

CONSERVACION Y USO SOSTENIBLE DE LOS MANGLARES DEL CARIBE COLOMBIANO



HELIODORO SANCHEZ-PAEZ
GIOVANNI A. ULLOA-DELGADO
RICARDO ALVAREZ-LEON
EDITORES



MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
ASOCIACION COLOMBIANA DE REFORESTADORES - ACOFORE
ORGANIZACION INTERNACIONAL DE MADERAS TROPICALES - OIMT

PROYECTO PD/171/91 REV.2 (F) FASE II, (ETAPA I)
"CONSERVACION Y MANEJO PARA EL USO MULTIPLE
Y EL DESARROLLO DE LOS MANGLARES EN COLOMBIA"

CONSERVACION Y USO SOSTENIBLE DE LOS MANGLARES DEL CARIBE COLOMBIANO

GIOVANNI A. ULLOA-DELGADO

HELIODORO SANCHEZ-PAEZ

WALTER GIL-TORRES

JUAN CARLOS PINO-RENJIFO

HILAYALIT RODRIGUEZ-CRUZ

RICARDO ALVAREZ-LEON

**MINISTERIO
DEL MEDIO AMBIENTE
ACOFOR
OIMT**

**PROYECTO
"CONSERVACIÓN Y MANEJO
PARA EL USO MÚLTIPLE
Y EL DESARROLLO DE LOS
MANGLARES EN COLOMBIA"
PD 171/91, REV 2.
FASE II (ETAPA I)**

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
ASOCIACION COLOMBIANA DE REFORESTADORES -ACOFORE
ORGANIZACION INTERNACIONAL DE MADERAS TROPICALES -OIMT

PROYECTO PD/171/91 REV 2 (F) FASE II, ETAPA I
“CONSERVACION Y MANEJO PARA EL USO MULTIPLE Y EL DESARROLLO
DE LOS MANGLARES EN COLOMBIA”

MINISTRO DEL MEDIO AMBIENTE

JUAN MAYR MALDONADO

VICEMINISTRO DE POLÍTICA Y REGULACIÓN

LUIS FERNANDO GAVIRIA TRUJILLO

VICEMINISTRO DE COORDINACIÓN DEL SINA

CLAUDIA MARTÍNEZ ZULETA

DIRECTORA TÉCNICA DE ECOSISTEMAS

ANGELA ANDRADE-PÉREZ

PRESIDENTE EJECUTIVO-ACOFORE

RODRIGO CID-JARAMILLO

COORDINADOR NACIONAL DEL PROYECTO

HELIODORO SÁNCHEZ-PÁEZ, ING. FORESTAL

ASESOR CIENTÍFICO DEL PROYECTO

RICARDO ALVAREZ-LEÓN, BIOL. MARINO

DIRECTOR EJECUTIVO DE LA OIMT

B.C.Y. FREEZAILAH

REPRESENTANTE DE LA OIMT

**DIRECTOR DE PROYECTOS REPOBLACIÓN
Y ORDENACIÓN FORESTALES**

JOHN J. LEIGH, ING. FORESTAL

ASISTENTE DE LA COORDINACIÓN NACIONAL

FLOR EDILMA PÁEZ-PARRA, ING. FORESTAL

CONSULTORES DEL PROYECTO

SEDE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

RICARDO ALVAREZ-LEÓN, BIOL. MARINO

DIEGO JOSÉ RUBIANO-RUBIANO, ING. FORESTAL

CONSULTORES GRUPO CARIBE

GIOVANNI ANDRES ULLOA-DELGADO

HILAYALIT RODRIGUEZ-CRUZ

WALTER GIL-TORRES

JUAN CARLOS PINO-RENJIFO



**CONSERVACIÓN Y USO SOSTENIBLE
DE LOS MANGLARES
DEL CARIBE COLOMBIANO**

EDITORES

HELIODORO SÁNCHEZ-PÁEZ
GIOVANNI A. ULLOA DELGADO
RICARDO ÁLVAREZ-LEÓN

AUTORES

GIOVANNI A. ULLOA-DELGADO
HELIODORO SÁNCHEZ-PÁEZ
WALTER GIL-TORRES
JUAN CARLOS PINO-RENJIFO
HILAYALIT RODRÍGUEZ-CRUZ
RICARDO ÁLVAREZ-LEÓN

© MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y AUTORES

FOTOS

CONSULTORES GRUPO CARIBE

DISEÑO Y ASESORÍA EDITORIAL

EDISOMA EDICIONES ESPECIALES LTDA
JOHN BRIAN CUBAQUE REY

IMPRESIÓN

IMPREANDES

NINGUNA PARTE DE ESTA PUBLICACIÓN PUEDE SER REPRODUCIDO
DE NINGUNA FORMA NI POR NINGÚN MEDIO, SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE LOS AUTORES.

SANTA FE DE BOGOTÁ, SEPTIEMBRE DE 1998



INDICE

AGRADECIMIENTOS	7
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
GENERALIDADES	15
ANTECEDENTES DEL PROYECTO	17
MARCO CONCEPTUAL	20
IMPORTANCIA DE LOS MANGLARES	21
FACTORES GENERALES QUE DETERMINAN EL DESARROLLO DE ECOSISTEMAS DE MANGLAR	22
USO, COMUNIDAD Y MANGLAR	26
PRINCIPALES LINEAS DE ACCIÓN DEL PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA DE LA FASE II (ETAPA I)	29
DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE LOS MANGLARES	30
FENOLOGÍA Y REGENERACIÓN NATURAL	32
RESTAURACIÓN DE ÁREAS DE MANGLAR	32
TÉCNICAS DE VIVERO	34
MONITOREO DE AGUAS DE MANGLAR	35
PROYECTOS PRODUCTIVOS PILOTO	37
FOTOS COLOR 1	39
1. DINÁMICA DE CRECIMIENTO, REGENERACIÓN NATURAL Y FENOLOGÍA	49
GENERALIDADES	51
METODOLOGÍA	52
RESULTADOS Y DISCUSIONES	61

2. RESTAURACIÓN	105
GENERALIDADES	107
METODOLOGÍA	111
RESULTADOS Y DISCUSIONES	116
3. VIVERO	151
GENERALIDADES	153
METODOLOGÍA	155
RESULTADOS Y DISCUSIONES	158
NOTAS BIOLÓGICAS	162
COSTOS GENERALES	166
CONCLUSIONES	169
4. MONITOREO DE AGUAS DE MANGLAR	173
GENERALIDADES	175
METODOLOGÍA	176
RESULTADOS	181
SÍNTESIS	195
5. PROYECTOS PRODUCTIVOS PILOTO DE MANEJO INTEGRADO DE LAS AREAS DE MANGLAR PARA SU USO SOSTENIBLE EN EL CARIBE COLOMBIANO	199
GENERALIDADES	201
PROYECTOS PILOTO	202
BIBLIOGRAFÍA	205
FOTOS COLOR 2	215

AGRADECIMIENTOS

A la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), apoyada por el Gobierno del Japón, y el Ministerio del Medio Ambiente de Colombia, quienes aportaron los dineros necesarios para el desarrollo del programa. Igualmente la Asociación Colombiana de Reforestadores (ACOFOR), Organismo ejecutor del Proyecto, su Presidente Ejecutivo, Doctor Rodrigo Cid y sus funcionarios, quienes, siempre mostraron interés por las labores desarrolladas.

Al Ministerio del Medio Ambiente, por medio de la Subdirección General de Ecosistemas, en cabeza de los doctores Antonio Villa Lopera, inicialmente, y Angela Andrade-Pérez, en la actualidad, mantuvieron el espacio adecuado y el apoyo incondicional, que fue decisivo para lograr las metas alcanzadas para esta fase del Proyecto.

Queremos resaltar de manera especial la importante labor desarrollada por la ingeniera forestal, Flor Edilma Páez, quien administro y coordinó todos los aspectos legales y administrativos, inherentes a cada consultor.

De igual manera, queremos resaltar la colaboración y el apoyo brindado por las comunidades de manglares del Caribe de Colombia, y en especial a las comunidades de AGRODIQUE en Pasacaballos y Leticia (Bolívar), Boca Cerrada y La Caimanera (Sucre), y la de San Antero y Bahía de Cispatá (Córdoba).

A las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR's) del Caribe, a través de sus respectivos directores y de los funcionarios encargados, que propiciaron los elementos y la logística para desarrollar actividades en conjunto en cada una de sus jurisdicciones. Igualmente agradecemos a la CVS, por

brindarnos una cálida hospitalidad en la estación de Amaya y al ingeniero Miguel Lora de CARDIQUE, por el entusiasmo que manifestó para continuar con las actividades del Proyecto en esta jurisdicción.

Damos un especial reconocimiento a los doctores Jorge Hernández Camacho y Germán Galvis, por sus continuos comentarios y aportes académicos sobre la ecología de los manglares, Al Capitán de fragata Francisco Arías, director del INVEMAR, quien a través del estudiante Eduard Castañeda, y Ricardo Restrepo nos suministró información básica sobre aspectos físico-químicos, de aguas de manglar.

También queremos agradecer la colaboración en campo y en la oficina de las siguientes personas: Tesisas María del Pilar Ramírez Navarro y Andrés Serna, bióloga Clara Lucia Sierra de Ulloa, Marly Villa y Jairo Morelo CVS, el ingeniero forestal Henry Rodríguez y el biólogo marino Dario Avendaño.

Agradecemos también de la manera más sincera, a todas las entidades y personas que apoyaron el desarrollo de esta fase.



RESUMEN

UNA VEZ EJECUTADA LA FASE DE I, DE DIAGNÓSTICO Y PLANIFICACIÓN, EL PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA REALIZÓ LA FASE II (ETAPA I), LA CUAL SE DIVIDIÓ EN CINCO LÍNEAS DE ACCIÓN, QUE CORRESPONDIERON A: DINAMICA, VIVEROS, RESTAURACIÓN, MONITOREO DE AGUAS Y PROYECTOS PRODUCTIVOS RESPECTO A MANGLARES .

CON RELACIÓN A LA DINÁMICA DE LOS MANGLARES, FUERON INSTALADAS 25 PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO (10 EN 1996 Y 15 EN 1997-98), EN DONDE SE CUANTIFICÓ, DE MANERA PRELIMINAR, LA CAPACIDAD DE REGENERACIÓN NATURAL Y LOS ASPECTOS FENOLÓGICOS DE LOS MANGLARES DEL CARIBE DE COLOMBIA.

EN LOS SITIOS DE ESTUDIO SE ENCONTRÓ QUE LOS MANGLARES SE HALLAN EN DIFERENTE GRADO DE INTERVENCIÓN Y EN ALGUNOS CASOS EN PROCESOS DE RECUPERACIÓN. LOS DIÁMETROS CALCULADOS PARA ESTOS LUGARES CUADRÁTICOS FUERON BAJOS, INFERIORES A 8 CM EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS, LAS DENSIDADES FUERON ALTAS Y MEDIAS, Y LAS ALTURAS OSCILARON ENTRE 3 A 15 M. LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES FUERON RHIZOPHORA MANGLE Y AVICENNIA GERMINANS, Y CON RELACIÓN A LA REGENERACIÓN NATURAL Y FENOLOGÍA, DURANTE VARIOS MESES SE REGISTRÓ LA PRESENCIA DE CADA UNO DE LOS EVENTOS Y SE REALIZÓ UN ANÁLISIS GENERAL POR ESPECIE EN EL CARIBE COLOMBIANO Y POR DEPARTAMENTO.

EN CUANTO A RESTAURACIÓN, SE LLEVARON A CABO ENSAYOS SOBRE LA SIEMBRA DIRECTA DE PROPÁGULOS DE RHIZOPHORA MANGLE Y DE PLÁNTULAS PRODUCIDAS EN VIVERO. EN DONDE SE EVALUÓ LA VIABILIDAD DE LOS MÉTODOS Y SE CUANTIFICARON ALGUNOS ASPECTOS DEL DESARROLLO BIOLÓGICO DE LAS ESPECIES DE MANGLE, COMO: CRECIMIENTO Y MORFOGÉNESIS O DIFERENCIACIÓN. TAMBIÉN SE REALIZARON ALGUNAS COMPARACIONES ENTRE ESPECIES Y ENTRE LOS MÉTODOS DE SIEMBRA.

OTRA LÍNEA DE ACCIÓN, FUE LA RELACIONADA CON LOS VIVEROS COMUNITARIOS, PUES EN TOTAL SE CONSTRUYERON 6 VIVEROS SEMIPERMANENTES Y SE BRINDÓ EL APOYO DE MATERIALES

PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DOS MÁS. TODOS ELLOS PRODUCEN PLÁNTULAS QUE SON UTILIZADAS PARA RESTAURAR ZONAS DE MANGLAR ALTERADAS. EL VIVERO TAMBIÉN SIRVIÓ, PARA ESTANDARIZAR, DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONÓMICO, EL COSTO DE ÉSTA ACTIVIDAD Y LA DE LA SIEMBRA DEFINITIVA O EN EL CAMPO.

CON EL FIN DE CARACTERIZAR IN SITU EL AMBIENTE FÍSICO, EN DONDE SE DESARROLLAN LOS MANGLARES, SE REGISTRARON APROXIMADAMENTE 1600 DATOS EN 31 SITIOS DIFERENTES DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR DEL CARIBE DE COLOMBIA. LAS VARIABLES REGISTRADAS Y MONITOREADAS FUERON, SALINIDAD, OXIGENO DISUELTO, PH, TEMPERATURA Y NUBOSIDAD. LA MAYORÍA DE ELLAS, FUERON REGISTRADAS EN AGUAS QUE AFECTAN O INFLUYEN EN LOS MANGLARES. LOS SITIOS DE REGISTRO CORRESPONDIERON, PRINCIPALMENTE, A LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO (PPC) Y A LAS PARCELAS DE RESTAURACIÓN (PR).

COMO COMPONENTE SOCIAL DE LA FASE II (ETAPA I), SE DESARROLLARON PROYECTOS PRODUCTIVOS PILOTO, EN TRES DEPARTAMENTOS, LOS CUALES TIENE LA MISMA BASE Y SE FUNDAMENTARON EN ACTIVIDADES COMUNITARIAS DE VIVERO Y DE RESTAURACIÓN. PUES CON LA PRODUCCIÓN DE LOS VIVEROS, SE PROYECTO LA RESTAURACIÓN DE UNAS 80 HA. TAMBIÉN COMO ACTIVIDAD DE AUTOGESTIÓN Y DE PROYECTO PILOTO, SE DIÓ INICIO A LA RESTAURACIÓN DE UNA CIÉNAGA, MEDIANTE LA APERTURA Y MEJORAMIENTO DE CAÑOS.



ABSTRACT

PHASE 1 (DIAGNOSIS AND PLANNING) WAS COMPLETED, AND THE PROJECT STARTED ON PHASE 2 (STAGE 1). THE CARIBBEAN COAST WAS DIVIDED INTO FIVE SECTIONS CORRESPONDING TO THE BASIC ECOLOGY OF MANGROVE SPECIES, CONSERVATION, RESTORATION, AND USE.

TO DEMONSTRATE THE DYNAMICS OF THE MANGROVES. 25 PERMANENT STANDS WERE SET UP (10 IN 1996 AND 15 IN 1997-8) AND, AS A FIRST STEP, ANNUAL DIAMETER INCREASE, NATURAL REGENERATION CAPACITY AND PHENOLOGICAL ASPECTS WERE MEASURED.

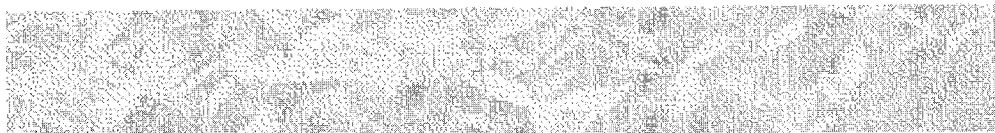
SITE STUDIES SHOWED THAT THE MANGROVES HAD SUFFERED DIFFERENT DEGREES OF INTERVENTION, AND IN SOME CASES RECOVERY WAS EVIDENT. QUADRATIC DIAMETERS WERE LOW—LESS THAN 8CM IN MOST CASES— AND DENSITY WAS HIGH—MEDIUM. HEIGHT VARIED FROM 3M TO 15M. THE MOST ABUNDANT SPECIES WERE RHIZOPHORA MANGLE AND AVICENNIA GERMINANS. FOR NATURAL REGENERATION AND PHENOLOGY, EVENTS WERE RECORDED OVER SEVERAL MONTHS FOR FLOWERS, FRUIT AND FALLING LEAVES. A GENERAL ANALYSIS WAS MADE BY SPECIES FOR THE CARIBBEAN COASTAL AREA AND BY DEPARTMENT.

FOR RESTORATION, TESTS WERE CONDUCTED ON DIRECT PROPAGULES OF RHIZOPHORA MANGLE AND NURSERY SEEDLINGS. THIS EXERCISE TESTED THE VIABILITY OF GROWING METHODS AND QUANTIFIED SOME ASPECTS OF BIOLOGICAL DEVELOPMENT, SUCH AS GROWTH, MORPHOGENESIS AND DIFFERENTIATION. SOME COMPARISONS WERE MADE BETWEEN SPECIES AND METHODS OF PLANTING.

ANOTHER LINE OF ACTION WAS RELATED TO COMMUNITY NURSERIES. SIX SEMI—PERMANENT NURSERIES WERE BUILT, AND MATERIALS WERE GIVEN TO SUPPORT THE BUILDING OF TWO MORE. THEY ALL PRODUCE SEEDLINGS WHICH ARE USED TO RESTORE INTERVENED MANGROVE AREAS. THE NURSERIES ALSO HELPED TO ESTABLISH A COST STANDARD, FOR THIS KIND OF ACTIVITY AND FOR FINAL PLANTING—OUT.

IN ORDER TO BE ABLE TO DESCRIBE THE PHYSICAL ENVIRONMENT OF THE PLACES WHERE THE MANGROVES GROW, SOME 1600 PIECES OF DATA WERE TAKEN FROM 31 DIFFERENT POINTS IN THE COLOMBIAN CARIBBEAN MANGROVE SYSTEM. THE VARIABLES RECORDED AND MONITORED WERE SALINITY, DISSOLVED OXYGEN, PH, TEMPERATURE AND CLOUD COVER. MOST WERE RECORDED IN WATERS AFFECTING OR INFLUENCING THE MANGROVES. MOST OF THE RECORDING SITES WERE IN PERMANENT STANDS AND RESTORATION STANDS.

AS A SOCIAL COMPONENT FOR PHASE 2 (STAGE 1), PILOT PRODUCTION PROJECTS WERE STARTED IN THREE DEPARTMENTS, ALL ON THE SAME BASIS, AND USED COMMUNITY NURSERY AND RESTORATION ACTIVITY. THE NURSERY PRODUCTION WAS DESIGNED TO RESTORE SOME 80 HECTARES OF MANGROVES. A COMMUNITY-RUN PILOT PROJECT WAS SET UP TO START THE RESTORATION OF A SWAMP BY OPENING UP AND IMPROVING THE FLOW OF WATER FROM STREAMS.



INTRODUCCIÓN



El Proyecto “Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y Desarrollo de los Manglares en Colombia” en su Fase II (Etapa I), fue ejecutado bajo la Dirección General de Ecosistemas del Ministerio del Medio Ambiente, quien en conjunto con el Coordinador Nacional, el Coordinador del Grupo Caribe y sus Consultores, tuvieron bajo su responsabilidad, el desarrollo y el seguimiento de las actividades programadas para el Caribe de Colombia.

El Proyecto contó con la financiación de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), apoyada por el Gobierno del Japón y del Ministerio del Medio Ambiente. Desde el punto de vista administrativo fue ejecutado por la Asociación Colombiana de Reforestadores (ACOFOR).

Son componentes del Proyecto: la investigación, conservación, restauración, valoración, uso, manejo y desarrollo de procesos productivos, de los ecosistemas de manglares de Colombia. Con estos se pretende articular las acciones, que conlleven al enriquecimiento del conocimiento científico, con el fin de poder desarrollar estrategias que se enmarquen dentro de la política nacional de gestión ambiental y dentro de los principios esenciales del desarrollo sostenible.

En la Fase I (Diagnóstico y Planificación), el Proyecto Manglares de Colombia realizó el diagnóstico y la zonificación preliminar de los manglares del Caribe colombiano, además de otras acciones, destacándose los estudios desde el punto de vista biológico, ecológico, forestal, social y cultural, para determinar su estado actual y así proponer las Unidades de Manejo preliminares (**Sánchez - Páez et al., 1997**).

Para Colombia, y teniendo en cuenta los dos litorales, existen 379.230 ha. de manglares, de las cuales 87.230 ha. corresponden al litoral Caribe. Estas últimas se distribuyen a lo largo de las costas marinas y estuarinas de los 8 Departamentos del Caribe, en donde se destacan por su abundancia y estructura los manglares ubicados en los 4 grandes deltas (Atrato, Sinú, Canal del Dique y Magdalena) (**Sánchez - Páez et al., 1997**).

De las cinco especies registradas para el Caribe de Colombia, *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle* son las más abundantes y las de mayor uso, seguidas por *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erecta* y *Pelticiera rhizophorae*. Esta última especie no es muy conocida en el Caribe, además es la menos representada, pues tan sólo se tienen registros puntuales y no forma amplios

rodiales como en el Pacífico. *Pelliciera rhizophorae* se encuentra en Bahía de Marirrí en el Urabá Antioqueño; Bahía de Cispatá, cerca de Caño Salado, en el Departamento de Córdoba; en los manglares de la zona occidental de la Bahía de Barbacoas en Bolívar y en los manglares de las ciénagas Honda y de Pablo en el Departamento de Sucre (Sánchez - Páez et al., 1997).

El uso y aprovechamiento de los manglares es múltiple, se destaca por su magnitud el aprovechamiento forestal, pues mediante esta práctica se obtiene madera para la construcción, pulpa para papel, tanino para curtición de cueros, carbón y leña. Entre los otros usos importantes, pero en menor escala, están los relacionados con los recursos hidrobiológicos como la pesca blanca (peces de escama), la de moluscos, la de crustáceos y algunas prácticas de acuicultura.

En la costa Caribe colombiana los procesos de expansión turística, construcciones civiles, drenaje y canalización, construcción de fincas camaroneras, actividad industrial, disposición de residuos industriales y domésticos, son entre otros, los tensores antrópicos más comunes en los manglares.

Esta situación se traduce según el caso, en un mayor o menor grado en la degradación de cientos de hectáreas de manglar, generando para estos ecosistemas pérdida de biomasa, desaparición de nichos, disminución en la biodiversidad, formación de

playones salinos, reducción del porte y vigor de los árboles, sedimentación de cuerpos de agua, pérdida de playas y costas por erosión marina, por mencionar sólo algunos impactos negativos.

La presente publicación, forma parte del Proyecto "Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y Desarrollo de los Manglares en Colombia" Fase II (Etapa I), y se puede considerar como la continuación a las actividades desarrolladas en la Fase I. El Grupo Caribe del Proyecto, compuesto por cuatro profesionales, desarrolló sus actividades principales enmarcadas dentro de cinco líneas de acción, todas estas relacionadas con la ecología básica de las especies de manglar, su conservación, restauración y su uso y aprovechamiento sostenibles.

Los resultados se presentan por líneas de acción, para los cuales se describen las actividades realizadas, comenzando con un análisis general y preliminar para los manglares del Caribe de Colombia. El libro incluye: (1) Estudio de la dinámica de crecimiento, capacidad de regeneración natural y aspectos fenológicos de los manglares; (2) Restauración de zonas de manglar con participación comunitaria; (3) Establecimiento de viveros transitorios con participación comunitaria; (4) Programa de monitoreo de variables físico-químicas en aguas de manglar; (5) Desarrollo de Proyectos Productivos Piloto, hacia el manejo integrado de las áreas de manglar para su uso sostenible.

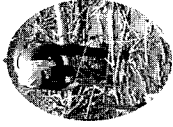




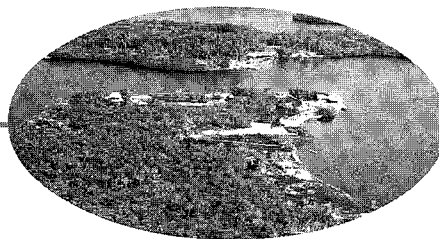
GENERALIDADES

☛ ANTECEDENTES DEL PROYECTO
☛ MARCO CONCEPTUAL
☛ PRINCIPALES LINEAS DE
ACCIÓN DEL PROYECTO
MANGLARES DE COLOMBIA
DE LA FASE II (ETAPA I)

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
ACOFORÉ - OIMT
PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA



ANTECEDENTES DEL PROYECTO



El Proyecto Manglares en Colombia, ejecutó la Fase I de Diagnóstico y Planificación, entre agosto de 1995 y octubre de 1996. En esta fase se realizó el diagnóstico de la situación actual de los manglares y la zonificación preliminar, estos resultados se presentaron en dos libros, uno para los manglares del Caribe y otro para los del Pacífico (**Sánchez - Páez et al., 1997**).

Para el Caribe, se presentó una información amplia sobre la importancia y función ecológica de los manglares y la relación con otros ecosistemas como los corales, praderas de pasto marino, bahías, lagunas, ciénagas y vegetación continental.

La metodología implementada, contó con la asesoría de reconocidos científicos en el tema, Jaime H. Polanía-Vorenberg, Jorge I. Del Valle-Arango, Martha Gómez-Restrepo y Yara Schaeffer-Novelli, quienes realizaron ajustes metodológicos específicos para el Proyecto Manglares de Colombia. En total, para el diagnóstico, fueron realizados 42 transectos, en los manglares de los 8 Departamentos del Caribe colombiano, en donde se aplicaron los métodos de los cuadrantes centrados en un punto (PCQM) y el de los cuadrantes alternos (CAAP). Estos transectos permitieron realizar el perfil de vegetación, en

· cada una de las estaciones, y registrar la
· información correspondiente.

· Posteriormente el procesamiento y análisis
· de la información, permitió calcular la abun-
· dancia de individuos por categoría y espe-
· cies, densidad relativa, frecuencias absolu-
· tas y relativas, área basal total, dominancia
· relativa y el índice de valor de importancia
· (IVI). Esta información fue tabulada para
· cada Departamento y su análisis, además
· de constituirse en, parte esencial del diag-
· nóstico, brindó la base fundamental para la
· zonificación preliminar.

· Otro componente que hizo parte del diag-
· nóstico, fue el aspecto socioeconómico, pues
· para este punto se contó con personal pro-
· fesional especializado en el tema social, que
· mediante los criterios del método etnográ-
· fico, logró percibir en forma preliminar, las
· formas de organización social de las comu-
· nidades, las dificultades y la problemática
· de los manglares, así como identificar algu-
· nas de las complejas relaciones etnocultu-
· rales, entre las comunidades y el uso del
· manglar.

· La zonificación preliminar se desarrolló a
· partir de la información obtenida en las la-
· bores de campo y su posterior análisis, la
· cual se fundamentó principalmente en las

comunidades que usan y aprovechan el manglar, y en el diagnóstico basado en las características estructurales y ecológicas del bosque.

Se propusieron tres unidades definidas por diversos grados o niveles de intervención, desde zonas de preservación hasta áreas dedicadas al uso múltiple, pero siempre enmarcadas en los postulados del uso sostenible (Sánchez - Páez *et al.*, 1997).

Las zonas de recuperación o restauración, se caracterizan por alto grado de intervención y degradación de los manglares, acompañados de una acción continua o intensa de tensores, incluido el problema social presente en la zona. Estas zonas comprometen a los manglares de la media Guajira; Ciénaga Grande de Santa Marta y Parque Nacional Natural Isla de Salamanca en el Departamento del Magdalena; los de Balboa y Mallorquín en el Departamento del Atlántico; Zona norte de Cartagena, islas Barú, Rosario y San Bernardo en Bolívar; zona de Palo blanco, entre Tolú y Coveñas en el Departamento de Sucre y Bahía Colombia en Turbo, Urabá Antioqueño.

