPO}_4 / \text{L}</math>, the same happened with nitrates (lim. max. Permissible $<0.04\text{mgNO}_3 / \text{L}</math>) for La Mancha $0.640\text{mgNO}_3 / \text{L}</math>, Santa Ana $0.611\text{mgNO}_3 / \text{L}</math> and Villa del Mar $0.672\text{mgNO}_3 / \text{L}</math>. Annual averages for ammonium reached the following values: Mancha ($0.63\text{mgNH}_4 / \text{L}</math>), Santa Ana ($0.54\text{mgNH}_4 / \text{L}</math>) and Villa del Mar ($0.144\text{mgNH}_4 / \text{L}</math>) exceeded the maximum limit $0.05\text{mgNH}_4 / \text{L}</math>, on the Mancha beach attributed to decomposing kelp as above naturally in the months of April to June. Only Villa del Mar beach show a correlation between the beach profile and coliform levels in sand, when an erosion profile persists coliform levels seems to increase in the arena. In La Mancha beach the coliform levels do not present a risk to swimmers and in Santa Ana beach wasn't found a relationship due its large variation attributed to the influence of the contributions of Jamapa river.$$$$$$$$$$$$

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
2.1 Impacto a las playas	3
2.2 Definición de playa.....	4
2.3 Parámetros de calidad del agua.....	6
2.3.1 Parámetros fisicoquímicos.....	6
2.3.2 Parámetros bacteriológicos	8
2.4 Geomorfología de la playa	9
2.5 Riesgos a la salud.....	12
JUSTIFICACIÓN	15
HIPÓTESIS	15
OBJETIVO GENERAL	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
METODOLOGÍA	17
3.1 Área de estudio	17
3.2 Muestreo de agua de mar.....	21
3.3 Muestreo de arena húmeda (agua intersticial) y seca.....	22
3.4 Medición de los perfiles.....	23
3.5 Análisis Estadístico.....	23
3.6 Nomenclatura de sitios.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1 Compuestos del nitrógeno	27
4.1.1 Nitritos.....	27
4.1.2 Nitratos	28
4.1.3 Amonio.....	30
4.2 Fosfato	32
4.3 Oxígeno disuelto	35
4.4 Coliformes.....	36
4.5 Perfiles de la playa.....	43

4.6 Dependencia entre coliformes y perfil de playa	52
4.7 Análisis de componentes Principales.....	53
CONCLUSIÓN	56
BIBLIOGRAFÍA	58
APÉNDICE A.Técnicas utilizadas para la determinacion de contaminantes	62
ANEXO 1. Nitritos (Método de la Sulfanilamida)	63
ANEXO 2. Nitratos (Método espectrofotométrico ultravioleta selectivo)	64
ANEXO 3. Amonio (Método del Fenol)	66
ANEXO 4. Fosfatos (Método del ácido Vanadomolibdofosfórico).....	68
ANEXO 5. Método del número más probable en tubos múltiples (NMX-AA-042-SCFI-2011).	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.....	20
Tabla 3.2 Nomenclatura utilizada en los sitios de muestreo.....	24
Tabla 4.1 Valores promedios anuales de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en la playa La Mancha.	40
Tabla 4.2 Valores promedios anuales de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en la playa Santa Ana	41
Tabla 4.3 Valores promedios anuales de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en la playa Villa del Mar	42
Tabla A.1 Longitudes de onda para diferentes concentraciones de fosfato	69
Tabla A.2. Índice del NMP y límites de confianza 95% para varias combinaciones de resultados positivos cuando son usados varios números de tubos.	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Zonificación de la playa	5
Figura 3.2 Caso de eutrofización en una playa de Qingdao, provincia costera de China	8
Figura 3.3 Perfil de la playa	10
Figura 3.4 Representación de entrada y salida de sedimento en la zona de playa.	11
Figura 3.1 Localización de las tres playas muestreadas.....	17
Figura 3.2 Playa Santa Ana.....	18
Figura 3.3 Playa Villa del Mar.....	19
Figura 3.4 Playa La Mancha.....	19
Figura 3.5 Puntos de muestreo.....	21
Figura 3.6 Toma de muestra en arena.	22
Figura 3.7 Esquema de la medición del perfil de playa.....	23
Figura 4.1 Temperatura promedio mensual del agua por playa.....	25
Figura 4.2 pH promedio mensual del agua de mar de las 3 playas	26
Figura 4.3 Comparación promedio anual de nitritos	28
Figura 4.4 Comparación promedio anual de nitratos	29
Figura 4.5 Comparación promedio anual de amonio	31
Figura 4.6 Promedio Mensual de amonio en la Mancha.....	32
Figura 4.7 Comparaciones del fosfato entre sitios de muestreo.	33
Figura 4.8 Comparación promedio anual de fosfatos entre la Mancha y Villa del Mar....	34
Figura 4.9 Comparación del Oxígeno Disuelto entre los puntos de muestreo	36
Figura 4.10 Comparación de los niveles de coliformes entre puntos de muestreo	38
Figura 4.11 Comparación de los niveles de coliformes en los meses de muestreo.	39
Figura 4.12 Perfiles de la playa la Mancha.....	44
Figura 4.13 Comercios establecidos sobre la playa Santa Ana.....	45
Figura 4.14 Perfiles de la playa Santa Ana.....	46
Figura 4.15 Influencia del Río Jamapa a la playa Santa Ana.....	46
Figura 4.16 Perfiles de la playa Villa del Mar.....	47
Figura 4.17 Escorrentía de agua en playa Villa del Mar.	48
Figura 4.18 Perfiles promedios mensuales de la playa La Mancha	49
Figura 4.19 Perfiles promedios mensuales de la playa Santa Ana.	50
Figura 4.20 Perfiles promedios mensuales de la playa Villa Mar.....	51
Figura 4.21 Grafica de correlación de Pearson de las 3 playas estudiadas.....	53
Figura 4.22 Ordenación por componentes principales (ACP).....	54
Figura A.1. Forma de distribuir la dilución en los tubos con campana de Durham.....	73

INTRODUCCIÓN

Las costas constituyen paisajes sumamente diversos que resultan de la enorme heterogeneidad geomorfológica, climática, ecológica y socioeconómica. Incluyen zonas de playas, dunas, lagunas costeras, marismas, humedales de agua dulce, manglares y acantilados, ciudades y puertos. La costa es un sitio de gran importancia para numerosas formas de vida incluyendo al hombre. Representa una zona de gran fragilidad y es la región más dinámica y cambiante de la tierra (Beatley *et al.* 1994; Rodríguez y Windevoxhel, 1998; Siemens *et al.*, 2006).

Constituye el único espacio en el que se da una interface entre cuatro grandes sistemas: la atmósfera, el océano, el agua dulce y la tierra, cada uno con su propio funcionamiento. Por ello la zona costera es sumamente dinámica, tiene que ser capaz de responder y mantenerse ante los cambios y presiones ejercidos por el funcionamiento propio de estos cuatro sistemas, y está formada por varios subsistemas interconectados, desde terrestres (pastizales y selvas sobre planicies y sobre dunas costeras, flora y fauna de playas, vegetación de acantilados), dulceacuícolas (lagos de agua dulce, zonas bajas de ríos) y marinos (zonas intermareales, fondos arenosos, planicies de pastos marinos, arrecifes), así como aquellos que representan verdaderas transiciones (humedales de agua dulce, manglares, marismas), todos ellos con funciones que ningún otro ecosistema puede duplicar (Mann, 1988; Beatley *et al.*, 1994; Moreno-Casasola & Peresbarbosa, 2006.).

Las interconexiones entre ecosistemas se producen a través de interacciones que frecuentemente aparecen en forma de pulsos tales como las mareas, el abasto de sedimentos, el hidroperíodo, el movimiento de arena, entre otros (Siemens *et al.*, 2006).

Las plantas y animales que habitan estos ambientes se han adaptado a estos pulsos o cambios, así como a los valores que alcanzan. Algunos pulsos se dan

diariamente, separados por unas horas (las mareas), mientras que otros lo hacen estacionalmente como son las bajadas de agua y sedimentos en los ríos después de una tormenta o los nortes. Otros más se presentan separados por intervalos de varios años como son los huracanes, el desborde de ríos. (Gómez, 2001; Lara-Lara *et al.*, 2008)

Las interconexiones también se pueden ver a través de uno de los grandes problemas de nuestra sociedad actual, los contaminantes y la basura. Las sustancias contaminantes y aguas negras producidas cuencas arriba se dispersan por escurrimientos y ríos hasta llegar a humedales, lagunas y finalmente el mar, donde el transporte por corrientes litorales las redistribuye y finalmente, parte de estos acarreos son arrastrados hacia las playas y otra parte mar adentro. Muchas veces se encuentran cantidades importantes de estos contaminantes en lugares costeros muy alejados de la fuente de origen (Rodríguez y Windevoxhel, 1998; Siemens, 2006).

El objetivo de este trabajo es evaluar la relación del perfil de playa y la concentración de microorganismos de origen fecal en tres playas de la región central del estado de Veracruz.

ANTECEDENTES

2.1 Impacto a las playas

Cada segundo México vierte 124 mil litros de aguas negras sin tratar a sus costas afectando a casi 3 millones de personas que viven en los 154 municipios costeros con los que cuenta; del total de los municipios costeros solo 77 cuentan con plantas de tratamientos de aguas residuales, plantas de tratamientos que o no funcionan al cien por ciento de su capacidad o tienen una capacidad menor a la requerida (Greenpeace, 2010). De los 11,122 Km de línea costera del país 720 Km (6.4%) pertenecen al estado de Veracruz (INEGI, 2013), estado que arroja el mayor volumen de aguas negras al mar, más de 15 mil litros por segundo (12%) (Greenpeace, 2010).

La franja litoral es uno de los ecosistemas naturales más importantes por los servicios ambientales que ofrece a la población entre los que destacan la recreación, protección contra eventos de tormenta, extracción de recursos como arena, minerales, materiales pétreos, sitios para la anidación, alimentación y reproducción de distintas especies marinas, incluidas las aves. El incremento poblacional en las zonas costeras ha llevado a un aumento de actividades y fuentes de contaminación a las playas, como pueden ser la construcción inadecuada de infraestructura encima de las playas, compactación de la arena para reducir la erosión de las playas provocando la ruptura de ecosistemas, pérdida de arena por la deforestación de dunas y dunas embrionarias perdiendo así una defensa natural y la salidas de aguas negras vertidas directamente al mar sin tratamiento (Enríquez, 2003).

2.2 Definición de playa

De las definiciones de playa encontradas en la literatura, la mencionada por Moreno-Casasola, *et al.* (2004), es la que más se adapta para el presente trabajo; define las playas como “depósitos no consolidados de arena y grava a lo largo del litoral. En un momento dado, su perfil representa el equilibrio dinámico entre el transporte de sedimentos hacia el mar (erosión) y hacia la tierra (sedimentación).” En la cual, para definir su extensión del mar hacia tierra lo hace en función de las condiciones ecológicas, es decir donde comienza la flora. (Fig. 2.1)

Las playas se dividen de acuerdo al concepto anterior de la siguiente manera:

- a). Zona sumergida de la playa, se extiende del punto donde las olas interactúan por primera vez con el fondo marino, al punto donde comienzan a romperse por primera vez. Por tanto, es un ambiente totalmente marino, siempre cubierto por agua.
- b). Zona de rompimiento, se extiende desde el punto en donde rompe la ola (donde termina la zona sumergida descrita anteriormente) hasta la zona intermareal tierra adentro. Puede presentar barras, zureos y canales de corrientes. Siempre está cubierta por el agua y es muy dinámica, con gran movimiento de sedimentos.
- c). Zona de playa propiamente, se localiza entre el nivel más bajo y el más alto de la marea (incluyendo los niveles registrados durante tormentas). Está sujeta a períodos de desecación superficial, los cuales son más pronunciados en la playa alta, también llamada playa superior o posterior, es donde se localiza la mayor parte de la vegetación de playa. En la playa anterior o baja, se acumulan restos de algas y pastos marinos arrojados por el mar, y en ocasiones germinan y se establecen. (Moreno Casasola, *et al.*, 2004)

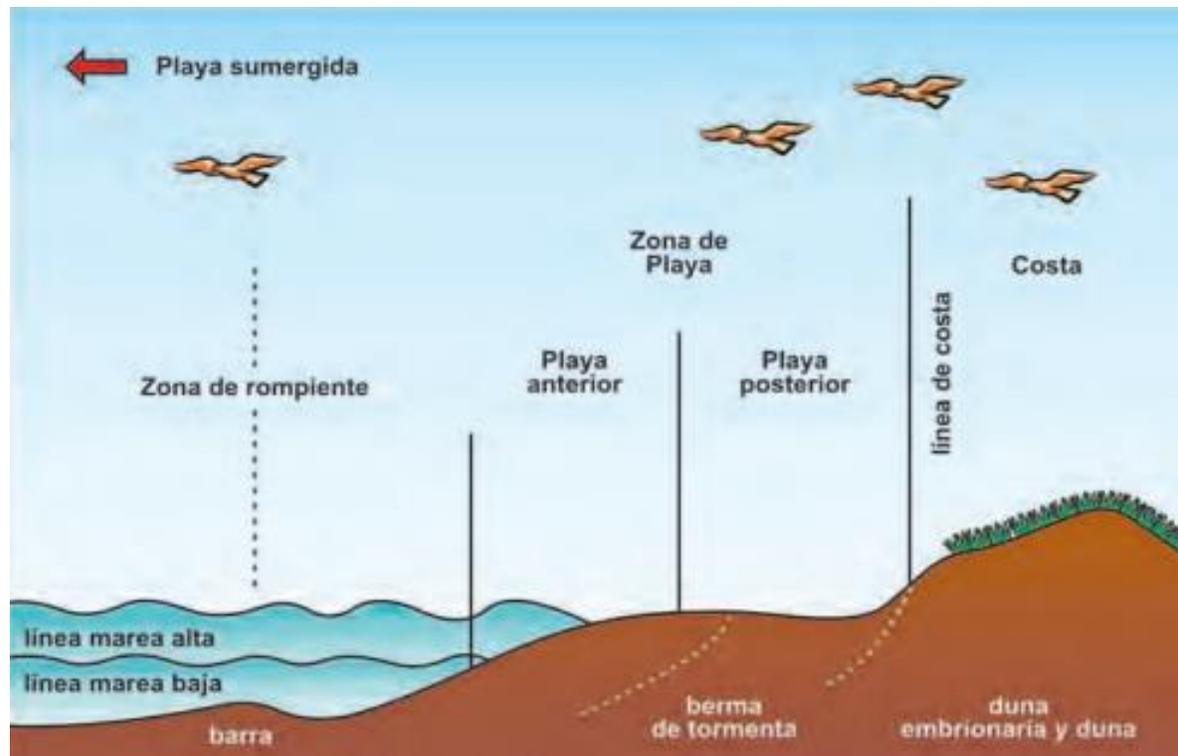


FIGURA 3.1 Zonificación de la playa en función de las distintas condiciones ecológicas y que representan ambientes diferentes; playas sumergidas, playas de rompimiento, y la playa propiamente, dividida en playa interior y posterior. Atrás de la playa se forman las dunas embrionarias y hacia tierra adentro las dunas (Moreno-Casasola *et al.*, 2004).

Las playas arenosas son ambientes dinámicos cuya forma está determinada por la acción de las mareas, olas y vientos que depositan o remueven sedimentos produciendo cambios en la morfología (Arcilla & Jiménez, 1995). La arena de las playas es un sedimento formado por la erosión de las rocas, dependiendo del tipo de rocas serán las características de la playa, pudiendo ser minerales como cuarzos, carbonatos de calcio, entre otros. (Moreno-Casasola *et al.*, 2004)

2.3 Parámetros de calidad del agua

La calidad del agua es definida como la relación cuantitativa entre la densidad del indicador y el riesgo potencial para su uso.

En general se puede hablar de dos métodos para la medición de la calidad del agua: los que utilizan como referencia parámetros fisicoquímicos (Oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, fósforo), y los que emplean algunos atributos biológicos como especies indicadoras (familia de las coliformes) o características de los ecosistemas naturales que permiten evaluar que tan alterado se encuentra un cierto cuerpo de agua (SEMARNAT, 2012).

2.3.1 Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos que se tomaron en cuenta para este trabajo fueron los llamados nutrientes, son especies químicas utilizadas como alimento para el desarrollo de microorganismos; las distintas formas del nitrógeno (amonio, nitritos y nitratos) y los fosfatos debido a que son asociados frecuentemente como los necesarios para el desarrollo de los microorganismos (Larrea *et al.*, 2004), no se debe solo utilizar un indicador bacteriológico sino que estos parámetros también ayudan a tener la idea general de contaminación en un cuerpo de agua.

Uno de los parámetros fisicoquímicos es el fósforo generalmente se encuentra en aguas naturales y residuales (aguas de riego agrícola) en su forma de fosfatos. Los fosfatos pueden derivar de una gran cantidad de fuentes, tales como productos de limpieza, fertilizantes, procesos biológicos, etc. Los fosfatos son uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento de organismos y el más escaso de todos de manera natural, por lo que la descarga de fosfatos en cuerpos de aguas propicia el crecimiento de macro y microorganismos fotosintéticos en cantidades nocivas (NMX-AA-029-SCFI, 2001).

Los niveles de amonio junto con los nitritos, nitratos y las coliformes fecales nos ayudan a dar una idea de la contaminación de origen fecal del agua ya que son un

indicador importante de la calidad del agua. Los niveles de pH entre 8 y 9 nos indica la presencia del ion amonio que es toxico para la vida acuática en concentraciones altas (Blanco *et al.*, 2012). Los nitritos son formados a partir del amonio presente en las aguas y a su vez los nitratos son formados durante la biodegradación de nitritos (Díaz & Campos, 2003). La concentración de nitritos se utiliza como un indicador de contaminación bacteriológica debido a que son las bacterias las responsables de la formación de los nitritos (estado de oxidación intermedia cuando el amonio se oxida a nitrato o a partir de la reducción de los nitratos), los nitritos pueden producir compuestos cancerígenos, las nitrosaminas, por su reacción con aminas secundarias o terciarias, además de interaccionar con los glóbulos rojos de la sangre produciendo metahemoglobina que impide el transporte de oxígeno al cuerpo (Molina *et al.*, 2003).

Los nitratos no son considerados en si tóxicos, pero su ingesta en grandes cantidades produce un efecto diurético (Molina *et al.*, 2003). Por otra parte son un nutriente de organismos fotosintéticos y su aporte favorece el desarrollo de algas que provocan eutrofización del agua (Fig.2.2) (Larrea *et al.*, 2004).



FIGURA 3.2 Caso de eutrofización en una playa de Qingdao, provincia costera de China por la abundancia de nutrientes en el agua, entre ellos el fosforo y el nitrógeno (El Huffington Post, 2013).

2.3.2 Parámetros bacteriológicos

Para los métodos bacteriológicos un indicador son las bacterias del grupo coliforme. Los coliformes, que pertenecen a la familia de Enterobacteriaceae, no forman esporas y llegan a vivir hasta 20 horas en agua de mar, es el indicador bacteriológico más utilizado (Flores *et al*, 2011). La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con descargas de aguas residuales (urbanas, agrícolas o industriales), orina o excretas principalmente humanas así como de otros animales domésticos que son ingresados a las playas. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa

superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Ramos *et al.*, 2008). Otro indicador microbiológico son los Enterococos, microorganismos que se encuentran normalmente en el tracto gastrointestinal del hombre. Nos indican que las coliformes fecales son de origen humano y no animal, Por lo demás la información que nos brinda medir Enterococos o coliformes fecales es muy similar (Larrea *et al.*, 2004). En este trabajo estamos interesados en la contaminación a las playas de origen fecal no exclusivamente de origen humano por lo que tomaremos en cuenta las coliformes fecales. Los valores máximos de coliformes fecales para el agua con fines recreativos según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) son de 200NMP coliformes por cada 100 ml de agua, para evitar enfermedades los niveles deben ser menor de 100 NMP mientras que a los 500 NMP representan un alto riesgo sanitario. (SEMARNAT, 2005a)

2.4 Geomorfología de la playa (Perfil de la playa)

El perfil de la playa va asociado, principalmente, a la acción del transporte transversal de sedimento que, a su vez, depende del oleaje, viento y nivel relativo del mar. (Arcilla y Jiménez, 1995). Los perfiles de playa constituyen un instrumento que permite evaluar el estado y los cambios en las playas arenosas y es de gran utilidad en la gestión y la recuperación de playas. La forma de los perfiles es resultado de complejos procesos de transporte y acumulación y en ella subyace información de gran utilidad para el estudio de la dinámica de las costas (Zetina *et al.*, 2008).