Las zonas de preservación poseen una alta diversidad biológica, poca o ninguna intervención y funciones ecológicas sobresalientes como la protección de litoral corresponden a la Alta y Baja Guajira; Jurisdicción del Parque Nacional Natural Tayrona en el Magdalena; Punta Bolívar y Playa Blanca en Córdoba; Rincón, Berrugas, Zaragocilla, Guacamayas, La Alegría, El Francés y Ciénaga de la Caimanera en Sucre; Bocas de Tinajones en Córdoba;

Las zonas de uso múltiple o de manejo integral, se caracterizan por la combi-



nación de actividades, producto del estado de los ecosistemas, es decir, la zona contiene elementos que justifican la integración en áreas de aprovechamiento sostenible, preservación y restauración. Estas zonas requieren de un estudio más detallado, con el fin de precisar la subdivisión en diferentes áreas, ya sean de preservación, producción y restauración o recuperación. Además estas áreas presentan, alternativas económicas diferentes a los recursos forestales y deben ser protegidas y controladas por los usuarios y las autoridades ambientales de cada jurisdicción. En la costa Atlántica la zonificación preliminar para esta unidad compromete a los manglares de las Bocas del Río Atrato, Antiguo Delta del Río Sinú y Delta del Canal del Dique.

Como información complementaria al diagnóstico y zonificación preliminar, las labores desarrolladas en la Fase I del Proyecto, generaron anexos sobre la flora y fauna de los manglares del Caribe, superficies de las áreas de manglar por Departamento y por localidad, y de las áreas de manglar muerto.

Estos registros sirvieron como base fundamental, para que el Proyecto elaborara mapas a escala 1: 100.000 en donde además de la distribución de los manglares por Departamento, se incluyó la composición de los bosques. También se elaboraron planchas a la misma escala, sobre la zonificación preliminar propuesta por el Proyecto para los manglares del Caribe.

Además de los dos libros, sobre diagnóstico y zonificación, y de su respectiva cartografía, se elaboraron documentos técnicos y divulgativos sobre las acciones del Proyecto Manglares de Colombia en los

dos litorales del país, dentro de los cuales podemos destacar los siguientes, que tratan aspectos generales de los manglares y algunos documentos específicos para el Caribe colombiano:

Plegable divulgativo: "Salvemos Nuestros Manglares", en donde se presenta de manera sencilla, pero completa, algunas generalidades de los manglares del país y una introducción resumida sobre el Proyecto y sus dos fases (**Martha Luz Machado - Caicedo, Heliodoro Sanchez - Páez y Ricardo Alvarez - León, 1996**).

Video divulgativo: *Las voces del manglar, aspectos generales sobre los ecosistemas de manglar en Colombia* (**Noe Ediciones, 1996**).

Informe Técnico N° 1: *Metodología seleccionada para los estudios bióticos y abióticos* (**Jaime H. Polanía-Vorenberg, 1995**).

Informe Técnico N° 2: *Metodología para los estudios sociales, económicos y antropológicos* (**Martha L. Machado-Caicedo, 1995**).

Informe Técnico N° 3: *Elementos metodológicos para la determinación de unidades de manejo, zonificación y planeación estratégica* (**Heliodoro Sánchez-Páez, 1995**).

Informe Técnico N° 4: *Estado de los manglares en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina* (**Ingrid García-Hansen, 1995**).

Informe Técnico N° 5: *Estrategias de manejo para los manglares del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina* (**Ingrid García-Hansen, 1995**).

Informe Técnico N° 7: *Guía de campo para el estudio de la dinámica de los manglares en Colombia.*

(**Jorge I. Del Valle-Arango y Martha L. Gómez-R., 1996**).

Informe Técnico N° 9: *Bibliografía sobre los ecosistemas de manglar en Colombia* (**Ricardo Alvarez-León, 1997**).

Informe técnico N° 10: *Centro de Documentación e información sobre manglares.* (**Elsa Lozano-Franco, 1997**).

Informe Técnico N° 11: *Memorias de los mapas de los bosques de manglar del Caribe continental colombiano.* (**Carlos H. Zambrano-Escamilla y Diego J. Rubiano-Rubiano, 1996**).

Informe Técnico N° 14: *Estudio de la dinámica de crecimiento, capacidad de regeneración y aspectos fenológicos de los manglares de la costa Caribe colombiana.* (**Sandra P. Ceballos-Vargas, 1997**).

Informe Técnico N° 15: *Diagnóstico y recomendaciones para el buen uso, cuidado y preservación de los manglares y zonas relacionadas, en los Departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba.* (**José R. Alviz-Martínez, 1997**).

Informe Técnico N° 16: *Inventario preliminar de la avifauna de los manglares en el Caribe colombiano* (**Rosa M. De Ayala-Monedero, 1997**).

Informe Técnico N° 18: *Transformación del ecosistema de manglar en la Isla de Barú (Cartagena de Indias D.C y T.)* (**Mabel Y. Rueda-Baquero, 1997**).

Informe Técnico N° 19: *Aspectos fitosanitarios de los manglares en la Ciénaga de la Caimanera (Sucre),* (**Luis A. Ramírez-Correa, 1997**).

Estos documentos han sido distribuidos a las nueve Corporaciones del Caribe, así como, a universidades, bibliotecas, personas o instituciones publicas y privadas con interés en el tema.

Así mismo, se formuló un Plan de Acción Inmediata, en donde se contempló como punto principal para el manejo de los manglares, el trabajo en conjunto entre las entidades y las comunidades, con respeto mutuo del conocimiento y criterio de cada uno, ya que es la comunidad quien directamente la que interactúa con el ecosistema y con la planificación para el desarrollo sostenible de los manglares. Se proyectaron varios programas preliminares de este plan, los cuales cuentan con sus metas respectivas, basadas en objetivos claros con actividades específicas.

A partir de estos programas se derivaron las cinco líneas de acción que fueron desarrolladas en la Fase II (Etapa I) por el Grupo Caribe y cuyos resultados se constituyen en la parte principal del presente libro:

- (1) Dinámica del crecimiento, fenología y regeneración natural del manglar.
- (2) Métodos sobre la restauración de ecosistemas de manglar.
- (3) Técnicas de vivero con participación comunitaria.
- (4) Monitoreo físico- químico de aguas adyacentes de manglar.
- (5) Desarrollo de proyectos productivos piloto.

MARCO CONCEPTUAL

IMPORTANCIA DE LOS MANGLARES

Los manglares, según la Convención de RAMSAR, se consideran humedales de agua salada, estuarinos y/o lagunares establecidos en zonas intermareales. Se ubican en costas abiertas, tropicales y subtropicales, donde las mareas no superan los seis metros de inundación y en estuarios donde la influencia de los ríos favorece su desarrollo (Dugan, 1992).

Los bosques de manglar han llegado a ser considerados por los especialistas como una modalidad de ecosistemas con una de las más altas productividades biológicas en el planeta, llegando a estimarse que las 2/3 partes de las poblaciones de peces tropicales en el mundo dependen de las áreas de manglar y sus detritos, principalmente por la disponibilidad de alimento y refugio (Day y Yañez-Arancibia, 1982; Torres y Rivera, 1989).

La producción neta de los manglares en las zonas donde hay suficiente lavado del suelo se transfiere casi en su totalidad al mar como material vegetal o "mantillo". El mantillo, principalmente hojas, tiende a acumularse entre las raíces, transformándose luego en

· detrito que puede ser transportado hacia el
· mar según el flujo hídrico de la zona.
· Detritívoros de diversos grupos lo aprovechan y transfieren a los sistemas marinos a través de la cadena trófica. (Prahl *et al.*, 1990; Sánchez-Páez *et al.*, 1997).

· Los manglares son excelentes evapotranspiradores, los cuales suplen significativamente de humedad a la atmósfera y al hacerlo se torna en fuente de enfriamiento natural a las comunidades cercanas. Son recicladores de CO₂, fuente de materia orgánica e inorgánica y se constituyen en un eslabón importante en la cadena trófica, por su función de transferir la energía a los sistemas secundarios. Así mismo son unos excelentes detoxificadores, lo cual garantiza, o cuando menos, favorece la calidad del agua, además de ser un efectivo amortiguador de inundaciones (Torres y Rivera, 1989).

· Los bosques de manglar sirven como lugares de refugio, alimentación y anidación de diversas especies de mamíferos, aves, reptiles y anfibios, entre otras. Larvas y juveniles de vertebrados e invertebrados son protegidas contra la depredación en las raíces de *Rhizophora mangle* y capturan alimento que posteriormente se exporta hacia el mar cuando son consumidos o cuando, ya adultos, se establecen en el arrecife,

el mar abierto o en las praderas de la plataforma continental (Prahl *et al.*, 1990).

Sobre las raíces y substratos duros crece un variado número de pequeños organismos (algas, hidrozoarios, anémonas, gasterópodos, bivalvos, crustáceos), que aprovechan el material orgánico en suspensión y luego son capturados por organismos superiores como peces, crustáceos, equinodermos y moluscos lo cual les confiere un papel muy relevante en las funciones tróficas de los sistemas acuáticos y aún los terrestres (Prahl *et al.*, 1990; Leyton *et al.* 1992).

Las hojas, flores y frutos al igual que las ramas se desprenden y caen al agua para ser colonizados por microorganismos que comienzan procesos de degradación de la materia orgánica y la reincluyen en el ciclo de nutrientes por procesos de mineralización. A su vez el material orgánico es susceptible de ser comido por otros organismos que aseguran la supervivencia en la cadena trófica de las especies que la componen. (Escallón y Rodríguez, 1986; Manjarrés-García, 1991).

Los manglares son excelentes formadores y consolidadores de suelos, representando una alternativa en la protección de la línea de costa evitando procesos erosivos, dan sombrío en las playas y ganan terreno al mar por medio de sus raíces, reteniendo partículas que descargan los ríos y arroyos en el mar, así como el sedimento que llevan las corrientes de deriva litoral costera (Torres y Rivera, 1989).

Las islas coralinas que presentan cobertura de manglar son protegidas del pe-

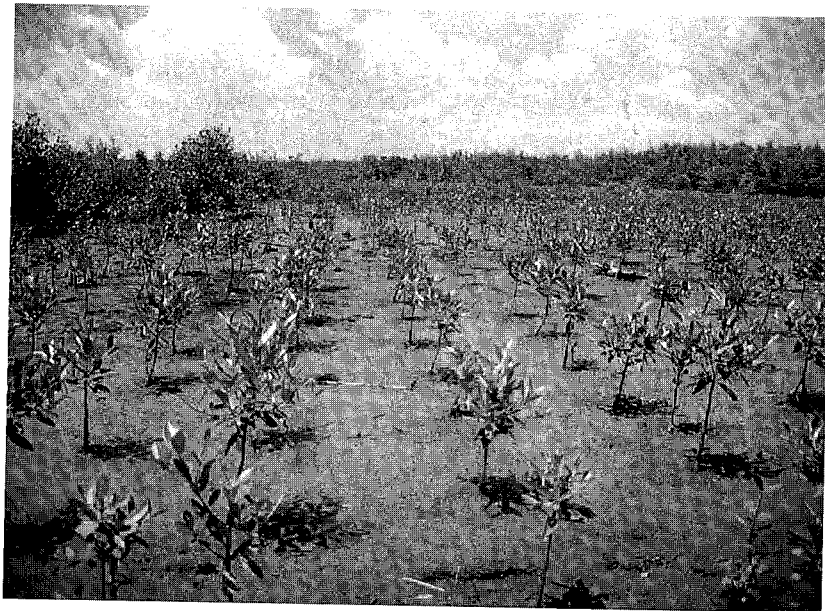
ligo de desaparición por acción erosiva de la dinámica marina (olas, corrientes, vientos, entre otros fenómenos.). En las desembocaduras de los grandes ríos, el manglar crece consolidando los nuevos terrenos formados a partir de la deposición de sedimentos (Sánchez-Páez *et al.*, 1997).

FACTORES GENERALES QUE DETERMINAN EL DESARROLLO DE ECOSISTEMAS DE MANGLAR

Salinidad: Los manglares son plantas halófitas facultativas, esto quiere decir que toleran y se desarrollan en ambientes con diferentes grados de salinidad. Sin embargo, aunque crecen normalmente en ambientes de agua "dulce" o salinidad 0, no desarrollan formaciones boscosas y estructuradas bajo estas condiciones permanentes, debido a que son desplazadas por la vegetación glifocófito de más rápido crecimiento y posiblemente de mejor adaptación (Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983).

Estudios de numerosos investigadores plantean que algunas especies de manglar pueden adaptarse a condiciones casi nulas de salinidad. El establecimiento de los bosques se hace cada vez menor en la medida que la intrusión salina disminuye, así como también en regiones áridas, con un déficit hídrico importante y en donde la influencia de aguas dulces es nula, se favorece la acumulación de sales. El manglar puede resistir salinidad intersticial hasta los 90 ‰ en periodos relativamente cortos de tiempo (Macnae, 1968; Cintrón-Molero *et al.*, 1980).





INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA SOBRE UNA ÁREA EN RESTAURACIÓN. BAHÍA DE BARBACOAS, BOLÍVAR

La tolerancia a los niveles de salinidad difiere con la especie. Para el caso de las dos más representativas del Caribe colombiano, *Rhizophora mangle* forma rodales con salinidades intersticiales entre los 50 y 55 ‰, pero el desarrollo es pobre. *Avicennia germinans* conforma rodales en ambientes con salinidades entre 60 y 65 ‰ y bosques raquíuticos y achaparrados de compleja estructura con salinidades cercanas a los 90‰. valores superiores, tienden a formar playones salinos desprovistos de vegetación, pero las dos se desarrollan bien en salinidades cercanas a 0 (Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983).

En Malasia, Tailandia y Australia, algunos autores mencionan que el desarrollo óptimo para *R. mangle* se da entre los 10 y 20‰, con la rata de crecimiento más alta en lugares con salinidades más bajas (Clough, 1992). Incrementos en la concentración de sales derivan en la disminución del vigor y

desarrollo de los bosques de manglar y aumentos sustanciales de la mortalidad de individuos por encima del 70%. El desarrollo fisiológico óptimo de los rodales de manglar no se da necesariamente en aquellos lugares donde se observa el mejor desarrollo, sino que más bien, manifiesta la capacidad de adaptación de estas especies al medio en el cual se ubican en procura de optimizar el crecimiento (Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983).

Temperatura: Los manglares crecen en ambientes con un amplio rango de temperaturas y sin embargo es muy poco conocido el efecto real de este factor sobre el crecimiento y la productividad. Así como se detectan formaciones de manglar que pueden soportar los 15° C en promedio y hasta 4°C, en las épocas más frías, también se encuentran en ambientes entre 30 y 35°C en promedio y máximos hasta de 40°C en las épocas de baja precipitación y desecación (Clough, 1992).

No obstante, las observaciones indican que el desarrollo disminuye con incrementos en la latitud, asociados obviamente a descensos en la temperatura, tanto del aire como del suelo. Esta condición se debe a las respuestas adaptativas en los procesos de regulación del crecimiento que incluyen la reducción del potencial de crecimiento, reducción de la fijación del carbón fotosintético, incrementos en la tasa respiratoria y pérdidas en la capacidad osmorreguladora (**Clough, 1992**).

Fisiografía de la costa: Los manglares obtienen mejores desarrollos en terrenos con pequeños gradientes topográficos, que permiten la intrusión de las aguas saladas o salobres al interior de los bosques, como en el caso de grandes planicies fluvio-marinas o los estuarios y deltas de los ríos (**Wino-grad, 1987**).

Mareas: Se constituyen en el mecanismo para que las aguas saladas penetren los suelos del manglar y de esta forma generen el substrato adecuado para su colonización y a su vez excluyan a las otras especies que carecen de las adaptaciones necesarias para tolerar dichos ambientes. De esta manera, el límite de las formaciones de manglar, normalmente coincide con los niveles más altos y significativos de marea o en regiones con un déficit hídrico importante, en las cuales la característica especial se fundamenta en la formación de playones salinos que eventualmente pueden ser colonizados por manglar (**Lugo y Cintrón, 1975**).

Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983, manifiestan que la dinámica de las mareas permite particularmente que el substrato obtenga una buena aireación que

disminuya o elimine la posibilidad de acumulación de sales y gases nocivos como el H_2S . Adicionalmente, con un suelo de buenas condiciones se promueve la formación de galerías construidas por organismos cavadores que mejoran aun más las condiciones de aireación. Las variaciones en la amplitud de marea, declive del terreno y fuerza de las olas, generan gradientes de inundación que determinan los patrones de zonación de las especies en los bosques de manglar y juegan un papel preponderante en los mecanismos de dispersión de la semilla, de tal forma que las de mayor tamaño se sitúan en lugares donde la dinámica es más fuerte, mientras que aquellas más pequeñas pueden penetrar hacia las partes más internas y colonizar esas zonas. No obstante, el tipo de suelo también se constituye en un mecanismo selectivo para el arraigamiento del propágulo y su posterior desarrollo.

Suelos: En los manglares las condiciones del suelo son muy variables de acuerdo al origen de las partículas. Pueden ser de tipo autóctono, cuando su formación depende de los aportes de materia del manglar (hojas), las cuales al caer inician un proceso de descomposición que finalmente, resulta en la formación de turberas. También pueden ser de origen alóctono, cuando la fuente es el producto de la intemperización de rocas intrusivas, ígneas, sedimentarias, metamórficas, o combinaciones de estos tipos. Los mecanismos que transportan sedimentos a zonas de manglar son: la deriva litoral, las olas, el acarreo fluvial, los vientos, la resuspensión de los fondos de los estuarios y el lavado de los cordones litorales y las barras (**Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983**).

Las características granulométricas del suelo presentan variaciones dentro de una misma zona, debido a la escorrentía y a las mareas por gradientes en la velocidad de deposición de partículas de diversos tamaños. Por esta razón el mayor desarrollo estructural de los manglares se favorece principalmente en suelos conformados por limos y arcillas que promueven la permanencia de los nutrientes por lapsos de tiempo mayores, mientras que los suelos arenosos tienden a ser inertes y no promueven la formación de bosques de gran desarrollo (**Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983; Prahl et al., 1990**).

La vegetación también promueve cambios en la composición del suelo, por acción de la gran cantidad de materia orgánica proveniente de la deposición biogénica. Es así como ambientes de baja deposición fluvial y alta caída de hojas favorecen la formación de turbas, mientras que procesos inversos derivan en la formación de suelos inorgánicos. Los suelos mixtos están conformados por proporciones equitativas de las dos partes (**Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983**).

En el Mar Caribe, *Laguncularia racemosa* coloniza frecuentemente playas arenosas con baja pendiente y en áreas protegidas, *Avicennia germinans* puede encontrarse en zonas con gran contenido de arenas dentro de los bosques de manglar y que pueden ser compactas, mientras que *Rhizophora mangle* se establece con mayor facilidad en suelos menos consolidados y con alto contenido de materia orgánica (**Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983**).

Evapotranspiración potencial: Para **Winograd (1985; 1987)**, las precipita-

ciones son las que rigen el aprovisionamiento de agua dulce. En los casos en los cuales la precipitación es mayor que la evapotranspiración los bosques se desarrollan con mayor vigor y porte. En el caso contrario, los bosques presentan limitaciones en su desarrollo, disminución del porte, complejidad en la estructura y riesgo de salinización de los suelos.

Aportes de agua dulce: El manglar es un sistema abierto que depende de los flujos hídricos para llevar a cabo el intercambio de nutrientes. Por esta razón la productividad de los bosques de manglar es más significativa en aquellos lugares donde el aporte de aguas continentales es sustancialmente mayor, ejemplo las desembocaduras de los grandes ríos, zonas estuarinas o lagunas costeras (**Prahl, et al., 1990**).

Nutrientes: El manglar, a diferencia de la mayoría de los ecosistemas tropicales, es un sistema abierto al flujo de materia y energía, ya que “importa” nutrientes y “exporta” materia orgánica en un ciclo continuo. Los nutrientes son transportados por los ríos y las mareas, principalmente, y una vez llegan son absorbidos e incorporados a su biomasa mediante el proceso de la fotosíntesis, al mismo tiempo que gran cantidad de material orgánico en forma de hojas, flores y ramas, caen al suelo o al agua en donde son degradadas por la acción de las bacterias y hongos. Este material vegetal también puede ser ingerido por vertebrados e invertebrados (peces, crustáceos y moluscos entre otros), que al defecar o excretar los desechos del metabolismo, los dejan disponibles para que sean transformados por microorganismos (**Prahl, et al., 1990**).

Como en todos los ecosistemas, el fósforo y el nitrógeno son los elementos esenciales para los mangles, siendo este último considerado como nutriente limitante para el manglar (Ogden y Gladfelter, 1983).

En los lugares donde la oferta de nutrientes inorgánicos es mayor, el mangle tiende a alcanzar un desarrollo considerable en términos de porte, diámetro y cobertura, mientras en zonas con oferta de nutrientes limitada, este desarrollo es bastante pobre, llegándose a encontrar manglares achaparrados o enanos (Prah et al., 1990).

La disponibilidad de los nutrientes esenciales (macro y micro) depende, entre otros, del potencial redox (Clough et al., 1983). Variaciones en el pH de los suelos inciden en la disponibilidad de los nutrientes. El fósforo es liberado con pH menor a 7, mientras que valores superiores promueven la formación de precipitados de calcio, hierro o magnesio especialmente en substratos de tipo calcáreo (Clough, 1992).

El amonio es la principal forma de nitrógeno inorgánico que se encuentra en los suelos de los manglares debido a que las condiciones de anoxia en las que generalmente se encuentran, interfieren en los procesos de oxidación a nitritos y posteriormente a nitratos. Sin embargo, no es claro con certeza el hecho de que la fuente primaria de nitrógeno inorgánico del manglar sea a partir del amonio (Clough, 1992).

Respecto a la influencia del incremento o disminución, de la disponibilidad de nutrientes, en el crecimiento y productividad del manglar, se advierten casos encontrados, si se tiene en cuenta que al-

gunos ensayos con fertilización de suelos, no necesariamente han desencadenado en incrementos en los porcentajes de crecimiento o en la productividad (Clough, 1992), debido a que hay un sinnúmero de interacciones que se generan internamente y que no son fácilmente medibles y que finalmente son las que determinan el crecimiento, desarrollo y productividad de los ecosistemas de manglar.

En las aguas tropicales de manglar, las concentraciones de nitrógeno inorgánico son en general bajas y de manera similar a los suelos la forma predominante es el amonio, con algunas pequeñas fracciones de nitratos y nitritos. Las diferencias en las concentraciones se presentan de acuerdo a la disponibilidad de oxígeno, entradas de aguas dulces, el grado de insolación y a la biomasa y productividad del fitoplancton y bacterioplancton, entre otras características, e incluso puede variar con cambios muy rápidos generados por las mareas y/o los lavados provenientes de las lluvias (Alongi et al., 1992; Clough, 1992).

USO, COMUNIDAD Y MANGLAR

Los manglares de la zona costera del Caribe colombiano han recibido, tradicionalmente, diferentes formas de uso por parte de las comunidades nativas, principalmente para su autosustento. El uso en general no se ha dado siempre en forma sostenible y ha estado ligado, especialmente en las tres últimas décadas, a un aprovechamiento irracional, sometiendo a los ecosistemas mangláricos a una sobreexplotación,



degradación y pérdida de sus componentes, en especial por influencias externas a las comunidades locales.

Los usos que tradicionalmente se les ha dado, por parte de las comunidades, en Colombia a los ecosistemas de manglar son, según **Sánchez (1994)**: a) La sobreexplotación de productos forestales, tales como madera, corteza, carbón y leña; b) Corte de raíces de *Rhizophora* para desprender moluscos; c) La cocción de hipocótilos de *Rhizophora* para alimento humano, las hojas y los frutos como forraje para animales; d) pértigas para sujetar redes de pesca, postes para cercas y embarcaderos, pisos, durmientes, traviesas para líneas férreas, puntales de mina, astillas para pulpa, palos de fósforo, mangos de herramientas, colas, colorantes y azúcares.

En Colombia, en las décadas de los 60's y 70's se realizó el aprovechamiento de man-

glares, en el Caribe colombiano, a nivel industrial por parte de la empresa Láminas del Caribe, en las zonas del Canal del Dique y la Ciénaga Grande de Santa Marta.

Los primeros planes de aprovechamiento eran más planes de extracción que de ordenación propiamente dicho, puesto que carecían de información previa acerca del crecimiento natural del bosque y de los impactos que podría generar dichos aprovechamientos sobre los ecosistemas, la economía y las comunidades locales. Por tales razones, INDERENA encargada en esa época, de la administración y manejo de los recursos naturales, determinó suspender la extracción de madera de mangle a nivel industrial (**Hernández-Camacho et al., 1976**).

En la zona de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y el San Jorge, en el Caribe colombiano,

INFLUENCIA DE AGUAS SALOBRES DE UN CAÑO,
SOBRE BOSQUE DE MANGLAR. CISPATÁ, CÓRDOBA.



entre 1991 y 1992, en la Bahía de Cispatá se estableció una red de parcelas permanentes de crecimiento y se elaboró el Plan de Ordenación Forestal del bosque de mangle. Posteriormente el Ingeniero Forestal Fernando Vélez realizó el estudio Manejo Silvicultural del Bosque de Mangle del Antiguo Delta del Río Sinú. En 1992 la CVS estructuró el proyecto “Conservación y Manejo de los Humedales en el Antiguo Delta del Río Sinú, en los Municipios de San Bernardo y San Antero”, en el cual se pretendía establecer un sistema de manejo integral y racional de la zona manglarica con la participación de la comunidad.

En **Sánchez-Páez et al. (1997)**, se registran varios aspectos específicos sobre el uso de los manglares, por parte de las comunidades locales en el Caribe de Colombia, así como por otros actores.

En América Latina, la experiencia de manejo sostenible de las áreas de manglar es poca hasta la actualidad. En la mayoría de países hasta ahora se están dando los lineamientos para la implementación de proyectos de manejo sostenible de manglares.

En Panamá, el Proyecto Manglares IRE-NARE/OIMT, está abordando todos los temas claves en relación con los manglares: las políticas, los aspectos sociales, la utilización de recursos forestales, la recopilación de información, la preparación de mapas y la coordinación institucional. Integrando estos aspectos se aspira a tener las bases para lograr la conservación y el manejo sostenible de los manglares (**Burniske, 1994**).

En Cuba, se elaboró un Plan de Manejo basado en la identificación de las principales

prioridades socioeconómicas y acorde con las propiedades ecológicas de los paisajes. El cual se constituye, además, en un ejemplo metodológico y en un punto de partida para desarrollar estrategias en el planeamiento del uso sostenible de estos recursos (**Menéndez et al, 1994**). Según información personal suministrada por colegas, en la Ciénaga de Zapata, en Cuba, se están realizando interesantes prácticas de conservación y manejo de los manglares, involucrando a las comunidades en el proceso con el fin de mejorar su nivel de vida y asegurando el manejo sostenido de dicho ecosistema.

En Venezuela, hacia la década del 80, la compañía TAMAVENCA se encargó de explotar en forma racional, desde el punto de vista forestal, los manglares del oriente venezolano, para ello se implemento un sistema de corte en fajas alternas, “las fajas alternas permiten que la faja que va a quedar en el medio, con el manglar maduro, sirva de protección para el establecimiento de la regeneración de la parcela que se ha explotado” (**Canales, com. pers.**). Según **Rodríguez (1994)**, actualmente los manglares venezolanos no se aprovechan en forma industrial sino artesanal.

El Proyecto DANIDA - MANGLARES Estero Real, en Nicaragua, que cuenta con la participación del CATIE, según **Hurtado (1994)** ha iniciado la identificación de actividades y mecanismos que permitan el trabajo directo con las comunidades y autoridades locales a fin de reducir la presión sobre los recursos manglaricos. El proyecto cuenta con las siguientes actividades: Diagnóstico socioeconómico, Diagnóstico de pesca y Diseño de un Plan de Manejo Silvícola Piloto.

En la actualidad en Colombia, las Corporaciones Autónomas Regionales están desarrollando, el diagnóstico y zonificación específica para cada una de sus jurisdicciones, como respuesta a la Resolución No. 924

del 16 de octubre de 1997, emanada del Ministerio del Medio Ambiente. Este trabajo que deben desarrollar las CAR's, es apoyado por las actividades del Proyecto Manglares de Colombia.

PRINCIPALES LINEAS DE ACCIÓN DEL PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA DE LA FASE II (ETAPA I)

DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE LOS MANGLARES

La estructura de los ecosistemas de manglar y su arreglo espacial interno, así como el crecimiento de sus componentes arbóreos, están muy relacionados con las condiciones medioambientales de los sitios en donde se establecen naturalmente estos ecosistemas; que en la costa Caribe colombiana, están sometidos a un clima con pocas lluvias, alta irradiación solar todo el año y fuertes vientos en agosto y enero. Se debe tener en cuenta que factores como la salinidad, la disponibilidad del agua, el pH, la estructura y textura del suelo, la concentración de nutrientes y la relación entre los iones de Na^+ / K^+ , entre otros factores, son condiciones ambientales que influyen sobre el crecimiento y desarrollo de los manglares, ya sea a nivel de factor individual o a su compleja interrelación, y que tendrían un efecto directo sobre la fisiología de estas plantas halófitas no obligadas.

Para la costa del Caribe colombiano, se han registrado variaciones en el crecimiento y desarrollo de los manglares, las cuales y de acuerdo con lo anterior, obedecen a factores ambientales que podrían explicar en parte estas variaciones. Sin em-

bargo, se deben tener en cuenta otros factores o condiciones particulares para cada zona, que además de afectar el crecimiento y desarrollo de los manglares, podrían ser la causa de la pérdida o deterioro de estos humedales. Dentro de los más importantes, tenemos los causados por actividades antropogénicas y las de origen natural, que a continuación se registran según (Dugan, 1992) y que en la mayoría de los casos se pueden evidenciar en nuestros ecosistemas:

Antropogénicas: Drenajes para agricultura, uso forestal y control de plagas; dragado y canalización de ríos para la navegación y protección contra inundaciones; rellenos para depósito de desechos sólidos, construcción de vías y desarrollo comercial, residencial e industrial; acuicultura y maricultura; descarga de plaguicidas, herbicidas, nutrientes de desagües domésticos y escurrientías agrícolas y sedimentos; desvío de sedimentos por medio de represas y canales profundos; alteración hidrológica por canales, caminos, u otras estructuras; hundimiento causado por extracción de agua subterránea, gas, petróleo y otros minerales.

Naturales: Hundimientos geológicos, aumento en el nivel del mar, sequía, huracanes, tormentas y erosión.



Son muchos los factores que pueden afectar el crecimiento y desarrollo de los manglares, por tal motivo, el determinar preliminarmente los rangos anuales de crecimiento, el comportamiento de la regeneración natural y los aspectos de la fenología de estas plantas, facilitará establecer una mejor aproximación a la dinámica de estos ecosistemas, y sus relaciones con las condiciones impetantes.

El establecimiento de Parcelas Permanentes de Crecimiento en áreas de manglar y su posterior monitoreo, permitirá determinar el crecimiento anual, considerando la calidad de sitio de cada lugar estudiado, facilitando evaluar el desarrollo de los ecosistemas en relación con diferentes condiciones de sitio.

La importancia de este tipo de estudios radica en que con ellos se pueden obtener las pautas para: (a) Planificar el uso más apropiado del manglar con miras a lograr su conservación dentro de los criterios del uso sostenible; (b) Lograr un mayor conocimiento ecológico de los ecosistemas de manglar y de la productividad de los mismos; (c) Evaluar y comparar el comportamiento de los ecosistemas de manglar sometidos a diferentes condiciones medioambientales.

Los bosques naturales, como es el caso de varios de los manglares del Caribe, se consideran disetáneos en su estructura. Sin embargo, normalmente ocurre y especialmente en el manglar, que el estrato superior del bosque corresponde a una regeneración natural coetánea que ocurrió en un período corto de tiempo y por tanto su comportamiento es similar a bosques coetáneos. (Vélez-Escobar 1994).

Por lo tanto, es posible evaluar el crecimiento de los componentes arbóreos del manglar en función del tiempo (Del Valle-Arango, 1989). Por medio de la instalación y seguimiento de Parcelas Permanentes de Crecimiento se puede determinar el tiempo que un árbol promedio requiere para pasar a través de una clase diamétrica, lo cual permite graficar una curva completa de crecimiento de diámetro, altura, área basal o volumen, en función de la edad.

El conocimiento de la dinámica de crecimiento es de vital importancia para la definición de esquemas de manejo silvicultural, conducentes a un uso sostenible de los bosques de manglar, buscando con esto la conservación del recurso.

El diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia, evidenciaron la necesidad de proponer y ejecutar un estudio preliminar sobre el crecimiento, la capacidad de regeneración natural y los aspectos fenológicos del manglar.

Se busca conocer la dinámica de crecimiento del manglar, mediante la instalación y monitoreo de Parcelas Permanentes de Crecimiento, representativas de cada zona de estudio. Al interior de estas parcelas se calculan diferentes índices como diámetro promedio cuadrático, densidad, área basal, diámetro a la altura del pecho (DAP), con el fin de comparar el crecimiento registrado en los diferentes manglares del Caribe.

Conociendo el crecimiento de los individuos del bosque de manglar, en aquellos lugares donde las comunidades dependan de él, se puede planificar la forma e intensidad de uso más adecuado y hasta estipular cuotas

de aprovechamiento. Esto con el fin de lograr que el uso del recurso sea sostenible y eficiente desde los puntos de vista ecológico y económico, buscando con ésto la conservación de los ecosistemas y de sus recursos asociados.

Posteriormente, se relacionan los factores ambientales registrados en el monitoreo, con el crecimiento de los árboles del manglar.

FENOLOGÍA Y REGENERACIÓN NATURAL

Se pretende evaluar la capacidad de regeneración natural y los aspectos fenológicos del manglar en diferentes zonas del Caribe, en parcelas permanentes representativas de cada zona de estudio, relacionando los factores ambientales registrados en el monitoreo

El estudio de la fenología es el registro en el tiempo, de la aparición de los fenómenos biológicos relacionados con el desarrollo como: floración, fructificación, brote de hoja y defoliación que ocurren en los árboles. Estos fenómenos son de carácter dinámico y endógeno, que están estrechamente relacionados y condicionados, por factores ambientales.

La importancia del estudio fenológico, desde el punto de vista silvicultural, radica en que el conocimiento de los diferentes fenómenos, permite predecir y planificar las mejores épocas para recolección de propágulos, polinización dirigida y reproducción; adicionalmente, permite una mejor comprensión de las complejas relaciones ecológicas asociadas con estos eventos.

La regeneración natural se refiere a los individuos jóvenes y brinzales, que se presentan en el sotobosque y que constituyen parte de la sucesión natural secundaria y permiten la estabilidad o equilibrio del bosque.

Con el estudio de la regeneración natural se logran conocer las causas, los mecanismos y los factores que conllevan al proceso de cambio de especies, cambio en la zonación, cambio de poblaciones y su remplazo a través del tiempo (sucesión ecológica), ya sea en forma natural o inducida (intervención humana).

Este conocimiento es importante porque permite una mayor eficiencia en los programas de manejo y en la planificación de la recuperación y restauración de áreas degradadas, a partir de la regeneración natural, con el fin de garantizar un uso sostenible de los ecosistemas de manglar.

RESTAURACIÓN DE ÁREAS DE MANGLAR

Con el término restauración se definen, todas las acciones inducidas por el hombre, que conlleven a la recuperación y conservación posterior de ecosistemas de manglar, los cuales han sido alterados o están en procesos de degradación por actividad humana o a causas de fenómenos naturales.

La restauración contempla diferentes tipos de manejo, que conducen de manera intencional a lograr una aproximación a la condición original del bosque.

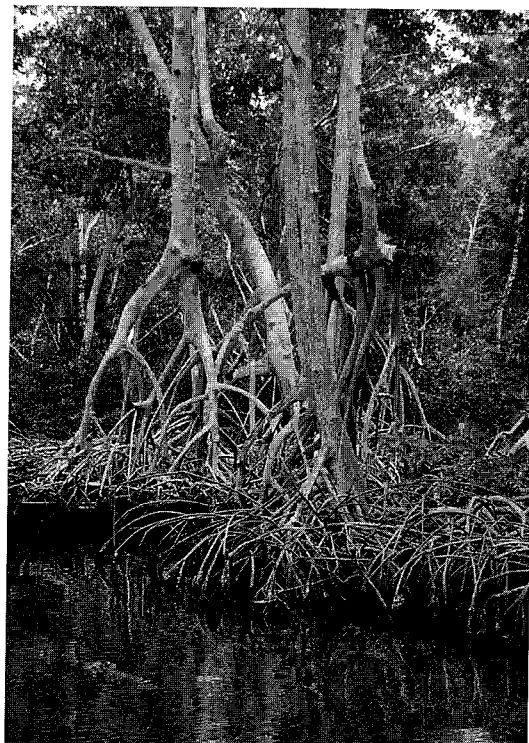
Esta actividad incluye restablecimiento de condiciones apropiadas de salinidad,

temperatura y flujos de agua, algunas prácticas silviculturales como implementación de viveros, siembra directa de propágulos o semillas y de plantas silvestres y de otras actividades de propagación vegetativa.

Cuando se está seleccionando una zona para restaurar, lo primero que se debe hacer es el levantamiento vegetal, de los manglares más cercanos y que se encuentren en buenas condiciones.

Esto con el fin de poder definir como era el manglar antes del daño o deterioro. Posteriormente se deben tener en cuenta características como la salinidad, exposición de la zona a las olas y corrientes de agua y vientos, profundidad de la inundación mareal, disponibilidad de agua "dulce", capacidad de escorrentía del suelo y nivel freático, presencia de plagas, disponibilidad de semillas, cooperación de la comunidad y vegetación presente o regeneración natural de mangle. También se deben tener en cuenta las variables ambientales como textura y estructura del suelo, pH, temperatura y radiación.

Una vez se conozcan estas características, se debe proceder a desarrollar un plan de restauración dentro de un programa específico para el área a recuperar, en donde se deben tener en cuenta el método de revegetalización.



Mediante la práctica de la regeneración natural o recuperación natural, es posible que el bosque resulte ser parecido al original, constituyéndose este aspecto en la ventaja más importante del método. Sin embargo, aunque se logre una estructura o composición similar, para ninguno de los métodos de recuperación existe la garantía de que los ecosistemas vuelvan a constituirse de una manera igual a los iniciales.

La restauración, manejada o dirigida, consiste en tres formas, en la implantación directa de propágulos y semillas recolectadas del medio, las cuales pueden ser sembradas técnicamente, teniendo en cuenta la densidad y distribución, o también bajo las formas de siembra de plantas producidas en vivero o plantas silvestres transplantadas. Aunque la segunda modalidad es mucho más costosa, que la restauración a partir de regeneración natural, resulta ser la más exitosa y rápida, siempre y cuando las condiciones del sitio así lo permitan.

Mediante estas actividades se pretende propiciar el manejo silvicultural del manglar en áreas de recuperación, uso múltiple y de producción, e incentivar la creación de la cultura de restauración del manglar, en las comunidades locales, logrando su participación y el desarrollo de sus conocimientos, y compartiendo experiencias y resultados con ellos.

También estas actividades, mediante el seguimiento técnico, servirán para conocer y cuantificar algunos aspectos ecológicos relacionados con la biología del desarrollo, como son la supervivencia de semillas, propágulos, plántulas y los diferentes eventos de la morfogénesis y el crecimiento, de las cuatro especies de manglar sembradas por la comunidad y consultores del proyecto.

TÉCNICAS DE VIVERO

El vivero es el lugar donde se realiza la producción técnica de plántulas, en él se producen individuos de buena calidad y en las cantidades necesarias para el establecimiento de plantaciones forestales, cultivos agrícolas, recuperación de zonas deforestadas o alteradas, para fines ornamentales o para el embellecimiento del paisaje y el enriquecimiento de la estructura y la biodiversidad. Los viveros también pueden cumplir una función como centros de investigación y conservación de especies.

De acuerdo a las necesidades particulares de una región, los viveros se pueden construir como permanentes o transitorios.

Los viveros permanentes, son aquellos destinados a la producción de plántulas en forma sostenida; generalmente abastecen las necesidades de material vegetal para la reforestación en grandes regiones o suministran el material continuo en sistemas industriales de tipo cerrado, por lo cual deben tener una adecuada ubicación y firme infraestructura.

Los viveros transitorios son aquellos, cuyo objetivo es la producción y abaste-

cimiento de plántulas para proyectos o programas de reforestación o zonas de restauración específicas de menor alcance. Por el hecho de ser utilizados para un período definido y no permanente, los viveros transitorios no deben tener una infraestructura costosa, ya que ésto ocasionaría sobre costos a los programas.

Los viveros se deben construir de acuerdo a algunas especificaciones técnicas y logísticas, como son, la ubicación cerca de una fuente de agua, piso plano o ligeramente inclinado para lograr un drenaje favorable y sustrato suelto con buena capacidad de absorción de agua. Para disminuir el daño de las semillas o plántulas, por cangrejos u otros depredadores terrestres, se recomiendan mesones de 0.60 a 1 m de altura, donde se coloquen las bolsas o semilleros, evitando de esta manera que rompan las bolsas y se coman las semillas (**Osborne y Smith, 1990**). También se recomienda que el vivero o la zona a su alrededor sea enmallado, o cuando menos que de alguna manera se protejan las plántulas de aves, en especial de la "maría mulata" (*Quiscalus mexicanus*) que está presente en el Caribe y que es depredador reconocido de semillas y plántulas de mangle (**Cañón y Rodríguez, 1994**).

Se proyectó establecer viveros, con el fin de involucrar a las comunidades que dependen directamente de los manglares, de tal manera que sirvan como experiencia piloto o modelo experimental de programas de restauración de tales ecosistemas.

Con los viveros se pretende, incentivar la participación comunitaria en programas de manejo de sistemas de manglar



y generar alternativas para los pobladores dependientes del manglar, en actividades de beneficio económico de las comunidades aledañas.

Desde el punto de vista técnico, los viveros servirán para mantener un stock de propágulos y plántulas de mangle viables, con el fin de poder iniciar programas de restauración en un área determinada, sin tener que depender de la disponibilidad natural de éstos.

También con el vivero se desarrollarán programas de investigación básica, para las cinco especies de manglar de la zona, *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erecta* y *Pelliciera rhizophorae*, con el fin de determinar viabilidad, supervivencia y desarrollo de las semillas o propágulos, así como de las plántulas durante esta fase.

MONITOREO DE AGUAS DE MANGLAR

El monitoreo se define como el registro sistemático y continuo de observaciones, estudios, muestreos y/o cartografía, que permite y provee las bases para la medición de parámetros y evaluación de procesos relacionados con un problema específico a través del tiempo. (Páramo y Silva, 1997)

Los programas de monitoreo son implementados para tener el conocimiento necesario sobre el comportamiento de las variables que influyen sobre los procesos estructurales y funcionales de ecosistemas, comunidades, poblaciones o individuos a través del

tiempo, así como las respuestas de éstos, a los cambios medioambientales.

Spellerberg (1991), menciona que la importancia de los programas de monitoreo ecológico y biológico radican en el hecho de que proveen las herramientas necesarias para:

- (a) Manejo de recursos biológicos y del patrimonio natural, con miras a obtener un desarrollo sostenible;
- (b) Seguimiento de comunidades y ecosistemas para ser manejados y conservados o protegidos en forma eficiente;
- (c) Análisis retrospectivos, seguimiento y generación de modelos prospectivos del uso de la tierra y los paisajes, como base para optimizar el uso y aprovechamiento eficiente y sostenible de bienes y servicios naturales;
- (d) Seguimiento de procesos ecológicos como aporte al conocimiento del desarrollo resistencia, resiliencia y dinámica de los ecosistemas y paisajes.

¿Cómo se determina la intensidad de muestreo y las variables a medir en un programa de monitoreo?

Giraldo et al. (1995) establecen que la selección de las estaciones de muestreo y las variables debe obedecer a dos criterios:

- (a) Importancia de las variables en el sistema objeto de estudio en términos de sensibilidad y cambios y su relación con otras variables que no se incluyan dentro del programa. Esto permite estimar orden de magnitud y probablemente las tendencias del comportamiento temporal de las variables no medidas, de acuerdo al grado de correlación con las variables medidas;
- (b) El número de datos debe ser representativo o significativo y que refleje el comportamiento real de la variable en el ecosistema.

Para determinar las estaciones de muestreo, es apropiado montar un premuestreo con un número significativo de estaciones en las cuales se realizarían todas los registros que se obtendrían en las estaciones de monitoreo definitivas, buscando con ello la máxima representatividad de las condiciones abióticas de los sistemas. Estas serían entonces, aquellas que exhiban la mayor variabilidad dentro del sistema y aquellas que en conjunto reduzcan al máximo la incertidumbre sobre las estaciones en las cuales no se realizaría el monitoreo.

Serrano et al., (1995) proponen tres criterios para la establecer las estaciones de muestreo; (a) Involucrar la mayor área de estudio posible; (b) Incluir zonas con diferentes estados de vegetación (manglar muerto, vivo, degradado, entre otros); (c) Lograr un conjunto de estaciones representativas de las condiciones del ambiente, tales como la influencia del mar, ríos, interrupción de flujos hídricos, entre otros. Cada estación debe ser completamente descrita en lo concerniente a topografía, tipo de suelo, presencia de cuerpos de agua (ciénagas, ríos, lagunas), posibles factores generadores de tensión y composición de la vegetación de manglar.

Para tener la base sobre la elección de los sitios de muestreo, se puede utilizar la cartografía existente de las áreas de manglar, así como la fotointerpretación o el sobrevuelo, con el fin de puntualizar sobre parámetros estructurales, agentes generadores de tensión o variables físicas tales como geomorfología, suelos y cuerpos de agua, entre otros, que permitan determinar un muestreo preferencial estratificado. El muestreo aleatorio puede presentar inconvenientes

debido a que la generación de puntos al azar puede derivar frecuentemente, en la imposibilidad de realizar los muestreos por la dificultad de acceso a algunos sitios.

Las variables a medir deben estar íntimamente relacionadas con aquellos factores que determinan el establecimiento y desarrollo de las áreas de manglar, los cuales generalmente son de tipo climático, edáfico e hidrológico, que operan de una u otra forma para modificar uno o varios de los procesos vitales tales como fotosíntesis, respiración, productividad y crecimiento, entre otros (**Field, 1996**).

Con esta línea de acción se pretende establecer un sistema de monitoreo de las aguas de manglar, con el fin de aumentar el conocimiento sobre la dinámica natural de estos ecosistemas y tomar decisiones acertadas sobre las acciones necesarias para el control de factores tensores que se pudiesen presentar.

También se busca, involucrar a los integrantes del SINA (Sistema Nacional Ambiental), tales como Corporaciones Autónomas, Regionales (CAR's), Corporaciones para el Desarrollo Sostenible (CDS's) y Departamentos Administrativos del Medio Ambiente (DAMA's), e Institutos de Investigación (IN- VEMAR, CIOH), así como a todas las entidades relacionadas con la administración de los ecosistemas de manglar en el país. Se procura atender a las acciones, emanadas a partir del Ministerio del Medio Ambiente, por medio de la Resolución 257 de 1997 y que hace referencia específica sobre las necesidades de implementar un sistema técnico de monitoreo que sea representativo para las áreas de manglar de sus jurisdicciones.

PROYECTOS PRODUCTIVOS PILOTO

Algunos líderes comunitarios de la costa Caribe, manifiestan que entienden la problemática del manglar y que además es su problema, y que tienen intenciones reales de manejar el recurso en forma sostenible, pero igualmente piden ayuda y una pronta reglamentación por parte de las autoridades ambientales del gobierno nacional.

Mediante esta línea se pretende, establecer las bases para desarrollar programas experimentales piloto, encaminados a lograr el uso múltiple y sostenible de las áreas de manglar de la costa Caribe de Colombia. Este objetivo incluye la identificación de zonas y sistemas de producción de los manglares en áreas de uso múltiple y la identificación de las actividades productivas alternativas o complementarias al aprovechamiento del manglar.


También, se pretende, con la participación comunitaria, desarrollar y capacitar a las comunidades de mangleros en autogestión, para que ellos ejecuten proyectos productivos relacionados con actividades de conservación y uso sostenible y propiciar las

condiciones para el fortalecimiento de grupos, en el desarrollo de actividades, para el manejo silvicultural de los recursos manglaricos (restauración, recuperación, siembra y viveros) y de aquellos asociados a estos ecosistemas, como la reforestación de zonas continentales y actividades de ecoturismo, entre otras.

A continuación se presentan los resultados obtenidos, relacionados con las cinco líneas de acción desarrolladas en esta etapa del Proyecto. Inicialmente se presenta un mapa general, en donde se registra la ubicación de las zonas en donde se desarrollaron las actividades, éste incluye parcelas permanentes de crecimiento, viveros, áreas de restauración y sitios de monitoreo físico-químico de aguas. Igualmente se presentan dos cuadernillos de fotografías relacionadas con los temas tratados.

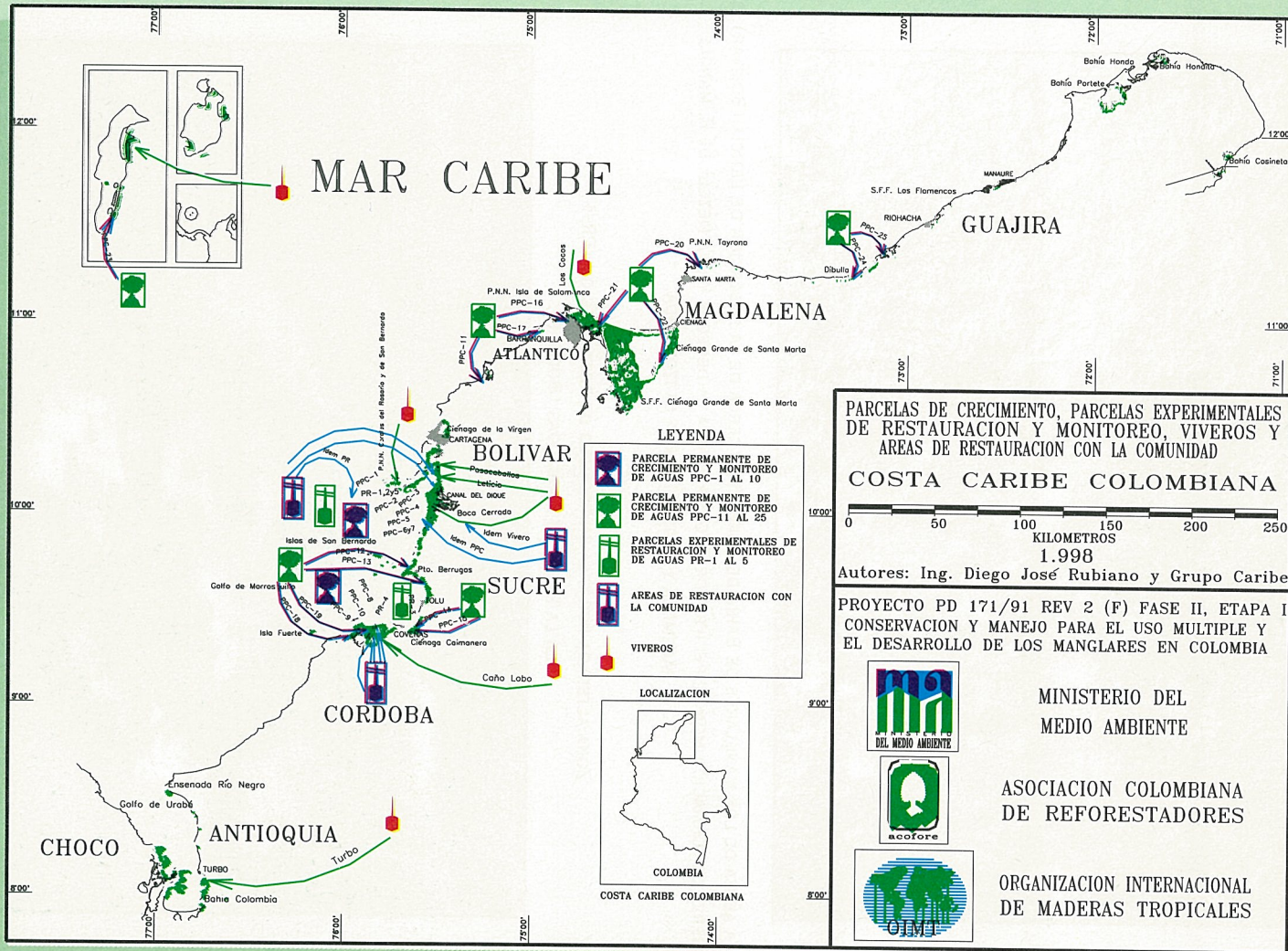
Con el fin de aclarar dudas sobre la organización del presente documento, la secuencia de la numeración de las figuras del texto corresponden a gráficas y diagramas o dibujos. Las llamadas aclaratorias o explicativas más importantes del texto y relacionadas con las fotografías, se harán, aludiendo a **fotos color**.

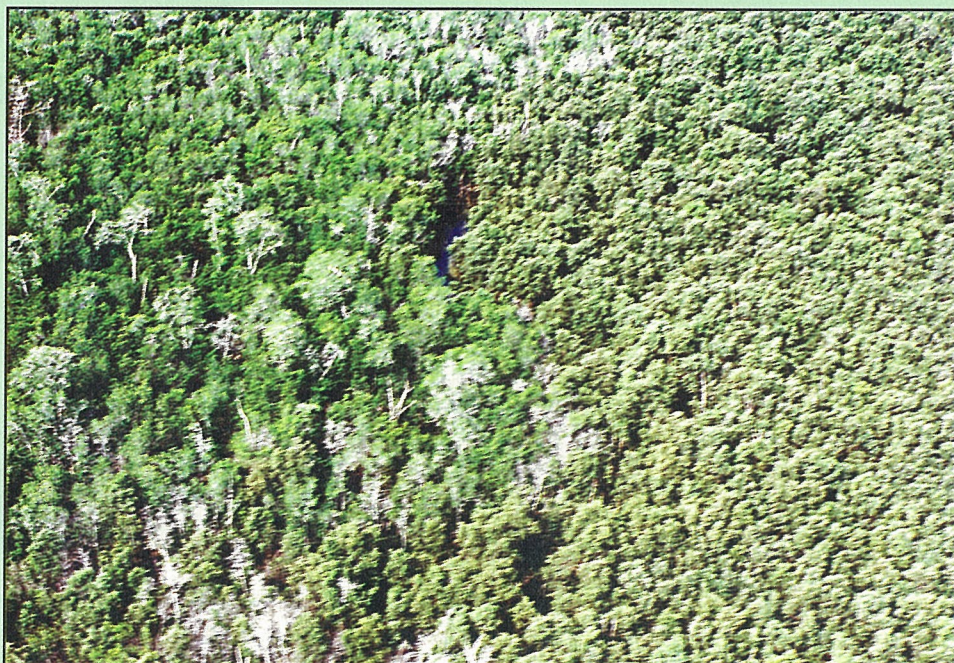
.....



**FOTOGRAFÍAS
EN COLOR I**

**MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
ACOFORÉ - OIMT
PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA**





VISTA AÉREA DE LOS MANGLARES DE BAHÍA DE BARBACOAS CERCA DE LA POBLACIÓN DE LETICIA (BOLÍVAR), SE OBSERVA LA FORMACIÓN MONOESPECÍFICA DE *A. GERMINANS* A LA DERECHA Y UNA MEZCLA DE *R. MANGLE*, *L. RACEMOSA* Y *A. GERMINANS* A LA IZQUIERDA.

ZONA ALTERADA POR TALA EN PROCESO DE RESTAURACIÓN (PR-1), EN LA BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR).





SALITRAL FORMADO POR ALTERACIÓN DEL FLUJO HÍDRICO CERCA AL CAÑO DAGO
EN LA BAHÍA DE CISPATÁ (CÓRDOBA), 1998.

VIVERO COMUNITARIO DE LETICIA SOBRE EL CANAL DEL DIQUE
EN EL DEPARTAMENTO DE BÓLÍVAR, 1998.





ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD CERCA AL CAÑO LEQUERICA EN LA BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR), A PARTIR DE PLÁNTULAS DE R. MANGLE PRODUCIDAS EN EL VIVERO DE PASABALLOS (BOLIVAR), 1998.

AREA EN PROCESOS DE RESTAURACIÓN, UN AÑO DESPUÉS DE LA APERTURA DEL CAÑO DAGO Y DE LA SIEMBRA DIRECTA DE HIPOCÓTILOS DE R. MANGLE. ENERO DE 1996, BAHÍA DE CISPATÁ- CÓRDOBA).