El estudio de las playas se hace mediante la cuantificación de algunas características morfológicas y estimación de parámetros relacionados con la altura de la arena en la playa, la amplitud, la pendiente o perfil, y volumen de la playa. La cuantificación de estas características así como de los cambios en los parámetros que las determinan permite inferir sobre la dinámica y evolución de estos sistemas (Fig. 2.3). (Zetina *et al.*, 2008).

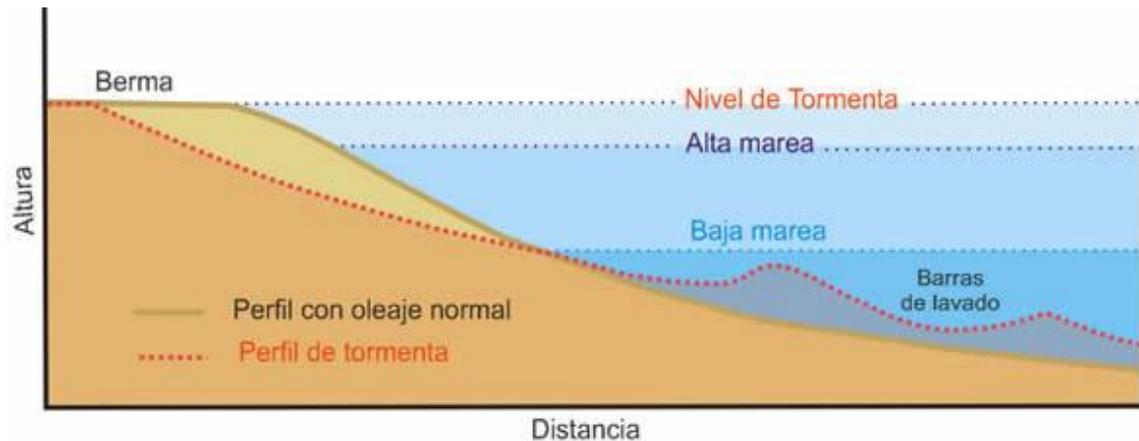


FIGURA 3.3 Perfil de la playa (Tomado de Marcomini y López, 2008).

De acuerdo con Arcilla y Jiménez, (1995) teóricamente los cambios en el perfil de playa suelen asociarse a dos tipos de estados:

- **Perfil de erosión o disipativo:** se produce bajo la acción de tormentas, en las que el oleaje que actúa en la playa es de gran contenido energético. En estas condiciones se produce una erosión de la parte interna del perfil retrocediendo la línea de orilla y, transportándose el material mar adentro, siendo depositado la mayor parte de las veces en forma de barras sumergidas. El resultado final es una disminución de la pendiente del perfil.
- **Perfil de acumulación o reflexivo:** se produce bajo la acción del "oleaje reconstructor", de bajo contenido energético. En estas condiciones el material almacenado en las barras es transportado hacia costa, reconstruyendo la berma y haciendo avanzar la línea de orilla. El resultado final es un aumento en la pendiente del perfil. (Arcilla y Jiménez, 1995).

La acumulación y erosión de una playa se ve determinada principalmente por épocas del año, por lo general la erosión se produce en época de invierno cuando hay

fuertes tormentas y en verano la arena se acumula, así logrando mantener un equilibrio. (Moreno-Casasola *et al*, 2004) (Fig. 2.4)

De igual manera es de importancia mencionar que estos cambios en el perfil de playa no solo son afectados por causas naturales sino también se ven modificados por las acciones del hombre como la construcción inadecuada de infraestructura, por deforestación del área de dunas y por el uso de maquinaria pesada en el intento de mantener la arena en la playa.

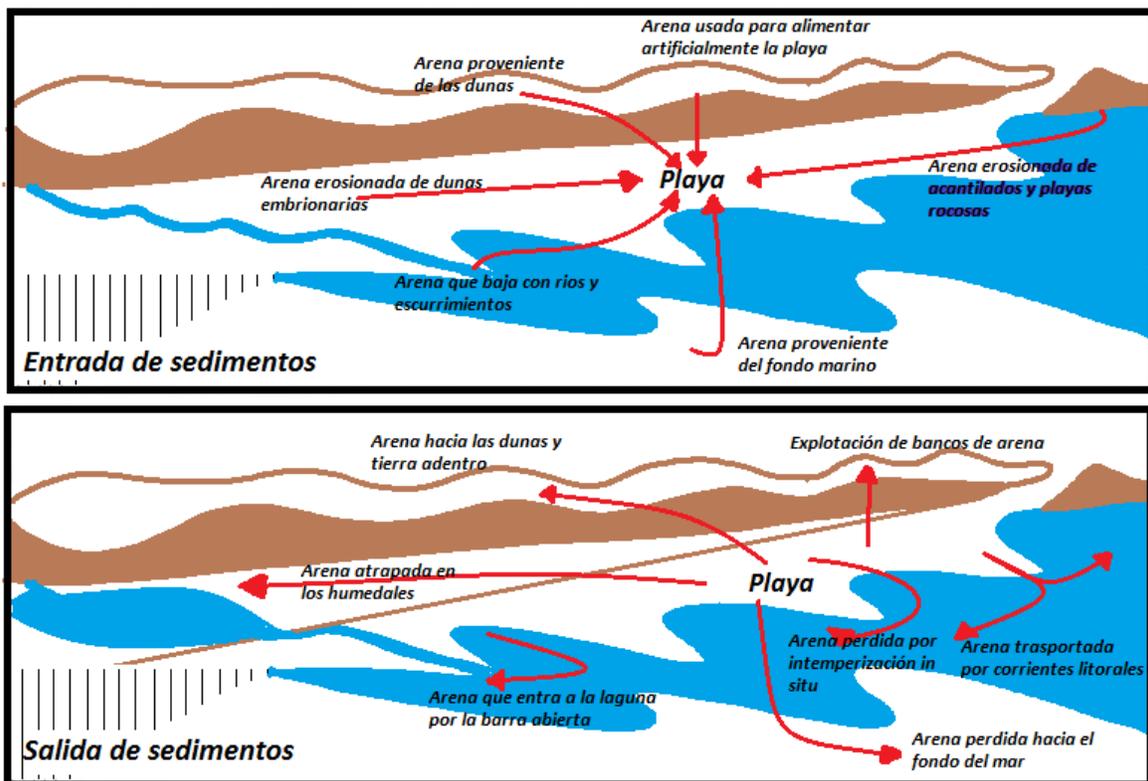


FIGURA 3.4 Representación de entrada y salida de sedimento en la zona de playa. (Moreno-Casasola *et al*, 2004)

Al perder material sedimentario la playa se deteriora, retrocede, pierde calidad de hábitat, y pierde su efecto amortiguador, poniendo en riesgo propiedades y bienes.

Aunado a la pérdida económica y de servicios ecológicos, el deterioro de la playa afecta también a los ecosistemas costeros contiguos. Este sistema físico, requiere de series largas de datos que deriven en mayores conocimientos en la planeación para su desarrollo sustentable (Jiménez-Ávila, 2009).

El perfil de playas es uno de los muchos factores que complementan el monitoreo de playas. Los estudios que se realiza a las playas deben ser de manera periódica para conocer el estado en el que se encuentra y comprobar si sus características se encuentran dentro de los límites permisibles para el ser humano. Las descargas de aguas negras son las principales fuentes de afectación a la calidad de las playas.

2.5 Riesgos a la salud

Hay parámetros que se utilizan para establecer si la calidad del agua es adecuada para un fin específico (recreativo, vida acuática, transporte) como la cuantificación de microorganismos y la cuantificación de algunos químicos como metales pesados (Flores *et al.*, 2011), para este caso tomamos en cuenta los microbiológicos.

En su mayoría abundan más los estudios de la calidad de agua de las playas que los estudios sobre la arena, algunos como Mejía *et al.* (2009) y Silva *et al.* (2011) midieron la calidad bacteriológica del agua de mar en la bahía de Acapulco encontrando valores máximos en 2500 NMP/100 ml de agua en la temporada de lluvias del mes de septiembre, coincidiendo que el aumento de los niveles de coliformes se debía al arrastre por descargas de agua residuales. Santiago *et al.* (2010) caracterizaron la playa San Antonio de Tuxpan donde determinaron que los valores máximos de coliformes fecales se registraban en la temporada de secas y no en la de lluvias, observando que esta playa no tenía descargas de aguas pluviales cercanas a los puntos de muestreo, concluyeron que en temporada de lluvias ocurría una dilución de las coliformes. SEMARNAT (2013) en su programa “Playas limpias” reporta las playas de Veracruz como playas limpias, sin riesgo a los bañistas con

valores de coliformes fecales máximos de 24 NMP para la playa de Villa del Mar y 39 NMP para la playa Santa Ana en junio de ese mismo año.

Existen estudios que han demostrado que la contaminación microbiológica es mayor en la arena que en las aguas adyacentes (García y Botero, 2009). Cruz y Galicia en 2013 detectaron la presencia de bacterias en la arena de la playa de Puerto Escondido, Oaxaca; con niveles mínimos de 3 NMP y máximos de 2400 NMP, aunque los puntos de muestreos eran cercanos no presentaban un patrón exacto en los niveles de coliformes, cada punto tenían un valor diferente, atribuyendo estos resultados a diversos factores ambientales como la lluvia y el viento o a factores biológicos como el movimiento de las aves y el tránsito de las personas. En un estudio de la calidad del agua y arena en playas del sur de florida (Bonilla *et al.*, 2007) compararon la prevalencia de organismos indicadores fecales en la arena y el agua, encontrando que la distribución en la arena presenta una variación considerable. Determinaron las siguientes relaciones por cada 2 NMP que había en el agua existían 23 NMP en arena húmeda y por cada 30 NMP en agua había 460 NMP en arena seca, encontrando los valores más altos en la arena.

Flores *et al.*, (2011) indican que es vital que las playas de arena fina en costas soleadas y con aguas cálidas, mantengan sus aguas limpias, ya que esta característica constituye uno de los elementos fundamentales en la elección de los bañistas para llevar a cabo sus actividades recreativas. Muchos de los contaminantes que llegan al mar pueden generar efectos negativos en la salud humana, dependiendo de su concentración y del tiempo de exposición de permanencia de los bañistas en el agua.

“De acuerdo con la Organización Mundial de Salud (OMS) en 2002 señalaron las tres principales vías de exposición de la población humana a los contaminantes descargados en las aguas costeras:

- 1.- Por contacto o mediante la ingestión de agua contaminada microbiológicamente durante el baño, la natación o las actividades usuales que se realizan en la playa.
- 2.- Por contacto con la arena de playa contaminada microbiológicamente.

3.- Por consumo de alimentos contaminados química o microbiológicamente”. (Flores *et al*, 2011)

“Contrario a lo que se podría pensar, la interacción de microorganismos con sedimentos puede favorecer su supervivencia, ya que disminuye su exposición a la luz solar , a la vez que incrementa la disponibilidad de nutrientes; por lo tanto, los sedimentos de las costas pueden actuar como reservorios para microorganismos patógenos, por lo que estas fuentes pueden incluir organismos que causen diferentes tipos de infecciones como gastrointestinales, infecciones del tracto respiratorio, oídos, ojos, cavidades nasales y la piel” (WHO, 2003).

Algunos ejemplos de estos patógenos son las larvas migrans (*Ancylostoma braziliense*) que provocan una erupción cutánea, provocando una picazón severa en la piel, la transmisión ocurre cuando se entra en contacto con la arena de playas contaminadas por heces de perros o gatos parasitados. De igual manera esto ocurre con la dermatitis esquistosomiásica causadas por larvas de especies de los gusanos trematodos *Schistoma* y *Trichobilharzia* propios de aguas dulces y saladas, la infección se da al nadar en agua contaminada y dejar que el agua se evapore sobre la piel (Calleja, 2008).

Otro ejemplo es la *Pseudomona aeruginosa* que como menciona Asperen *et al.*, (1995) “después de la exposición prolongada en aguas de mar aumenta sustancialmente el riesgo de contraer otitis externa”, para minimizar los riesgos se debe desarrollar estrategias de control de contaminación en playas.

JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta que el mayor tiempo los visitantes de las playas lo pasan sobre la arena, es de igual importancia estudiar la calidad de ésta no dejando aparte el estudio del mar para observar si existen riesgos a la salud.

HIPÓTESIS

Existe una relación entre la acumulación y erosión de la playa con los niveles de microorganismos coliformes de origen fecal así como los niveles altos en el agua.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de arena y agua de tres playas turísticas en la región central del estado de Veracruz (Villa del Mar y Santa Anna con uso recreativo; la Mancha de conservación), mediante indicadores fisicoquímicos, Bacteriológicos y su dinámica durante un periodo de un año.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Evaluar los niveles de los parámetros fisicoquímicos (pH, OD, nitritos, fosforo total, amonio, nitratos, temperatura, salinidad) en las muestras de agua de mar y arena.

- ❖ Evaluar la presencia de microorganismos (coliformes fecales) en las muestras de agua de mar y arena.

- ❖ Evaluar la geomorfología de la dinámica de arena en las playas mensualmente para determinar su geomorfología durante un periodo de un año.

- ❖ Comparar los niveles de coliformes fecales con la dinámica de cada una de las playas para encontrar si existe una relación entre ellas.

METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

El área de estudio comprende tres playas seleccionadas por sus diferentes grados de afluencia turística (uso recreativo), Villa del Mar y Santa Ana de uso recreativo e inmersas en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río, y la playa de La Mancha de conservación y recreativo del municipio de Actopan, esta última presenta sus mayor afluencia turística en periodos de semana santa y vacaciones de verano (junio-agosto), todas ellas localizadas en la región costera central del estado de Veracruz, México. (Fig. 3.1)

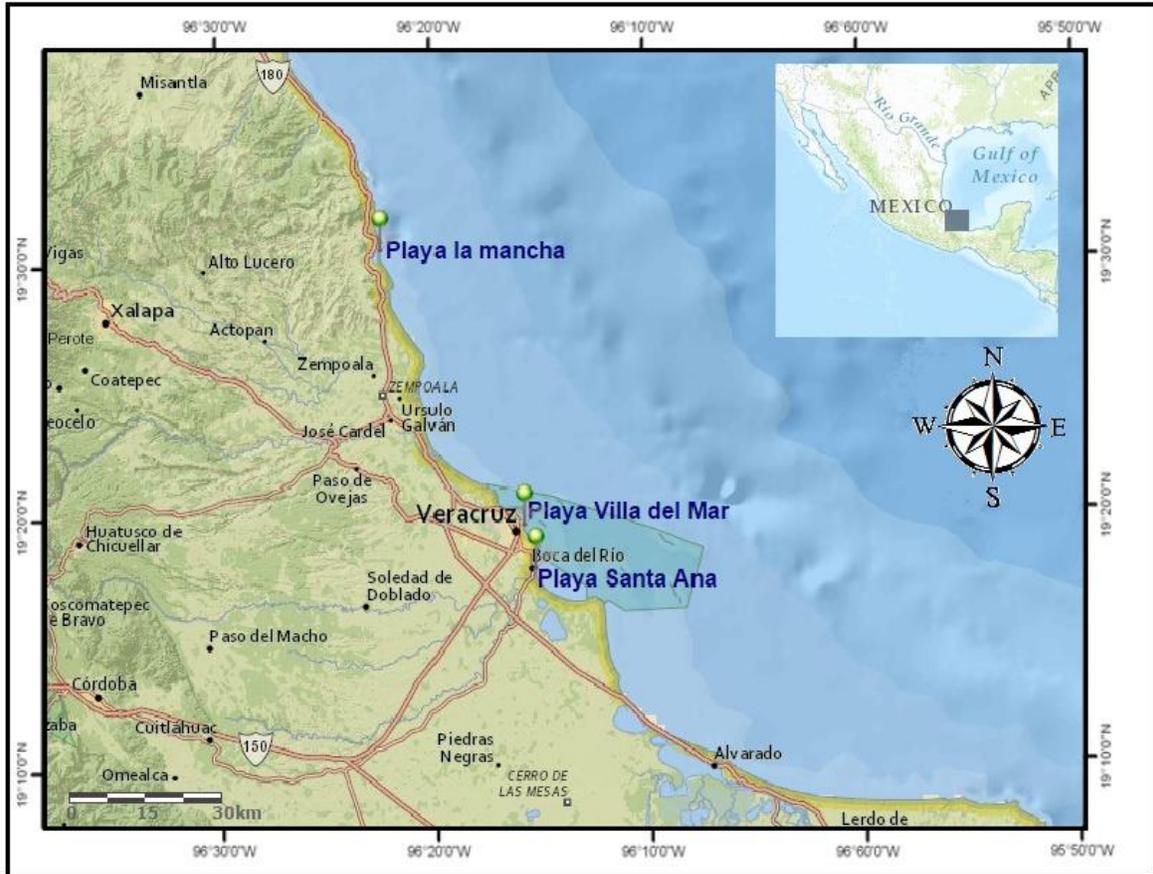


FIGURA 3.1 Localización de las tres playas muestreadas en la región central del estado de Veracruz. (Elaborado con ARGis,2013)

Las playas presentan las siguientes características:

- ❖ La playa Santa Anna cuenta con pequeños comercios sobre la playa, mide aproximadamente 700 m de largo y está limitada por un muro de banqueta, esta playa se encuentra menos perturbada que la playa Villa del Mar, del lado del punto uno está delimitada por la escollera de la desembocadura del río Jamapa. (Fig.3.2)



FIGURA 3.2 A) Playa Santa Ana con pequeños comercios sobre la arena; B) Escollera que limita a la playa por la desembocadura del río Jamapa.

- ❖ Villa del Mar tiene una infraestructura de comercios y restaurantes sobre la playa, mide aproximadamente 330 m de largo, es una playa completamente rodeada por la mancha urbana y recibe descargas clandestinas permanentemente de la zona de restaurantes. (Fig. 3.3)



FIGURA 3.3 Playa Villa del Mar con zona de restaurantes bien establecidos sobre la arena de la playa.

- ❖ La Mancha es una playa privada dentro de la reserva a cargo del INECOL, tiene una extensión de playa de 820m de largo aproximadamente, es una playa de amplia extensión con dos salientes rocosas a sus lados y una laguna costera, paralelo al mar tiene dunas con vegetación permanente. (Fig. 3.4)



FIGURA 3.4 Dunas con vegetación permanente en la playa La Mancha

La zona tiene un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw) (García, 1987), una precipitación media anual de 1500 mm y temperatura media anual de 32°C. (INEGI, 2014).

Tabla 3.1 Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo

Punto de muestreo	Coordenadas Geográficas	
	Latitud Norte	Longitud Oeste
Mancha punto 1	19° 11.921	96° 22.615
Mancha punto 2	19° 35.759	96° 22.613
Mancha punto 3	19° 35.735	96° 22.624
Santa Ana punto 1	19° 0.6396	96° 0.5979
Santa Ana punto 2	19° 0.424	96° 0.5997
Santa Ana punto 3	19° 0.6375	96° 0.5973
Villa del Mar punto 1	19° 0.1849	96° 0.1236
Villa del Mar punto 2	19° 0.1845	96° 0.1237
Villa del Mar punto 3	19° 0.1848	96° 0.3768

Se realizaron muestreos mensualmente de marzo (2014) a marzo (2015) (excepto en el mes de agosto y octubre meses en que los estudiantes tomaron al ITVER en huelga y se perdieron las pruebas no obteniendo resultados dichos meses). En cada muestreo se tomaron 9 muestras por playa, 3 muestras de arena seca, 3 muestras de agua intersticial en la arena húmeda y 3 muestras de agua, sobre un transepto de 100 metros, se establecieron tres puntos de muestreo en cada playa con una distancia de 50 metros entre punto y punto (Fig. 3.2). Se midieron parámetros fisicoquímicos *In Situ* (OD, pH, temperatura, presión, conductividad, salinidad) con el equipo Multiparametrico modelo HI9828 (Hanna Instruments, USA). En el laboratorio se realizaron los análisis fisicoquímicos (nitritos, nitratos, amonio, fosfatos) y

bacteriológicos (Coliformes totales y fecales), todas las técnicas utilizadas se mencionan en el apéndice A.