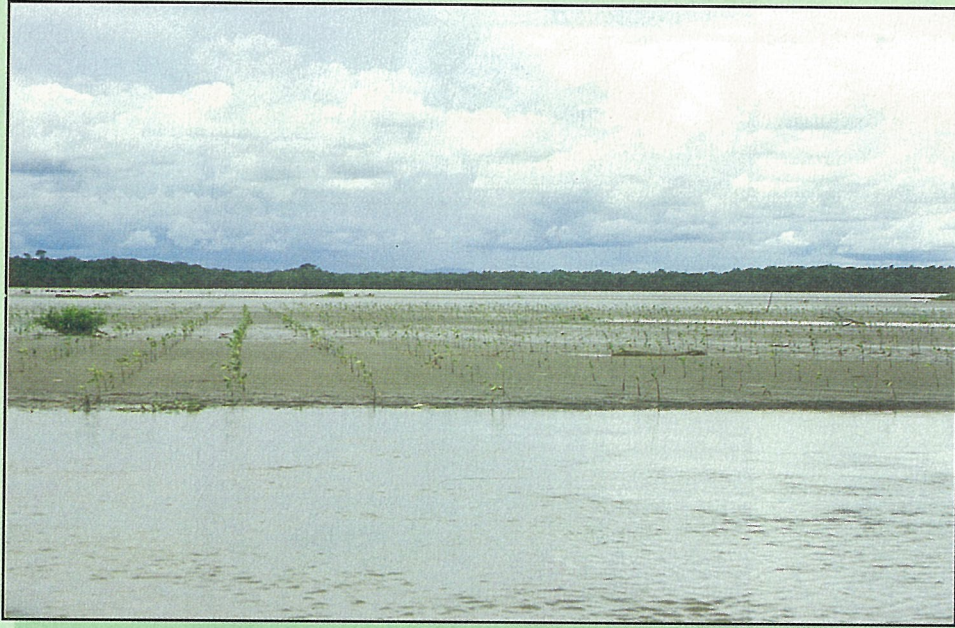




PLÁNTULAS DE R. MANGLE SEMBRADAS EN SEMILLEROS PLÁSTICOS,
EN EL VIVERO DE LETICIA, CANAL DEL DIQUE (BOLÍVAR), 1998.

RESTAURACIÓN CON PLÁNTULAS DE R. MANGLE PRODUCIDAS EN VIVERO,
EN PASACABALLOS (BOLÍVAR), 1998.





PLAYÓN ALUVIAL CERCA AL CAÑO MATUNILLA SEMBRADO CON PLÁNTULAS DE VIVERO,
POR LA COMUNIDAD DE MANGLEROS DE AGRODIQUE,
DE PASACABALLOS Y LETICIA (BOLÍVAR), 1998.

CAÑO DAGO DESPUÉS DE SU LIMPIEZA Y RECTIFICACIÓN. BAHÍA DE CISPATÁ (CÓRDOBA), 1996.





TALA MASIVA DE MANGLE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LAS ISLAS DE SAN BERNARDO (BOLÍVAR), 1998.

MURAL ALUSIVO A LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR, ELABORADO EN PASACABALLOS (BOLÍVAR), 1998.





APERTURA DE CAÑO NUEVO DE LA CIÉNAGA DE LA MUERTE, POR PARTE DE LAS COMUNIDADES DE LA BAHÍA DE CISPATÁ (CÓRDOBA), 1998.

CANAL MARINO BORDEADO DE R. MANGLE, QUE COMUNICA LA CIÉNAGA DE ANA GÓMEZ, LOCALIDAD DE RINCÓN, MUNICIPIO DE SAN ONOFRE (SUCRE), 1998.



1.

DINAMICA DE CRECIMIENTO, REGENERACIÓN NATURAL Y FENOLOGIA

- **GENERALIDADES**
- **METODOLOGÍA**
- **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

**MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
ACOFORÉ - OIMT
PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA**



DINÁMICA DE CRECIMIENTO, REGENERACIÓN NATURAL Y FENOLOGÍA



GENERALIDADES

En el litoral Caribe colombiano, la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y el San Jorge (CVS), realizó el estudio "Manejo Silvicultural del Bosque de Mangle del Antiguo Delta del Río Sinú". Vélez-Escobar (1994) instaló allí una red de 29 parcelas permanentes de crecimiento, en las cuales determinó, entre otros aspectos, que, "Los valores de volumen de madera, pueden considerarse bajos en un 10 % de los casos ($V_{cc} < 50 \text{ m}^3/\text{ha.}$), medios en un 45 % ($V_{cc} < 100 \text{ m}^3/\text{ha.}$) y altos en un 45 % ($V_{cc} < 150 \text{ m}^3/\text{ha.}$)". "El crecimiento corriente anual en volumen es bajo en un 45 % de las parcelas ($< 4,0 \text{ m}^3/\text{ha.}$), medio en el 52 % ($< 8,0 \text{ m}^3/\text{ha.}$) y alto sólo en el 3 % ($> 8,0 \text{ m}^3/\text{ha.}$)". En el país no se han desarrollado otras experiencias similares, en cuanto a manglares, a la realizada en el Departamento de Córdoba.

Como una de las principales acciones del Proyecto Manglares de Colombia, en 1996 se inició el "Estudio sobre la Dinámica de Crecimiento, Capacidad de Regeneración Natural y Aspectos Fenológicos de los Manglares en la Costa Caribe Colombiana". Inicialmente se instalaron 10 Parcelas Permanentes de Crecimiento (PPC), entre octubre y noviembre de 1996, 4 en el Departamento

de Bolívar, 3 en el Departamento de Sucre y 3 en el Departamento de Córdoba. En ellas se registró, adicionalmente, la información relacionada con la regeneración natural y además, fueron seleccionados 22 árboles, para conformar una red para las observaciones fenológicas (Ceballos-Vargas, 1997).

En las parcelas instaladas se encontró que la mayoría de los sitios se hallan en diferentes grados de intervención y en algunos casos en proceso de recuperación, con diámetros promedios cuadráticos bajos (inferiores a 8 cm, en la mayoría de los casos), las densidades fueron medias y altas, y las alturas oscilaron entre 3,3 m y 15,7 m. La especie más abundante fue *Rhizophora mangle*, seguida por *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Pelliciera rhizophorae* y *Conocarpus erecta*.

En la Fase II, Etapa I del Proyecto Manglares de Colombia, abril 1997 a marzo 1998, se realizó la segunda medición de las 10 parcelas ya instaladas y se establecieron 15 más, para un total de 25, las cuales son analizadas en el presente trabajo.

De acuerdo con observaciones en campo sobre los ecosistemas de manglar, se constató la gran variabilidad de éstos, por lo cual

es importante aclarar que el establecimiento de estas parcelas constituye la base para continuar los estudios, pero en ningún momento serían representativos absolutos de las zonas de manglar del litoral Caribe, por lo tanto, la instalación de un mayor número de parcelas y su seguimiento debería ser prioritaria por parte de instituciones de investigación, vinculadas o no con el Ministerio del Medio Ambiente, o las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR's y CDS's) correspondientes, o los centros universitarios.

Para complementar el número de PPC y de regeneración natural, se hicieron recorridos detallados de las zonas de estudio, para determinar sus características particulares y establecer las parcelas mínimas, que mostraron varias de las situaciones posibles del desarrollo de los ecosistemas manglárnicos en los diferentes sitios.

Con el fin de asegurar el cuidado y la continuidad de las parcelas instaladas se comunicó a las Corporaciones Autónomas Regionales y Comunidades Locales involucradas sobre la existencia de éstas, para que conjuntamente se vele por su mantenimiento. Se logró, por parte de las Corporaciones, su compromiso para procurar la continuidad del estudio.

METODOLOGÍA

Para este estudio se utilizó la metodología suministrada por la Universidad Nacional de Colombia con sede en Medellín **Del Valle-Arango y Gómez-Restrepo (1996)**, y que hace referencia a los

métodos utilizados por **Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli (1985)**.

Sin embargo, la metodología tuvo algunos ajustes de acuerdo con las características particulares de los ecosistemas de manglar y de las zonas estudiadas, considerando además, el esquema de trabajo y las parcelas establecidas por **Ceballos-Vargas (1997)** en la Fase I del Proyecto. La metodología que se implementó en la Fase II, (Etapa I), fue la misma que se utilizó en la Fase I, con las adaptaciones citadas, por lo tanto se puede interpretar como la continuación de las actividades iniciadas en 1996.

❧ DINAMICA DE CRECIMIENTO

Criterios para la ubicación de PPC's

Con base en el diagnóstico realizado por el Proyecto Manglares de Colombia para la costa del Caribe colombiano (**Sánchez-Páez et al., 1997**), se consideró una elección inicial de zonas, para el establecimiento de parcelas de crecimiento, el estudio de la regeneración natural y la fenología, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Que las zonas tuvieran una distribución amplia con respecto a la extensión total de los manglares de la costa Caribe, de tal manera que albergaran los diferentes tipos fisiográficos de manglar.
- Que las parcelas estuvieran en áreas donde la comunidad depende directamente del manglar y también en lugares de poca intervención, incluyendo



algunas áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, con el fin de realizar análisis comparativos.

- Que fueran representativos de acuerdo al tipo de bosque y su respectiva estructura.
- Que fueran lugares accesibles, pero cuyas condiciones garantizaran su seguridad y permanencia, con el fin de que las mediciones y monitoreo se pudieran seguir realizando a través de varios años.

Actividades de campo

Con el fin de garantizar el desarrollo de las labores de campo se realizó una preparación preliminar de los materiales y equipos.

Materiales: Clavos pintados con anticorrosivo, pintura fluorescente, nylon, tubos PVC de 2" de diámetro y 1,5 - 2 m de longitud, placas de aluminio marcadas, martillo, brocha, pincel, cinta de señalización, cabuya de plástico, vara extensible.

Equipos: Brújula, GPS, clinómetro, calibrador (nonio o pie de rey), decámetro, cinta diamétrica, cámara fotográfica, salinómetro, pHmetro, oxímetro, termómetro, libreta de campo, lápices.

Igualmente, se prepararon preliminarmente los formularios y la cartografía de la zona, con el fin de hacer más eficiente el registro de la información relacionada con las PPC's y con la caracterización general del bosque y las aguas del manglar. La cartografía y fotografías aéreas se protegieron adecuadamente para su manipulación en campo.

Caracterización general del área de la parcela

Se analizaron aspectos generales de la parcela con el fin de tener una mayor idea de las características del sitio a estudiar, se realizó el monitoreo físico-químico de aguas superficiales, tanto en la PPC como en la fuente de agua más cercana a ella, y de aguas intersticiales, o sea, aguas al interior del suelo, registrando la información correspondiente a salinidad, pH, oxígeno disuelto y temperatura. Estas mediciones además de caracterizar la dinámica de una zona en un tiempo determinado, facilita el análisis sobre la manera como influyen estas variables en el desarrollo biológico de las especies. También se registran otros aspectos que se puedan apreciar y que se consideren importantes, para la caracterización del sitio, como:

- La geoforma y tipo de manglar (borde, cuenca, barra, ribera, enano)
- Tipo de suelo (firme, pantanoso, fangoso)
- Presencia de turba (abundante, media, escasa)
- Inundabilidad, (fuente y nivel de inundabilidad)
- Edad o estado de desarrollo del manglar (jóvenes, maduros, sobremaduros)
- Densidad del dosel
- Grado de intervención y las posibles causas
- Alteración del flujo hídrico y lámina de agua (causas)

«Ubicación e instalación de las PPC's»

Posicionamiento y señalización: En el borde del bosque, se referenció con un GPS, el punto de ingreso y se midió la distancia en línea recta, desde este punto hasta la parcela, marcando árboles en su trayecto, donde fue necesario. La ubicación geográfica de la parcela se registró en la cartografía disponible.

Definición del centro de la parcela:

El centro de la PPC se materializó con un tubo de plástico o de polivinilo (PVC) de 1,5 - 2 m de largo y 2 - 3 pulgadas de diámetro, que se enterró 40 a 60 cm, dependiendo del suelo, y se dejó expuesto sobre la superficie 1 a 1,5 m. El tubo se marcó con pintura reflectiva y se numeró (PPC - ___) (Figura 1).

Forma y Tamaño de las Parcelas: Se establecieron parcelas circulares con radios de 4, 8, 12 ó 15 m, por presentar algunas ventajas con respecto a otras formas geométricas (Figura 1).

- El tiempo de instalación puede ser menor, puesto que se materializa un solo punto y la homogeneidad de la forma geométrica está garantizada.
- Garantía de fácil localización del centro de la parcela a partir de datos como el contraazimut y la distancia de los individuos marcados.
- El límite no se demarca estrictamente, no obstante, el círculo sí tiene límites exactos pues a partir del radio, el área de la parcela es determinada.
- Para precisar la posición de la parcela, a partir de coordenadas geográficas, es mejor considerar un punto (el centro de la PPC) que un área.

El tamaño de las parcelas se determinó, considerando como mínimo 30 árboles por parcela, número que es representativo para analizar la estructura del manglar (Schaeffer-Novelli, 1986). También Vélez-Escobar

FIGURA 1. FORMA Y TAMAÑO DE LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO INSTALADAS EN EL CARIBE COLOMBIANO (1996-1998).

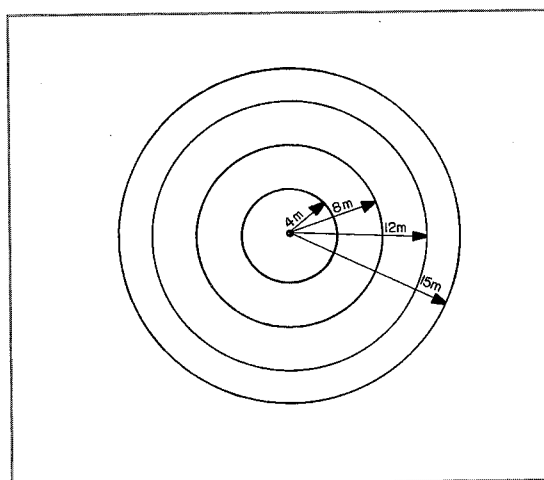
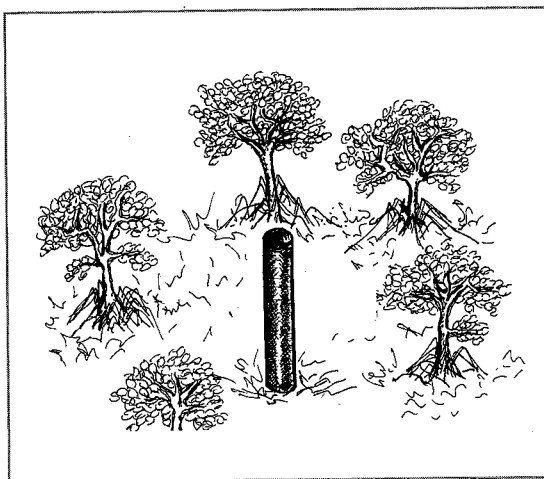


TABLA 1 . CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL RADIO DE LAS PPC CON BASE EN EL DIÁMETRO PROMEDIO CUADRÁTICO

DQ (CM)	Nº ARB./HA.	PARCELA M ²	ARBOLES /PARCELA	RADIO M
>20	>85,5	3505	30	33,4
10<20	240,0	1250	30	19,9
5<10	677,0	450	30	11,9
<5	>1452,0	210	30	8,1

Fuente: (Schaeffer-Novelli y Cintrón-Molero, 1986).

(1994) en su experiencia en la Bahía de Cispatá, señala este valor como el mínimo de una muestra grande para el análisis estadístico clásico. Igualmente se consideró la relación entre el número de árboles por hectárea y el diámetro promedio cuadrático (Dq) dada por **Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli (1986) (Tabla 1)**.

Ubicación de los puntos cardinales:

Se marcaron con cinta de señalización y pintura los cuatro puntos cardinales de la parcela, éstos no necesariamente deben quedar en el límite de la parcela ya que normalmente éste no ha sido definido en ese momento, lo importante es señalar el rumbo de cada uno de ellos.

Numeración de árboles a medir: Los árboles con diámetro mayor a 2 cm se numeraron con pintura y se marcaron con etiquetas de aluminio, en dirección al centro de la parcela, de manera consecutiva, iniciando a partir del Norte franco, en el sentido de las manecillas del reloj y en espiral. De tal forma que los primeros árboles estuvieran más cerca al centro de la parcela y que todos se puedan identificar fácilmente desde el centro (**Figura 2**).

Diligenciamiento de formulario de registro de datos:

Se completó la información general correspondiente a: Nº de PPC, departamento, municipio, corregimiento, lugar, coordenadas, precisión, azimut, distancia, fecha, radio y área de la parcela y número de árboles o registros. Las medidas se iniciaron siempre, tomando desde el centro de la parcela la distancia y el azimut a cada individuo, teniendo en cuenta el eje del árbol (en el caso de individuos inclinados). La información específica de cada individuo se registró en los formularios como se indica en el diagrama de la **Figura 3**.

Procesamiento de la información

Con el apoyo de la hoja de cálculo EXCEL se procesó la información recopilada en campo, a partir de la cual se realizó un análisis por departamento, de las parcelas instaladas entre 1996 y 1997, calculando algunos parámetros estadísticos como sumatoria, media, máximos, mínimos, desviación estándar poblacional y coeficiente de variabilidad.

Posteriormente, con el fin de caracterizar la estructura de los bosques de manglar de

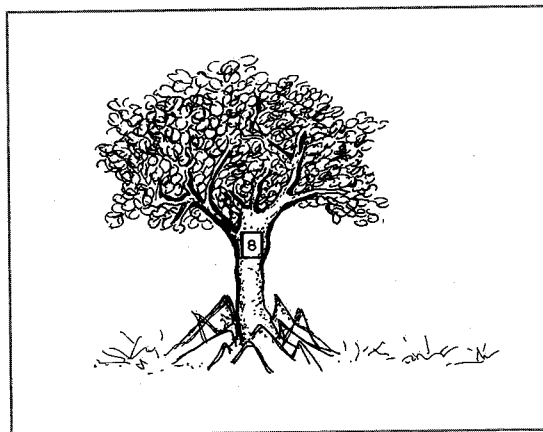
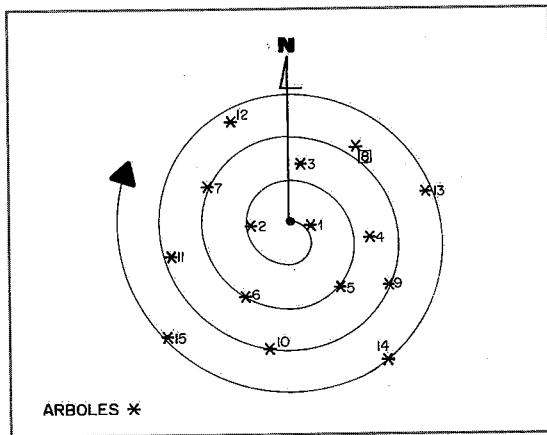


FIGURA 2. FORMA DE NUMERAR LOS ÁRBOLES A MEDIR EN LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO (1996-1998)

la Costa Caribe colombiana, evaluar su dinámica de crecimiento y realizar comparaciones entre ellos, se consideraron y calcularon algunas variables comúnmente utilizadas, desde el punto de vista forestal y ecológico, en el estudio de ecosistemas y especialmente los de manglar.

Estas variables, se dividieron en dos grupos, el primero constituido por las variables que se registraron directamente en campo, como DAP y altura, las cuales sólo se sometieron a un procesamiento estadístico sencillo de cálculo del promedio, máximo, mínimo, coeficiente de variabilidad y desviación estándar. El segundo grupo de variables fue calculado a partir de la información registrada en el campo: diámetro promedio cuadrático Dq , área basal y densidad, las cuales se explican a continuación:

El **diámetro promedio cuadrático Dq** es el diámetro de un árbol, cuya área basal es correspondiente a la media del bosque, es diferente al DAP promedio, puesto que esta última se obtiene a partir de la media aritmética de los DAP's. La media de los

DAP's siempre es menor que el diámetro del árbol de área basal media.

El Dq , se encuentra en función del área basal del bosque ($m^2/ha.$) y de la densidad ($ind/ha.$).

$$Dq = \sqrt{\frac{40000 AB}{\pi * dens.}}$$

El diámetro de árbol de área basal media o **Dq** , es una medida descriptiva de gran utilidad, que permite hacer comparaciones entre bosques, puesto que se puede correlacionar con otras medidas estructurales (**Schaeffer-Novelli, 1986**).

El **área basal** está definida como el área ocupada por todos los troncos de los árboles presentes en un bosque. Esta medida es un excelente índice para conocer el grado de desarrollo de un bosque, ya que está íntimamente ligada con el volumen de madera y con la biomasa del bosque (**Schaeffer-Novelli, 1986**).

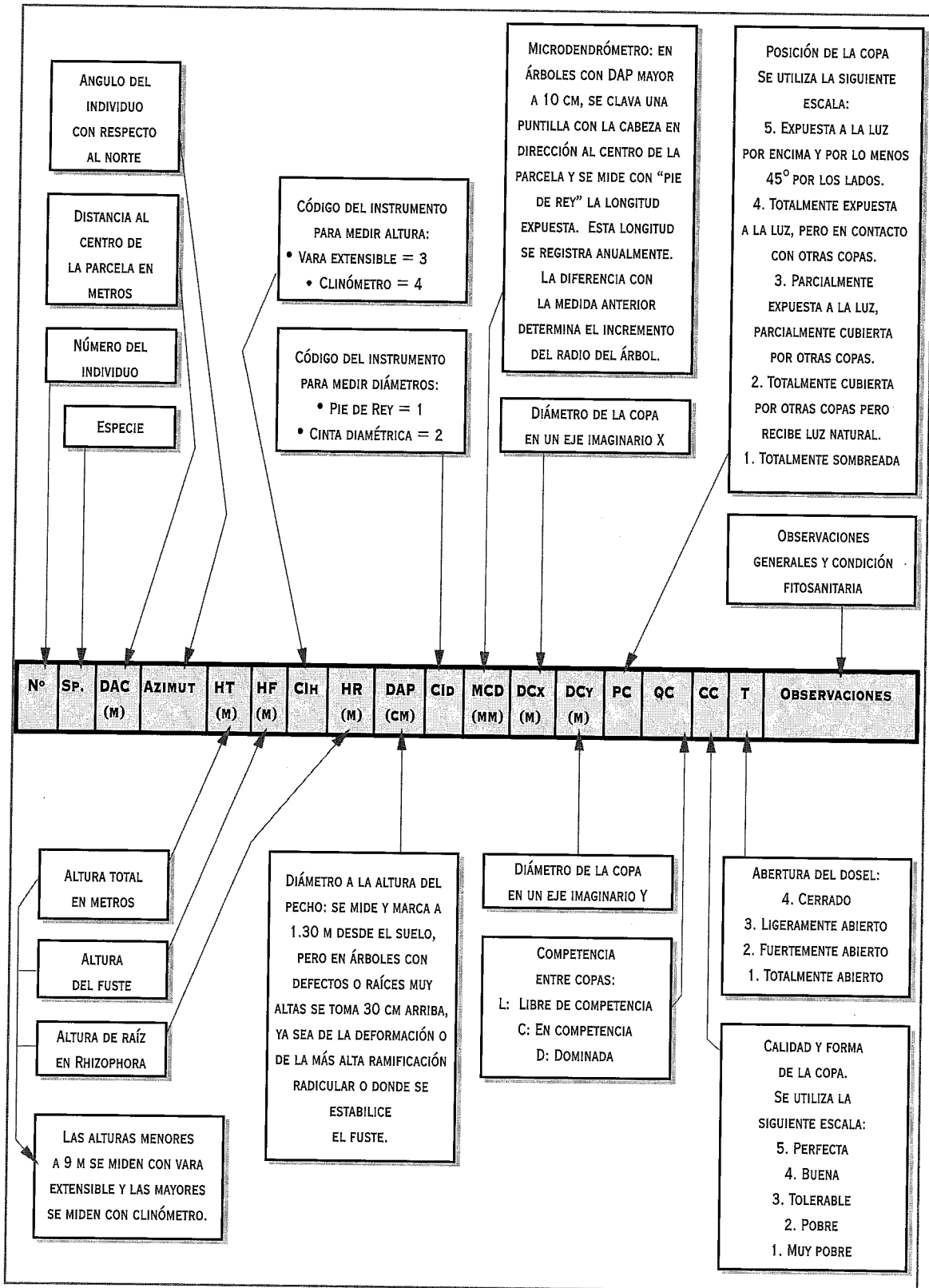


FIGURA 3. DIAGRAMA EXPLICATIVO PARA EL DILIGENCIAMIENTO DEL FORMULARIO DE REGISTRO DE DATOS EN LAS PPC

Se calculó con base en la sumatoria de las áreas basales de los árboles presentes en las parcelas permanentes de crecimiento, y se expresa en m²/ha. Para facilitar el cálculo, el DAP se debe convertir a m y utilizar la siguiente ecuación:

$$AB = \sum \pi DAP^2 / 4 * 10000 / \text{Area de la PPC (m}^2)$$

La **densidad** es el número de árboles por unidad de área y se expresa en términos de individuos por hectárea (ind./ha.). Se calculó con base en el número de individuos registrados al interior de las Parcelas Permanentes de Crecimiento y el área de las mismas, así:

$$\text{Densidad} = N^{\circ} \text{ de individuos PPC} * 10000 / \text{Area de la PPC (m}^2)$$

Por último, las 10 Parcelas Permanentes de Crecimiento instaladas en 1996, fueron objeto de una segunda medición en 1997. A estas parcelas se les registró la mortalidad y la tala, y como dato fundamental el incremento en DAP, a partir de este valor y del número de individuos remanentes, se calculó el incremento de: Diámetro Promedio Cuadrático, densidad, DAP medio y área basal. Estos caracteres fueron calculados para los bosques de manglar en donde se instalaron las parcelas, adicionalmente el

DAP medio y el área basal se calcularon también discriminadamente para cada especie presente al interior de cada una de las parcelas. Posteriormente, estos valores fueron comparados entre las parcelas instaladas.

REGENERACIÓN NATURAL

Para estudiar la regeneración natural se midieron los individuos menores a 2.0 cm de diámetro, que se encontraron al interior de la PPC los cuales se discriminaron según la clase de tamaño de acuerdo con la metodología propuesta por la Universidad Nacional de Medellín (**Del Valle-Arango y Gómez-Restrepo, 1996**) (Tabla 2).

Actividades de campo

Con el fin de garantizar el éxito del trabajo de campo se prepararan, previamente, los materiales, equipos e instrumentos necesarios como: cuerda plástica, reglillas o metros, brújula, decámetro, cámara fotográfica, formulario de campo.

Tamaño y demarcación de las subparcelas: En las PPC's se observó la cantidad de regeneración natural y las especies presentes, para determinar el tamaño de las subparcelas en donde se cuantifica la

TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LA REGENERACIÓN NATURAL POR CLASES DE TAMAÑO

CATEGORÍAS	CLASE DE TAMAÑO (C.T)	DESIGNACIÓN	SÍMBOLO (C.T)
1	0 - 30 CM. DE ALTURA	BRINZAL	R
2	30 - 150 CM. DE ALTURA.	PLANTÓN	U1
3	150 - 300 CM. DE ALTURA	PLANTÓN	U2
4	3 M. DE ALTURA, D < 2CM	ESTABLECIDO	E

regeneración natural, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Cuando la regeneración es mínima ($< 1 / m^2$), se identificaron y contaron todos los individuos presentes al interior de la Parcela Permanente de Crecimiento (**Figura 4a**).
- Si la regeneración era abundante se seleccionó una franja o subparcela de 1 a 3 m de anchura y de largo igual al eje norte-sur o al eje oriente-occidente de la Parcela Permanente de Crecimiento (**Figura 4b**).
- Si la regeneración era muy abundante, se tomaron varios cuadrantes al azar de 1 x 1 m ó 0,5 x 0,5 m, lo importante es registrar abundancia en unidad de área (densidad) (**Figura 4c**).

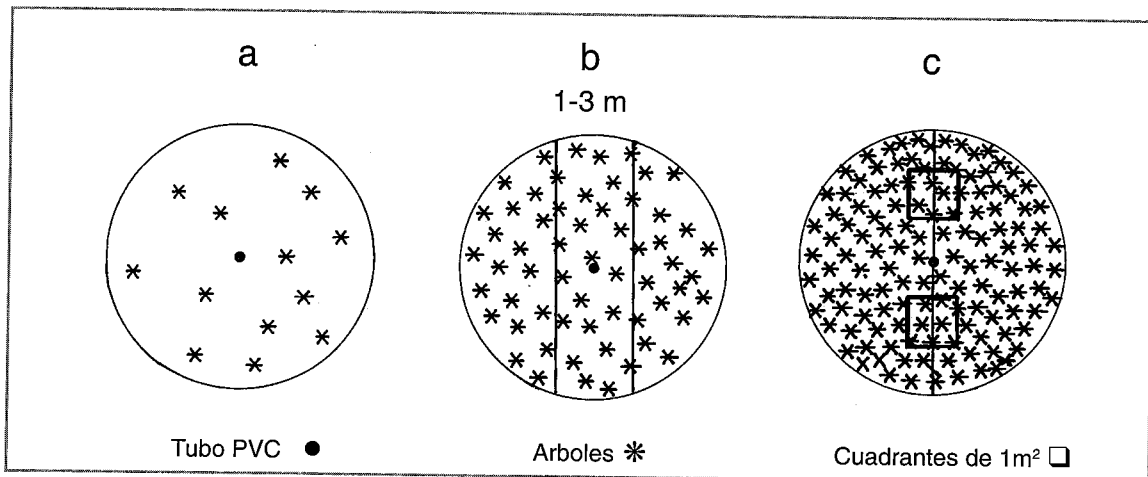
Con el fin de hacer mediciones futuras en la misma área, se demarcaron los límites de las subparcelas o bloques con una cuerda plástica. En el primer caso (**Figura 4a**) no se demarcaron los límites de la parcela.

Como la regeneración es una medida fluctuante, se procedió a hacer cuantificaciones y mediciones mensuales, para analizar su variabilidad espacio-temporal y relacionarla con el crecimiento de los individuos de la parcela, los aspectos fenológicos y algunas variables medioambientales. Con el fin de completar la información y conocer más la dinámica ecológica del manglar, se recomienda, para el estudio de la regeneración natural, hacer registros continuos y mensuales durante 2 a 5 años. En cada medición se deben tener en cuenta los datos obtenidos en el mes anterior, con el fin de mantener un seguimiento de las plántulas, tanto en cantidad como en especies, cambio entre clases de tamaño y tasas de nacimiento y mortalidad. (**Linares, 1991**).

FENOLOGÍA

El registro y estudio de la variación de las características fenológicas de las especies elegidas, se desarrolló según lo realizado en la primera fase del Proyecto por **Ceballos-Vargas (1997)**, la cual utilizó

FIGURA 4. SELECCIÓN Y DEMARCACIÓN DEL TAMAÑO DE LA SUBPARCELA DE REGENERACIÓN NATURAL.



la metodología desarrollada por **Fournier (1974)**.

Escala de calificación: Esta metodología cuantifica los fenómenos de floración (Fl), floración en botón (Bot), frutos verdes (Fv), frutos maduros (Fm), caída del follaje (C) y brote del follaje (B), por medio de una escala subjetiva de 5 valores, dada en porcentajes de 0 a 100% y que hace referencia con la presencia o ausencia del fenómeno, permitiendo cubrir todo el período de manifestación de éstos en su inicio, plenitud y declinación:

0. ausencia del fenómeno observado.
1. Presencia del fenómeno con una magnitud entre 1 - 25%
2. Presencia del fenómeno con una magnitud entre 26 - 50%
3. Presencia del fenómeno con una magnitud entre 51 - 75%
4. Presencia del fenómeno con una magnitud entre 76 - 100%

Selección de individuos: Por razones logísticas de seguimiento, se establecieron individuos para el estudio fenológico en áreas aledañas a los sitios de establecimiento de las parcelas permanentes de crecimiento, considerando que las áreas se encuentran plenamente identificadas y caracterizadas, y teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones iniciales:

- Escoger por lo menos un individuo por especie, o un número mayor de individuos, de acuerdo con su representatividad en la zona.



- Los árboles deben ser adultos y en capacidad de reproducirse.
- No se deben encontrar en zonas muy perturbadas o claras, ni en los bordes del bosque.
- No deben tener muestras visibles de enfermedades o ataque de plagas.

Con base en lo anterior, el Proyecto Manglares de Colombia seleccionó 49 árboles en la costa Caribe, en los cuales ha tomado registros mensualmente.

Enumeración y señalización de individuos: A cada individuo se le midió el diámetro y la altura, posteriormente se enumeraron y se marcaron con pintura y placa de aluminio, de la misma manera que en las Parcelas Permanentes de Crecimiento.

Cada individuo se ubicó, con respecto a la parcela permanente de crecimiento respectiva. Para esto se utilizó un croquis de ubicación, en el cual se indicó el azimut y la distancia al centro de la Parcela Permanente de Crecimiento más próxima o a cualquier punto de referencia, previamente identificado y demarcado.

Forma de realizar las observaciones: Para hacer las observaciones se utilizaron binoculares que permitieron enfocar claramente las copas de árboles a poca distancia por ejemplo, 8X25 o 10X30. El uso de binoculares de mayor potencia no permite observar claramente las copas de árboles de poca altura, lo que implica alejarse mucho del árbol, dificultando la observación a causa de la densidad del bosque, e incurriendo posiblemente en errores de apreciación.

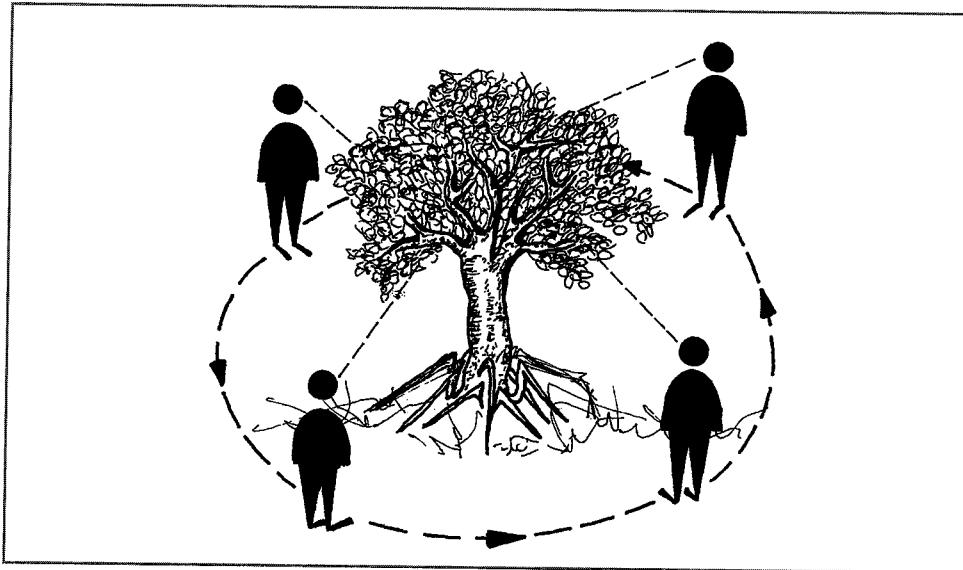


FIGURA 5. FORMA DE REALIZAR LAS OBSERVACIONES FENOLÓGICAS

El personal encargado de las observaciones debe ser entrenado con ejercicios previos de observación de los distintos fenómenos.

Las observaciones fenológicas deben hacerse alejándose del árbol y circundándolo, para ver todo el conjunto desde sus cuatro puntos cardinales (**Figura 5**).

Monitoreo: El seguimiento de los aspectos fenológicos debe realizarse quincenal o mensualmente. Para la ubicación de los árboles se emplea el croquis levantado durante la primera medición fenológica.

En cuanto a la intensidad de observaciones es recomendable hacer un seguimiento quincenal o mensual durante 5 años con el fin de determinar el comportamiento estacional de las especies, teniendo en cuenta que existen años atípicos en lo que respecta al comportamiento climático y como consecuencia de fenómenos naturales cíclicos como el denominado “Fenómeno del Niño”.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este aparte se realiza inicialmente una caracterización general de los manglares del Caribe colombiano y de cada uno de sus Departamentos, con base en lo realizado por el Proyecto Manglares en su primera fase (**Sánchez-Páez et al., 1997**).

Luego, se realiza una descripción general de las parcelas permanentes de crecimiento instaladas entre 1996 y 1998 por el Proyecto Manglares de Colombia, donde se plantea su ubicación, características generales del bosque, las especies que lo conforman y los rangos de DAP y altura que se registraron. Se presenta una tabla con la ubicación de las parcelas y en otra se registra la caracterización general de las diferentes zonas estudiadas a través de las Parcelas Permanentes de Crecimiento.

Posteriormente, se analizan de manera comparativa, los resultados sobre las variables

estructurales, iniciando con presencia y frecuencia de especies, siguiendo con las variables que se determinan directamente en campo, altura y DAP, y finalizando con las variables que se calculan a partir de la información registrada en campo como son el diámetro promedio cuadrático, el área basal y la densidad.

En el ítem siguiente, se analiza la dinámica de crecimiento de las 10 parcelas instaladas en 1996, iniciando con el incremento del diámetro promedio cuadrático y la densidad, la dinámica de crecimiento de DAP y del área basal para cada parcela y para las especies *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*.

Posteriormente, se realiza una breve explicación de lo sucedido al interior de las parcelas, en cuanto a mortalidad y tala.

Por último, se analiza el comportamiento de la regeneración natural, describiendo la manera como varían en el tiempo, la presencia, frecuencia y abundancia de las especies y las clases de tamaño registradas. Así mismo, se describe la forma como suceden los procesos de filogénesis, floración y fructificación durante el período de observaciones realizadas por el Proyecto Manglares de Colombia.

❧ GENERALIDADES DE LOS MANGLARES DEL CARIBE COLOMBIANO

Según **Sánchez-Páez et al. (1997)** los manglares del Caribe colombiano se caracterizan por presentar un menor desarrollo

estructural, comparado con los manglares del litoral Pacífico, los cuales alcanzan mayor diámetro y altura.

En el Caribe colombiano se presenta una diversidad muy marcada en cuanto a la estructura de los manglares. Esto se debe a las diferentes condiciones ambientales en las cuales se desarrollan: alta precipitación (Urabá) o un marcado déficit hídrico (Alta Guajira y parte del departamento del Magdalena); flujo permanente de aguas dulces en los diferentes deltas o zonas que, como las insulares, donde el abastecimiento de agua depende casi exclusivamente de las escasas precipitaciones, además de un sin número de factores dados por las condiciones físicas y microclimáticas locales. Incluso en un bosque continuo, pueden ocurrir cambios imperceptibles en la pendiente, o la presencia de una quebrada, o una zona afectada más directamente por el oleaje o los vientos, factores que influyen de forma determinante en cambios de la composición de especies, o de las características fenotípicas de los manglares.

Las mayores extensiones y los más altos desarrollos estructurales de los bosques de manglar de esta costa se encuentran en los deltas de los grandes ríos, como el Atrato (Antioquia-Chocó), el Sinú (Córdoba), el Delta del Canal del Dique (Bolívar-Sucre) y el Delta Exterior Derecho del Río Magdalena en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Magdalena).

Adicionalmente se localizan pequeñas extensiones de bosques de manglar con buen desarrollo estructural en otras zonas como en el caso del Golfo de Morrosquillo (Sucre-Córdoba), la Ciénaga de la Virgen en Bolívar,

hacia el norte de la Ciénaga Grande de Santa Marta y el Parque Nacional Natural Tayrona y en algunos sectores de la Baja y Media Guajira. En estas áreas se pueden evidenciar árboles de tallas medias, hasta 18 m de altura y DAP próximos a 25 cm.

Otras zonas, como la Alta Guajira, las Ciénagas de Balboa y Mallorquín en el Departamento del Atlántico, y los territorios insulares del Departamento de Bolívar (Barú, los Archipiélagos de San Bernardo y del Rosario), presentan bosques de pobre apariencia estructural conformados por arboles achaparrados, malformados y pueden llegar a tener las hojas con características propias de plantas xerofíticas: hojas suculentas, gruesas, quebradizas y en ocasiones de textura coriácea. En estos bosques aunque las alturas predominantes son inferiores a 5 m, pueden verse individuos próximos a los 10 m, los DAP son inferiores a 15 cm. Pero también puede suceder que en áreas insulares donde se presenten las condiciones adecuadas, como en Smith Channel en San Andrés Isla, se puedan registrar alturas máximas de 25-28 m y DAP's próximos a 40 cm.

En el Caribe la especie dominante en casos de extrema salinidad y aridez es *Avicennia germinans* (entre 50 y 90 ‰). De otra parte, donde se presentan condiciones con fuerte influencia de agua dulce e inundaciones superiores a 20 cm, *Rhizophora mangle* es la especie dominante. En las playas, las cuatro especies típicas son *Conocarpus erecta*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*, tienen tendencia a crecer como árboles solitarios o en forma arbustiva, alcanzando entre 4 a 10 m de altura y presentando una zonación no tradicional. Por otra parte,

Pelliciera rhizophorae, se encuentra en franjas pequeñas, formando parches, y mezclada con *Rhizophora mangle*, hacia la parte interna, protegida de la influencia directa de los cuerpos de agua, en suelos parcialmente estables.

Sánchez-Páez et al. (1997), registraron las siguientes extensiones de manglar y características estructurales en los Departamentos del Caribe colombiano:

En el **Departamento de La Guajira**, los manglares ocupan una superficie de 3.131 ha., que se enmarcan en tres tipos: el primero achaparrado, en zonas con marcado déficit hídrico y bosque xerofítico adyacente, desde Bahía Cocinetas hasta el sector Bahía Portete, con predominio de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*; el segundo tipo con individuos de porte bajo a medio de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erecta* y *Avicennia germinans* y se localizan entre el sector de Musichi hasta la Laguna Grande al sur del río Camarones; y los del tercer tipo, de mayor desarrollo estructural, forma franjas anchas en caños y ríos provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta, como el río Tapia, el río Jerez, caño Lagarto y el río Cañas. Predominan *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*, en la playa hay franjas de *Conocarpus erecta*.

Los manglares del **Departamento del Magdalena** ocupan un área de 52.477,7 ha., y corresponden a dos zonas muy diferentes como son la región del delta exterior derecho del río Magdalena y las bahías protegidas en estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, en el Parque Nacional Natural Tayrona.

Al oriente del río Magdalena, el manglar cubre parte de la Isla de Salamanca (Parque Nacional Natural) y un área de mayor extensión sobre la ribera occidental de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Algunas islas dentro de Ciénaga Grande, en el complejo de Pajaral, en el conjunto del Santuario de Fauna y Flora de la Ciénaga Grande de Santa Marta y en la zona Clarín-Mendegua, también se hallan cubiertas por mangle (**Hernández-Camacho et al., 1980**).

En el Parque Nacional Tayrona, los manglares se encuentran en las ensenadas de Chengue, Cinto y Nenguange (**Pascuas, 1980; Alvarez-León et al., 1995a, García, 1995**), y en unos enclaves muy pequeños en los sectores de Cañaveral y Arrecifes en el extremo este del Parque.

En el **Departamento del Atlántico** ocupan un área de 336,9 ha. los cuales se desarrollan sobre extensas barras de arena donde crecen manglares de tipo arbustivo como en las Ciénagas de Balboa y Mallorquín, al norte, mientras que al suroeste, en límites con el Departamento de Bolívar se encuentran algunas zonas con manglar en proceso de sucesión hacia vegetación continental, en la ciénaga del Totumo.

Los manglares del **Departamento de Bolívar**, ocupan un área de 5.704,9 ha. ubicadas sobre cuatro formaciones características: Al norte se ubican, en algunas ciénagas que han perdido su comunicación con el mar, pequeños relictos con buen porte y predominio de *Rhizophora mangle*. La segunda zona está representada por la Ciénaga de Tesca y la Bahía de Cartagena, con individuos de buen porte y desarrollo, franjeando sistemas estuarinos

importantes y una diversidad más alta, con la presencia de *Pelliciera rhizophorae*, *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*.

Una tercera zona abarca los manglares de las áreas insulares de Barú, Islas del Rosario e Islas de San Bernardo, que crecen sobre sustratos rocosos de origen coralino, pobres en nutrientes. La cuarta zona está ubicada en el delta del Canal del Dique en la Bahía de Barbacoas y exhibe los mayores portes de árboles.

En el **Departamento de Sucre** los manglares ocupan un área de 9.574,3 ha. Estas zonas se extienden desde los límites con el Departamento de Bolívar hasta Punta Comisario, siendo interrumpida por tramos hasta el sector de Balsillas y luego desde el Puerto de Berrugas hasta Tolú en franjas discontinuas y heterogéneas, en extensión y desarrollo estructural, mas no en composición. Hacia el sur de Tolú se ubican algunas formaciones degradadas en la vía a Coveñas hasta el sector de la ciénaga de la Caimanera. Esta última con el área y desarrollo estructural más significativos del Departamento.

Los manglares del **Departamento de Córdoba** ocupan un área de 8862,2 ha. y se encuentran en tres áreas bien definidas por composición y estructura.

La primera es en Punta Bolívar (contiguo a Playa Blanca), donde hay un pequeño bosque de manglar maduro con individuos de gran porte, compuesto por *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*. El segundo sector lo comprenden los manglares ubicados en el antiguo delta del río



Sinú en la Bahía de Cispatá, con predominio de *Rhizophora mangle*, la cual según el sustrato y el grado de inundación del terreno se asocia con *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erecta* y *Pelliciera rhizophorae*. El tercer sector se localiza en la nueva desembocadura del río Sinú, conocida como Tinajones. El río desemboca en tres bocas y presenta bosques de manglar muy intervenidos por la extracción de "varas". Estos manglares se ubican a los lados de las bocas externas, conocidas como La Balsa y Bocanegra (al sur) y La Mireya (al norte). Las especies dominantes son *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*, en menor proporción se encuentra *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*.

❧ DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS PPC'S INSTALADAS

De acuerdo con los criterios mencionados en la metodología, fueron seleccionados 25 sitios para instalar parcelas permanentes de crecimiento. De estas, 10 se instalaron durante el último semestre de 1996, en los Departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba. Entre julio y noviembre de 1997 se instalaron 15 parcelas más en los Departamentos de Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba y en mayo de 1998 se instaló una parcela en el Departamento de San Andrés y Providencia.

Para la instalación de estas parcelas se contó con la participación de funcionarios de la Corporación Autónoma Regional del área de jurisdicción respectiva, igualmente se contó con la participación de miembros de las comunidades. En estos casos,

se realizó una capacitación previa, para hacer más eficiente el registro de los datos en el campo.

En la **Tabla 3**, se registra la información general sobre la ubicación de las parcelas instaladas, así como la fecha que se programó para su monitoreo, esto es, segunda y tercera medición:

En la **Tabla 4**, se registra la caracterización general de las diferentes zonas estudiadas a través de las PPC, en ella se consideran diferentes aspectos consignados durante la instalación y posteriores visitas a las parcelas, como tipo de manglar, estado de desarrollo, grado de intervención, salinidad, pH, suelo, presencia de turba, nivel y fuente de inundabilidad.

❧ Departamento de La Guajira

Se instalaron Parcelas Permanentes de Crecimiento en jurisdicción de las poblaciones de Dibulla y Camarones.

La **PPC-24, Dibulla** se instaló sobre una zona de manglar tipo cuenca, a un costado del río Jerez, de frente al mar, pero aislada de éste por una pequeña barra. El suelo es pantanoso, con abundante turba y está inundado gran parte del año en niveles de hasta 60 cm. La salinidad intersticial fluctúa entre 0 y 10 ‰, según la época del año.

En esta parcela se presenta un bosque monoespecífico de *Laguncularia racemosa* con un grado de desarrollo maduro y un estado de intervención medio. Se advierte la presencia de algunos individuos del "helecho matatigre" (*Acrostichum aureum*) y "guanabanita de la India" (*Annona glabra*).

TABLA 3. UBICACIÓN Y FECHAS DE INSTALACIÓN Y MONITOREO DE LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO

DPTO.	MUNICIPIO	LUGAR	PPC N°	FECHA*		
				INSTALACION	MONITOREO 1	MONITOREO 2
GUAJIRA	DIBULLA	MINGUEO/RÍO JEREZ	24	II-NOV-97	II-NOV-98	II-NOV-99
	RIOHACHA	CAMARONES/KARIKARI	25	II-NOV-97	II-NOV-98	II-NOV-99
MAGDALENA	SANTA MARTA	PNN TAYRONA	20	III-OCT-97	III-OCT-98	III-OCT-99
	SITIO NUEVO	PNN SALAMANCA	21	III-OCT-97	III-OCT-98	III-OCT-99
	CIÉNAGA	RÍO SEVILLA	22	II-NOV-97	II-NOV-98	II-NOV-99
ATLANTICO	BARRANQUILLA	CIÉNAGA MALLORQUÍN	16	I-SEP-97	I-SEP-98	I-SEP-99
	PTO COLOMBIA	CIÉNAGA DE BALBOA	17	I-SEP-97	I-SEP-98	I-SEP-99
BOLIVAR	CARTAGENA	ISLA ROSARIO	01	I-OCT-96	I-OCT-97	I-OCT-98
		BARÚ- MOHÁN	02	I-OCT-96	I-OCT-97	I-OCT-98
		SANTA ANA-BARBACOAS	03	II-OCT-96	II-OCT-97	II-OCT-98
	ARJONA	CIÉNAGA HONDA	04	III-OCT-96	II-OCT-97	II-OCT-98
	ARROYO GRANDE	BARRANQUITOS	11	IV-JUL-97	IV-JUL-98	IV-JUL-99
SUCRE	SAN ONOFRE	BOCACERRADA- BENÍTEZ	05	IV-OCT-96	IV-OCT-97	IV-OCT-98
		LA BARCÉS- CGA PABLO	06	I-NOV-96	I-NOV-97	I-NOV-98
		LA BARCÉS- CGA PABLO	07	I-NOV-96	I-DIC-97	I-DIC-98
	TOLÚ	RINCÓN-BALSILLAS	12	II-AGO-97	II-AGO-98	II-AGO-99
		GUACAMAYAS	13	II-AGO-97	II-AGO-98	II-AGO-99
		LA CAIMANERA	14	III-AGO-97	III-AGO-98	III-AGO-99
		LA CAIMANERA	15	III-AGO-97	III-AGO-98	III-AGO-99
CORDOBA	SAN ANTERO	CISPATÁ-CAÑO SALADO	08	II-NOV-96	III-NOV-97	III-NOV-98
		CISPATÁ-CIENAGA NAVÍO	09	III-NOV-96	III-NOV-97	III-NOV-98
		CISPATÁ-CAÑO TIJÓ	10	III-NOV-96	III-NOV-97	III-NOV-98
	SAN BERNARDO	TINAJONES	18	III-SEP-97	III-SEP-98	III-SEP-99
	DEL VIENTO	CISPATÁ-CGA. OSTIONAL	19	III-SEP-97	III-SEP-98	III-SEP-99
SPSC	SAN ANDRÉS	SMITH CHANNEL	23	IV-MAY-98	IV-MAY-99	IV-MAY-00

* La fecha está en semana-mes-año

TABLA 4 . CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO INSTALADAS EN EL CARIBE

PPC	TIPO DE MANGLAR	ESTADO DE DESARROLLO	GRADO DE INTERVENCIÓN	FCO - QCOS		SUELO	TURBA	INUNDABILIDAD	
				SAL. (‰)	PH			NIVEL (CM)	FUENTE
01	BORDE	MADURO	BAJO	26 - 34	8,16	FIRME	MEDIA	10 - 15	MAR
02	BORDE	MADURO	MEDIO	15 - 45	6,30	FIRME	MEDIA	5 - 10	CGA
03	CUENCA	MADURO	MEDIO	30 - 40	7,00	FANGOSO	ESCASA	15 - 20	MAR
04	CUENCA	MADURO	MEDIO	24 - 28	6,50	PANTANOSO	ABUNDTE	50	CGA
05	CUENCA	JÓVEN	ALTO	10 - 33	7,20	FANGOSO	ESCASA	30 - 40	CGA
06	CUENCA	JÓVEN	MEDIO	20 - 25	6,70	PANTANOSO	ESCASA	30	CGA
07	CUENCA	JÓVEN	MEDIO	3 - 10	6,50	PANTANOSO	ESCASA	30	CGA
08	RIBERA	MADURO	ALTO	20 - 50	6,58	FIRME	ABUNDTE	20	RÍO
09	RIBERA	MADURO	MEDIO	30 - 45	7,20	FANGOSO	ABUNDTE	40 - 50	RÍO
10	RIBERA	JÓVEN	MEDIO	20 - 45	6,50	FIRME	MEDIA	30 - 40	RÍO
11	BORDE	MADURO	BAJO	20 - 30	7,20	FIRME	MEDIA	30	MAR
12	BORDE	MADURO	MEDIO	40 - 50	7,15	FIRME	MEDIA	10 - 20	CGA
13	RIBERA	JÓVEN	ALTO	15 - 25	5,88	FIRME	ESCASA	20 - 30	RÍO
14	BORDE	JÓVEN	ALTO	25 - 35	6,69	PANTANOSO	ABUNDTE	40	CGA
15	BORDE	MADURO	MEDIO	30 - 40	6,09	FIRME	ABUNDTE	20	CGA
16	CUENCA	JÓVEN	ALTO	20 - 30	7,38	FIRME	ESCASA	20 - 30	CGA
17	CUENCA	MADURO	BAJO	50 - 60	8,47	FIRME/ARCILLOSO	NULA	-	LLUVIAS
18	CUENCA	MADURO	ALTO	35 - 45	6,65	FIRME	MEDIA	20 - 30	RÍO
19	RIBERA	SOBREMADURO	BAJO	0	6,74	PANTANOSO	ABUNDTE	30 - 50	RÍO
20	BORDE	MADURO	MEDIO	30 - 35	6,77	FIRME	ESCASA	30 - 50	RÍO
21	RIBERA	MADURO	BAJO	0	7,00	PANTANOSO	MEDIA	50 - 60	RÍO
22	CUENCA	MADURO	BAJO	10 - 20	6,56	PANTANOSO	ESCASA	30 - 40	CGA
24	CUENCA	MADURO	MEDIO	0 - 10	6,70	PANTANOSO	ABUNDTE	50 - 60	RÍO
25	BARRA	MADURO	BAJO	30 - 40	7,00	FIRME	ESCASA	-	LLUVIAS

En este sitio se registra el mayor desarrollo estructural del Departamento, con altura promedio de 7,20 m y DAP promedio de 10,84 cm, el DAP máximo alcanza 53 cm.

El manglar es de escaso desarrollo y apariencia achaparrada, a causa de diferentes condiciones como alta salinidad, deficit hídrico, ausencia de lavado periódico, altas

temperaturas, suelo arenoso con bajo contenido de nutrientes. La altura promedio es de 4,32 m y el DAP promedio de 5,87 cm. Las especies presentes son *Conocarpus erecta*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*.

« Departamento del Magdalena

Se instalaron PPC's en jurisdicción del Parque Nacional Natural Tayrona, en el Parque Nacional Natural Isla de Salamanca y en el costado oriental de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

La **PPC-20 Chengue** se instaló en la ensenada del mismo nombre en jurisdicción del Parque Nacional Natural Tayrona, sobre un bosque, en el que al llegar, el mar aparentemente es de tipo cuenca, pero al examinar el área se observa por detrás del bosque una especie de laguna costera, la cual le da características al manglar de tipo borde. El suelo es firme, arenoso y calcáreo, con escasa turba. Tiene influencia marina y de aguas de escorrentía, el nivel de inundación puede alcanzar 30-50 cm, la salinidad intersticial fluctúa entre 30 y 50 ‰.

El bosque se encuentra medianamente intervenido y está conformado por individuos latizos y maduros pero achaparrados de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, aunque también se observan algunos de *Conocarpus erecta*, así como arbustos o árboles típicos de bosque seco tropical.

El bosque es de tipo achaparrado a causa del marcado déficit hídrico y del suelo arenoso y pobre en nutrientes, dando como respuesta un DAP promedio de

4,79 cm y altura promedio no superior a los 4 m.

La **PPC-21 Isla Salamanca** se encuentra en un bosque de manglar de tipo ribereño, sobre suelo pantanoso e inundado 50 - 60 cm. La fuente de inundabilidad es el Río Magdalena a través del caño La Lancha, la salinidad es próxima a 0 ‰.

El bosque tiene un estado de desarrollo maduro y el grado de intervención bajo. El DAP promedio es de 12,33 cm y altura promedio de 10,26 cm. El bosque se encuentra conformado por fustales de *Avicennia germinans* y algunos pocos latizos de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*. En esta parcela se encontró una gran cantidad de jóvenes individuos muertos de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*, éstos tenían DAPs cercanos a los 10 cm, y se encontraban dominados por los individuos de mayor porte.

La **PPC-22 Sevilla**, se encuentra en el costado suroriental de la Ciénaga Grande de Santa Marta, antes de la desembocadura del río Sevilla, en jurisdicción del Municipio de Ciénaga. Se instaló en un bosque de tipo cuenca, sobre suelo pantanoso, con escasa presencia de turba, la salinidad intersticial es baja, entre 10 y 20 ‰, el nivel de inundación puede llegar a 30 - 40 cm.