3.2 Muestreo de agua de mar.

Se establecieron tres puntos de muestreo en cada playa con una distancia de 50 metros entre punto y punto (Fig. 3.5).

En cada punto se tomaron muestras según la NMX- AA-120- SCFI-2006, en frascos de vidrio esterilizados para las muestras microbiológicas y en botellas de plástico de 1 litro para los análisis fisicoquímicos.

- ❖ En zonas de oleaje tranquilo, se tomaron muestras a una profundidad de 1 metro de agua (cintura del verificador), la muestra se tomó a contracorriente del flujo entrante y a 30cm aproximadamente bajo la superficie del agua, en frascos de vidrio estéril.



FIGURA 3.5 Puntos de muestreo (SH: Santa Ana arena húmeda 1, 2 y 3; SM: Santa Ana Mar 1, 2 y 3 respectivamente) (Google Earth, 2014)

Las muestras se preservan a temperaturas a 5°C aproximadamente con hielo durante su transporte al laboratorio donde se determinaron nitritos, nitratos, amonio, fosfatos y los análisis microbiológicos (apéndice A).

3.3 Muestreo de arena húmeda (agua intersticial) y seca.

Se establecieron 3 puntos de muestreo sobre la arena húmeda en un segmento de 100 metros en total. Debido a falta de técnica para toma de muestra en arena se implementó cavar un hoyo de aproximadamente 30 cm de hondo máximo y tomar muestra de agua intersticial en frascos de vidrio estéril (Fig. 3.6). Las muestras se preservan a temperaturas a 5°C aproximadamente con hielo durante su transporte al laboratorio. En el laboratorio a las muestras de arena se les realizaron los siguientes pasos para sus pruebas: se tomó un gramo de arena seca y se disolvió en 9 ml de agua esterilizada para hacer las pruebas microbiológicas, para hacer las pruebas fisicoquímicas se disolvió la arena en agua destilada (1:10). En el sitio se hicieron mediciones de pH, temperatura, presión y Salinidad con un equipo multiparamétrico modelo HI9828 (Hanna Instruments, USA).

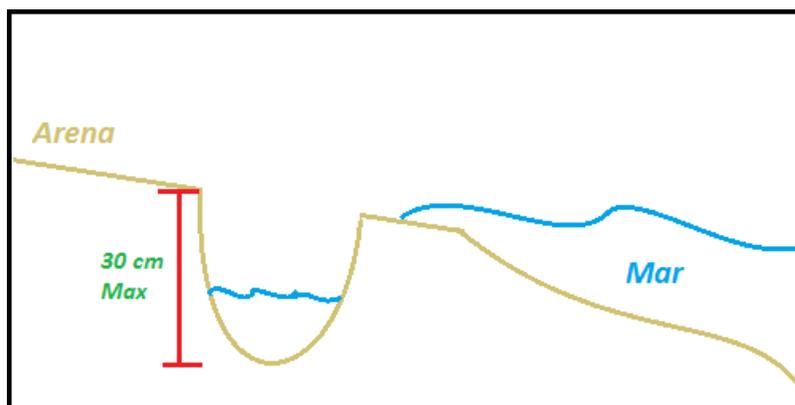


FIGURA 3.6 Toma de muestra en arena. (Propio)

3.4 Medición de los perfiles

Para medir el perfil de las playas se implementó la técnica de la manguera de nivel. (Fig. 3.7) Que consiste en introducir agua en la manguera y dejar aproximadamente medio metro de manguera sin agua para poder apreciar los meniscos en cada extremo. (Flores-Verdugo y Agráz 2009)

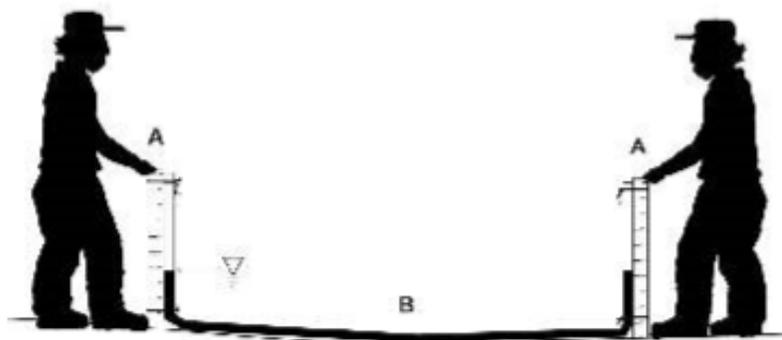


FIGURA 3.7 Esquema de la medición del perfil de playa. (Tomado de Flores-Verdugo y Agráz 2009)

3.5 Análisis Estadístico.

Por cada playa se calcularon los promedios y desviación estándar de los datos de cada uno de los parámetros por cada punto muestreado en cada playa. Se realizó un ANOVA, para ver si existían diferencias significativas de los parámetros anualmente por cada playa y otro análisis para ver si existían diferencias significativas entre cada punto de una misma playa.

Para ambos casos se realizaron comparaciones múltiples con la prueba de Tukey (Legendre y Legendre, 1988) usando el programa Minitab 16.1.1 (Minitab Inc, 2010). Además se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar si existía una correlación entre los perfiles de playa y los niveles de coliformes en la arena

y un Análisis de componentes principales (PCA) donde se utilizó el programa PC-ORD ver. 5 (MjM Software Desing, 2005)

3.6 Nomenclatura de sitios.

Los sitios de muestreo fueron nombrados a modo de claves los cuales tienen los siguientes significados.

Tabla 3.2 Nomenclatura utilizada en los sitios de muestreo.

Clave	M ancha	S anta Ana	V illa del Mar
M ar	MM	SM	VM
Arena H úmeda	MH	SH	VH
Arena s eca	MA	SA	VA

1- Punto uno 2-Punto dos 3- Punto tres

Así cuando se refiere a MM1 es la playa la Mancha en el Mar en su punto uno de muestreo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El calor también puede ser un contaminante al elevar la temperatura del agua por eso es de importancia medirla (Larrea *et al.*, 2004). La temperatura del agua en las playas no presentaron diferencias significativas a lo largo del año,(Fig. 4.1), la temperatura promedio anual para la playa la Mancha fue de $25.4\pm 0.93^{\circ}\text{C}$, para la playa Santa Ana $26.27\pm 0.63^{\circ}\text{C}$ y la playa Villa del mar $27.03\pm 0.57^{\circ}\text{C}$, entre la playa la Mancha y la playa Villa del Mar tienen casi 1°C de diferencia, pudiendo ser esta diferencia de temperaturas por los horarios de muestreo conociendo que la temperatura del agua puede variar según la radiación solar, quedando nuestras playas dentro de las características de aguas tropicales, como lo menciona Cifuentes *et al.*(1995) la temperatura media anual de las aguas superficiales en climas tropicales es de $27\pm 2^{\circ}\text{C}$.

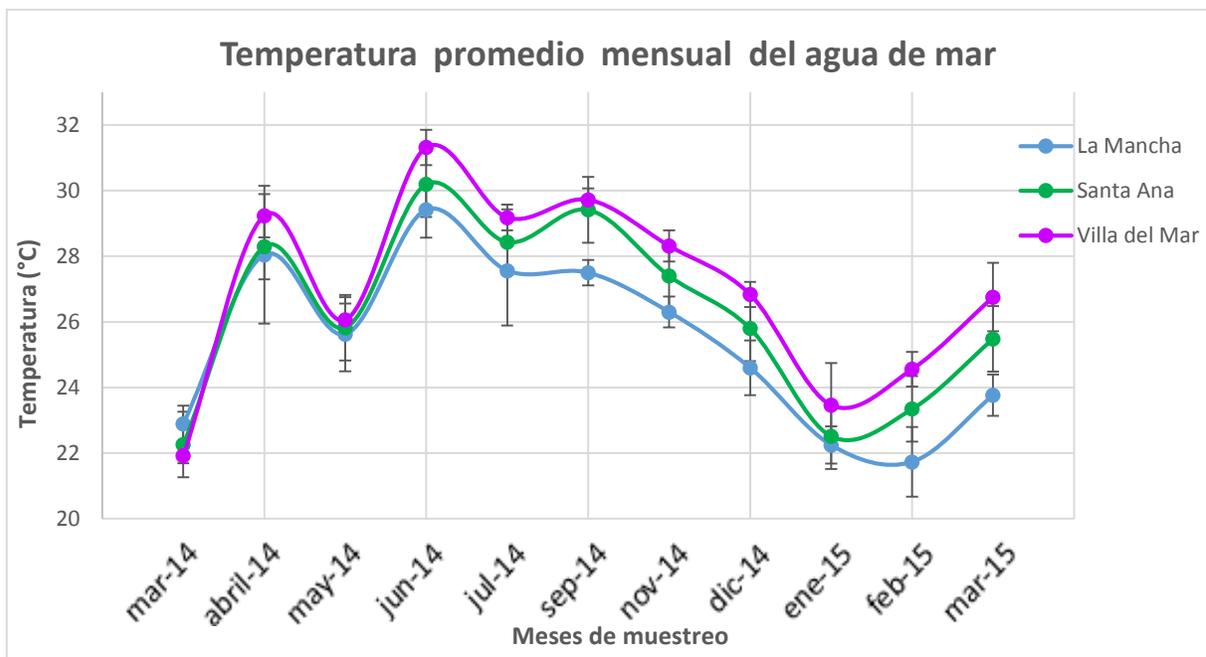


FIGURA 4.1 Temperatura promedio mensual del agua por playa con desviación estándar.

El agua oceánica es alcalina y el valor de su pH está entre 7.5 y 8.4 y varía en función de la temperatura; si ésta aumenta, el pH disminuye y tiende a la acidez (Cifuentes *et al*, 1995). pH's entre ocho y nueve nos puede ayudar a identificar contaminantes como la presencia del ion amonio (Blanco *et al.*, 2012). El pH entre el agua de mar y las muestras de arena húmeda (agua intersticial) no presentaron diferencias significativas en ningún muestreo. La mancha tuvo un promedio anual de 8.63 ± 0.63 en el agua y 8.69 ± 0.87 en la arena húmeda, Santa Ana 8.86 ± 0.89 en agua y 8.76 ± 0.81 en la arena húmeda y Villa del Mar 8.73 ± 0.87 en agua y 8.65 ± 0.89 en la arena húmeda, en los meses de julio observamos un aumento considerable en las 3 playas atribuyendo estos valores fuera del rango del pH en el agua de mar a que las lecturas de pH se realizaron con un pH-metro manual y se realizaron mal las lecturas (Fig. 4.2).

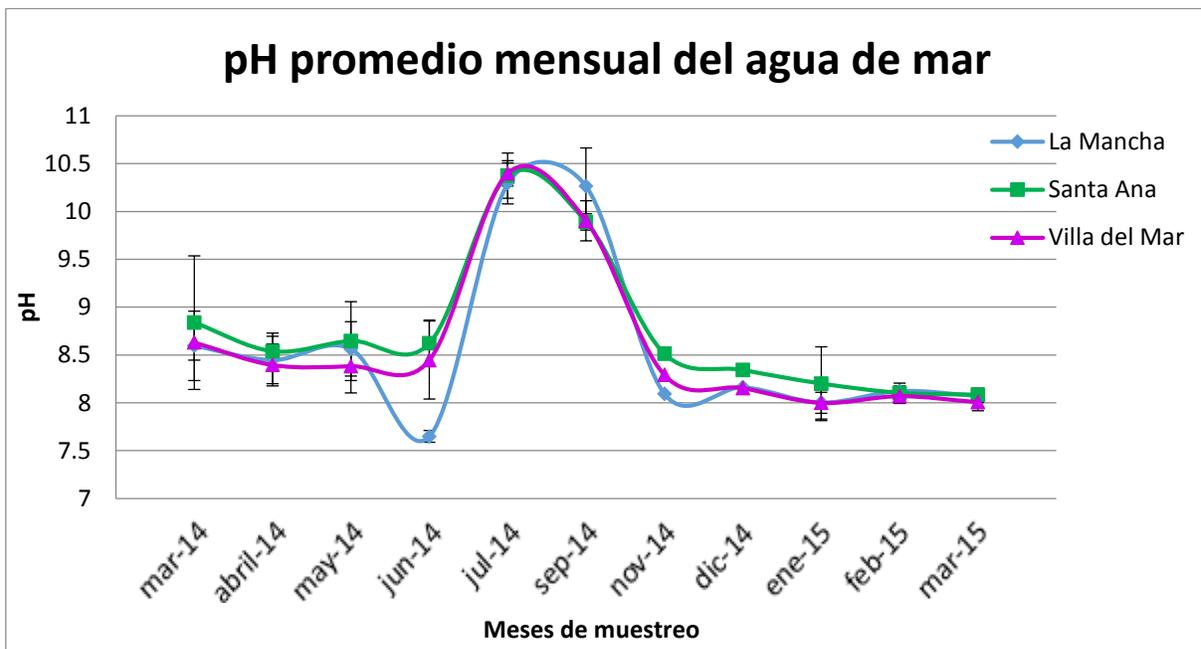


FIGURA 4.2 pH promedio mensual del agua de mar de las 3 playas con desviación estándar.

4.1 Compuestos del nitrógeno

4.1.1 Nitritos

Los compuestos del nitrógeno provenientes de la descomposición de la materia orgánica junto con el nivel de coliformes fecales nos dan una idea de la contaminación del agua. Los niveles promedios de nitritos y amonio presentaron un comportamiento similar en el agua, la arena seca y la arena húmeda entre cada playa, los nitratos mostraron diferencia en la arena seca. Para los niveles de nitritos la Mancha tuvo un promedio de 0.001 ± 0.0002 mgN-NO₂/L, la playa Santa Ana 0.0009 ± 0.0001 mgN-NO₂/L y Villa del Mar 0.00094 ± 0.0001 N-NO₂mg/L (Fig. 4.3), todos estos valores dentro de los límites máximos permitidos (<0.002 mgN-NO₂/L) de acuerdo a los criterios ecológicos de calidad del agua por lo que no representan un riesgo a los bañistas ni a la vida de las especies que viven en la playa (Escobedo *et al.*, 2011). Aunque los nitritos son compuestos de bajas concentraciones en aguas saladas ya que tienden a oxidarse rápidamente, su acumulación como nutriente puede derivar en eutrofización y generar la proliferación de algas verdes en las playas (López *et al.*, 2009).

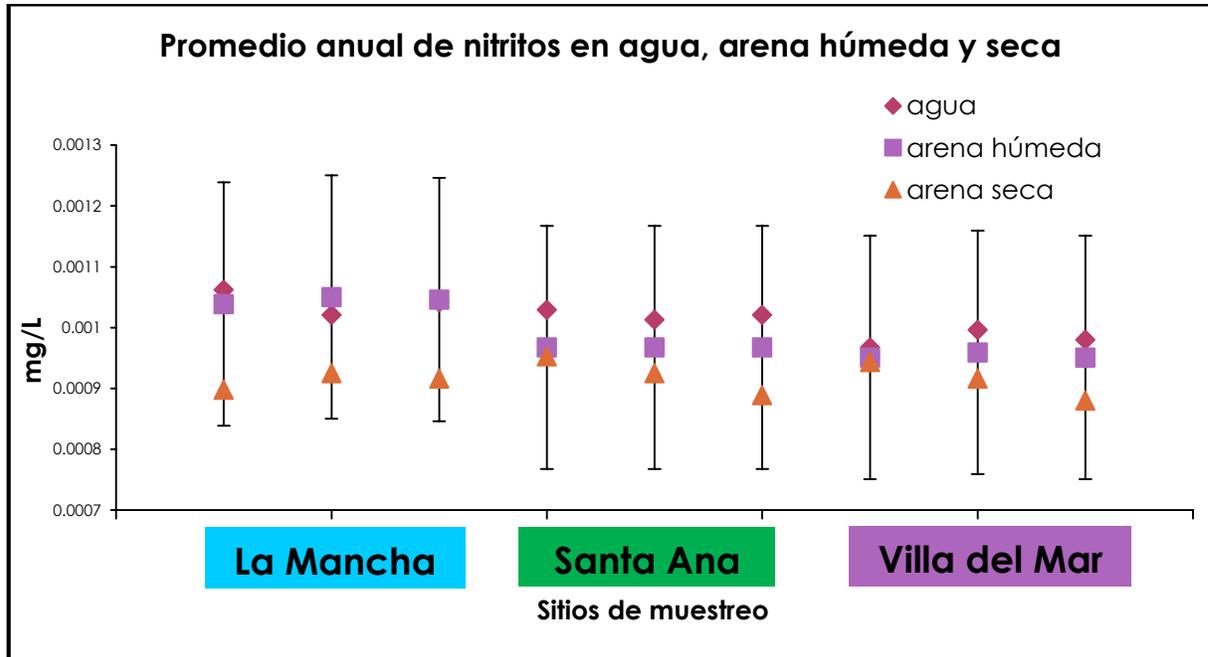


FIGURA 4.3 Comparación promedio anual de nitritos en agua, arena húmeda y seca con desviación estándar.

4.1.2 Nitratos

Para nitratos, las tres playas presentaron niveles por encima de los criterios ecológicos de calidad del agua, $N-NO_3 < 0.04 \text{ mg/L}$ (Escobedo *et al.*, 2011), la playa La Mancha $0.640 \pm 0.128 \text{ mg N-NO}_3/\text{L}$, playa Santa Ana $0.611 \pm \text{mg N-NO}_3/\text{L}$ y Villa del Mar $0.672 \text{ mg N-NO}_3/\text{L}$. López *et al.*, en 2009 muestrearon las playas de la región de Murcia (Cartagena) encontrando valores muy por encima de nuestras playas muestreadas ($15.47 \text{ mg N-NO}_3/\text{L}$) atribuyendo estos niveles altos a descargas de aguas provenientes de lluvias e industrias que la afectan, haciendo una comparación entre nuestras playas donde los valores no superan los 2 mg/L seguimos estando fuera de los límites permitidos siendo una región con presencia de una zona industrial y las descargas pluviales con salidas directas al mar y que a su vez están conectadas al drenaje local podemos atribuir a ellas los altos niveles de nitratos. Haciendo comparaciones entre los niveles de nitratos en el agua, arena húmeda y arena seca presentan un comportamiento similar entre las tres playas (Fig. 4.4) donde podemos

observar que en la arena seca presentaba los valores más bajos en las 3 playas (La Mancha, Villa del Mar y Santa Ana) mientras que los niveles en la arena húmeda y en el agua están relacionados y no presentan diferencias significativas, aun así todos estos valores se encuentran fuera de los límites máximos permitidos como podemos observar de igual forma en las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 (pág. 40,41 y 42).