El bosque está conformado inicialmente (desde la Ciénaga) por una barrera de *Rhizophora mangle* de 15 - 20 m, detrás de la cual se levanta un bosque prácticamente monoespecífico de *Avicennia germinans*, con la presencia de algunos pocos individuos de *Laguncularia racemosa*. La altura promedio de este bosque es de 5,79 m y el DAP promedio es de 6,45 cm.



Desde el punto de vista fitosanitario, en la zona y durante los monitoreos mensuales, se observó un daño foliar severo, que comprometía en más del 60% a las hojas de todos los árboles, y aún más en *Avicennia germinans*. El daño consiste en la predación de más del 50% del mesófilo, que incluye los parénquimas de empalizada y el esponjoso, pero no las epidermis y la capa protéica de cutina, las cuales permanecen en la hoja dando un aspecto de manchas blanquecinas al observar en contraluz los árboles. Aunque no se observó el agente causante del daño, se puede presumir que se trata de una larva de hábitos nocturnos y que posiblemente pertenezca al orden de los Lepidoptera o Coleoptera, pues muchos de estos insectos producen daños parecidos en otras plantas.

◀ **Departamento del Atlántico**

Se instalaron dos parcelas permanentes de crecimiento, una en la ciénaga de Mallorquín y otra en la ciénaga de Balboa.

La **PPC-16 Mallorquín** se encuentra en el costado suroriental de la ciénaga del mismo nombre, en jurisdicción del corregimiento de La Playa, Municipio de Puerto Colombia, pero en la periferia de Barranquilla, al costado norte. Esta zona de manglares es relativamente pequeña y corresponde a una franja que circunda la ciénaga de Mallorquín, en donde se evidencia una alta intervención caracterizada por tala rasa de mangle, para su posterior aterramiento con material de construcción, con el fin de ganarle tierra firme al ecosistema. El mangle en general es de porte pequeño (máximo 6 m) y su estado es crítico, pues requiere de un mayor control por parte de las

autoridades ambientales y de la implementación de programas de recuperación.

Esta se instaló sobre un bosque de tipo cuenca, en suelo firme con escasa presencia de turba, la salinidad intersticial oscila entre 20 y 30 ‰, el nivel de inundación puede llegar a 30 cm.

El bosque está conformado inicialmente (desde la Ciénaga) por una barrera muy angosta de *Rhizophora mangle* de máximo 5 m de altura, detrás de la cual se presenta un playón salino y posteriormente un bosque prácticamente monoespecífico de *Avicennia germinans*, con la presencia de algunos pocos individuos de *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*.

En la zona se presentan individuos maduros pero achaparrados y algunos individuos en sus primeras etapas de vida, el DAP promedio es de 2,54 cm, mientras que el promedio de alturas es 3,86 m.

La **PPC-17 Balboa** se encuentra en el costado suroccidental de la Ciénaga de Balboa, en jurisdicción del Municipio de Puerto Colombia, a unos 18 km, aproximadamente de la ciudad de Barranquilla. A un costado del caño Bocacaña, de carácter estacional.

El manglar está en regular estado y con una intervención media, pues aunque la franja que circunda la ciénaga está en regular estado, en la parte interna se evidencian aterramientos y la formación de lotes "privados" cercados con alambre de púas, las cuales se prolongan hasta las aguas de la ciénaga.

La parcela permanente de crecimiento se instaló sobre una zona aislada de la ciénaga, se

trata de un bosque "sui generis" desde el punto de vista de sus condiciones ecológicas, se presenta sobre suelo arcilloso compacto, arcillas expansivas 2:1, secas, poca a nula presencia de hojarasca, el nivel freático no se encontró a 1 m de profundidad, la zona es bastante árida y no parece encharcarse en ninguna época del año, la salinidad en una zona encharcada de la ciénaga oscila entre 50 y 60 ‰. La fuente de agua más cercana es el caño temporal Bocaña, el cual sólo tiene agua una a dos veces al año.

El bosque se encuentra en un estado transicional hacia bosque seco tropical o monte espinoso tropical. La parcela representa un bosque monoespecífico de *Avicennia germinans* en estado de desarrollo maduro, con baja intervención antrópica, altura promedio de 6,44 m y DAP promedio de 8,48 cm.

• **Departamento de Bolívar**

El Proyecto Manglares instaló parcelas en Isla del Rosario, Ciénaga El Mohán, Santa Ana y Ciénaga Honda durante 1996 y en la Ciénaga de Barranquitos durante 1997.

La **PPC-01 Isla Rosario** se encuentra ubicada en el Archipiélago de Islas del Rosario y se instaló sobre una zona de manglar tipo borde, sobre suelo firme y presencia media de turba. Tiene influencia directa del mar, el nivel de inundabilidad puede llegar a 10-15 cm. La salinidad intersticial varía entre 26 y 34 ‰, según la época del año.

Esta parcela representa un bosque monoespecífico de *Rhizophora mangle* con un grado de desarrollo maduro y poco alterado, aunque se ha visto afectado por la energía

del oleaje y del viento cuyas acciones han derribado varios árboles. Presenta un DAP promedio de 4,93 cm y el promedio de altura es de 4,5 m. El incremento anual en DAP fue bajo, alcanzó un promedio de 0,18 cm netos que corresponden a un 3,83 %.

A pesar de la madurez del bosque, su desarrollo en diámetro y altura es incipiente, debido principalmente a que se presenta sobre terreno insular que se ha formado sobre sustrato calcáreo pobre en materia orgánica, a causa de la ausencia significativa de aportes de agua dulce, lo cual tampoco ha permitido un lavado suficiente de los suelos.

La **PPC-02 Mohán** se encuentra ubicada en la Isla de Barú, en el costado oriental de la Ciénaga del Mohán, se instaló sobre una zona de manglar tipo borde, sobre suelo firme y presencia media de turba. Tiene influencia de aguas del mar a través de la ciénaga, nivel de inundabilidad entre 5-10 cm y la salinidad intersticial varía entre 15 y 45 ‰, según la época del año.

El bosque de la Ciénaga del Mohán está compuesto principalmente por *Rhizophora mangle* y algunos individuos de *Laguncuria racemosa*, con un grado de desarrollo maduro el cual antiguamente fue severamente aprovechado por parte de habitantes de Barú, por esta razón se presenta un dosel ralo y gran abundancia de brinzales.

Registra un DAP promedio de 3,87 cm y el promedio de altura es de 3,3 metros, siendo la menor de todas, en las parcelas instaladas en el Caribe. El incremento anual en DAP fue de sólo 0,11 cm netos en promedio, que corresponden a un 2,70 %.

La **PPC-03 Santa Ana** se encuentra ubicada en la Isla de Barú, frente a la Bahía de Barbacoas, al sur del corregimiento de Santa Ana, en la ciénaga del mismo nombre. Se instaló sobre una zona de manglar tipo borde, sobre suelo fangoso y presencia escasa de turba. Tiene influencia de aguas del mar a través de la ciénaga, el nivel de inundabilidad puede llegar a 15 - 20 cm. La salinidad intersticial varía entre 30 y 45 ‰, según la época del año.



Esta parcela representa un bosque compuesto principalmente por *Rhizophora mangle* y algunos individuos de *Laguncuria racemosa* y *Avicennia germinans*, con un grado de desarrollo maduro el cual ha sido severamente aprovechado.

El DAP promedio es de 13,95 cm y el promedio de altura es de 15,7 m. El incremento anual en DAP alcanzó 0,48 cm netos en promedio que corresponden a 4,33 %.

Esta parcela representa un bosque monoespecífico de *Avicennia germinans* con un grado de desarrollo maduro, el cual no ha sido fuertemente intervenido.

El DAP promedio es de 6,67 cm, el promedio de altura es de 6,5 m. El incremento anual en DAP fue de 0,31 cm netos en promedio que corresponden a un 4,58 %.

A la **PPC-04 Ciénaga Honda**, se accede por la boca donde se encuentra la población de Bocacerrada, en la Bahía de Barbacoas. Esta se instaló en una zona de manglar tipo cuenca, sobre suelo pantanoso y abundante presencia de turba. Tiene influencia de aguas de la ciénaga, el nivel de inundabilidad puede llegar a 50 cm. La salinidad intersticial varía entre 24 y 28 ‰.

La **PPC-11 Barranquitos** se instaló sobre un bosque de tipo cuenca, sobre suelo firme con presencia media de turba. Tiene influencia marina y de aguas de escorrentía, el nivel de inundabilidad puede llegar a 30 cm en invierno. La salinidad intersticial varía entre 20 y 30 ‰, según la época del año.

Esta zona, aunque es relativamente pequeña, cuenta con ejemplares de buen porte, convirtiéndose en uno de los sitios de manglar de mayor desarrollo de Bolívar y toda la costa Caribe. La parcela representa un bosque con un grado de desarrollo maduro, representado principalmente por *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y algunos individuos de *Laguncularia racemosa*, con altura promedio de 10,15 m y DAP promedio de 11,65 cm. Este bosque se

presenta entresacado en su interior, además sus límites se han corrido a causa de la presión ejercida para cambiar el uso de la tierra a fincas de recreo.

Por otra parte, el bosque también se ve afectado por la energía del oleaje y del viento, cuyas acciones han derribado varios árboles corriendo la línea de costa. La presencia en una zona aledaña de un bosque de *Avicennia germinans* frente al mar, es un indicativo de que aquí se presentaba una zonación clásica, pero al correrse la línea de costa, *Avicennia germinans* ha quedado de frente al mar. Esta zona es de formación reciente, de una dinámica muy alta y todavía en proceso de formación.

► Departamento de Sucre

Se instalaron tres Parcelas Permanentes de Crecimiento en 1996, dos en la ciénaga de Benítez y una en la ciénaga de Pablo en la Bahía de Barbacoas. En 1997 se instalaron cuatro parcelas, una en la ciénaga de Ana Gómez en Balsillas, cerca a la población de Rincón, corregimiento de San Onofre, otra más se instaló en Guacamayas, al norte del Golfo de Morrosquillo y dos más en la ciénaga de La Caimanera, al sur del Golfo de Morrosquillo.

A la **PPC-05 Ciénaga de Benitez**, se accede por la boca donde se encuentra la población de Bocacerrada, en la Bahía de Barbacoas. Esta se instaló en una zona de manglar tipo cuenca, sobre suelo fangoso y escasa presencia de turba. Tiene influencia de aguas de la ciénaga, el nivel de inundabilidad puede llegar a 30 - 40 cm. La salinidad intersticial es menor a 3 ‰.



Esta parcela representa un bosque monoespecífico de *Laguncularia racemosa*, con un grado de desarrollo joven, compuesto por una muy alta densidad de latizos, como producto de una severa intervención que dejó ralo el dosel. El promedio de DAP es de 3,4 cm y el de altura es de 8,3 m. El incremento anual en DAP alcanzó 0,18 cm netos en promedio, que corresponden a 4,63 %.

A las **PPC-06 y PPC-07 Ciénaga de Pablo**, se accede por una boca al norte de la desembocadura del Caño Correa a la Bahía de Barbacoas, cerca a la población de La Barcés, en el Municipio de San Onofre.

La **PPC-06** se instaló en una zona de manglar tipo cuenca, sobre suelo pantanoso y escasa presencia de turba. Tiene influencia de aguas del mar a través de la ciénaga, el nivel de inundabilidad puede llegar a 30 cm. La salinidad intersticial varía entre 20 y 50 ‰.

Esta parcela representa un bosque compuesto principalmente por *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*, con un grado de desarrollo joven el cual ha sido aprovechado y se encuentra en recuperación. El promedio de DAP es de 6,25 cm y la altura promedio es de 8,7 m. El incremento anual neto en DAP alcanzó 0,24 cm en promedio que corresponden a 5,1 %.

La **PPC-07** se instaló sobre una zona de manglar tipo cuenca, sobre suelo pantanoso y escasa presencia de turba. Tiene influencia de aguas del mar a través de la ciénaga, el nivel de inundabilidad puede llegar a 30 cm. La salinidad intersticial varía entre 3 y 10 ‰.

Esta parcela representa un bosque monoespecífico de *Avicennia germinans*,

con un grado de desarrollo joven el cual ha sido aprovechado y se encuentra en recuperación. *Rhizophora mangle* antes se encontraba presente en el área, pero ha ido desapareciendo paulatinamente. El DAP promedio es de 5,90 cm y la altura promedio es de 6.5 metros. El incremento anual neto en DAP alcanzó 0,18 cm en promedio que corresponden a 4,44 %.

La **PPC-12 ciénaga de Ana Gómez-Balsillas** se encuentra en el costado oriental de esta ciénaga. La parcela se instaló en un bosque tipo borde, sobre suelo firme, con media presencia de turba, la salinidad intersticial entre 40 y 50 ‰, el nivel de inundación alcanza 10 - 20 cm con aguas de la ciénaga cuando el nivel del mar sube.

Se evidencia, cerca de la parcela una franja de *Rhizophora mangle* muerto, seguido hacia la parte interna por plantas de *Avicennia germinans*. De acuerdo con el monitoreo físico-químico esta situación puede ser explicada en parte por la salinidad registrada (entre 42 y 90 ‰) que puede ser producto de un proceso sucesional natural o también quizás por alteraciones antropogénicas debido a la modificación del paisaje y su dinámica natural.

Se presentan individuos maduros de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* con un grado medio de intervención general del bosque. El DAP promedio es de 5,23 cm y la altura promedio de 4,69 m. Posteriormente, hacia las partes más internas del bosque se advierte la presencia de *Avicennia germinans*, debido a un incremento de la salinidad.

La **PPC-13 Guacamayas** se encuentra en el golfo de Morrosquillo a 30 minutos del

municipio de Tolú en el costado sur del Caño Guacamayas. Se trata de un bosque de ribera con desarrollo joven y altamente intervenido. En los bordes del caño Guacamayas se observaron ejemplares grandes y de buen porte, sin embargo, esta situación cambia abruptamente en la parte interna del manglar en donde se evidencia un aprovechamiento continuo y selectivo de varas de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* y con ello una alta densidad de individuos en las primeras etapas de vida.

El suelo es firme, con escasa presencia de turba, la salinidad intersticial es baja, entre 15 y 25 ‰, el nivel de inundación puede llegar a 20 - 30 cm con aguas provenientes del caño. El bosque, en el área de la parcela está conformado por *Avicennia germinans* y por *Rhizophora mangle*. El DAP promedio es de 4,1 cm y la altura promedio de 6,67 m.

La **PPC-14 y PPC-15 La Caimanera** se encuentran en la Ciénaga del mismo nombre, en jurisdicción del Municipio de Santiago de Tolú, a 25 minutos en canoa de remos, desde la Boca de la Ciénaga. La PPC-14 se instaló sobre la margen suroriental y la PPC-15 sobre la margen nororiental.

Aparentemente, a causa de lo que se observa por todo el borde de la ciénaga, se evidencian individuos de buen tamaño y con una intervención baja. Sin embargo, la situación interna del bosque es bien diferente ya que se hace evidente el aprovechamiento de pilotes, que en algunas zonas evidenció tala hasta del 40 % de los árboles, por esta razón se encontraron una buena cantidad de fustes talados y el dosel bastante abierto, lo cual ha generado una heterogeneidad de tamaños y una abundante regeneración natural.

La **PPC-14** se instaló en un bosque tipo borde, sobre suelo pantanoso, con abundante presencia de turba, la salinidad intersticial se encuentra entre 25 y 35 ‰, el nivel de inundación puede llegar a 40 cm con aguas de la Ciénaga, cuando sube la marea. Se presentan individuos en diferentes estados de desarrollo, desde jóvenes hasta maduros, principalmente *Rhizophora mangle* y, en menor proporción, *Avicennia germinans*. El DAP promedio es de 9,06 cm y la altura promedio de 9,37 m. En esta parcela se realizó un muestreo para determinar la tala en su interior, en ésta se registro tala reciente (menos de 1 año) en el orden del 16 %, siendo éste uno de los sitios menos talados del bosque.

La **PPC-15** se instaló sobre un bosque tipo borde, sobre suelo firme, con abundante presencia de turba, la salinidad intersticial se encuentra entre 30 y 40 ‰, el nivel de inundación puede llegar a 20 cm con aguas de la Ciénaga, cuando sube la marea. Se presentan individuos en diferentes estados de desarrollo, desde jóvenes hasta maduros, principalmente *Rhizophora mangle* y, en menor proporción, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*. El DAP promedio es de 7,08 cm y la altura promedio de 8,84 m.

► **Departamento de Córdoba**

Se instalaron cinco parcelas permanentes de crecimiento, tres en 1996 en caño Salado, ciénaga Navío y caño Tijó, en la Bahía de Cispatá, y dos más en 1997, una en la playa Bocanegra en Tinajones y otra en la ciénaga Ostional.

La **PPC-08 Caño Salado** se instaló en un bosque tipo ribereño, sobre suelo firme con abundante presencia de turba. Tiene

influencia de agua dulce del Río Sinú y salada del mar a través de Caño Salado. El nivel de inundabilidad puede alcanzar 20 cm. La salinidad intersticial varía entre 20 y 50 ‰, según la época del año.

Esta parcela representa un bosque con un grado de desarrollo joven que se ha visto afectado en el pasado por la influencia humana. El bosque es monoespecífico de *Rhizophora mangle*, aunque se advierte la presencia de algunos pocos individuos de *Avicennia germinans*. El DAP promedio es de 4,97 cm y la altura promedio es de 5,6 m. El incremento anual neto en DAP alcanzó 0,31 cm en promedio, que corresponden a 9,39 %.

La **PPC-09 Ciénaga de Navío** se instaló en un bosque de tipo cuenca, sobre suelo fangoso con abundante presencia de turba. Tiene influencia de agua del Río Sinú y del mar a través de Caño Salado. El nivel de inundabilidad puede llegar a 40 - 50 cm en invierno. La salinidad intersticial varía entre 30 y 45 ‰, según la época del año.

Esta parcela representa un bosque con un grado de desarrollo joven que se ha visto afectado en el pasado por la influencia humana y que actualmente se encuentra en recuperación. El bosque es monoespecífico de *Rhizophora mangle*. El DAP promedio es de 4,49 cm y la altura promedio es de 6.1 m. El incremento anual neto en DAP alcanzó 0,36 cm en promedio que corresponden a 10,23.

La **PPC-10 Caño Tijó** se instaló en una zona de manglar tipo ribereño, sobre suelo firme y media presencia de turba. Tiene influencia de aguas del Río Sinú, el nivel de

inundabilidad puede llegar a 30 - 40 cm. La salinidad intersticial varía entre 20 y 45 ‰.

El bosque está compuesto básicamente por *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*, con un grado de desarrollo joven y que han sido objeto de aprovechamiento en el pasado. El DAP promedio es de 6,07 cm y la altura promedio es de 6.1 m. El incremento anual neto en DAP de la parcela alcanzó 0,35 cm en promedio que corresponden a 8,1 %.

La **PPC-18 Tinajones** se encuentra en el Municipio de San Bernardo del Viento, a 100 m del caño artificial la Balsa, en la zona del delta del Río Sinú aproximadamente a 50 minutos en lancha desde la estación Amaya de la CVS.

La parcela se instaló en un bosque tipo cuenca, sobre suelo firme arenoso, con poca presencia de turba, la salinidad intersticial se encuentra entre 35 y 45 ‰, el nivel de inundación puede llegar a 20 - 30 cm con aguas de escorrentía y de lluvia.

Se encontraron una buena cantidad de fustes talados de *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta* con abundantes rebrotes (hasta 10 fustes por árbol) y el dosel superior muy abierto. Se registraron individuos maduros pero de poco DAP, algunos a causa de un achaparramiento debido a un marcado déficit hídrico y otros por ser rebrotes posteriores a una entresaca intensiva del bosque. Se evidencia en el área, la tala selectiva de fustes y varas entre 5 y 12 cm de DAP, y que de acuerdo con información *in situ*, esta madera es vendida a diferentes finqueros de la zona, los cuales la utilizan como postes para cercar sus propiedades.

Un análisis preliminar en la parcela dio como resultado una tala aproximada del 50 %. El DAP promedio es de 4,75 cm y la altura promedio es de 4,32 m.

La **PPC-19 Ciénaga del Ostional**, se encuentra entre la ciénaga y el caño del mismo nombre. Esta se instaló sobre un bosque tipo ribera, que tiene influencia de los esteros que conducen el agua del Río Sinú, y que pueden llegar a inundar el área de la parcela en 30-50 cm. Está ubicada sobre suelo pantanoso, con abundante turba, la salinidad intersticial es nula.

El bosque es monoespecífico de *Rhizophora mangle* y ha sido intervenido pero en bajo grado. La baja salinidad ha facilitado el establecimiento de "corocilla" (*Acrostichum aureum*). El DAP promedio es de 9,57 cm y la altura 10,08 m.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS SOBRE LAS VARIABLES ESTRUCTURALES DE LOS MANGLARES DE LAS PPC'S

A continuación se analiza la composición de especies de los manglares de la costa Caribe colombiana con base en los individuos estudiados al interior de las parcelas permanentes de crecimiento, se analiza también, y de manera comparativa, los valores de las variables registradas en campo: altura y DAP, así como el de las variables calculadas a partir de éstas, o sea diámetro promedio cuadrático D_q , área basal y densidad, relacionando algunas de ellas, con el fin de adquirir un mayor conocimiento y entendimiento de la estructura del bosque de manglar.

Presencia y frecuencia de especies

En cuanto a la presencia de especies y tomando como referencia todos los individuos registrados en las PPC instaladas en los manglares del Caribe colombiano (**Figura 6a**), el 53 % correspondió a *Rhizophora mangle*, el 24 % a *Avicennia germinans*, 20 % a *Laguncularia racemosa*, y tan solo el 4 % a *Conocarpus erecta*; *Pelliciera rhizophorae*, no se registró en el momento de la instalación de las parcelas, tan solo se evidenció en los monitoreos de regeneración natural en la PPC 02 en la ciénaga del Mohán.

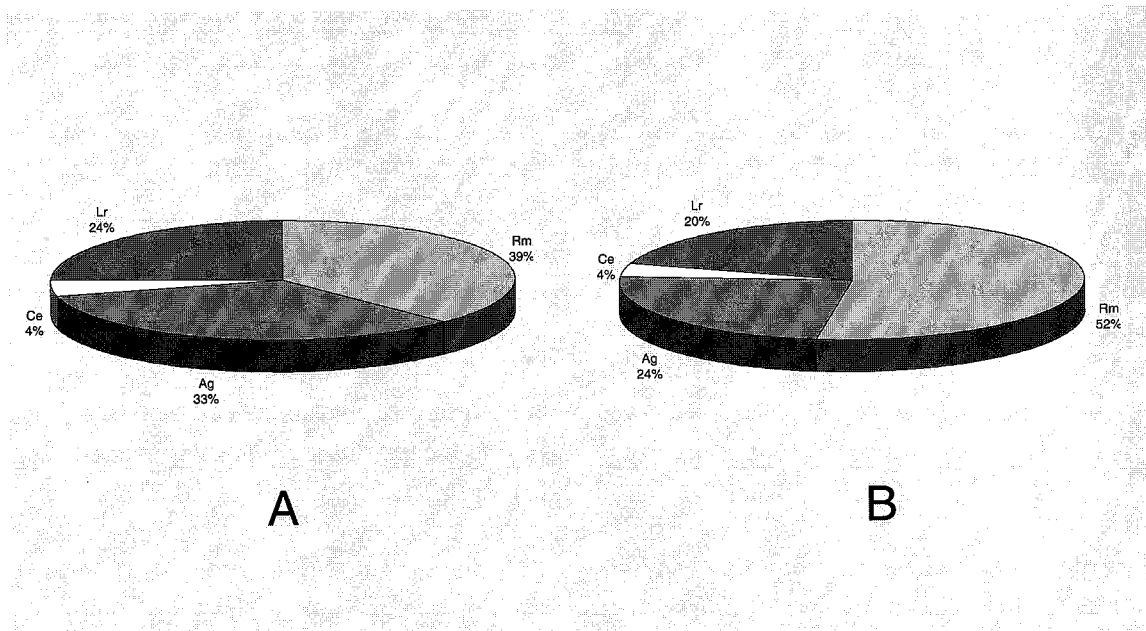
Por otro lado, y considerando la frecuencia de aparición de las especies, *Rhizophora mangle* se presentó en un 38 % de las Parcelas Permanentes de Crecimiento instaladas en el Caribe (**Figura 6b**) mientras que

Avicennia germinans y *Laguncularia racemosa* se presentaron en 33 % y 24 %, respectivamente, *Conocarpus erecta* se registró sólo en el 4 % de las parcelas instaladas.

Al interior de las PPC's, según la **Tabla 5**, *Rhizophora mangle* se registró en 17 PPC's, *Avicennia germinans* en 15, *Laguncularia racemosa* en 11 y *Conocarpus erecta* en 2. De estas, la especie que más veces dominó fue *Rhizophora mangle*, en 14 PPC's, la segunda especie fue *Avicennia germinans*, en 6 oportunidades, las de menos dominio fueron *Laguncularia racemosa*, en 3 PPC's y *Conocarpus erecta* en 1.

Debido a la poca amplitud de la marea en el Caribe colombiano (no supera los 50 cm) y por ello la poca superficie inundable con aguas de mar o salobre, los manglares en

FIGURA 6. PORCENTAJE DE PRESENCIA (A) Y FRECUENCIA (B) DE ESPECIES REGISTRADAS EN LAS PPC'S, INSTALADAS EN EL CARIBE COLOMBIANO, 1996-1998.



este litoral se limitan a una estrecha franja, en contacto con los cuerpos de agua. Las condiciones de inestabilidad del suelo y la inundación de los mismos, favorece el establecimiento de *Rhizophora mangle*, que es la especie dominante en los manglares de borde (Chengue, Mohán, Barranquitos, Balsillas, Caimanera), los insulares (Isla Rosario, San Andrés Isla) y en los de ribera (Guacamayas, Caño Salado, Caño Tijó, Navío, Ostional).

Por otra parte, la dinámica del oleaje forma barras de arena, detrás de las cuales se presenta una leve depresión, en las que se establecen los denominados manglares tipo cuenca. Estos manglares también son bastante comunes en el Caribe y en la mayoría de los casos, a causa de mayores concentraciones de sal por efecto de la evaporación y el escaso lavado periódico, está dominado por *Avicennia germinans* (Río Sevilla, Mallorcaín, Balboa, Santa Ana, Ciénaga de Pablo) o por *Laguncularia racemosa* (Ciénaga Benítez, Dibulla, Tinajones). *Conocarpus erecta* se establece como dominante sobre las barras de arena, en conjunto con *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* formando bosques achaparrados y malformados, como lo registrado en Camarones.

En 8 de las PPC's, se registraron bosques 100 % monoespecíficos, 4 de ellos fueron de *Avicennia germinans* (PPC-22 Río Sevilla, PPC-16 Mallorcaín, PPC-17 Balboa, PPC-03 Santa Ana), 3 de *Rhizophora mangle* (PPC-01 Isla Rosario, PPC-09 Caño Tijó, PPC-19 Ostional) y 1 de *Laguncularia racemosa* (PPC-05 Ciénaga Benítez) (**Tabla 5**).

Adicionalmente, se registraron otras 4 parcelas que se pueden considerar monoespecí-

ficas, puesto que la especie dominante está representada por más del 98 % de los árboles. Esto sucede en la PPC-14 Caimanera y PPC-08 Caño Salado con *Rhizophora mangle*, en la PPC-05 Ciénaga Benítez con *Laguncularia racemosa* y en la PPC-07 Ciénaga de Pablo con *Avicennia germinans*. La parcela más heterogénea, donde no hay una dominancia marcada por parte de una especie, es la PPC-25, Camarones.

• **Altura total y DAP**

Según **Sánchez-Páez et al (1997)**, los árboles de manglar más grandes del Caribe se encuentran en los deltas de los grandes ríos. Confirmando lo anterior, en las PPC's instaladas por el Proyecto Manglares (1996-1998) las alturas máximas superiores a 20 metros se registraron en las 4 PPC's de la Bahía de Cispatá en el Departamento de Córdoba, donde desemboca el río Sinú. También se registraron en la desembocadura del Canal del Dique en la Bahía de Barbacoas, en la PPC-04 Ciénaga Honda (Bolívar) y PPC-07 Ciénaga de Pablo 2 (Sucre) (**Tabla 5**).

Adicionalmente, se registraron alturas máximas superiores a 20 metros en la PPC-11 Ciénaga de Barranquitos (Bolívar), donde el bosque no se encuentra en la desembocadura de un río, pero recibe la influencia directa del mar y de aguas dulces, que por escorrentía vienen de la Ciénaga de Barranquitos y de los montes de poca altura, adyacentes.

En estas parcelas también se registran los más grandes diámetros, 44, 2 cm en Barranquitos y 36,6 en Ostional, las demás parcelas de este grupo registran diámetros máximos

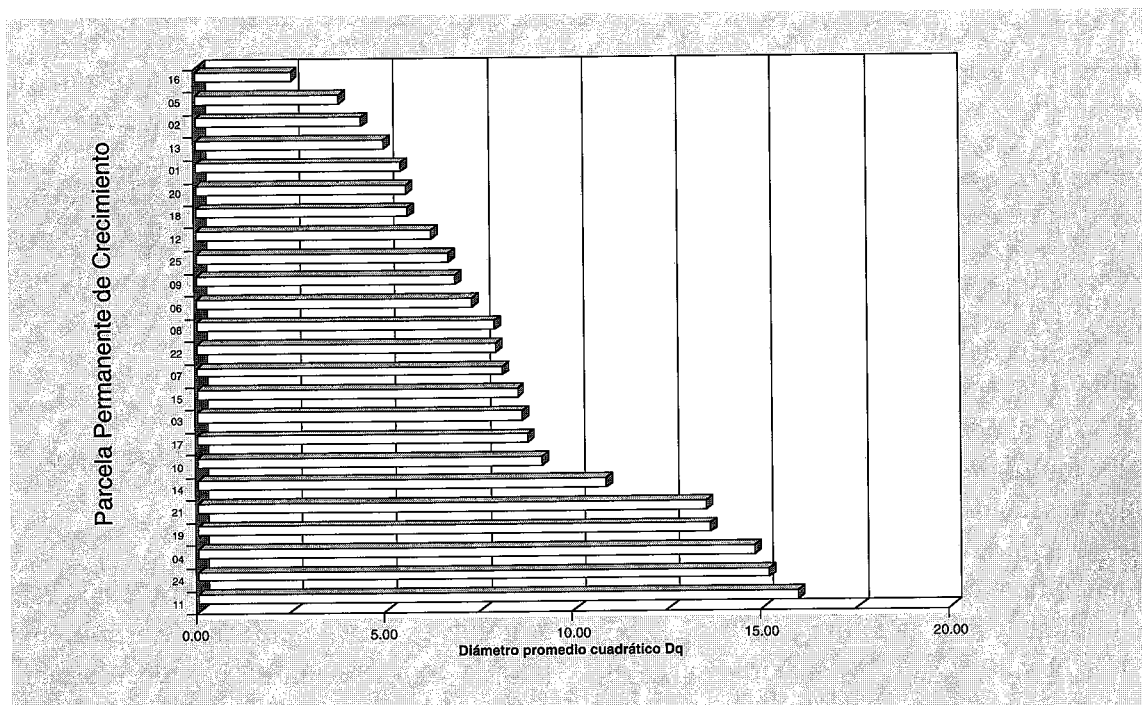


FIGURA 7. DIÁMETRO PROMEDIO CUADRÁTICO DE LAS PPC'S DEL CARIBE COLOMBIANO (1996 - 1997).

TABLA 6. AGRUPACIÓN DE PPC'S DEL CARIBE COLOMBIANO SEGÚN EL DIÁMETRO PROMEDIO CUADRÁTICO, LA DENSIDAD Y EL ÁREA BASAL.

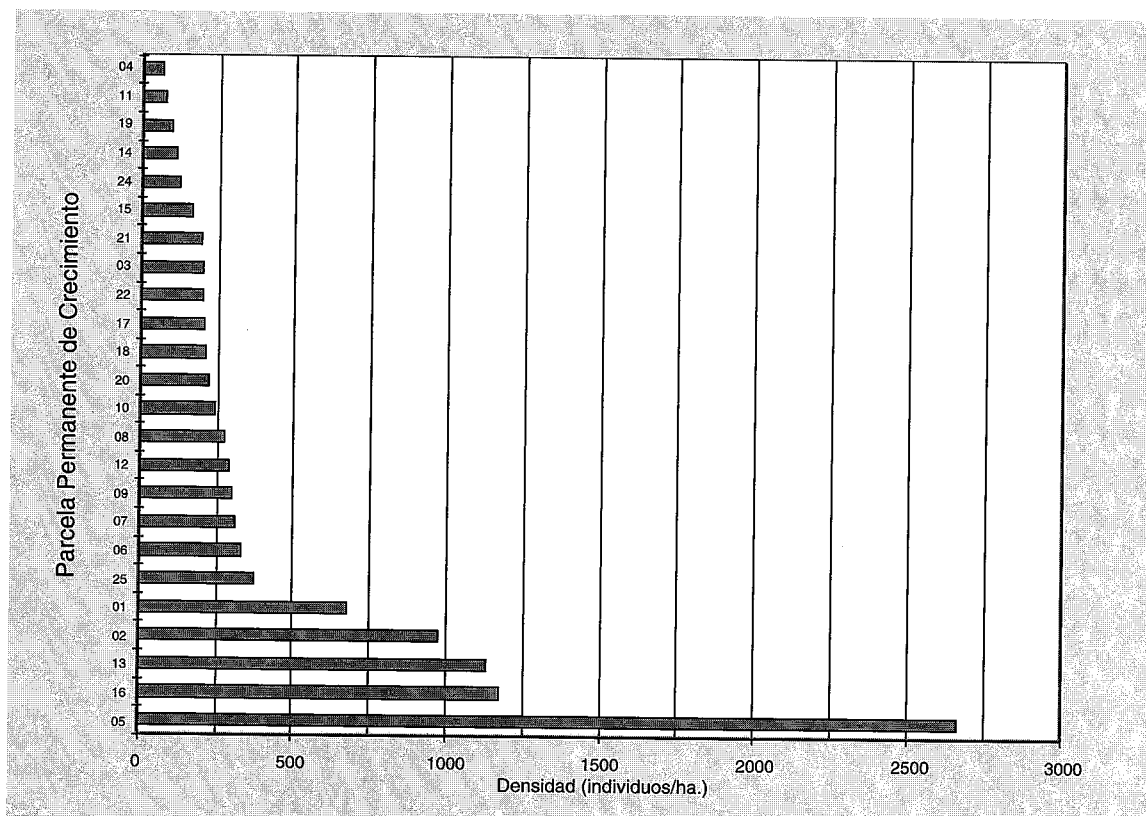
DIAM. PROM. CUADR. DQ		DENSIDAD		AREA BASAL	
RANGO	PPC	RANGO	PPC	RANGO	PPC
CM		IND/ HA		M ² /HA.	
< 5	16, 05, 02, 13	0 - 2500	04, 11, 19, 14, 24, 23, 15, 21, 03, 22, 17, 18, 20, 10	5 - 10	18, 20, 16, 12, 15
5 - 7,5	01, 20, 18, 12, 25, 09, 06	2500 - 5000	08, 12, 09, 07, 06, 25,	10 - 15	22, 14, 09, 04, 03, 17, 25, 08, 06, 19, 02
7,5 - 10	08, 22, 07, 15, 03, 17, 10	5000 - 7500	01	15 - 20	11, 01, 07, 23, 10
10 - 12,5	14	7500 - 10000	02	20 - 25	13, 24
12,5 - 15,0	21, 19, 04	10000 - 12500	13, 16	25 - 30	21
15,0 - 17,5	23, 24, 11	> 25000	05	30 - 35	05

Densidad: En los bosques naturales la densidad está en función de la edad y grado de madurez del bosque, pues estos pasan durante su desarrollo, de una fase en que el terreno está ocupado por una gran densidad de árboles de diámetro reducido a una fase en que predominan pocos árboles de gran tamaño. El proceso de reducción es más evidente en las etapas iniciales de desarrollo del bosque, cuando las densidades son elevadas y un aumento en el diámetro representa una muerte de un número grande de árboles, entretanto, en las etapas de mayor madurez del bosque, un aumento en el diámetro resulta de la muerte de un número reducido de individuos. El proceso de reducción de árboles es debido a la compe-

tencia entre copas o por el sistema radicular (Schaeffer-Novelli, 1986).

En la **Figura 8** y la **Tabla 6**, se presenta la densidad de las PPC instaladas entre 1996 y 1997 en el Caribe colombiano. Se puede observar que las parcelas de menor densidad fueron la PPC-04 (Ciénaga Honda, Bolívar), PPC-11 (Ciénaga Barranquitos, Bolívar), PPC-19 (Ciénaga Ostional, Córdoba), que son justamente las de mayores diámetro promedio cuadrático, la PPC-21 (Isla Salamanca, Magdalena) también tiene un alto Dq. y una baja densidad, o sea que son bosques en un estado de desarrollo maduro, mientras que las más altas se presentaron en la PPC-05 (Ciénaga Benítez, Sucre),

FIGURA 8. DENSIDAD DE LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO (1996 - 1997).



la PPC-13 (Guacamayas, Sucre) y la PPC-16 (Ciénaga Mallorquín), que tienen pobre desarrollo y que han sido intervenidos, estimulando la proliferación de individuos de las clases menores. Por otra parte, la PPC-14 y PPC-15 que tienen un Dq medio-alto, deberían tener una mayor densidad, pero ésta es baja a causa de aprovechamientos recientes.

Area basal: Como se mencionó en la metodología, esta medida es un excelente índice para conocer el grado de desarrollo de un bosque, puesto que está ligada con el volumen de madera o biomasa del bosque (Figura 9).

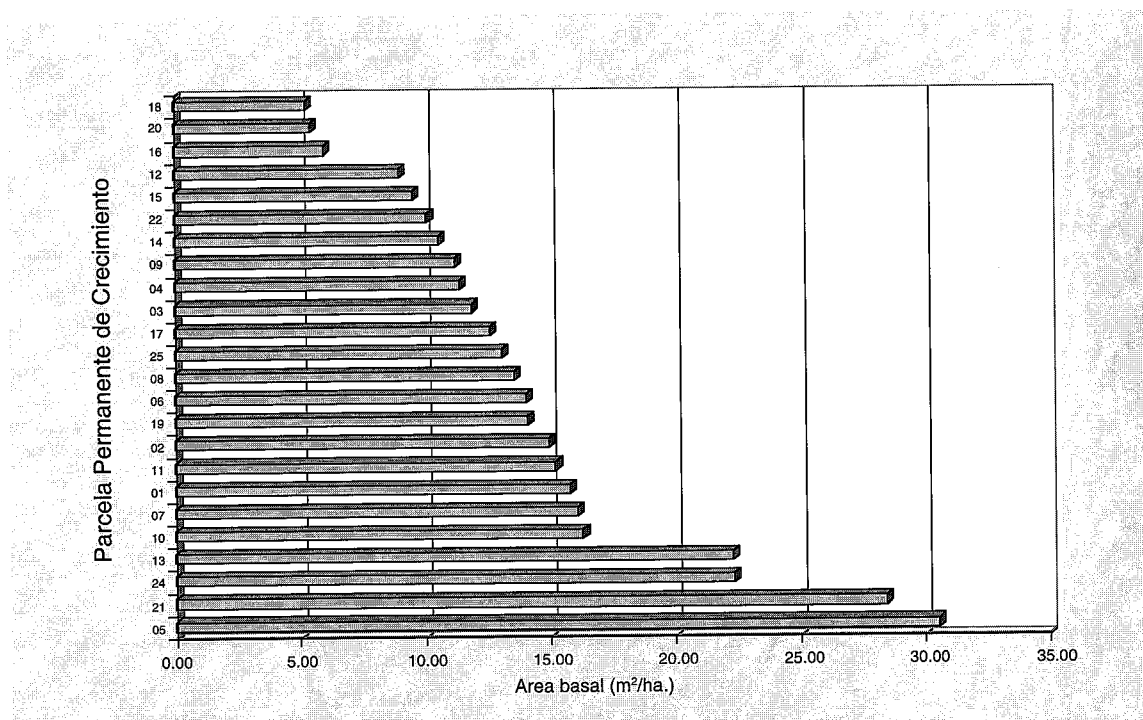
En la **Tabla 6** se agrupan las Parcelas Permanentes de Crecimiento en diferentes categorías según cada una de las variables anteriormente mencionadas.

Comportamiento del diámetro promedio cuadrático, la densidad y el área basal en los Departamentos de la costa Caribe colombiana

Entre las dos Parcelas Permanentes de Crecimiento instaladas en el Departamento de La Guajira se presenta una gran diferencia en cuanto a condiciones ecológicas, fisonomía del bosque y estructura diamétrica, mientras la PPC-24 (Dibulla) presenta diámetros mayores y poca densidad, que refleja su grado de desarrollo maduro, en la PPC-25 (Camarones) se presenta un bosque achaparrado de poco Dq y de muy baja densidad.

En el Departamento de Magdalena se instalaron tres Parcelas Permanentes de Crecimiento con condiciones muy disimiles entre

FIGURA 9 . AREA BASAL DE LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO (1996 - 1997).



ellas, la PPC-20 (Chengue), presenta un bosque achaparrado sobre suelo arenoso y calcáreo que se parece más a una formación de manglar insular, por su parte las PPC-21 (Isla Salamanca) y PPC-22 (Sevilla) presentan unos valores similares de densidad y el carácter monoespecífico de *Avicennia germinans*, sin embargo el Dq y el área basal de la parcela del PNN Isla Salamanca es superior a la del río Sevilla, en la Ciénaga Grande de Santa Marta, además, éste último se encuentra mas intervenido y es el de más fácil acceso.

En las áreas de manglar en donde se instalaron parcelas, en el Departamento del Atlántico, se presentaron bosques monoespecíficos de *Avicennia germinans*, en la PPC-16 (Ciénaga Mallorquín) se encontraron bosques achaparrados y de poco diámetro (el más bajo del Caribe), pero en una alta densidad (una de las más altas), por su parte la PPC-17 (Ciénaga Balboa) registra un Dq medio alto pero una muy baja densidad, valores que, consecuentemente, condicionan una área basal media-baja.

En los Departamentos de Bolívar y Sucre se presentó variedad de bosques en cuanto a estructura, incidiendo en las diferencias de Diámetro Promedio Cuadrático (Dq). Se observa que los menores valores de Dq están íntimamente relacionados con lugares muy alterados (PPC-02 Ciénaga Mohán y PPC-05 Ciénaga Benítez) y de alta densidad, que han sido objeto de aprovechamiento en el pasado, lo cual ha contribuido no sólo con la disminución de individuos sino la aparición de gran cantidad de ellos en las categorías diamétricas inferiores, y ello ha incidido en bajas áreas basales. Por otra parte, en la PPC-11 (Ciénaga Barranquitos), se pre-

senta un bosque maduro, en donde se registran grandes diámetros y una densidad muy baja.

En el Departamento de Córdoba se presentó un comportamiento muy homogéneo del Dq, debido principalmente a que los factores responsables del origen y comportamiento del manglar son muy similares, por encontrarse en una misma área geográfica, y una densidad media que implican un estado del bosque en proceso de equilibrio de su dinámica, la cual es muy rápida en las primeras etapas de vida y lenta en las últimas.

• **Relación entre el diámetro promedio cuadrático y la densidad**

En la **Figura 10** se observa la relación entre el diámetro del árbol de área basal media o diámetro promedio cuadrático Dq, de cada una de las 24 parcelas instaladas en 1996-1997 en el Caribe colombiano, con respecto a la densidad de cada bosque. En ella se nota una relación inversa, en la que la densidad se reduce a medida que los diámetros se hacen mayores. O sea, que a mayor madurez del bosque, menor es el número de árboles, pero éstos son de diámetros grandes.

Los bosques representados en la **Figura 10** se aglomeran en torno a diámetros promedios cuadráticos inferiores a 10 cm y densidades entre 2.000 y 9.000 ind./ha. La tendencia tiene un comportamiento similar al observado y registrado en 114 bosques de manglar del Continente Americano, por **Schaeffer-Novelli y Cintrón-Molero, 1986**. Según **Melo et al (1997)** las distribuciones diamétricas de las especies tolerantes a la luz, cuando se expresan en

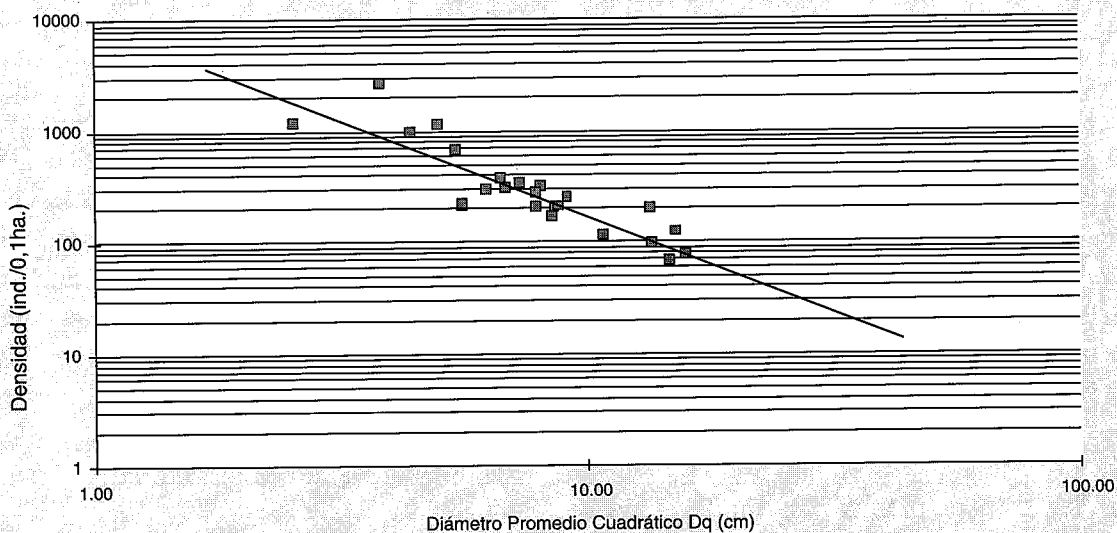


FIGURA 10. RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO PROMEDIO CUADRÁTICO DQ Y LA DENSIDAD DE LAS PPC'S INSTALADAS EN 1996-1998 EN EL CARIBE COLOMBIANO.

coordenadas semilogarítmicas, generan líneas rectas con pendiente negativa como la que expresa la tendencia de la citada figura.

• DINÁMICA DE CRECIMIENTO A PARTIR DE LA MEDICIÓN ANUAL DE 10 PPC'S

Las 10 Parcelas Permanentes de Crecimiento instaladas en 1996, fueron objeto de una segunda medición en 1997. A estas parcelas se les registró la mortalidad y la tala, y como dato fundamental el incremento en DAP, y a partir de este valor se calculó el incremento de: Dq, densidad, DAP medio y área basal. Estos valores fueron estimados para los bosques de manglar en donde se instalaron las parcelas, adi-

cionalmente el DAP medio y el área basal se calcularon también discriminadamente para cada especie presente al interior de cada una de las parcelas (**Tabla 7**).

• Incremento de diámetro promedio cuadrático y densidad

El porcentaje de incremento del **Dq** no fue alto (**Tabla 6**), entre 3,26 y 8,75 %, el más alto se registró en la PPC-03 (Santa Ana, Bolívar) donde desaparecieron varios individuos, lo que influyó en que el área basal, calculada a partir de los individuos remanentes de la parcela, aumentara y con ella el Dq. El valor más bajo de incremento se registró en la PPC-08, Caño Salado donde el Dq aumentó 3,26 %.



TABLA 7. INCREMENTO MEDIO ANUAL (1996-1997) DE DAP, ÁREA BASAL, DIÁMETRO PROMEDIO CUADRÁTICO Y DENSIDAD EN LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO

PPC N°	ESP.	N° INDIVID.	DAP MEDIO (CM)						ÁREA BASAL DEL BOSQUE (M ² /HA)			DIÁMETRO PROMEDIO CUADRÁTICO DQ (CM)			DENSIDAD (IND/HA)		
			1996		1997		INCREMENTO		1996	1997	%	1996	1997	% INC.	1996	1997	% INC.
			1996	1997	1996*	1997	NETO	%	1996	1997	%	1996	1997	% INC.	1996	1997	% INC.
01	RM	35	34	4,75	4,75	4,93	0,18	3,82	15,07	15,81014	4,87						
01	TOTAL	35	34	4,75	4,75	4,93	0,18	3,82	15,07	15,81014	4,87	5,25	5,46	3,90	6963,79	6764,82	-2,86
02	LR	5	5	8,38	8,38	8,72	0,34	4,38	5,82	6,28350	7,86						
02	RM	45	44	3,36	3,39	3,47	0,08	2,51	8,52	8,86768	3,89						
02	TOTAL	50	49	3,87	3,87	4,01	0,11	2,70	14,34	15,15118	5,52	4,26	4,43	3,77	9948,27	9749,30	-2,00
03	AG	46	41	6,67	6,99	7,30	0,31	4,58	11,32	11,94087	5,40						
03	TOTAL	46	41	6,67	6,99	7,30	0,31	4,58	11,32	11,94087	5,40	7,94	8,63	8,75	2287,87	2039,19	-10,87
04	AG	1	1	17,20	17,20	17,70	0,50	2,91	0,32	0,34810	5,90						
04	LR	12	10	11,46	10,84	11,33	0,49	4,91	2,14	1,70900	-20,17						
04	RM	43	36	13,63	14,09	14,56	0,46	4,10	9,84	9,36634	-3,78						
04	TOTAL	56	47	13,22	13,47	13,95	0,48	4,33	12,31291	11,42344	-7,22	14,01	14,79	5,61	792,24	664,91	-16,07
05	LR	147	133	3,41	3,45	3,63	0,18	4,60	29,50650	30,48106	3,30						
05	RM	1	1	2,20	2,20	2,40	0,20	9,09	0,07563	0,09001	19,01						
05	TOTAL	148	134	3,40	3,44	3,62	0,18	4,63	29,58214	30,57107	3,34	3,58	3,82	6,84	29446,88	26661,36	-9,46
06	AG	17	17	12,61	12,24	12,67	0,23	2,21	9,16960	9,46359	3,21						
06	RM	53	50	4,16	4,26	4,50	0,25	5,77	4,19413	4,59329	9,52						
06	TOTAL	70	67	5,88	6,03	6,27	0,24	4,00	13,36372	14,05668	5,19	6,99	7,33	4,83	3481,55	3332,34	-4,29
07	AG	63	62	6,08	6,08	6,26	0,19	4,47	15,63878	16,12541	3,11						
07	RM	3	1	2,57	3,01	3,10	0,09	2,99	0,07861	0,03744	-52,38						
07	TOTAL	66	63	5,90	6,02	6,21	0,18	4,44	15,71739	16,16285	2,83	7,81	8,10	3,79	3282,60	3133,39	-4,55
08	AG	3	3	22,77	22,77	23,13	0,37	1,94	1,80765	1,85575	2,66						
08	RM	195	193	4,69	4,70	5,02	0,31	9,51	11,08510	11,75295	6,02						
08	TOTAL	198	196	4,97	4,98	5,30	0,31	9,39	12,89275	13,60870	5,55	7,66	7,91	3,26	2801,12	2772,83	-1,01
09	RM	61	61	4,49	4,49	4,85	0,36	10,23	10,27291	11,26156	9,62						
09	TOTAL	61	61	4,49	4,49	4,85	0,36	10,23	10,27291	11,26156	9,62	6,56	6,87	4,70	3033,92	3033,92	0,00
10	AG	18	17	18,08	18,37	18,88	0,51	2,89	12,36856	12,77537	3,29						
10	LR	1	1	4,43	4,43	5,00	0,57	12,87	0,03407	0,04340	27,39						
10	RM	98	94	3,88	3,82	4,14	0,32	8,99	3,27866	3,52666	7,56						
10	TOTAL	117	112	6,07	6,04	6,39	0,35	8,10	15,68130	16,34544	4,24	8,79	9,17	4,35	2586,26	2475,74	-4,27

DAP1996:

Diámetro a la altura del pecho promedio al momento de la Instalación de la parcela

DAP 1996*: Diámetro a la altura del pecho promedio al momento de la instalación de la parcela, sin incluir los individuos que desaparecieron en la segunda medición

DAP1997: Diámetro a la altura del pecho promedio al momento de la segunda medición de la parcela

El incremento se calculó considerando solo los individuos aún en pie (DAP1997 - DAP1996*)

AG: *Avicennia germinans*

LR: *Laguncularia racemosa*

RM: *Rhizophora mangle*

PPC : Parcela Permanente de Crecimiento

En Bolívar los valores son bajos y similares en Isla Rosario y Ciénaga Mohán, pero la parcela de Santa Ana tiene el incremento más alto (8,75 %). En Sucre y Córdoba los porcentajes de incremento también fueron similares, siendo más altos los de Sucre.

En cuanto a la **densidad**, el porcentaje de incremento de individuos mayores de 2 cm, registró valores negativos a lo largo de la costa Caribe (**Tabla 6**), debido a que se evidenciaron procesos menores de tala y mortalidad, excepto en la PPC-09 (Ciénaga Navío, Córdoba) donde no se presentó ninguno de los dos factores mencionados, ni tampoco ingresos de individuos a los diámetros considerados (> 2 cm).

El mayor decrecimiento de la densidad (-16%) se registró en la PPC-04 (Ciénaga Honda, Bolívar), donde la abundancia de brinzales de poco diámetro es muy alta, muchos de los cuales desaparecieron por mortalidad en la segunda medición. Los demás valores de decrecimiento en el Caribe son inferiores al 10 %, cifra que no deja de ser preocupante porque a pesar de que la tala no se presenta sobre todas las clases diamétricas y no todos los individuos son deseables comercialmente, no obstante, ese índice indicaría, sin profundizar en el análisis, que los bosques de manglar tienden a desaparecer al cabo de 10-15 años o como mínimo, que la degeneración y pérdida de calidad genética es inminente. Incluso, la tasa de disminución de la densidad puede ser mayor aún, si se tiene en cuenta que en muchos de los lugares donde se instalaron PPC's, la comunidad manifestaba el respeto de éstas, mientras que las demás áreas del bosque sí eran objeto de aprovechamiento.

Hay que aclarar que muy probablemente, en otros sitios del bosque diferentes a las PPC's, se presentó reclutamiento o ingresos de individuos de diámetro menor a 2 cm de DAP, lo cual incrementaría la densidad de la parcela.

« **Incremento diamétrico de las PPC**

Como se observa en la **Figura 11**, todas las Parcelas Permanentes de Crecimiento presentan un DAP promedio inferior a 8 cm, a excepción de la PPC-04 (Ciénaga Honda, Sucre) que registró 13,95 cm.

En estas parcelas, el incremento promedio neto anual registrado no fue superior a 0,36 cm, mientras que la PPC-04 (la de mayor DAP promedio) registró un incremento promedio neto de 0,52 cm. Se observa que los mayores porcentajes de incremento corresponden al Departamento de Córdoba, entre 5,82 y 8,06 %.

En razón de que las primeras etapas de desarrollo son las de más rápido crecimiento, se esperaba que se registrara en las PPC con menor DAP promedio, los más altos incrementos, esto sucedió para las PPC-05 (Ciénaga Pablo, Sucre), la PPC-08 (Caño Salado, Córdoba) y PPC-09 (Ciénaga Navío, Córdoba), no obstante, la PPC-02 (Ciénaga El Mohán, Bolívar), una de las de menor DAP promedio, registró el más bajo porcentaje de incremento, 2,82 %.