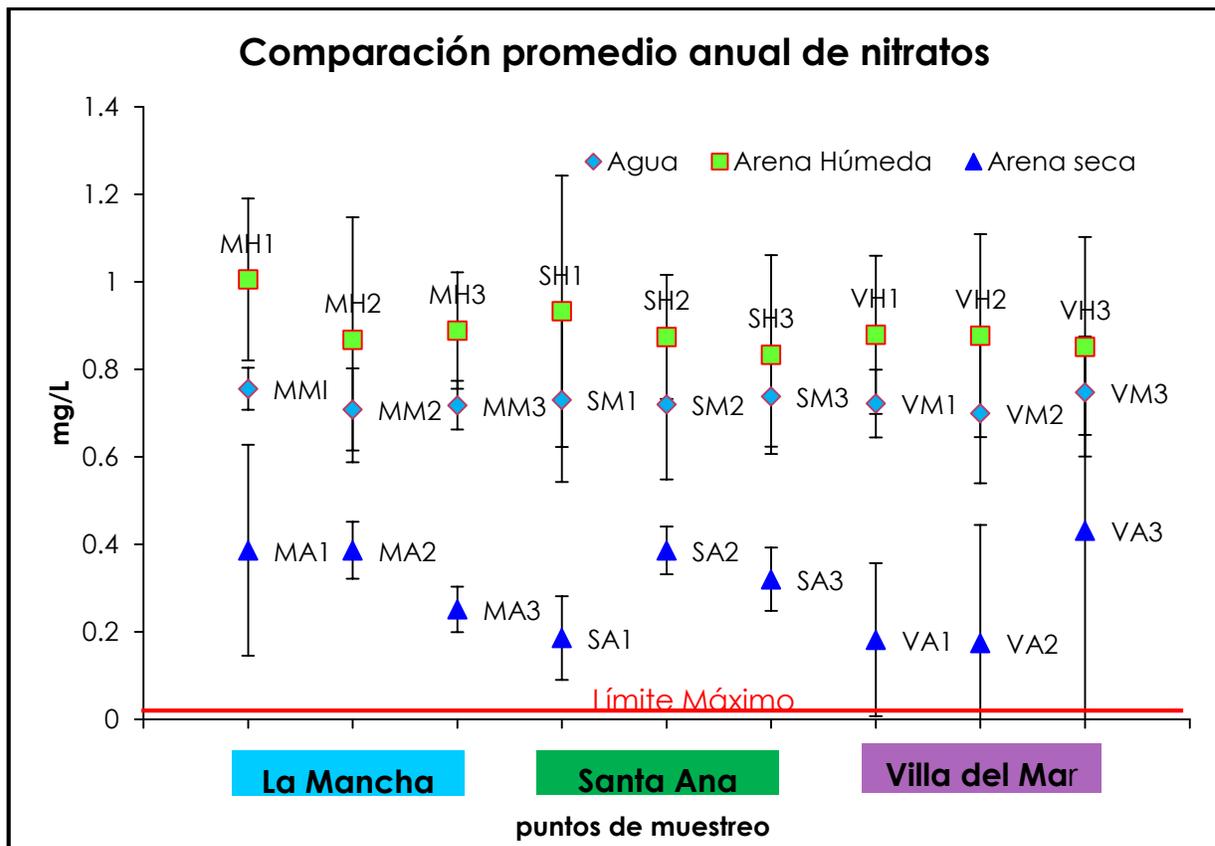


FIGURA 4.4 Comparación promedio anual de nitratos en agua, arena seca y arena húmeda con desviación estándar. (MA, SA, VA, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en la Arena seca; MM, SM, VM, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en el agua de Mar; MH, SH, VH, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en la Arena húmeda).

4.1.3 AMONIO

El Amonio en bajos niveles no afecta inmediatamente en la salud del hombre pero si puede derivar en la intoxicación por amonio en peces. El amonio en altos niveles en el agua puede ocasionar la formación de nitritos (por la rápida oxidación del nitrógeno en este medio) y este cambio demanda grandes cantidades de oxígeno provocando repercusiones con la vida acuática, estos aumentos de nivel de amonio está asociado con la descomposición de materia orgánica y/o excreción producida por organismos (Chalarca *et al*, 2007; López *et al*, 2009). Los niveles de amonio en nuestro estudio podemos observarlo a mayor detalle en las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 (pág. 40,41 y 42). En la playa la Mancha el promedio anual obtenido por playa fue de 0.063 ± 0.06 mg N-NH₄ /L, en la playa Santa Ana 0.054 ± 0.03 mg N-NH₄/L y 0.144 ± 0.14 mg N-NH₄/L la playa Villa del Mar. En la gráfica 4.5 podemos observar que la playa de Villa del Mar mantiene promedios anuales fuera de lo establecido en los criterios ecológicos de calidad del agua, N-NH₄ < 0.05 mg/L (Escobedo et al. 2011) en las tres zonas de muestreo (agua, arena húmeda y seca) observando que los tres puntos de muestreo de la arena húmeda es el que presenta los niveles más altos llegando a 0.25 mg N-NH₄/L en su tercer punto de muestreo y que entre ellos no presentan diferencias significativas, en el agua y arena seca de Villa del Mar sus puntos se encuentran más cercanos en la gráfica pero si presentan diferencias significativas, esta playa tiene salidas de aguas provenientes del área de restaurantes que pueden ser los que mantengan los altos niveles de amonio en la arena húmeda. La playa Santa Ana en sus puntos de muestreo de arena seca y arena húmeda sobrepasan los criterios ecológicos y sus puntos de muestreo del agua quedan por debajo de dichos criterios aunque estadísticamente no presentan diferencias significativas (entre agua, arena seca y húmeda). Este parámetro en la playa La Mancha mantuvo niveles bajos en sus tres puntos de muestreo en agua no sobrepasando los criterios de calidad, mientras que en la arena húmeda y seca si sobrepaso los limites, para esta playa solo el punto uno de la arena húmeda alcanzo 0.15 mg N-NH₄/L, no esperando estos valores en esta playa al ser considerada una playa de poca concurrencia.

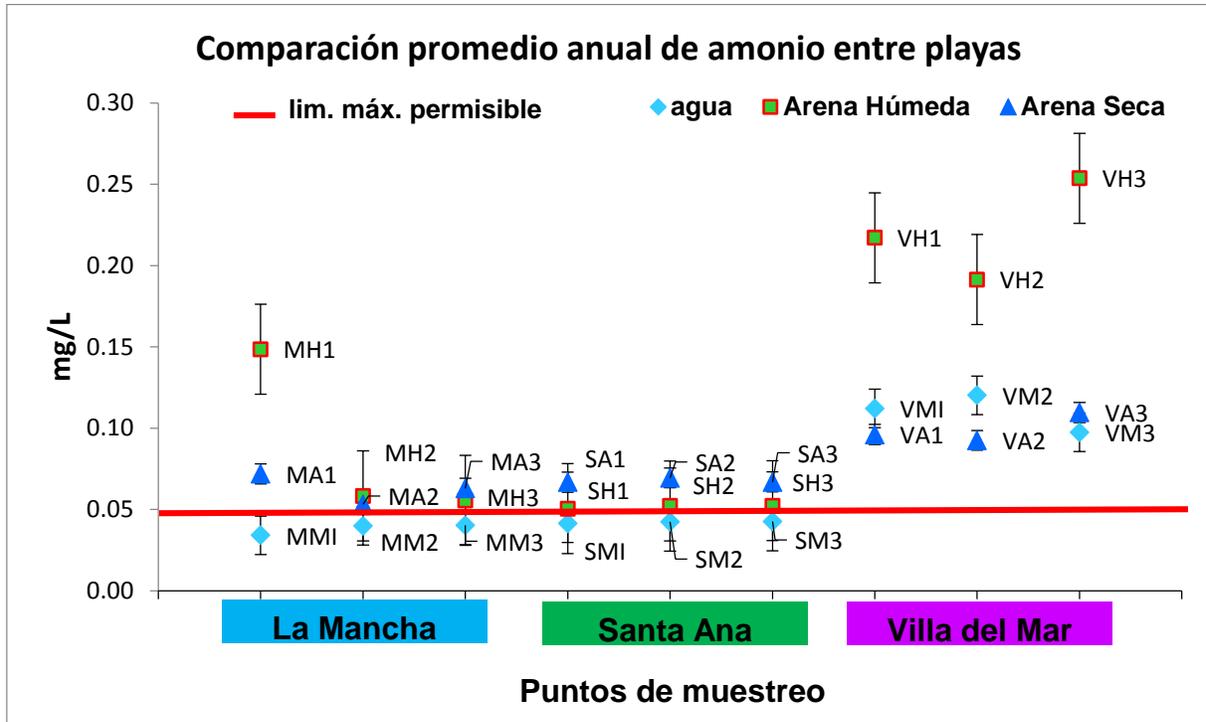


FIGURA 4.5 Comparación promedio anual de amonio en agua, arena seca y arena húmeda con desviación estándar. (MA, SA, VA, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en la Arena seca; MM, SM, VM, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en el agua de Mar; MH, SH, VH, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en la Arena húmeda).

Los altos promedios anuales de amonio en la playa de la Mancha se relacionaron con el arribo natural de Sargazo en el mes de mayo y que no es removida al igual que otros materiales naturales como palos, algas, etc., a diferencia de la playa Santa Ana y Villa del Mar donde si son retirados y que podemos observar que no tienen el mismo comportamiento en el incremento de amonio en las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 (pág. 40,41 y 42). EL Sargazo al quedar enterrado naturalmente en la arena comienza su descomposición y los niveles de amonio se ven incrementados en los meses siguientes siendo el mes de noviembre donde se encontró el nivel más alto llegando a la los 0.15 mg N-NH₄/L (Fig.4.6). En el muestreo del mes de enero (2015) se encontraron rastros de Sargazo ya en avanzado proceso de descomposición como se puede observar en la figura (4.6).

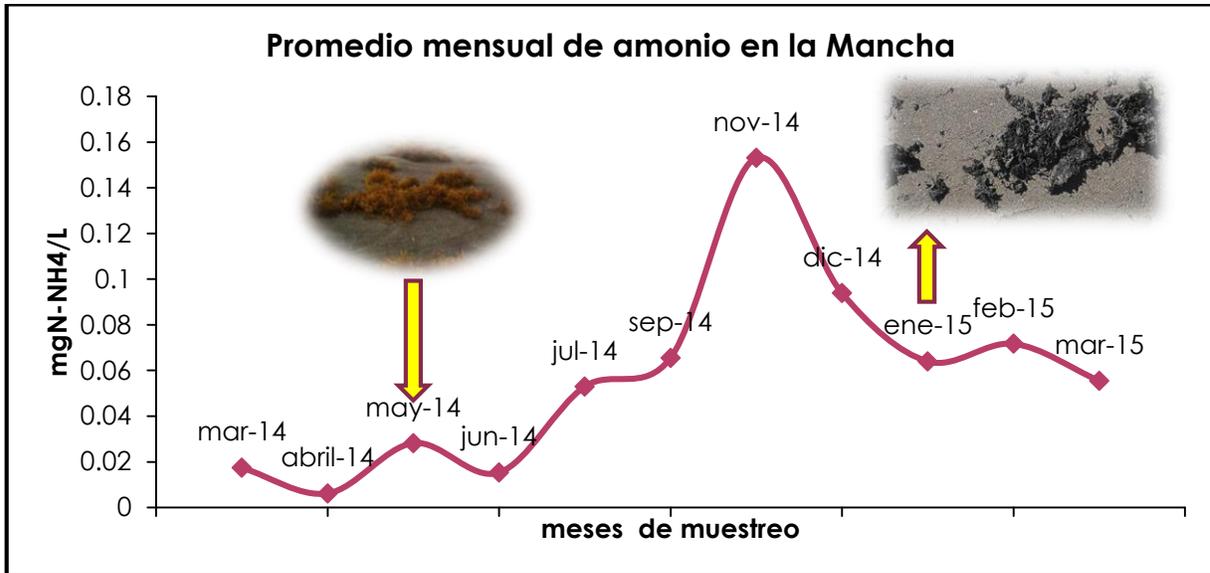


FIGURA 4.6 Promedio Mensual de amonio en la Mancha y señalamiento del arribo de sargazo en el mes de mayo.

4.2 Fosfato

Aunque los fosfatos no representan toxicidad su presencia nos indica contaminación por aguas residuales y/o aguas de riego agrícola. Los fosfatos presentaron niveles altos en las tres playas, La Mancha alcanzó su nivel más alto en el mes de marzo(2014) con 14.9 ± 3.6 mg P-PO₄/L y su nivel mínimo en el mes de diciembre 0.34 ± 1.0 mg P-PO₄/L, la playa Santa Ana 9.31 ± 2.1 mg P-PO₄/L en su mayor nivel en el mes de marzo (2014) y 0.68 ± 0.5 P-PO₄/L mg en su menor nivel en el mes de junio, para la playa Villa del Mar 11.9 ± 9.9 P-PO₄/L en marzo (2015) y 2.62 ± 1.9 P-PO₄/L en el mes de abril (2014), las tres playas mantuvieron sus niveles fuera de los límites máximos permisibles durante el año de muestreo (0.01 mg P-PO₄/L)(SEMARNAT, 2005b). En la figura 4.7 podemos observar que no presentaron diferencias significativas entre cada playa en sus promedios anuales por puntos de muestreo, Villa del Mar en la arena seca en sus puntos uno y dos alcanzaron los 10 mg/Kg siendo la causa principal los detergentes que son utilizados por la zona de restaurantes y que son arrojados a la arena y menor aporte la presencia de aves que

se alimentan de los desechos que dejan los bañistas, y que las heces de estas aves tienen altos niveles de fosfatos, siendo así cada una de ellas un aporte que al menos en la playa de villa del mar incrementa los niveles de este contaminante.

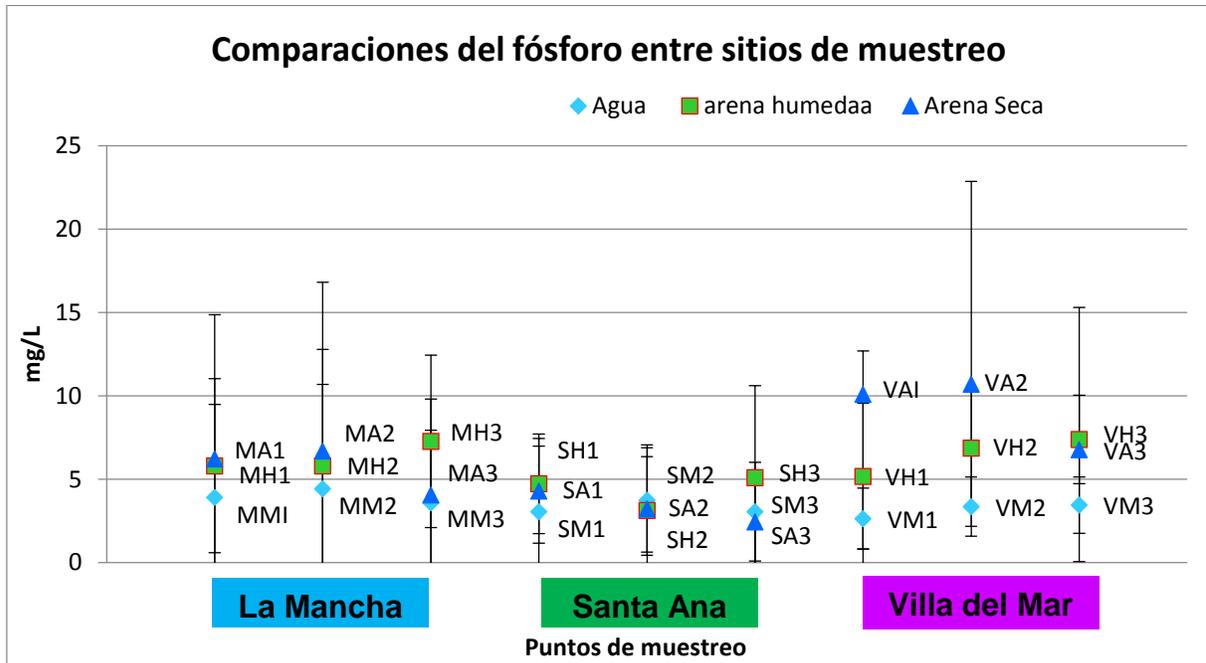


FIGURA 4.7 Comparaciones del fosfato entre sitios de muestreo con desviación estándar. (MA, SA, VA, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en la Arena seca; MM, SM, VM, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en el agua de Mar; MH, SH, VH, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en la Arena húmeda).

En temporadas de nortes cuando la arena es arrastrada mar adentro y los perfiles de la playa se ven disminuidos quedan al descubierto descargas de agua negras provenientes de la zona de restaurantes en la playa Villa del Mar (Fig. 4.17) solo quedando a la vista en dicha temporada.

Los altos niveles de fosfatos en la playa Santa Ana son atribuidos al arrastre y las aportaciones del río Jamapa (aguas de riego y residuales) y a la presencia de la

planta de tratamientos de aguas residuales, en la figura 4.7 observamos que en el punto uno de la playa Santa Ana (arena húmeda, arena seca y agua) sus puntos se encuentran muy cercanos en su promedio anual y que los niveles más altos se registraron en la arena y después en el agua, pudiendo atribuirse que existe un proceso de filtración de la escollera del río hacia el punto uno; en lo general esta playa no presenta grandes variaciones en sus niveles de fosfatos viendo que sus puntos de muestreos se encuentran muy cercanos entre sí en la gráfica, y comparadas con las otras dos playas donde claramente el agua esta separadas de los puntos de la arena, la playa Santa Ana no muestra el mismo patrón.

En cuanto a los niveles de fosfatos en la Mancha observados en los meses de marzo (2014 y 2015), se relacionaban con la temporada vacacional y que en estas meses es cuando la playa recibe el mayor número de personas en el año (Fig. 4.8).

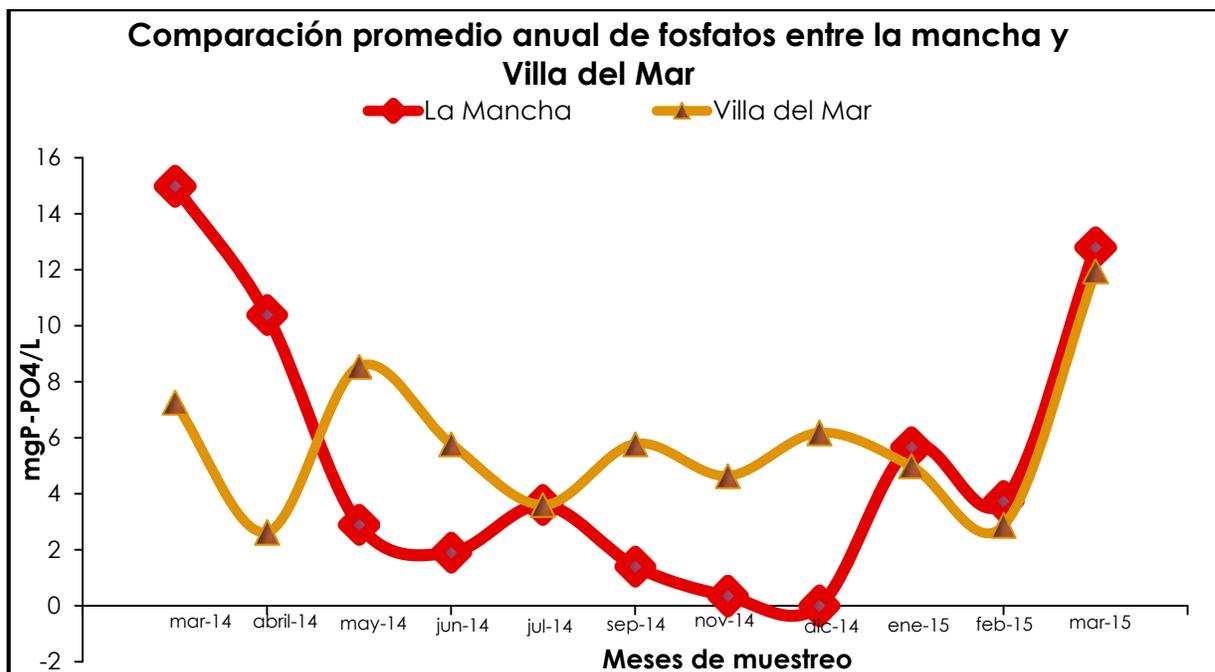


FIGURA 4.8 Comparación promedio anual de fosfatos entre la Mancha y Villa del Mar.

4.3 Oxígeno disuelto

El Oxígeno Disuelto es indispensable para la vida en el mar, bajos niveles de oxígeno indican contaminación por materia orgánica, por lo que la calidad del agua es baja, según la NOM-001-ECOL-1996 el nivel de oxígeno disuelto no debe ser menor de 3 mg/L para no dañar la vida acuática, ninguna de las 3 playas presento diferencia significativas en el agua de mar aunque la playa de Villa del Mar fue la que se mantuvo un poco por debajo del límite mínimo establecido de oxígeno disuelto ($2.92 \pm 1.8 \text{ mgOD/L}$), la playa la Mancha y Santa Ana obtuvieron niveles de $3.33 \pm 2.1 \text{ mgOD/L}$ y $3.15 \pm 1.8 \text{ mgOD/L}$ respectivamente en sus promedios anuales (Fig. 4.9). No existe una norma que señale la cantidad de oxígeno disuelto en el agua intersticial obtenida en la arena húmeda, que como se observa en la gráfica el nivel es más bajo que en el agua.

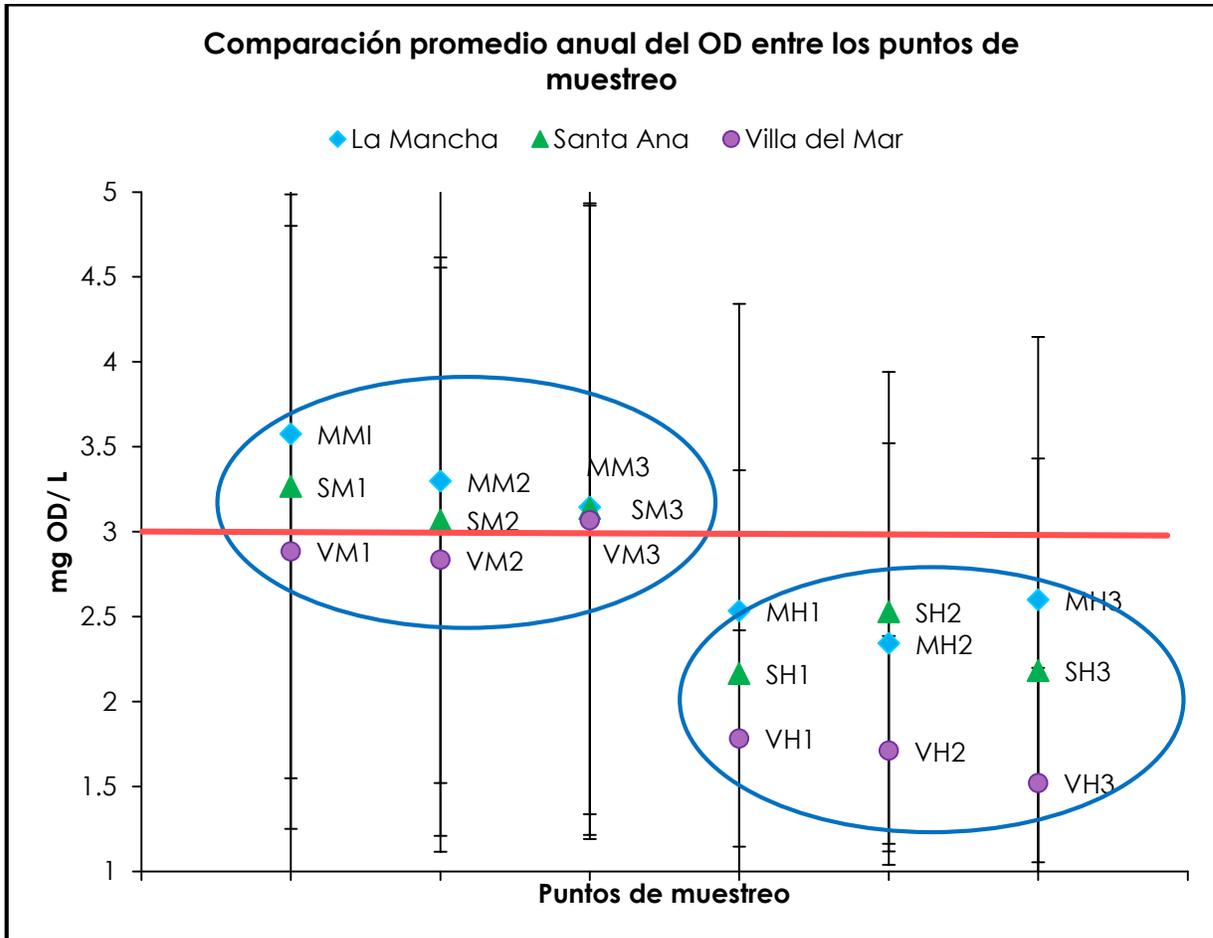


FIGURA 4.9 Comparación del Oxígeno Disuelto entre los puntos de muestreo y desviación estándar. (MM, SM, VM, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en el agua de Mar; MH, SH, VH, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en la Arena Húmeda).

4.4 Coliformes

Las coliformes como indicadores de la contaminación fecal en agua no deben sobrepasar los 200 NMP de coliformes fecales según la NMX-AA-042-SCFI-2011 para ser playas de uso recreativo de contacto primario. Las concentraciones de coliformes fecales presentaron valores promedios anuales de 5.14NMP/100 ml para La Mancha, 55.24NMP/ 100ml para Santa Ana y 57.56NMP para Villa del mar, tomando en cuenta que son promedios anuales podrían considerarse que las tres playas son playas limpias

aunque no pueden ser consideradas así por los altos niveles que presentaron en algunos meses donde sobrepasaron los límites. Tomando en cuenta el promedio anual y comparando los puntos de muestreo (figura 4.10) podemos observar que todos los puntos de La Mancha tuvieron un comportamiento similar durante todo el año de muestreo sin grandes variaciones teniendo la mayor parte del año un promedio de 3NMPcoliformes/100ml considerándose como una playa limpia con disturbios solo en temporada vacacional de semana santa, donde si observamos la figura el punto tres de la arena húmeda (MH3) es el único punto alto de la playa la Mancha debido a tuvo 93NMP/10ml en un punto de la arena húmeda durante el mes de abril. Mientras que en dicha figura la playa Villa del mar y Santa Ana tuvieron grandes variaciones entre sus puntos de muestreo, como podemos observar, la playa santa Ana en su punto uno del mar y la playa Villa del Mar en su punto dos de arena húmeda rebasaron los 200 NMP en su promedio anual. La playa Villa del Mar llegó a tener puntos en la arena con hasta 2400 NMP coliformes y 100 NMP en otros durante el mismo muestreo coincidiendo con Cruz y Galicia (2013) que aunque sus puntos de muestreos tenían una distancia de 3 metros entre ellos, la variación entre punto y punto en niveles de coliformes en el mismo día de muestreo era muy variable, concluyendo que esto podía ser por diversos factores ambientales como la lluvia y el viento o a factores biológicos como el movimiento de las aves y el tránsito de las personas.

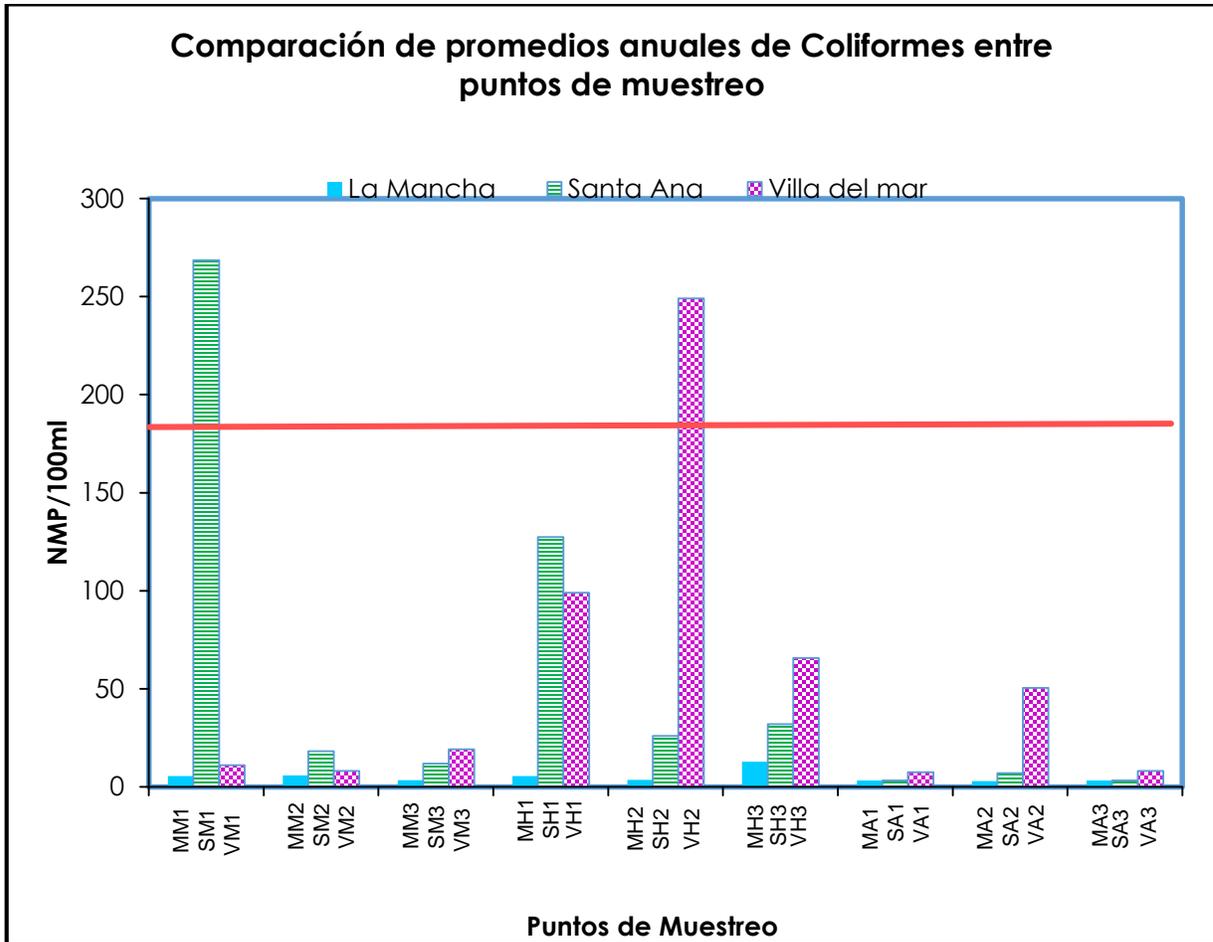


FIGURA 4.10 Comparación de los niveles de coliformes entre puntos de muestreo. (MA, SA, VA, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en la Arena seca; MM, SM, VM, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en el agua de Mar; MH, SH, VH, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en la Arena Seca).

En una comparación de los promedios mensuales de cada playa (Fig. 4.11), encontramos que Santa Ana tuvo dos meses donde sus niveles sobrepasaron estos límites obteniendo 218.5 NMP/100ml en la arena húmeda del mes de junio (2014) y 281.7NMP/100ml en el agua del mes de febrero (2015); la playa Villa del Mar de igual manera presentó dos meses con los niveles por encima de los máximos permitidos, marzo(2014) 214.2NMP/100ml y septiembre (2014) 209.7NMP/100ml en la arena húmeda, nuestros resultados coinciden con García y Botero (2009) y Bonilla *et al.*

(2007) que en sus estudios encontraron los niveles más altos de coliformes en la arena húmeda y no en el agua como se esperaba. En estos promedios mensuales podemos observar meses como marzo, abril, mayo, junio, septiembre (2014) y febrero (2015) rebasaron los 100 NMP diciéndonos que algunos de los puntos de muestreos en esas playas rebasaron los Límites máximos en alguno de sus puntos de muestreos en la playa.

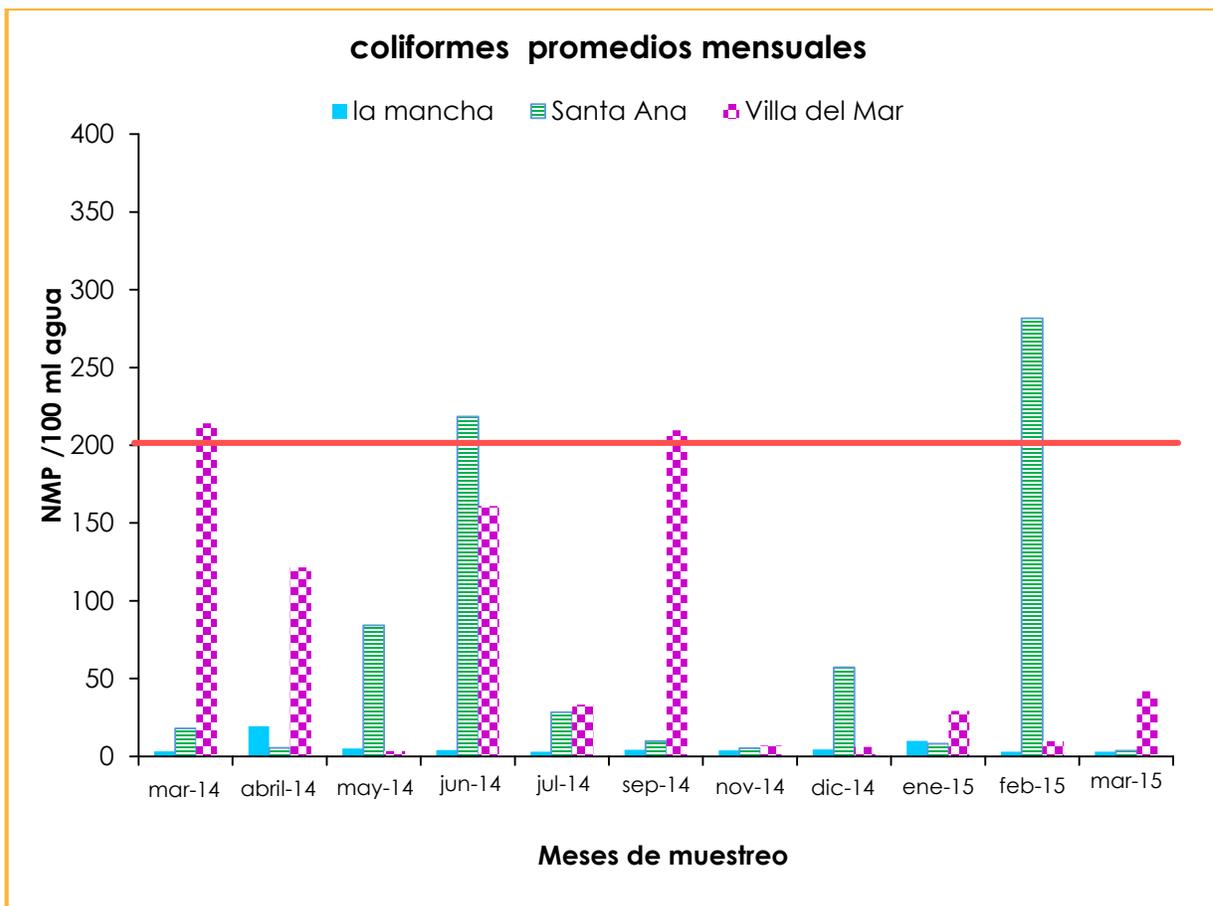


FIGURA 4.11 Comparación de los niveles de coliformes en los meses de muestreo.

Las siguientes tres tablas nos pueden ayudar a observar los resultados por cada playa, aunque la mayoría de sus datos ya se utilizaron en la discusión de los resultados.

Tabla 4.1 Valores promedios anuales de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en la playa La Mancha durante los meses de marzo14/ marzo 15. Con una ANOVA de $p < 0.05$ y la comparación entre sitios (prueba de Tukey).

lugar	MMI	MM2	MM3	MH1	MH2	MH3	MA1	MA2	MA3
N-NO2 mgL-1	0.001 a	0.0008 a	0.0009 a	0.0009 a					
	± 0.0002	± 0.0002	± 0.0001	± 0.0002	± 0.0012	± 0.0014	± 0.00007	± 0.0001	± 0.00009
N-NO3 mgL-1	0.755 b	0.708 b	0.718 b	1.005 a	0.867 ab	0.888 ab	0.386 c	0.251 c	0.186 c
	±0.0480	±0.0940	±0.0554	±0.1853	±0.2799	±0.1333	±0.2413	±0.0650	±0.0518
N-NH4 mgL-1	0.034 a	0.040 a	0.041 a	0.149 a	0.059 a	0.056 a	0.072 a	0.053 a	0.063 a
	±0.0200	±0.0269	±0.0286	±0.3040	±0.0338	±0.0353	±0.0327	±0.0300	±0.0248
P-PO4 mgL-1	3.914 a	4.424 a	3.590 a	5.812 a	7.273 a	4.732 a	6.232 a	6.695 a	4.069 a
	±5.5700	±6.2630	±4.3540	±5.2110	±6.9740	±5.1790	±8.6350	±10.113	±5.7470
Coliformes (NMP)	5.550 a	5.910 a	3.450 a	5.500 a	3.580 a	12.91 a	3.200 a	3.00 a	3.20 a
	±6.0600	±6.1400	±1.2100	±4.1400	±1.7300	±26.830	±0.4500	±0	±0.4500
OD	3.575 a	3.298 a	3.144 a	2.533 a	2.342 a	2.600 a	-	-	-
	±2.3240	±2.0890	±1.9540	±1.8090	±1.1790	±1.5460	-	-	-
pH	8.714 a	8.398 a	8.792 a	8.598 a	8.697 a	8.794 a	-	-	-
	±0.8660	±2.1350	±0.8980	±0.7780	±0.8590	±0.9580	-	-	-
T (°C)	24.741 a	25.158 a	25.160 a	26.190 a	25.499 a	25.851 a	-	-	-
	±2.6230	±2.9490	±2.6070	±3.1770	±2.7810	±3.7910	-	-	-
Conductividad	49.817 a	48.789 a	46.620 a	49.341 a	50.21 a	47.849 a	-	-	-
	±5.3490	±9.6510	±12.534	±4.8340	±3.9050	±8.4410	-	-	-
Salinidad (UPS)	29.578 a	32.359 a	30.629 a	32.111 a	33.475 a	31.718 a	-	-	-
	±10.6790	±6.7440	±8.5040	±4.0230	±2.6210	±5.8710	-	-	-

Tabla 4.2 Valores promedios anuales de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en la playa Santa Ana durante los meses de marzo14/ marzo 15. Con una ANOVA de $p < 0.05$ y la comparación entre sitios (prueba de Tukey).

lugar	SM1	SM2	SM3	SH1	SH2	SH3	SA1	SA2	SA3
N-NO2 mgL-1	0.0010 a ± 0.0002	0.0010 a ± 0.0001	0.0010 a ± 0.0001	0.0009 a ± 0.0001	0.0009 a ± 0.0001	0.0009 a ± 0.0001	0.0009 a ± 0.00007	0.0009 a ± 0.00005	0.0008 a ± 0.00005
N-NO3 mgL-1	0.7303 a ± 0.1878	0.7201 a ± 0.1715	0.7379 a ± 0.1144	0.9328 b ± 0.3098	0.8742 b ± 0.1421	0.833 b ± 0.2273	0.320 a ± 0.0956	0.1822 a ± 0.0546	0.1747 a ± 0.0724
N-NH4 mgL-1	0.042 a ± 0.0304	0.043 a ± 0.0377	0.043 a ± 0.0357	0.051 a ± 0.0262	0.052 a ± 0.0338	0.053 a ± 0.0351	0.0675 a ± 0.0289	0.070 a ± 0.0336	0.06767 a ± 0.02787
P-PO4 mgL-1	3.055 a ± 3.9260	3.750 a ± 3.3150	3.055 a ± 2.9560	3.129 a ± 2.9890	5.091 a ± 3.7620	5.181 a ± 5.5200	4.301 a ± 3.1410	3.220 a ± 2.5810	2.448 a ± 2.604
Coliformes (NMP)	268.5 a ± 719.80	18.20 a ± 27.800	11.800 a ± 12.800	127.4 a ± 330.10	25.9 a ± 35.400	32.0 a ± 70.800	3.2000 a ± 0.4000	7.000 a ± 8.9000	3.2 a ± 0.4
OD	3.267 a ± 1.7190	3.068 a ± 1.5470	3.135 a ± 1.7990	2.165 a ± 1.1970	2.529 a ± 1.4120	2.181 a ± 1.2500	- -	- -	- -
pH	8.8933 a ± 0.8487	8.7367 a ± 0.7631	8.9544 a ± 0.8293	8.9200 a ± 0.9957	8.6011 a ± 0.7627	8.7556 a ± 0.9001	- -	- -	- -
T (°C)	26.109 a ± 2.9630	26.316 a ± 3.1580	26.068 a ± 3.5810	25.767 a ± 3.1660	26.343 a ± 2.9450	26.578 a ± 2.8310	- -	- -	- -
Conductividad	46.491 a ± 8.5390	46.182 a ± 12.593	46.062 a ± 10.311	49.192 a ± 5.7200	50.599 a ± 3.7510	46.372 a ± 8.7610	- -	- -	- -
Salinidad (UPS)	32.193 a ± 2.7050	32.171 a ± 2.5950	32.449 a ± 2.3500	32.078 a ± 4.1530	33.136 a ± 2.7060	30.073 a ± 6.1740	- -	- -	- -

Tabla 4.3 Valores promedios anuales de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en la playa Villa del Mar durante los meses de marzo14/ marzo 15. Con una ANOVA de $p < 0.05$ y la comparación entre sitios (prueba de Tukey).

lugar	VM1	VM2	VM3	VH1	VH2	VH3	VA1	VA2	VA3
N-NO2 mgL-1	0.0009 a ± 0.0001	0.0008 a ± 0.00004							
N-NO3 mgL-1	0.721 ab ± 0.0773	0.699 ab ± 0.1598	0.747 ab ± 0.0973	0.8793 a ± 0.1807	0.8774 a ± 0.2319	0.8517 a ± 0.2507	0.4313 b ± 0.1750	0.3915 b ± 0.2698	0.4534 b ± 0.4436
N-NH4 mgL-1	0.1129 a ± 0.1949	0.121 a ± 0.2183	0.0982 a ± 0.1679	0.2179 a ± 0.1854	0.1922 a ± 0.1925	0.2545 a ± 0.1969	0.0969 a ± 0.0528	0.0933 a ± 0.0445	0.1105 a ± 0.0812
P-PO4 mgL-1	2.646 b ± 1.8140	3.359 ab ± 1.7780	3.449 ab ± 1.6950	6.869 ab ± 4.3730	7.391 ab ± 3.3890	7.111 ab ± 2.6520	10.09 ab ± 12.148	10.710 a ± 8.5370	6.77 ab ± 6.7090
Coliformes (NMP)	11.000 a ± 12.000	8.1000 a ± 6.3000	19.10 a ± 27.300	99.00 a ± 141.80	249.10 a ± 441.60	65.80 a ± 96.200	7.40 a ± 8.7000	50.40 a ± 106.00	8.20 a ± 8.7000
OD	2.885 a ± 1.9150	2.836 a ± 1.7200	3.068 a ± 1.8530	1.783 a ± 0.6370	1.712 a ± 0.6730	1.520 a ± 0.6790	- -	- -	- -
pH	8.6867 a ± 0.9250	8.7867 a ± 0.8081	8.731 a ± 0.8734	8.7811 a ± 0.9121	8.6522 a ± 0.8422	8.5167 a ± 0.9254	- -	- -	- -
T (°C)	26.748 a ± 3.1490	26.266 a ± 3.2200	27.176 a ± 3.4540	27.038 a ± 2.9190	27.032 a ± 3.3980	26.703 a ± 3.2820	- -	- -	- -
Conductividad	48.130 a ± 9.1260	47.077 a ± 10.496	47.734 a ± 8.2640	45.169 a ± 9.2150	45.050 a ± 8.2020	49.346 a ± 5.1800	- -	- -	- -
Salinidad (UPS)	31.062 a ± 7.4430	30.081 a ± 10.730	31.104 a ± 6.0050	29.057 a ± 6.3460	29.078 a ± 5.7170	32.078 a ± 3.7120	- -	- -	- -

4.5 Perfiles de la playa

Para el análisis de perfiles se realizó un promedio de los tres perfiles de cada punto de muestreo para así obtener un solo perfil promedio por mes, para su fácil análisis se seleccionaron los perfiles que presentaron puntos de interés, anexando las gráficas de cada playa con todos los perfiles mensuales al final del apartado.

En la figura 4.12 podemos observar los perfiles de la playa la Mancha en la cual el perfil de inicio y final de muestreo (marzo 2014 y 2015) tuvieron comportamientos similares. La playa La Mancha presenta su comportamiento natural, en temporadas de lluvias y tormentas predominando el perfil de erosión como fue el mes de julio en que la playa presento la más larga extensión al provocar el arrastre de la arena y sedimento mar adentro por lo que se vio reducida considerablemente la pendiente de la playa, en el mes de abril (2014) presento un mayor perfil de acumulación estando dentro de la temporada de secas y terminando la temporada de nortes.

Por lo general la Mancha fue la playa con los más bajos niveles de coliformes de las 3 playas muestreadas, con niveles de entre 3 y 5 NMP/100 ml de agua, solo siendo el mes de abril (2014) el que presenta un aumento con 35 NMP/100ml en promedio en la arena húmeda siendo asociados a que en dicho mes existe una gran concurrencia de personas debido a que comienza la temporada vacacional de semana santa, factor que repercute directamente en dicho aumento.

De junio a septiembre se da el proceso de erosión de la playa y de diciembre a abril el proceso de acumulación, siendo una playa conservación nos tiene grandes afectaciones a su entorno. En la gráfica (4.12) el mes de abril (2014) tuvo el nivel más alto de acumulación de arena, los meses de marzo de 2014 y 2015 un nivel medio de acumulación de arena y el mes de julio (2014) el nivel más bajo de con un perfil de erosión.

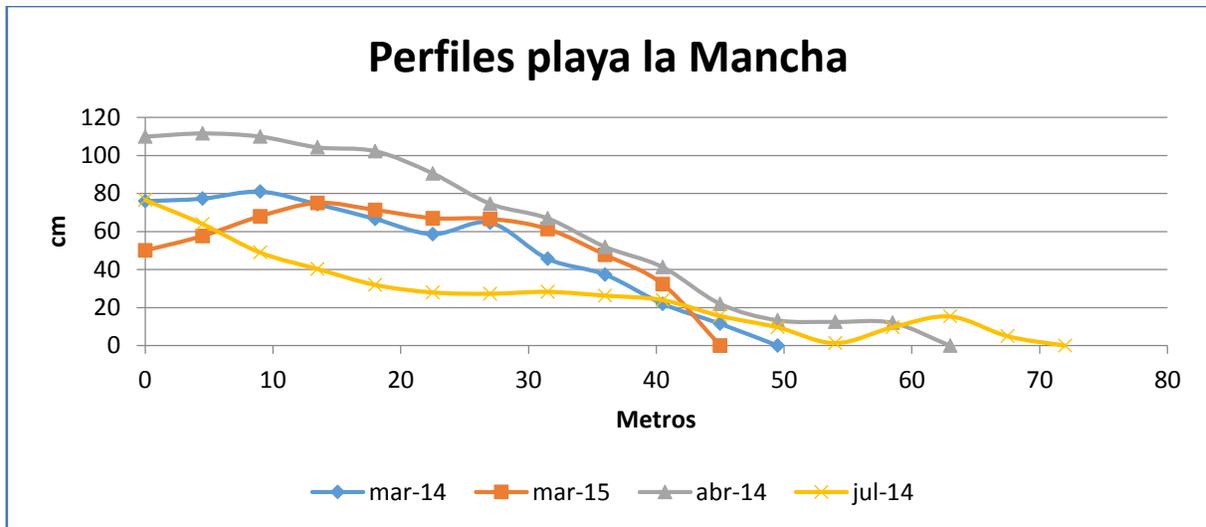


FIGURA 4.12 Perfiles de la playa la Mancha. En los meses de Marzo de 2014 y 2015 y abril (2014) con un perfil de acumulación y en el mes de julio (2014) con perfil de erosión.

Por su parte la Playa Santa Ana (Boca del Rio) al contar con pequeños comercios en su orilla (Fig. 4.13) los propietarios mantienen los niveles de la arena “altos” en los primeros 10 metros de playa no dejando que esta siga su curso natural de acumulación y erosión.



FIGURA 4.13 Comercios establecidos sobre la playa Santa Ana.

En la figura 4.14 se muestran tres de los perfiles de la playa Santa Ana, para el mes de enero (2015) tan solo tuvo 32 metros hacia el mar (la menor en todo el año de muestreo) presentando un perfil de acumulación, en este mes tuvo bajos niveles de coliformes en la arena húmeda de 17 NMP/100 ml en promedio. En el mes de junio (2014) en la arena húmeda se alcanzaron altos niveles de coliformes 412 NMP/100ml, presentando la playa un perfil de erosión con una extensión hacia el mar de 37 metros. En el mes de febrero (2015) la playa Santa Ana presento un perfil de erosión aunque esta vez con 50 metros de extensión hacia el mar, este mes tuvo el nivel más alto de coliformes en el agua con un promedio de 839 NMP/100 ml relacionando estos niveles en el agua con el aporte del río Jamapa debido a la proximidad de su desembocadura con dicha playa (Fig. 4.15).

No se encontró una relación directa entre el perfil de playas y los niveles de coliformes para esta playa, aunque se puede decir que las variables que se suman debido al río hace que sea un entorno demasiado cambiante (inestable), por todos contaminantes que puede arrastrar el río a lo largo de su camino, o también considerar las descargas de la planta de tratamientos de aguas residuales que se ubica a un costado de la playa y también se debe tomar en cuenta la dirección de las corrientes oceánicas.

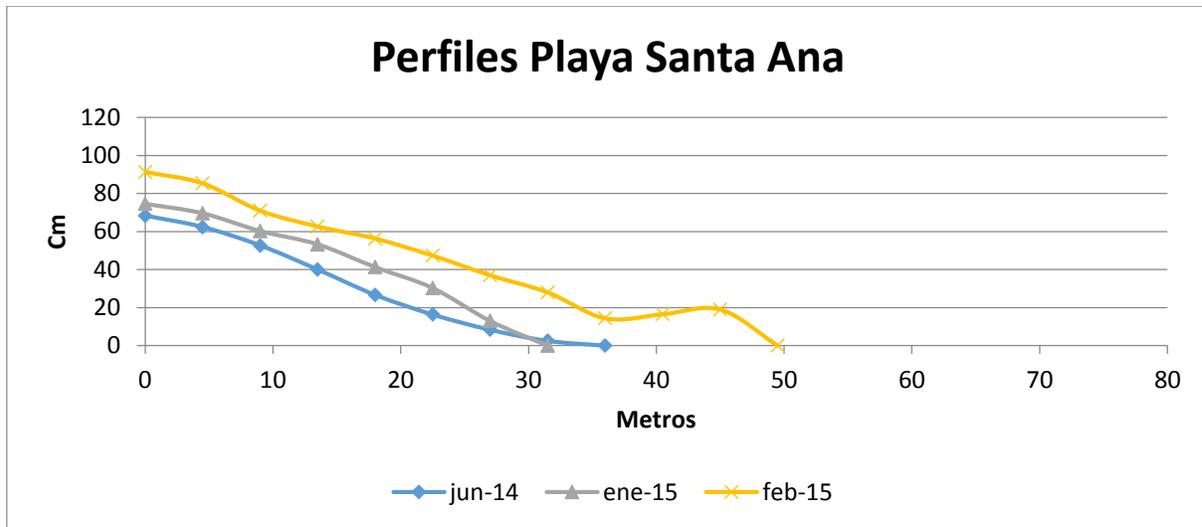


FIGURA 4.14 Perfiles de la playa Santa Ana. En el mes de junio (2014) y febrero (2015) con un perfil de erosión y en el mes de enero (2015) con perfil de acumulación.



FIGURA 4.15 Influencia del Río Jamapa a la playa Santa Ana. (Tomado de Google Earth, 2015)

La playa Villa del Mar es de las más concurridas en el puerto de Veracruz, con diversos daños antropogénicos esta playa no presenta su proceso natural viéndose afectada de diversas maneras. La playa Villa del Mar presento el perfil con mayor extensión hacia el mar en el mes de noviembre con tan solo 40 metros y el menor con

23 metros en el mes de marzo (2014) (Fig. 4.16). En esta playa se observó claramente que existía una relación entre la altura de la playa y el nivel de coliformes, los meses de marzo, abril, Junio y septiembre de 2014 fueron meses donde la playa tenía como altura máxima aproximadamente 50 cm, dejando al descubierto una descarga de aguas (Fig. 4.17), proveniente de los comercios que delimitan la playa, y siendo en estos meses que se encontraron en la arena húmeda valores promedios de coliformes por fuera de los máximos permisibles(marzo de 2014, 382NMP; abril, 239 NMP; junio, 303 NMP y septiembre, 412 NMP). En la arena húmeda se dan las condiciones ideales para que los coliformes mantengan un número alto, ocurriendo lo contrario en los meses en los que la altura de la playa sobrepaso los 90 cm como en el meses de noviembre (2014) que solo presento 10 NMP.

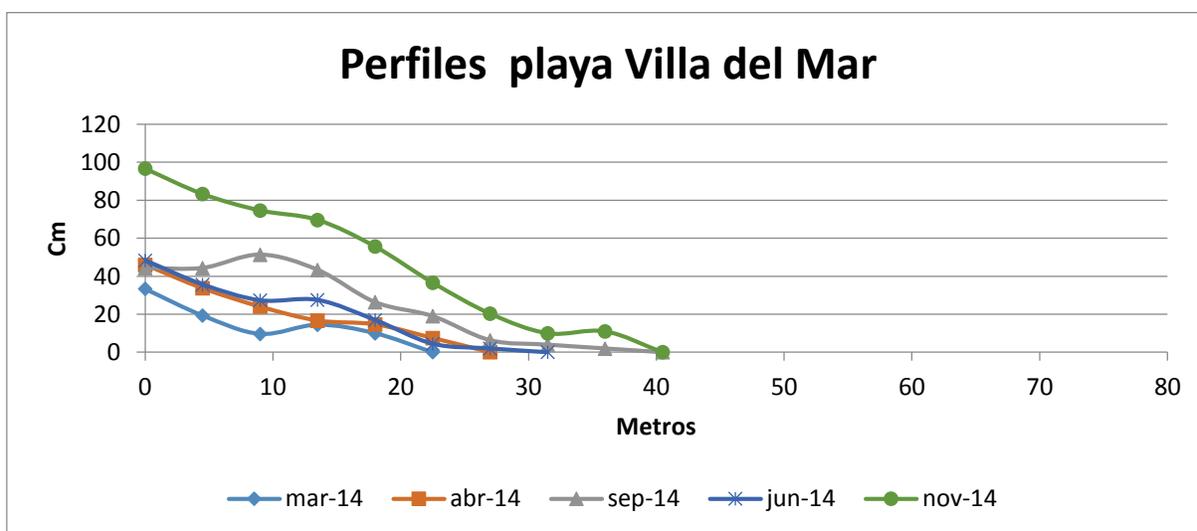


FIGURA 4.16 Perfiles de la playa Villa del Mar. En los meses de marzo, abril y junio de 2014 con un perfil de erosión y en los meses de septiembre y noviembre (2014) con un perfil de acumulación.

Los altos niveles de coliformes en los meses de junio y septiembre de 2014 son asociados también a la época de lluvias donde influye el arrastre de las descargas, al estar la playa semicerrada por escolleras el recambio de agua es más tardado debido al poco movimiento originado por el oleaje.



FIGURA 4.17 Escorrentía de agua en playa Villa del Mar. A) Descarga de agua pluvial, B), C) y D) descargas provenientes de zona de restaurantes visible en temporadas de menor altura en la playa, E) maquinaria pesada sobre la playa Villa del Mar utilizada para recuperar arena y compactarla.

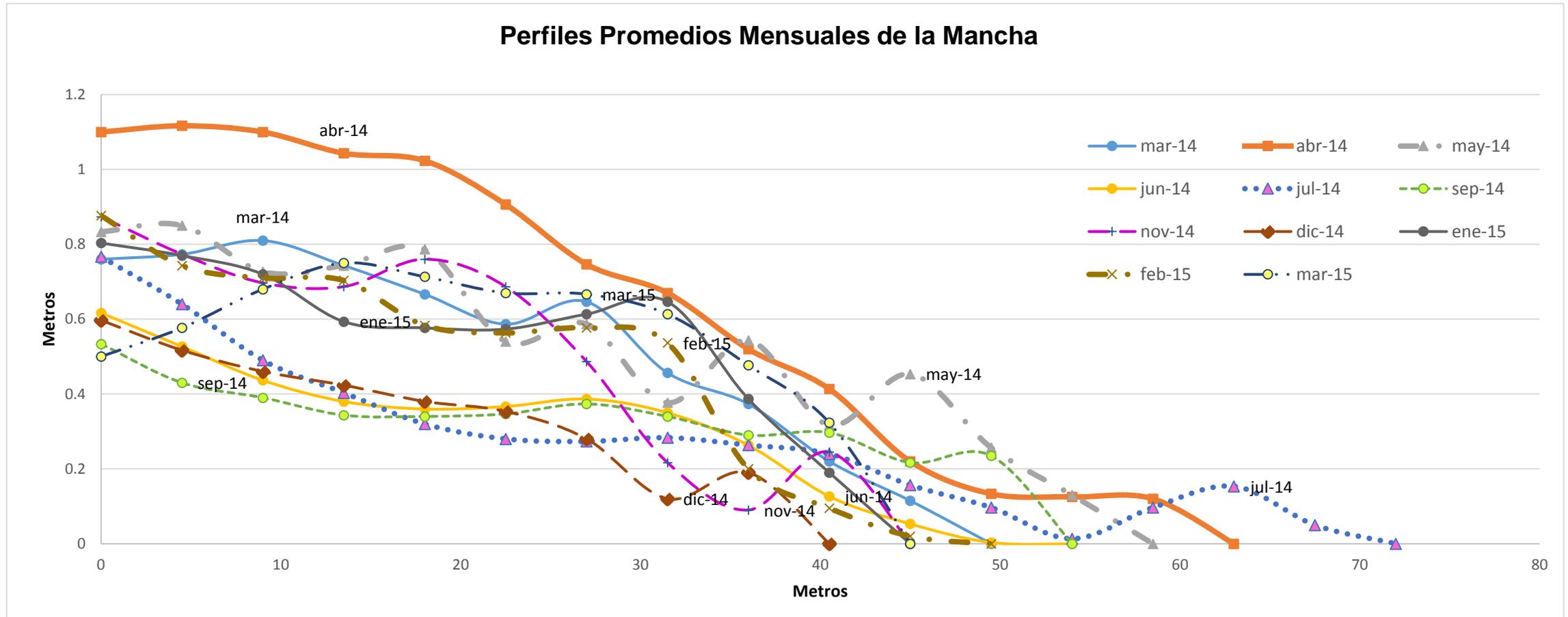


FIGURA 4.18 Perfiles promedios mensuales de la playa La Mancha.

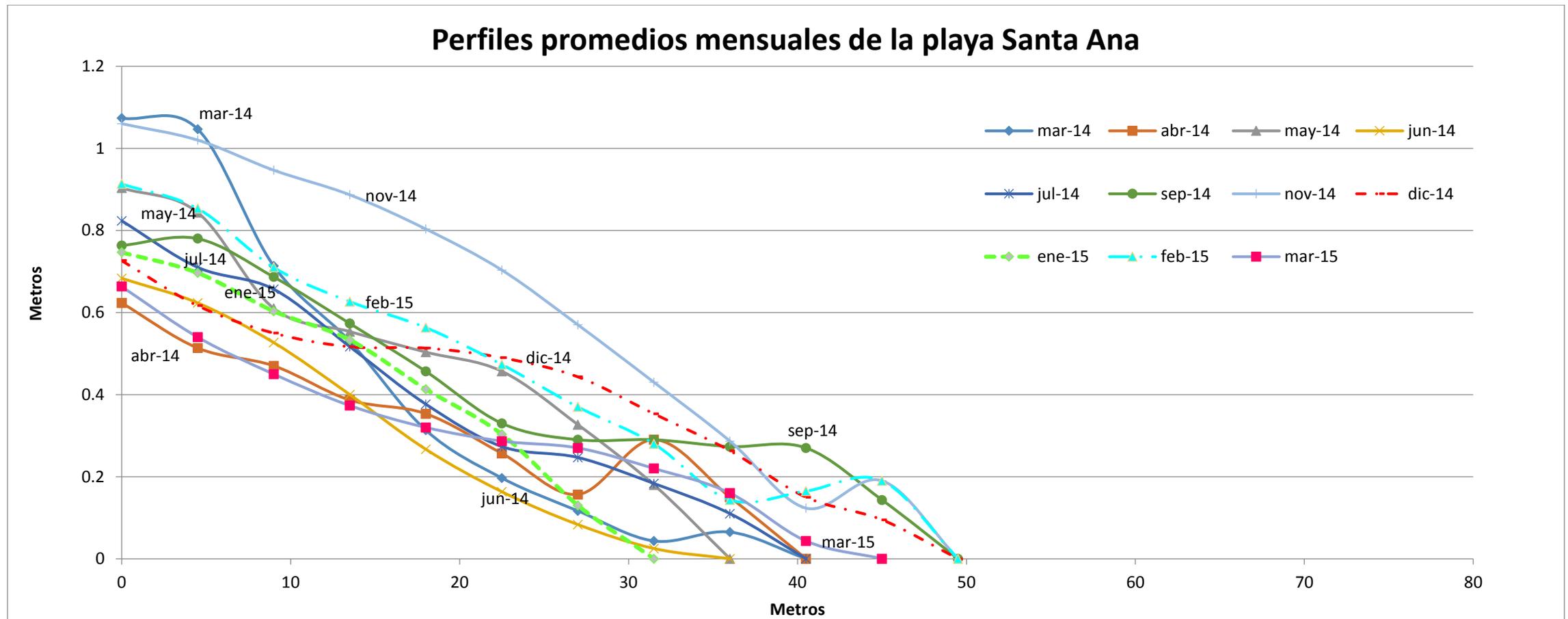


FIGURA 4.19 Perfiles promedios mensuales de la playa Santa Ana.

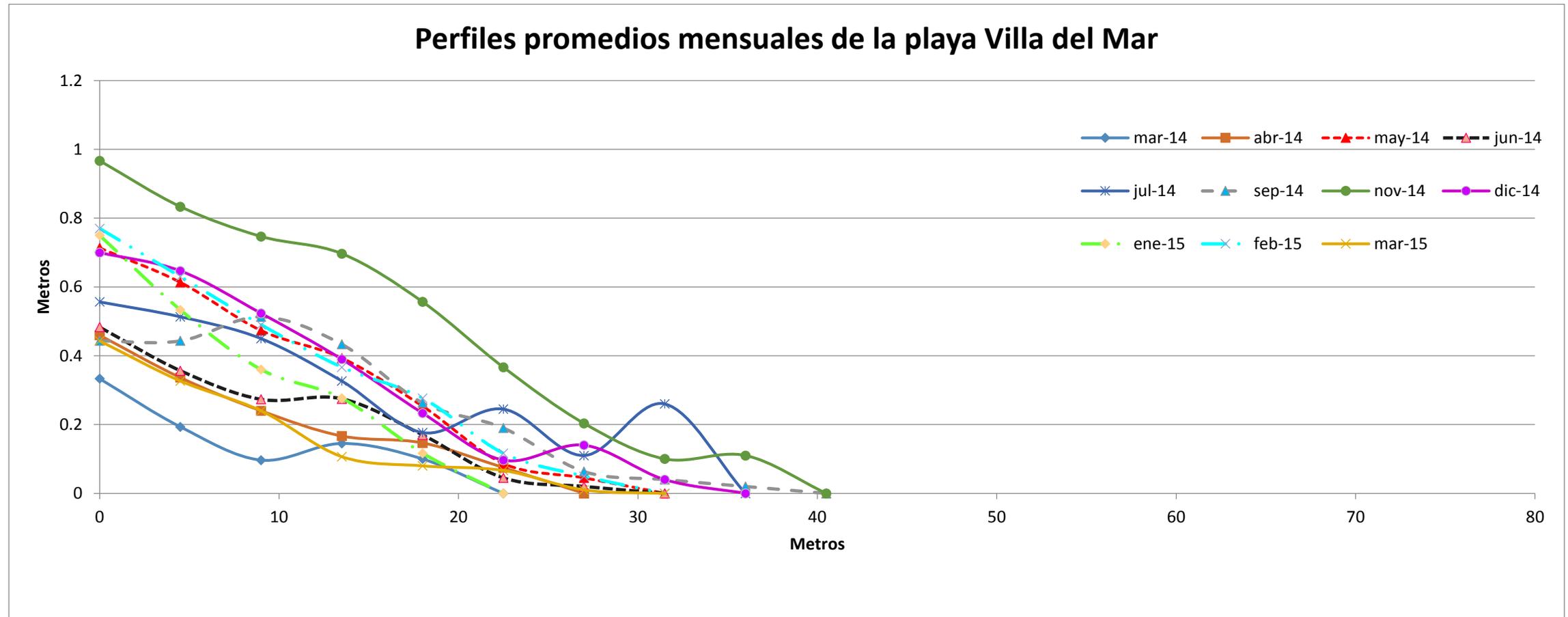


FIGURA 4.20 Perfiles promedios mensuales de la playa Villa Mar.

4.6 Dependencia entre coliformes y perfil de playa

Al realizar el análisis de correlación de Pearson para estudiar la relación o dependencia que existe entre las dos variables de estudio principales (nivel de coliformes y perfil de playa) para ver si presentaban una relación entre ellas (Fig. 4.21). La playa de La Mancha mostro una correlación muy débil ($r=0.2$), asociado a que las variaciones de los niveles de coliformes son muy bajos durante todo el año tanto en la arena húmeda y en la seca quedando dentro de los límites máximos permisibles. Para la playa Santa Ana una correlación débil ($r=0.3$) fue asociada a las variaciones debido a los aportes del rio, al presentar arrastres de nutrientes y contaminantes los niveles de coliformes no solo esta asociados al perfil; por lo que ambas playas presentan una correlación casi nula. La playa Villa del Mar por su parte obtuvo una fuerte correlación negativa entre las variables ($r= -0.8$) indicándonos que cuando los niveles de la altura en la arena disminuían los niveles de coliformes se veían aumentadas, para este tipo de playa en particular con descargas clandestinas y alta afluencia turística, y poco movimiento en el recambio de agua cuando la arena disminuía en su altura los niveles máximos de coliformes se daban en la arena húmeda, asociándose a que el alto número de personas tienen menos playa donde estar que dejan basura orgánica sobre la arena, que la poca arena pierde sus características de “filtro” para las salidas de aguas provenientes de los comercios y dando así las condiciones adecuadas para que las coliformes aumente su periodo de vida sobre la arena húmeda.

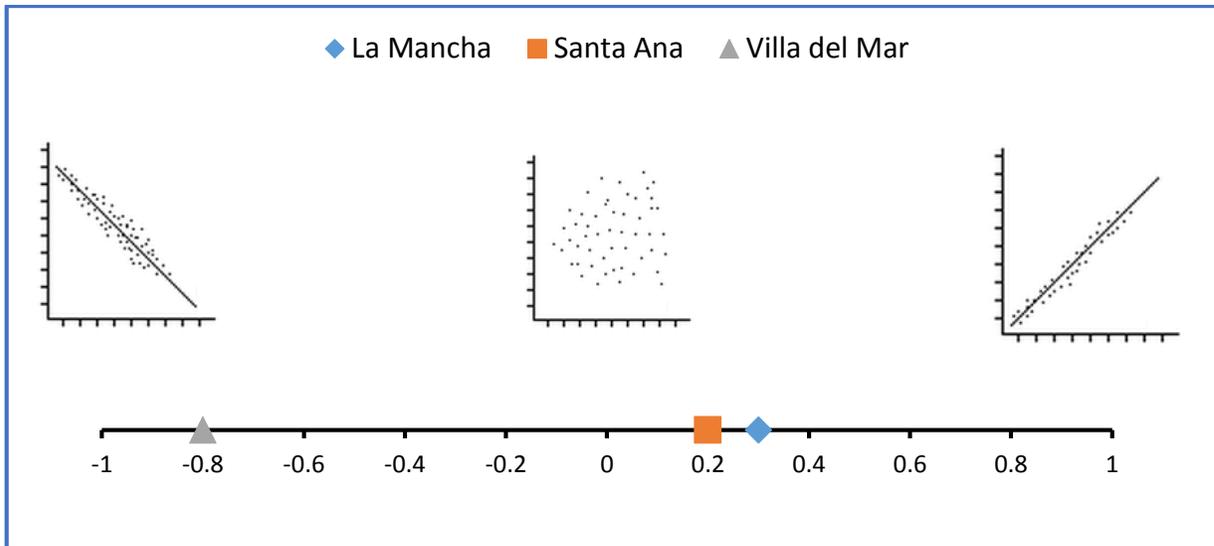


FIGURA 4.21 Grafica de correlación de Pearson de las 3 playas estudiadas.

4.7 Análisis de componentes Principales

En el Análisis de Componentes Principales (PCA) explica el 64.23% de la variación total entre los dos ejes, con eigenvalores de 1.65 (eje 1) y 1.55 (eje 2). En el eje I se observa un gradiente de izquierda a derecha de la grafica, que va de mayor a menor concentración de amonio ($r= 0.764$) en el que los sitios de muestreo con los valores mas altos fueron Villa del mar en la arena húmeda (VH1,VH2, y VH3); el fosforo ($r= -0.479$) presenta el mismo patron que el amonio, donde los valores mas altos se encuentran en la arena seca de la playa Villa del Mar (VA1, VA2, VA3) asi mismo los coliformes fecales ($r= -0.703$) en el que los sitios de muestreo con los valores más altos se distribuyen a la izquierda de la gráfica con las playas Villa del Mar y Santa Ana (VH1,VH2,VH3,SM1 y SH1). En el eje II se observa un gradiente de abajo hacia la parte superior de la gráfica de menor a mayor concentración de nitritos ($r= 0.848$) siendo los sitios MH2 y MH3 que presentan mayor concentración, y los nitratos ($r= 0.704$) presentan el mismo comportamiento que corresponde a la mayoría de los sitios de arena húmeda y agua los cuales mantienen casi los mismos niveles. (Fig. 4.22)

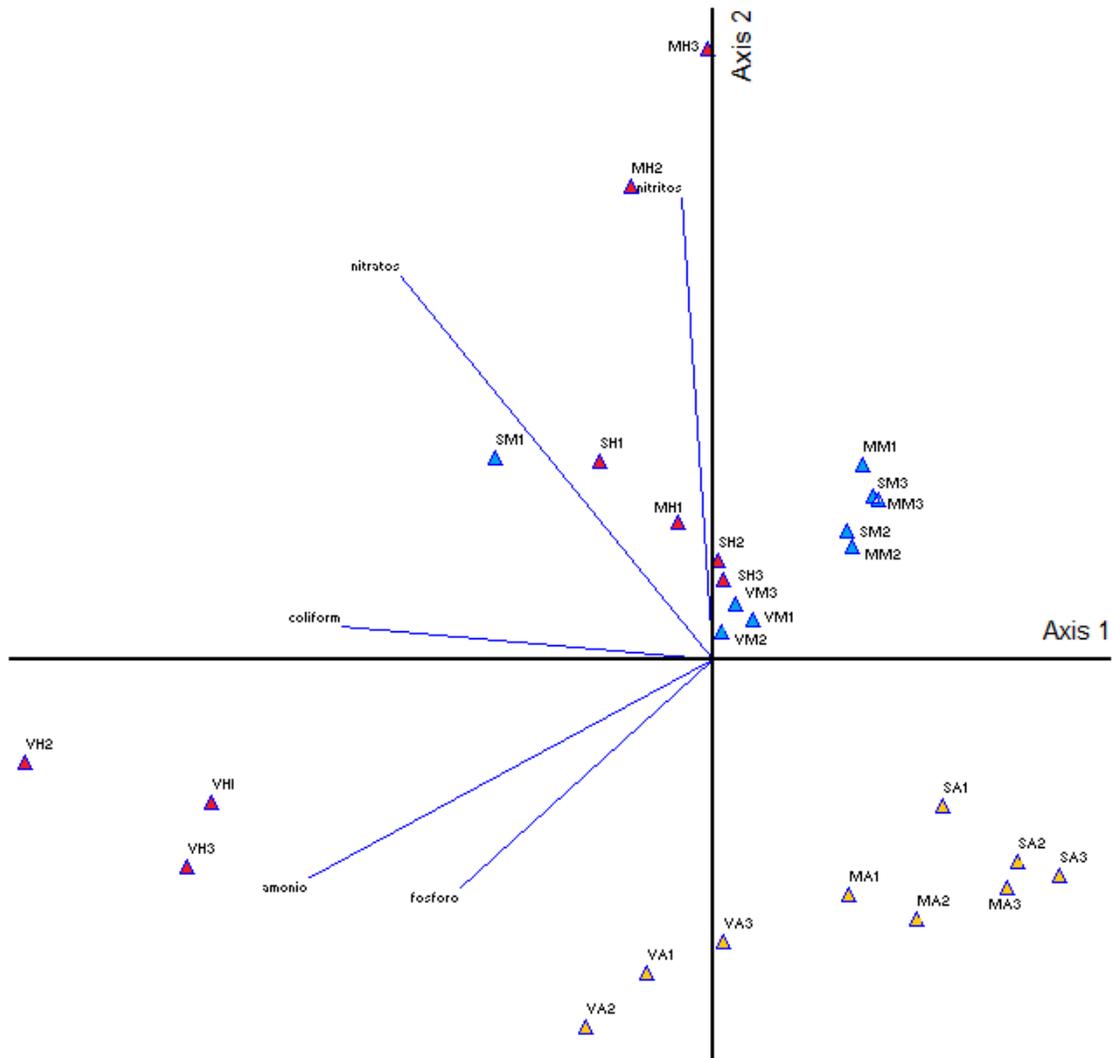


FIGURA 4.22 Ordenación por componentes principales (ACP), basada en los valores promedios anuales de los parámetros fisicoquímicos y coliformes, de la región central del estado de Veracruz. Ambos ejes explican el 64.23 del porcentaje de variación. (MA, SA, VA, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en la Arena seca; MM, SM, VM, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en el agua de Mar; MH, SH, VH, son la Mancha, Santa Ana y Villa del Mar en la Arena húmeda).

Podemos observar que la arena seca de las tres playas tuvo comportamientos similares posicionándose todos los puntos de arena seca en la parte inferior derecha de la gráfica, para las muestras de agua de mar la mayoría de los puntos de la Mancha y Santa Ana se posicionaron del lado superior derecho con excepción del punto 1 de

la playa Santa Ana el cual se posicionó en el lado superior izquierdo siendo este punto el más cercano a la escollera con el río Jamapa, y el que presenta la mayor variación (Tabla 4.2) atribuible a posibles filtraciones entre el río contaminado por la descarga de agua residual de la planta de tratamientos de agua residual de Boca del Río y el mar. Los puntos que corresponden a la arena húmeda (MH1, MH2, MH3, SH1, SH2, SH3) son los que menos se agrupan, con excepción de los tres sitios de la playa Villa del Mar (VH1, VH2, VH3), los cuales se agruparon del lado inferior izquierdo de la gráfica indicando que tiene la mayor concentración de Amonio y Coliformes, caso contrario se observa con los sitios de la playa la Mancha y la playa Santa Ana.

CONCLUSIÓN

La comparacion de la arena seca, la arena húmeda y el agua de mar, demostro que la arena humeda presentó los valores mas altos en coliformes fecales y por fuera de la norma para México que es de 200NMP coliformes /100 ml de agua , lo que pudiese ocasionar enfermedades gastrointestinales a los visistantes en temporadas vacacionales que se dan los numeros mas altos. De la misma manera en la arena humeda los nutrientes del nitrógeno tiene los valores mas altos. Aunque evitando una proliferacion de algas en el agua los compuesto de nitrogeno son los limitantes, debido a que el fósforo se encuentra en valores mucho mayores que los del nitrogeno.

Existen diferencias entre las tres playas, la playa La Mancha tiene valores altos en nitratos pero no en coliformes, siendo la playa que presenta un nulo riesgo sanitario aun cuando su mayor afluencia se da en vacaciones de semana santa sus valores de coliformes no ponen en riesgo la salud de los bañistas. En cuanto a la playa Santa Ana que presentó una gran variacion en los meses de muestreo, debido a que se ve fuertemente influenciado por el rio Jamapa, siendo los meses de junio y febrero los que presentarán valores mas altos de coliformes y siendo el punto uno tanto en arena húmeda como en el agua donde mantuvo dichos valores relacionandose asi a que del lado del rio se localiza una planta de tratamientos de aguas residuales y que de alguna manera exista una filtracion hacia el punto uno, siendo el motivo principal por el que mantenga las cifras altas.

Debido a que no siguen el mismo comportamiento las playas (erosion y acumulacion) no se encontro una relación directa entre los perfiles de las playas y la cantidad de coliformes, pero se demostro que la playa Villa del Mar tiene un comportamiento el cual se relaciona la altura de los niveles de arena con las coliformes fecales presentes en la playa, cuando la altura de la arena supero los 50cm la playa mantuvo niveles bajos de coliformes en la arena húmeda y los valores fueron altos en

el agua atribuyéndose los niveles bajos en la arena húmeda a que la cantidad de arena presente podía servir de filtro para las escorrentías de aguas de desecho provenientes de la zona de restaurantes y los niveles altos en el agua se debían a las descargas de agua pluviales que están cerca de esta playa.

Cuando la altura de la arena fue menor a los 50cm en la playa, la arena húmeda presentó los niveles más altos siguiéndole el agua con valores de más de 200 NMP, como los presentó en los meses de marzo(2014), abril, junio y septiembre, que fueron los meses en los que las descargas quedan por encima de la arena, siendo este un riesgo para los bañistas debido a que marzo, abril y junio son meses de vacaciones momento justo cuando esta playa recibe una gran afluencia turística.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA, AWWA, WPCF. (1989). *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. (L. S. Clesceri, A. E. Greenberg, R. R. Trussell, & M. A. Franson, Edits.) Madrid, España: Diaz de Santos, S.A.
- Arcilla Sanchez, A., & Jiménez, J. A. (1995). Evolución en planta/perfil de una playa. *Metodos Predictivos. Ingeniería del agua*, 2(Extraordinario), 119-132.
- Asperen, I., Rover, C., Schijven, J., & Bambang, S. (1995). Risk of otitis externa after swimming in recreational fresh water lakes. *General Practice*, 311, 1407-1410.
- Beatley, T., Brower, D., & Schwab A., K. (1994). *An introduction to coastal zone management* Island Press. Washington D.C.
- Blanco Menéndez, J. P., Fernández Fernández, S., Hernández Oubiña, D., Jacome Burgos, A., & Del Río Cambeses, H. (2012). *contaminación de las aguas residuales*. España: EDAR.
- Bonilla, T., Nowosielski, K., Cuvalier, M., Hartz, A., Green, M., Esiobu, N., & Rogerson, A. (2007). Prevalence and distribution of fecal indicator organisms in South Florida beach sand and preliminary assessment of health effects associated with beach sand exposure. *Marine Pollution Bulletin*, 54, 1472-1482.
- Calleja, A. H. (2008). Agentes biológicos no infecciosos: enfermedades de la piel. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo*, 1-8.
- Chalarca- Rodríguez, A. D., Mejía- Ruiz, R., & Aguirre-Ramírez, N. J. (2007). Aproximación a la determinación del impacto de los vertimientos de las aguas residuales domésticas del municipio de Ayapel, sobre la calidad del agua de la ciénaga. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 40, 41-58.
- Cifuentes-Lemus, J. L., Torres-García, P., & Fías-M., M. (1995). Las ciencias del mar: oceanografía física, matemáticas e ingeniería. En *El océano y sus recursos III*. México: Fondo de cultura económica .
- Cruz, I., & Galicia, M. (2 de Julio de 2013). Calidad bacteriológica de la arena de mar. (D. H. Nolasco, Ed.) *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo de México*.
- Díaz Delgado, C., & Campos Pinilla, C. (2003). Indicadores de contaminación fecal en agua. En *Agua potable para comunidades rurales, reúso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas* (pág. 33). México: CYTED.

- EL HUFFINGTON POST. (04 de 07 de 2013). *Playa cubierta de algas verdes en China: las fotos de Qingdao*. Obtenido de EL HUFFINGTON POST: http://www.huffingtonpost.es/2013/07/04/playa-cubierta-de-algas-china_n_3546266.html
- Enríquez Hernández, G. (2003). Criterios para evaluar la aptitud recreativa de las playas en México: una propuesta metodológica. *Gaceta Ecológica*(68), 55-68.
- Escobedo Urías, D., Hernández Real, M. T., Herrera Moreno, N., Ulloa Pérez, A., & Chiquete Ozono, Y. (2011). Calidad bacteriológica del sistema lagunar de San Ignacio-Navachiste, Sinaloa. *Ciencia y Mar*, 17-27.
- Flores Mejía, M. A., Flores Hernández, M., & Rios, M. (2011). Calidad Bacteriológica de las principales playas de la bahía de Acapulco, Guerrero. *Contacto S*, 5-11.
- Flores- Verdugo, F., & Agráz Hernández, C. (2009). Determinación de la microtopografía utilizando manguera de nivel. En P. Moreno-Casasola , & B. Warner, *Breviario para describir, observar y manejar humedales* (pág. 407). Xalapa, Veracruz, México: Serie costa Sustentable no 1. RAMSAR, Instituto de Ecología A.C.
- García, M. (1987). Modificaciones al sistema de clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Editorial México.
- García, Y., & Botero, C. (2009). Selección y propuesta de parámetros para la determinación de la calidad ambiental en playas turísticas del Caribe colombiano. *Ciencia en su PC*(4), 42-53.
- Gómez, J. (2001). Vulnerabilidad y Medio Ambiente. *División de medio ambiente y asentamientos humanos*, 36.
- Greenpeace. (2010). Playas sucias. México.
- INEGI. (2013). Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2013. En I. N. Geografía. INEGI.
- INEGI. (2014). *Cuentame... Información por entidad*. Obtenido de INEGI: www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/territorio/clima.aspx?tema=me&e=30
- Jimenez, A., & Ávila, J. (2009). Morfodinámica del perfil de playa con sedimentos carbonatados en la península de Yucatán. *Ciencia y Mar*, 35(3).
- Lara-Lara, J. R., Arreola-Lizárraga, J., Calderón-Aguilera , L. E., Camacho-Ibar, V. F., de la Lanza-Espino, G., Escofet-Giansone, A., . . . Zertuche-González, J. A. (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales, En: Capital natural de México. En *Conocimiento actual de la biodiversidad* (Vol. I, págs. 109-134). México: CONABIO.

- Larrea Murrel, J. A., Rojas Badía, M. M., Romeu Álvarez, B., Rojas Hernández, N. M., & heydrich Pérez, M. (2004). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas. *CENIC*, 44(3), 24-34.
- López-Martínez, L., Paredes-Giménez, A., Alcaraz-Oliver, N., & Gilbert, J. (1998). Analisis de parámetros físicos, químicos y biológicos en las aguas costeras de la región de Murcia. *Investigación EUITC*, 92-95.
- Marcomini, S. C., & Lopéz, R. A. (2008). Hidro y Aerodinámica litoral. En *Erosión y manejo costero de Villa Gesell*. Buenos Aires, Argentina: Union por Gesell .
- Molina, E. C., Gaciadiego, L., Gómez Ruiz, H., & Cañizares, M. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estandar. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 47(1), 88-92.
- Moreno-Casasola, P. (2004). Playas y dunas del Golfo de México. Una visión de su situación actual. En M. Caso, I. Pisanty, E. Escurra, & (Comp)., *Diagnostico ambiental del Golfo de México* (págs. 491-520). México: SEMARNAT (INE)-INECOL- Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies.
- Moreno-Casasola, P., & Peresbarbosa, E. (2006). Manejo integral de la zona costera. En P. Moreno- Casasola, R. E. Peresbarbosa, & A. C. Travieso-Bello, *Estrategias para el manejo costero integral: el enfoque municipal* (págs. 21-50). Xalapa, Ver, México: Instituto de Ecología A.C., CONANP and Gobierno del Estado de Veracruz.
- OMS. (2002). *Guía para ambientes seguros en aguas recreativas* . México: Organización Mundial de la Salud.
- Ramos Ortega, L. M., Vidal, L. A., Vilardy, S. Q., & Saavedra Díaz, L. (2008). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Acta Biol. Colombia*, 13(3), 87-98.
- Rodríguez, J. J., & Windevoxhel, N. J. (1998). Análisis Regional de la Situacion de la zona costera centroamericana. Washinton D.C. : ENV.
- Santiago, R., Salas, J. d., & Dominguez, C. (2010). Caracterización de las playas de Tuxpan, Veracruz mediante criterios de certificación. Tuxpan, Veracruz, México.
- Secretaría de Economía. (2001). NMX-AA-029-SCFI-2001. *Análisis de aguas. Determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba*. México.
- Secretaría de Economía. (2011). NMX-AA-042-SCFI-2011. *Análisis de agua-detección y ennumeración de organismos Coliformes, organismos coliformes termotolerantes y escherichia coli Presuntiva- Método del número más probable en tubos múltiples*. México.

- SEMARNAT. (2005a). *Calidad del agua en zonas costeras* .
- SEMARNAT. (2005b). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales*. Mexico: SEMARNAT.
- SEMARNAT. (2012). *Agua*. México.
- SEMARNAT. (2013). *Resultados de la calidad de agua de mar* . México.
- Siemens, A., Moreno- Casasola, P., & Sarabia, C. (2006). The metabolization of wetland by the city of Veracruz, México. *Journal of Latin American Geography*, 7-29.
- Silva , N. S., & González, E. (2011). Estudio comparativo de la calidad del agua de mar en las playas de Acapulco. Queretaro, Queretaro, México.
- WHO. (2003). *Coastal and fresh waters* (Vol. 1). Geneva, Suiza: World Health Organization.
- World Health Organization (WHO). (2003). *Guidelines for safe recreational water environments*. Suiza: Geneva.
- zetina, M., Sánchez, P., Osorio, R., Mariño, T., Castillo, C., & Cauich, T. (2008). Análisis de modelos de perfil de playa en equilibrio aplicados a una playa de Yucatán. *Ingeniería*, 12(3), 15-31.

APÉNDICE A.

TÉCNICAS UTILIZADAS PARA LA DETERMINACIÓN DE CONTAMINANTES.

ANEXO 1. Nitritos (Método de la Sulfanilamida)

REACTIVOS

- a) Reactivo de Sulfanilamida: Se disuelve 1 g de Sulfanilamida en una mezcla de 10 ml de HCL concentrado y 60 ml de agua destilada. Posteriormente se diluye a 100 ml con agua destilada. Esta solución es estable por muchos meses.
- b) Solución de N-(1naftil)-etilendiamina diclorhidrato (NEDH): Se disuelven 100 mg de NEDH en 100 ml de agua destilada. Este se debe almacenar en un recipiente ámbar, para evitar que se degrade por la acción de la luz. Reemplazar mensualmente o inmediatamente que empiece a desarrollar un color café fuerte.

MATERIAL Y EQUIPO

- a) Espectrofotómetro para su uso de 400 a 900 nm.

PROCEDIMIENTO

- a) Tomar un tubo de ensaye de capacidad mayor a 10 ml, tomar una alícuota de 0.3 ml de muestra y llevar a un volumen de 10 ml con agua destilada.
- b) En otro tubo de igual capacidad agregar 0.1 ml de muestra del tubo anteriormente preparado y llevar a un volumen de 10 ml con agua destilada.
- c) Añadir a 0.1 ml de sulfanilamida. Dejar reaccionar por más de 2 minutos pero no más de 8 min.
- d) Añadir 0.1 ml de solución de NEDH y mezclar inmediatamente.
- e) Dejar reposar por lo menos 10 minutos pero no más de 2 horas.
- f) Mida la absorbancia a 543 nm y prepare una curva de calibración con las concentraciones adecuadas.

CÁLCULO

Determine la concentración de N-NO₂ directamente en la curva de calibración.

ANEXO 2. Nitratos (Método espectrofotométrico ultravioleta selectivo)**REACTIVOS.**

- a) Solución stock de nitratos: Secar nitrato de potasio (KNO_3) en horno a $105\text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas. Disuelva 0.7218 g en agua libre de nitratos y afore a 1 L. $1\text{ ml} = 100\text{ }\mu\text{g NO}_3\text{-N}$. Conservar con 2 ml de CHCl_3/L . Esta solución es estable por 6 meses.
- b) Solución intermedia de nitratos: Diluir 100 ml de solución stock a 1 L con agua libre de nitratos. $1\text{ ml} = 10\text{ }\mu\text{g NO}_3\text{-N}$. Conservar con 2 ml de CHCl_3/L . Esta solución es estable por 6 meses.
- c) Solución de ácido clorhídrico 1N.

MATERIAL Y EQUIPO

- a) Espectrofotómetro para uso a 220 y 275 nm con celdas de borosilicato de 1 cm de paso de luz.

PROCEDIMIENTO

- a) A 50 ml de muestra filtrada si es necesario, agregue 1 ml de solución de HCl y mezcle.
- b) Preparación de la curva de calibración: Prepare estándares de calibración en el rango de 0 a 7 mg $\text{NO}_3\text{-N/L}$ diluyendo a 50 ml los siguientes volúmenes de solución intermedia de nitratos: 0, 1, 2, 4, 7, ..., 35 ml. Trate los estándares de la misma manera que las muestras.
- c) Lea la absorbencia a 220 nm para obtener las lecturas de nitratos y a 275 nm para determinar la interferencia por materia orgánica disuelta.

CÁLCULO

Para muestras y estándares, reste dos veces la absorbencia leída a 275 nm de la lectura a 220 nm, para obtener la lectura debida a nitratos. Grafique una curva de calibración de absorbencia debida a $\text{NO}_3\text{-N}$ contra concentración de $\text{NO}_3\text{-N}$ del estándar. Usando las absorbencias corregidas de las muestras, obtenga las concentraciones directamente de la curva de calibración. Si la corrección es mayor al 10% de la lectura a 220 nm no use este método.

ANEXO 3. Amonio (Método del Fenol)**REACTIVOS.**

- a) Reactivo alcalino: Pesar 0.75g de NaOH y 15g de citrato de sodio. Diluir en un matraz aforado de 50 ml y aforar con agua destilada. Refrigerar.
- b) Reactivo Oxidante: Mezclar en una proporción 4 a uno el reactivo alcalino con hipoclorito de sodio al 5 %. Esta solución se prepara al instante,
- c) Fenol: Diluir 50g de sal de fenol con alcohol etílico en un matraz aforado de 500 ml.
- d) Nitroprusiato de sodio: En un matraz aforado de 200ml diluir 1 g de Nitroprusiato. Guardar en frasco ámbar.
- e) NaOH 0.5M

MATERIAL Y EQUIPO

- a) Espectrofotómetro para uso a 630nm con celdas de borosilicato de 1 cm de paso de luz.

PROCEDIMIENTO

- a) Tomar 2.5ml de muestra en un tubo de ensayo y agregar los siguientes reactivos:
- 0.2ml de solución de fenol. Mezclar.
 - 0.2ml de Solución de Nitroprusiato. Mezclar.
 - 0.3ml de mezcla oxidante

Agitar y llevar a oscuridad 1hr

- b) Leer la absorbancia a 630nm. Cada muestra se hace por triplicado.

CÁLCULO

Grafique una curva de calibración de absorbencia debida a $\text{NH}_4\text{-N}$ contra concentración de $\text{NH}_4\text{-N}$ del estándar. Usando las absorbancias de las muestras, obtenga las concentraciones directamente de la curva de calibración.

ANEXO 4. Fosfatos (Método del ácido Vanadomolibdofosfórico)**REACTIVOS**

- a) Solución acuosa de indicador de fenolftaleína.
- b) Ácido clorhídrico HCl: 1+1 H₂SO₄, HClO₄, el HCl puede ser sustituido por HNO₃.
La concentración del ácido no es crítica en la determinación pero se recomienda una concentración final de la muestra de 0.5N.
- c) Carbón activado.
- d) Reactivo de vanadato-molibdato:
1. Solución A: Disuelva 25 g de molibdato de amonio (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O en 300 ml de agua destilada.
 2. Solución B: Disuelva 1.25 g de metavanadato de amonio NH₄VO₃ calentando a ebullición en 300 ml de agua destilada. Enfríe y agregue 330 ml de HCl concentrado. Enfríe la solución B a temperatura ambiente, vierta la solución A en la solución B, mezcle y afore a 1 L.
- e) Solución estándar de fosfato: Disuelva 219.5 mg de KH₂PO₄ anhidro en agua destilada y afore a 1 L. 1 ml = 50 µg PO₄³⁻-P.

MATERIAL Y EQUIPO

- a) Espectrofotómetro para su uso de 400 a 490 nm. Seleccione la longitud de onda de acuerdo a la Tabla 9.

Tabla A.1 Longitudes de onda para diferentes concentraciones de fosfato (Tomado de APHA, 1998)

RANGO DE FÓSFATO mg/L	LONGITUD DE ONDA nm
1.0 – 5.0	1.0 – 5.0
400	400
2.0 – 10	2.0 – 10

PROCEDIMIENTO

- a) Ajuste del pH de la muestra: Si la muestra tiene un pH mayor a 10, agregue una gota de indicador de fenolftaleína a 50 ml de muestra y descargue el color rojo con HCl 1 + 1 antes de diluir a 100 ml.
- b) Remoción de color de la muestra: Remueva el color excesivo de la muestra agitando 50 ml de muestra con 200 mg de carbón activado en un matraz Erlenmeyer por 5 minutos y retire el carbón activado por medio de filtración. Verifique el contenido de fósforo en cada lote de carbón activado.
- c) Desarrollo de color en la muestra: Coloque 35 ml de la muestra o menos, conteniendo de 0.05 a 1.0 mg de P, en un matraz volumétrico de 50 ml. Agregue 10 ml de reactivo de vanadato-molibdato y afora hasta la marca con agua destilada. Prepare un blanco con 35 ml de agua destilada en lugar de la muestra. Después de 10 minutos o más lea la absorbencia de la mezcla contra el blanco a 470 nm. El color es estable por días y no es afecto por el cambio de temperatura.
- d) Preparación de la curva de calibración: Prepare una curva de calibración usando volúmenes adecuados de solución estándar de fosfatos y proceda como en el inciso c.

CÁLCULO

$$\text{mg } P/L = \frac{\text{mg (en el volumen final de 50 mL)} \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

ANEXO 5. Método del número más probable en tubos múltiples (NMX-AA-042-SCFI-2011).

La determinación del número más probable (NMP) de microorganismos coliformes totales y fecales se obtiene a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y confirmativa, se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura entre 35 °C a 48 °C por un periodo de 24 a 48 horas.

REACTIVOS

- a) Caldo Lactosado:** Medio completamente deshidratado, se sigue las instrucciones del fabricante.

Preparar la cantidad necesaria para llenar todos los tubos de ensaye con un volumen de 9 ml c/u para la técnica de diluciones sucesivas. Esterilizar.

Ejemplo: Si son 6 sitios a muestrear * 3 repeticiones (a, b y c) = 18 tubos * 3 diluciones (100, 10-1, 10-2) = 54 tubos + 2 blancos = 56 tubos * 9 ml c/tubo = 494 ml ≈ 500 ml de medio a preparar.

- b) Caldo lactosa bilis verde brillante:** Medio completamente deshidratado, se sigue las instrucciones del fabricante.

Preparar la cantidad necesaria para llenar todos los tubos de ensaye con un volumen de 10 ml c/u para la técnica del asa estéril. Esterilizar.

Ejemplo: 6 sitios * 3 repeticiones = 18 tubos * 3 diluciones = 54 tubos + 2 blancos = 56 tubos * 10 ml c/tubo = 560 ml de medio a preparar (a consideración con el Dr. Peralta si se realizan todos los tubos para la prueba confirmativa debido a que no siempre resultan positivos los tubos de la prueba presuntiva).

MATERIAL Y EQUIPO

- a) Autoclave para esterilizar que alcance una temperatura mínima de 170 °C.
- b) Incubadora con termostato que evite variaciones mayores de $\pm 1,0$ °C, provista con termómetro.
- c) Tubos de cultivo con rosca y tubos de fermentación (campana de Durham) invertidos en su interior.

PROCEDIMIENTO

- a) Prueba presuntiva:

Agitar la muestra y transferir volúmenes de acuerdo con la Tabla 6, a cada uno de los tubos con caldo lactosado que se hayan seleccionado. Agitar los tubos para homogeneizar la muestra. Las diluciones serán de 1.0 ml (10^0), 0.1 ml (10^{-1}) y 0.01 ml (10^{-2}) como se muestra en la Figura (A.1).

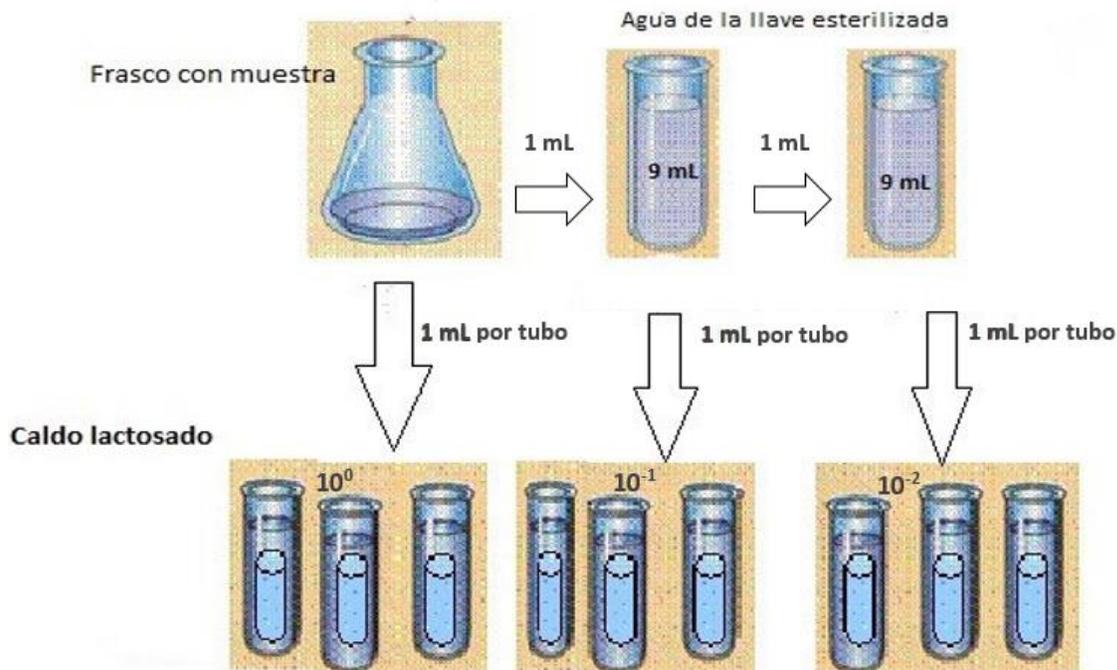


FIGURA A.1. Forma de distribuir la dilución en los tubos con campana de Durham.

Los tubos se incuban a $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante 24 ± 2 horas. Examinar los tubos después del periodo de incubación y observar si hay formación de gas, si la formación de gas no se observa en este tiempo, incubar por 48 ± 2 h. Considerar como resultados positivos aquellos que muestren turbidez debido al crecimiento bacteriano y formación de gas en los tubos internos (campana de Durham).

b) Prueba confirmativa:

Resembrar a partir de cada tubo de medio de aislamiento que muestre un resultado positivo en uno de los tubos de medio confirmativo para detectar la producción de gas según el método de asada y sembrar en un número igual de tubos con medio de confirmación, caldo lactosa lauril bilis verde brillante. Incubar a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas o si la formación de gas no se observa en este tiempo, incubar por 48 ± 2 horas.

CÁLCULO

Los tubos positivos son anotados en la bitácora del laboratorio siguiendo como referencia los resultados de muestreos anteriores (+ para positivo, - negativo). Para la determinación del número más probable se utiliza la tabla mostrada a continuación (Tabla):

Tabla A.2. Índice del NMP y límites de confianza 95% para varias combinaciones de resultados positivos cuando son usados varios números de tubos. (Diluciones 1.0, 0.1 y 0.01 ml) (Tomado de NOM-112-SSA1-1994).

Combinación de positivos	Índice NMP/100 ml	Límite de confianza de 95%	
		Inferior	Superior
0 0 0	<3	-	-
0 0 1	3	<0.05	0.9
0 1 0	3	<0.05	1,3
1 0 0	4	<0.05	2.0
1 0 1	7	0.1	2.0
1 1 0	7	0.1	2.3
1 1 1	11	0.3	3.6
1 2 0	11	0.3	3.6
2 0 0	9	0.1	3.6
2 0 1	14	0.3	3.7
2 1 0	15	0.3	4.4
2 1 1	20	0.7	8.9
2 2 0	21	0.4	4.7
2 2 1	28	1	15
3 0 0	23	0.4	12
3 0 1	39	0.7	13

Continua tabla A.1

3	0	2	64	1.5	38
3	1	0	43	0.7	21
3	1	1	75	1.4	23
3	1	2	120	3	38
3	2	0	93	1.5	38
3	2	1	150	3	44
3	2	2	210	3.5	47
3	3	0	240	3.6	130
3	3	1	460	7.1	240
3	3	2	1100	15	480
3	3	3	2400	>15	>480