La PPC-04 (Ciénaga Honda, Sucre), que es la de mayor DAP promedio, mostró un incremento inferior a 4 %. La gráfica muestra el mayor número de registros de porcentaje de incremento entre los 3,06 % y 5,38 %; rango que se puede considerar, en las Parcelas

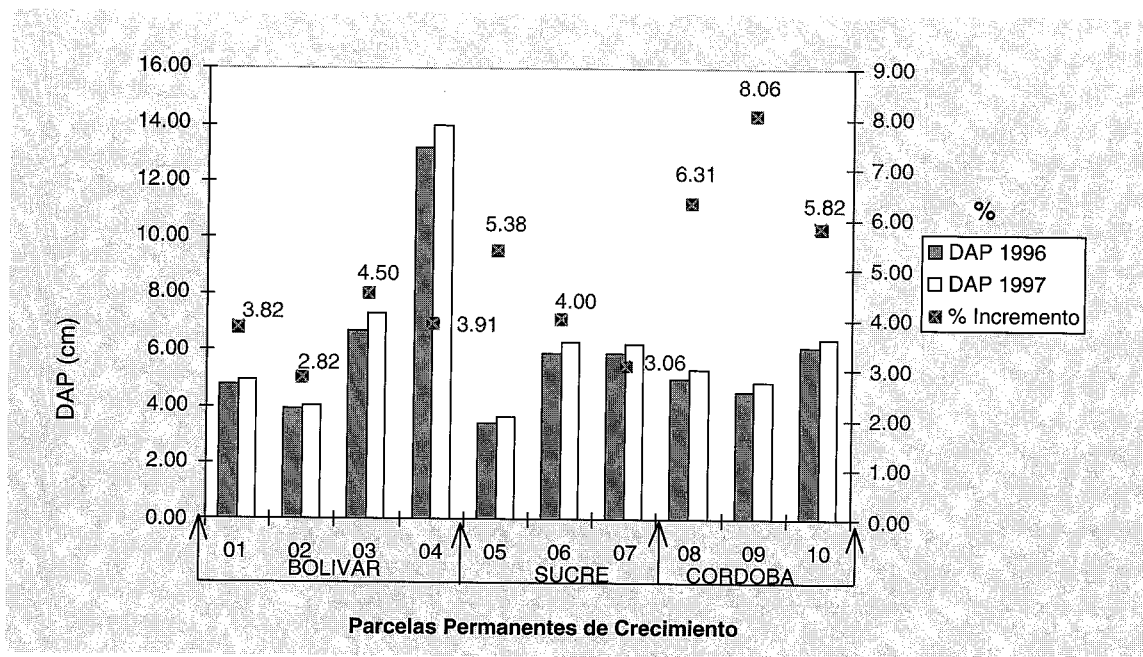


FIGURA 11. INCREMENTOS MEDIOS DE DAP (1996-1997) EN LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO.

Permanentes de Crecimiento, como el más común para crecimiento para los manglares de la costa Caribe colombiana.

Incremento diamétrico de las especies en las PPC

***Avicennia germinans*:** Se presentó en 6 parcelas permanentes de crecimiento, de las cuales en 4: la PPC-04 (Ciénaga Honda, Bolívar), la PPC-06 (Ciénaga de Pablo, Sucre), la PPC-08 (Caño Salado, Córdoba) y la PPC-10 (Caño Tijó, Córdoba) el DAP promedio fue superior a 12 cm (**Figura 12**).

La PPC-03 (Santa Ana, Bolívar) y la PPC-07 (Ciénaga de Pablo, Sucre) son bosques monoespecíficos de esta especie, compuestos por latizales de 7,3 y 6,26 de DAP promedio, respectivamente. En todas las parcelas donde *Avicennia germinans* fue regis-

trada, siempre registró mayor DAP promedio que las demás especies, presentando individuos de hasta 32 cm. La razón se puede explicar por la forma selectiva de su aprovechamiento, pues esta especie no es tan apetecida por los manglares, quienes prefieren *Rhizophora mangle*, mientras que de *Avicennia germinans* usan varas de poco diámetro.

Por otra parte, el porcentaje de incremento de la especie siempre fue menor que el de toda la parcela, lo que se explica porque siempre tuvo DAP's grandes y por tanto su tasa de crecimiento relativa va en descenso.

En la única parcela que *Avicennia germinans* registró mayores incrementos con respecto a otra especie fue en la PPC-07 (Ciénaga de Pablo, Sucre), donde fue más rápida que *Rhizophora mangle*.

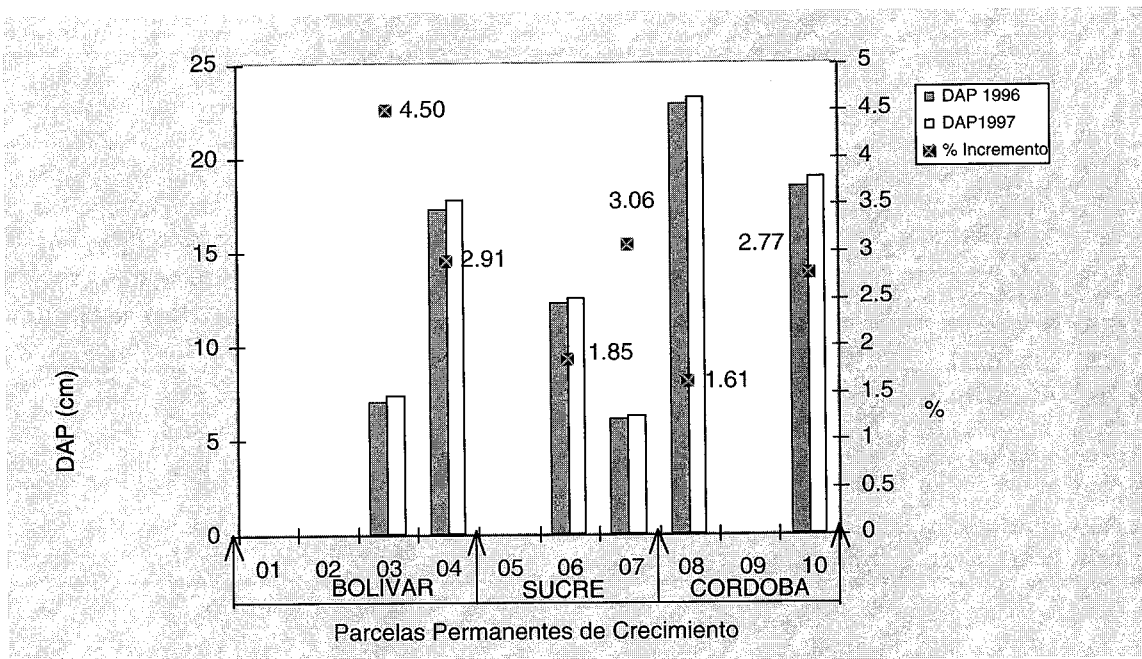


FIGURA 12. AVICENNIA GERMINANS. INCREMENTO DIAMÉTRICO (1996-1997) EN LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO.

El porcentaje de incremento de *Avicennia germinans* se agrupa entre 1,6 y 3,06 %, aunque en el bosque monoespecífico de Santa Ana, Bolívar (PPC-03), se registró el mayor incremento (4,5%), valor que se encuentra dentro del rango medio de crecimiento para los manglares de esta costa (Figura 12).

Laguncularia racemosa: El DAP promedio de la especie se puede considerar como medio, entre 8,72 y 11,3 cm, lo cual se presentó en Bolívar, en la PPC-02 y PPC-04, respectivamente (Figura 13). Por su parte en la PPC-05 (Ciénaga Benítez, Sucre) y la PPC-10 (Caño Tijó, Córdoba), este valor no supera 5 cm.

Esta especie se presentó la mayor parte de las veces como gregaria, con muy



pocos individuos al interior de ellas, sólo en la PPC-05 (Ciénaga Benítez, Sucre) se presentó como dominante en un bosque monoespecífico (Figura 13).

En *Laguncularia racemosa* el porcentaje de incremento estuvo entre 4,08 y 5,36 % (PPC-02, PPC-04 y PPC-05). *Laguncularia racemosa* registró crecimientos más rápidos que *Rhizophora mangle* en la PPC-02 (Ciénaga Mohán, Bolívar) pero menor en la PPC-06 (Ciénaga de Pablo, Sucre). Tanto en la PPC-04 (Ciénaga Honda, Bolívar) como en la PPC-10 (Caño Tijó, Córdoba), registro mayor porcentaje de incremento que *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*, respectivamente.

Rhizophora mangle: Es la especie más frecuente a lo largo del Caribe colombiano.

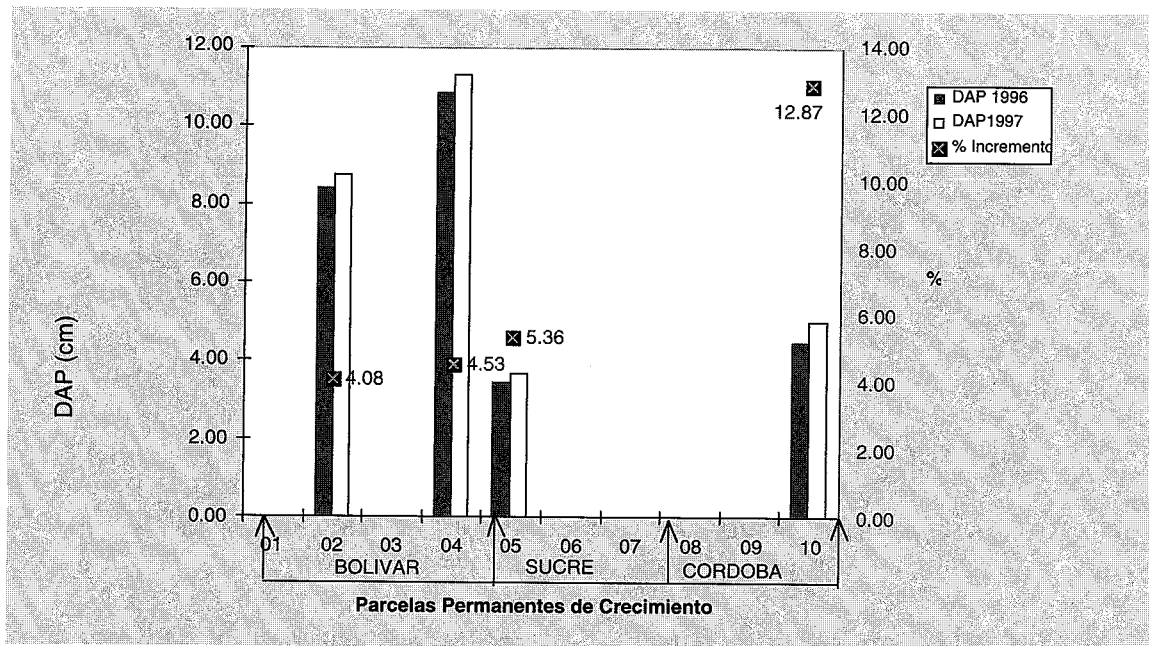


FIGURA 13 . LAGUNCULARIA RACEMOSA, INCREMENTO DIAMÉTRICO (1996-1997) EN LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO

El DAP promedio para *Rhizophora mangle*, en las Parcelas Permanentes de Crecimiento, no superó los 5,00 cm a excepción de la PPC-04 (Ciénaga Honda, Bolívar), donde el promedio de DAP fue 14,57 cm.

Rhizophora mangle se presenta en forma monoespecífica en las PPC-01 (Isla del Rosario, Bolívar) y PPC-09 (Ciénaga Navío, Córdoba) con un porcentaje de incremento bajo en el primer caso (3,82 %) pero alto en el segundo (8,06%). aunque las dos parcelas están conformadas por latizos de DAP promedio similar. La primera se desarrolla sobre suelos arenosos y calcáreos, sobre terreno insular, mientras que la segunda se presenta en una zona estuarina con gran aporte de sedimentos, suelos arcillosos y abundante materia orgánica en proceso de degradación, factores que podrían explicar el comportamiento de crecimiento de la especie.

Los mayores porcentajes de incremento de esta especie se encuentran en las parcelas de Córdoba (Figura 14), éstos oscilan entre 6,66 y 8,39%.

Por otra parte, el porcentaje de incremento de *Rhizophora mangle* en las parcelas de Bolívar fue muy inferior, éste no superó los 3,8 %.

Comparativamente con las otras especies, *Rhizophora mangle* registró menor porcentaje de crecimiento que *Laguncularia racemosa* en la PPC-02 (Ciénaga Mohán, Bolívar), PPC-04 (Ciénaga Honda, Bolívar) y PPC-10 (Caño Tijó, Córdoba), pero mayor que *Avicennia germinans* en estas dos últimas.

En la PPC-06 (Ciénaga de Pablo, Sucre) y la PPC-08 (Caño Salado, Córdoba), *Rhizophora mangle* superó ampliamente a *Avicennia germinans*, pero esta especie la superó en

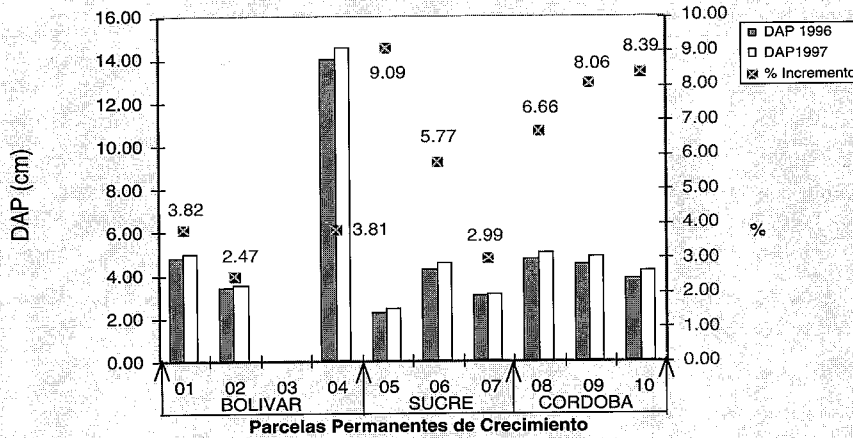


FIGURA 14. RHIZOPHORA MANGLE. INCREMENTO DIAMÉTRICO (1996-1997) EN LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO

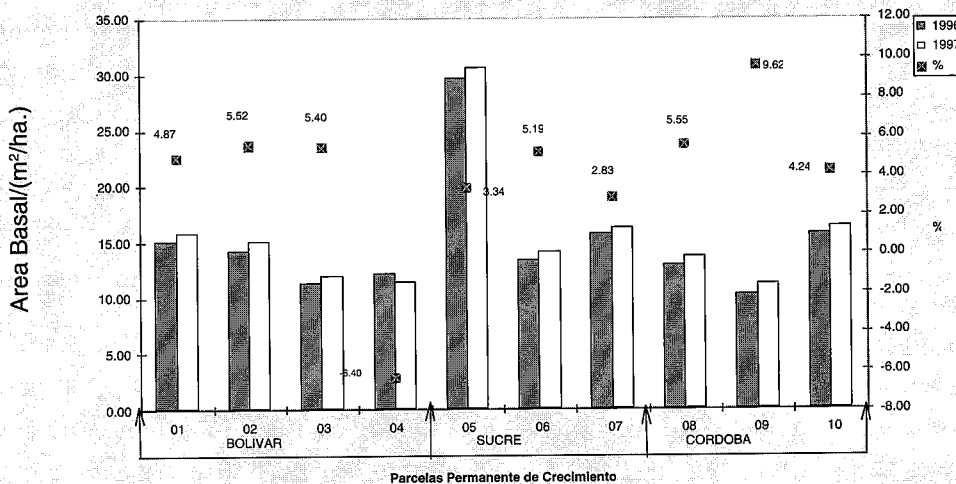
la PPC-07 (Ciénaga de Pablo, Sucre), presumiblemente debido a un alto valor de salinidad.

Incremento del área basal en las PPC

La mayoría de Parcelas Permanentes de Crecimiento presentan áreas basales entre 11,0 y 15,0 m²/ha., excepto la PPC-05 (Ciénaga Honda, Sucre) (30,57 m²/ha., la cual, a cau-

sa de su alta densidad, registra una área basal alta (30,57 m²/ha), esta parcela es del departamento de Sucre, las otras parcelas de este departamento, así como todas las de Bolívar y Córdoba presentan un comportamiento homogéneo. La razón es que las PPC's se encuentran en bosques que han sido entre mediana y altamente intervenidos, con densidades similares y DAP's promedios bajos. En la PPC-04 (Ciénaga Honda, Bolívar)

FIGURA 15 . INCREMENTOS DEL ÁREA BASAL (1996-1997) EN LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO



que presenta DAP's promedios altos, se registra una alta área basal para la parcela (0,86 m²) pero, debido a su baja densidad, el área basal del bosque se encuentra en un valor medio (11,4 m²/ha.).

El incremento en porcentaje del área basal para la mayoría de las PPCs se agrupó entre 3 y 5,5 %, el más bajo fue de 2,83 % en la PPC-07 (Ciénaga de Pablo, Sucre) y el más alto de 9,62 % en la PPC-09 (Ciénaga Navío, Córdoba), (Figura 15).

Las PPC's 06 y 07 de la Ciénaga de Pablo en Sucre están ubicadas en partes del bosque donde comienza a dominar *Avicennia germinans*; en la PPC-06 donde se presentan bastantes individuos de *Rhizophora mangle* de DAP's bajos (4,5 cm. en promedio) el porcentaje de incremento del área basal se comportó como en el resto de las parcelas instaladas (5,19 %). Mientras que en la PPC-07 se registró el porcentaje de incremento del área basal más bajo (2,83 %). En esta parcela predomina *Avicennia germinans* que registró incrementos en DAP bajos.

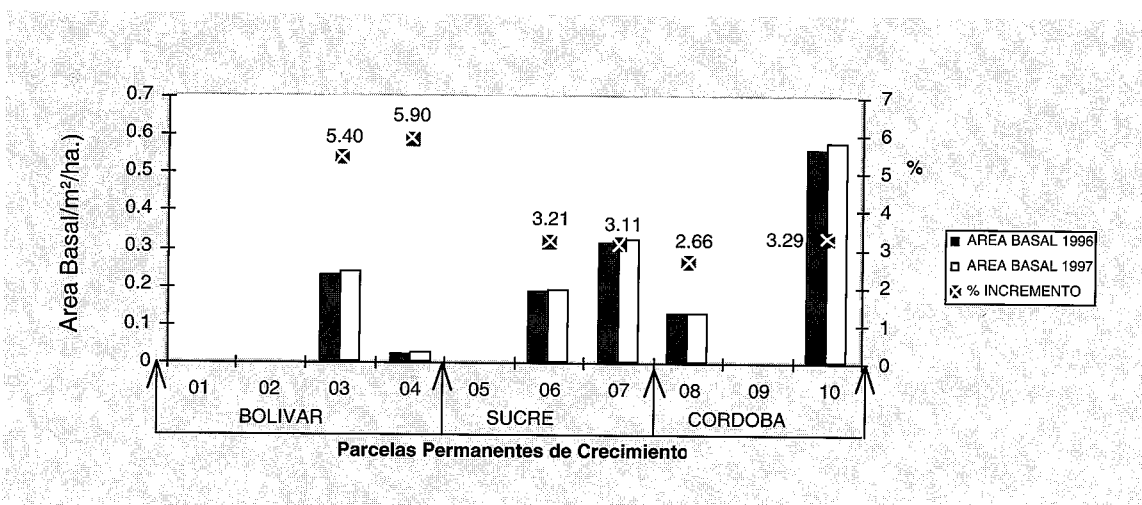
Las PPC's de Bolívar tuvieron un porcentaje de incremento del área basal similar, esto es entre 4,87 y 5,5 %, sólo la PPC-04 (Ciénaga Honda, Bolívar) presenta un decrecimiento del área basal (-6,4%), lo cual se explica porque desaparecieron por tala las áreas básicas de 9 individuos. En la PPC-03 (Santa Ana, Bolívar) a pesar de registrar la desaparición de 5 individuos (11 % de la PPC), se presentó un incremento del área basal de 5,4 %.

Los mayores porcentajes de incremento del área basal en las PPC's se registraron en el Departamento de Córdoba, donde se presentaron también los mayores porcentajes de incremento en DAP y los más bajos índices de mortalidad.

Incremento en área basal de las especies en las PPC

Avicennia germinans: Los porcentajes de incremento de área basal en esta especie (Figura 16) oscilan entre 2,66 % y 5,4 %. En la PPC-03 (Santa Ana, Bolívar), de carácter

FIGURA 16. AVICENNIA GERMINANS. INCREMENTOS DEL AREA BASAL (1996-1997) EN LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO



monoespecífico, el área basal registró valores de 11,94 m²/ha y tuvo el porcentaje de incremento más alto para la especie (5,4 %) en el Caribe, valor que pudo ser mayor debido a la desaparición de 5 individuos.

El mayor valor neto de área basal para la especie se registró en la PPC-07 (Ciénaga de Pablo, Sucre) (16,12 m²/ha.) y el porcentaje de incremento (3,21%) mostró un comportamiento similar al de la otra parcela de Ciénaga de Pablo, Sucre, la PPC-06 que registró 3,11% y 9,46m²/ha.

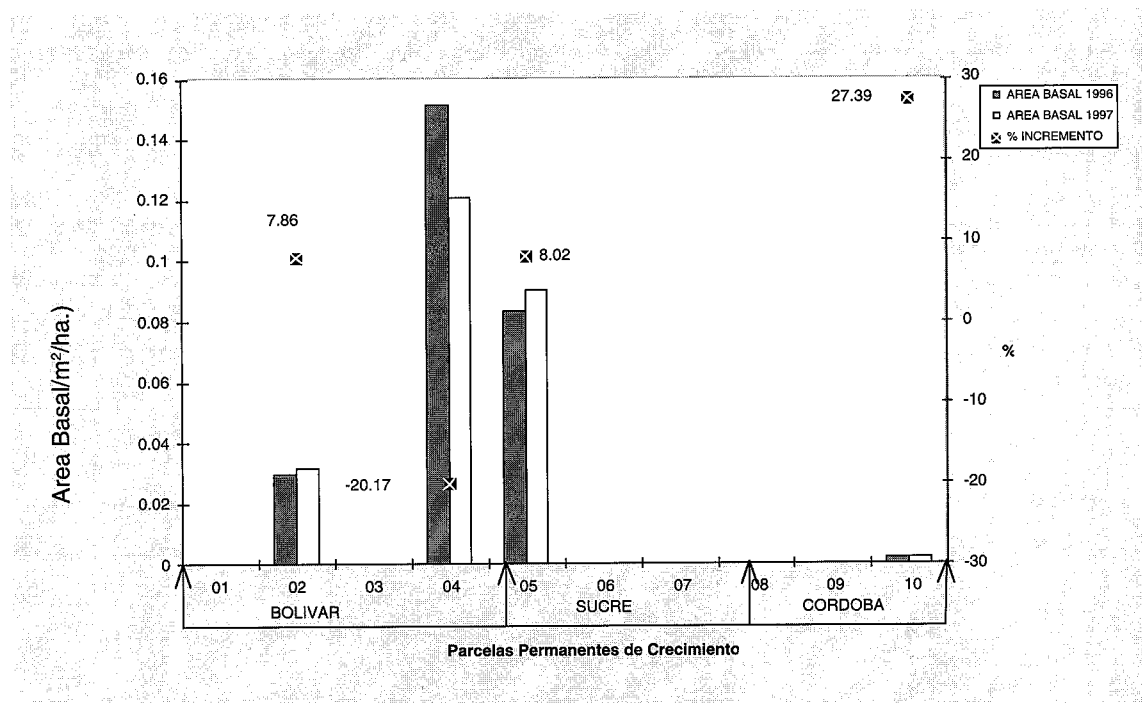
En la PPC-10 (Caño Tijó, Córdoba), se registraron pocos individuos pero de grandes DAP's, razón por la cual, su área basal fue relativamente alta (12,77 m²/ha.). A pesar de que en esta parcela los promedios de DAP

son superiores a la PPC-07, la densidad fue inferior, 2.586 ind./ha. en la PPC-10 contra 3.283 ind./ha. de la PPC-07, y en consecuencia el área basal fue superior en esta última parcela.

Laguncularia racemosa: Esta fue la especie menos frecuente en las parcelas y la de menores áreas básicas, inferiores a 6 m²/ha., excepto en la PPC-05 (Ciénaga Benítez, Sucre), que registró el área basal más alta de todas las especies (30,48 m²/ha.) y de todas las parcelas del Caribe (**Figura 17**).

Vale la pena resaltar que el porcentaje de incremento registró un valor alto (7,86 %) en la PPC-02 (Ciénaga Mohán, Bolívar) comparativamente con el porcentaje de incremento de las otras especies.

FIGURA 17 . LAGUNCULARIA RACEMOSA. INCREMENTOS DEL AREA BASAL (1996-1997) EN LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO



En la PPC-04 (Ciénaga Honda, Bolívar) se registró un decrecimiento del 20,17%, debido principalmente a la desaparición de 2 individuos, que constituyen cerca del 20 % de la especie en la parcela.

Rhizophora mangle: El porcentaje de incremento del área basal de esta especie varió entre 3,89 % y 9,62 %, se registraron también valores negativos en la PPC-04 (Ciénaga Honda, Bolívar)(-3,78%) y la PPC-07 (Ciénaga de Pablo, Sucre)(-52%) (**Figura 18**).

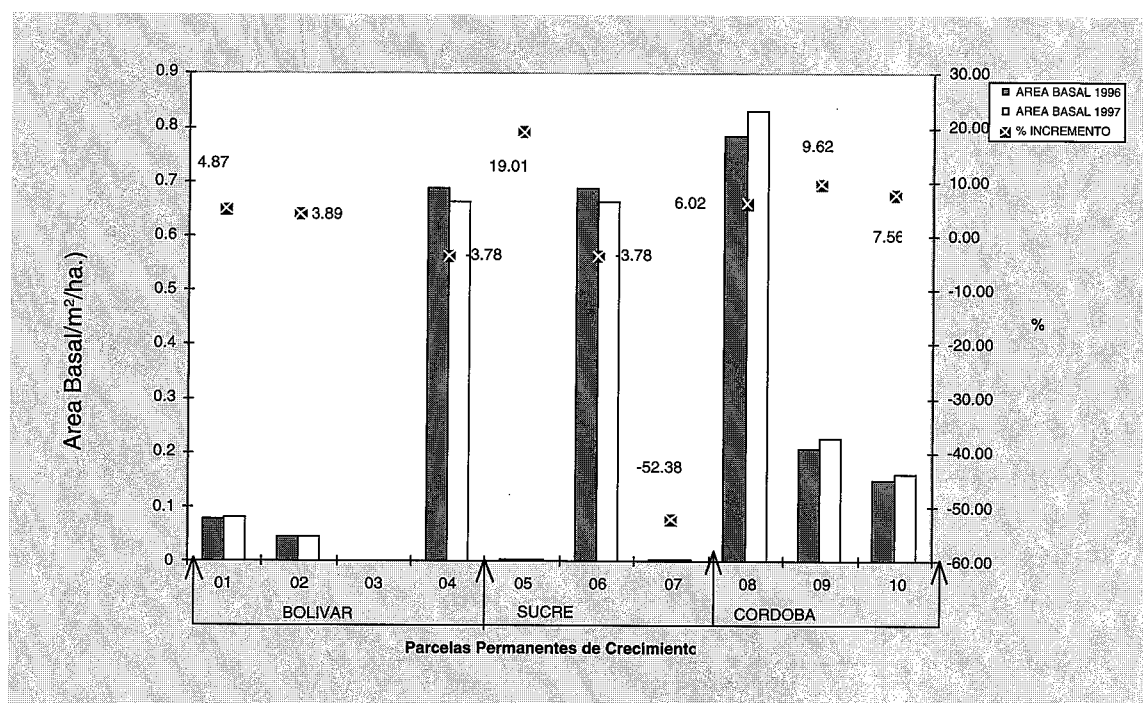
En la PPC-01 (Isla del Rosario, Bolívar) se calculó la mayor área basal (15,81 m²/ha.) para la especie en las parcelas del Caribe. Este bosque a pesar de no presentar un alto DAP promedio (4,93 cm), sí registró una

densidad elevada (6.964 ind./ha.) lo cual incidió en su área basal.

Los otros valores netos de área basal para la especie se pueden agrupar entre 8,71 y 11,75 m²/ha.

En las parcelas PPC-04 (Ciénaga Honda, Bolívar)(-3,78%) y PPC-07 (Ciénaga de Pablo, Sucre)(-52%), registraron porcentajes de incremento negativo, como se mencionó anteriormente. La causa de esto fue la desaparición de 9 individuos en la PPC-04, o sea el 16,27 % del total de individuos de la especie en la parcela. En la PPC-07 solo existían 3 individuos y desaparecieron 2, por lo que se presentó un decrecimiento exagerado de área basal.

FIGURA 18. RHIZOPHORA MANGLE. INCREMENTOS DEL ÁREA BASAL (1996-1997) EN LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO



MORTALIDAD Y TALA

Las desapariciones de individuos a causa de la mortalidad y la tala fue baja, sin embargo, para algunos casos esta situación influyó significante en los resultados calculados y que se relacionan directamente con el incremento diamétrico, pero especialmente en lo concerniente con el incremento de área basal.

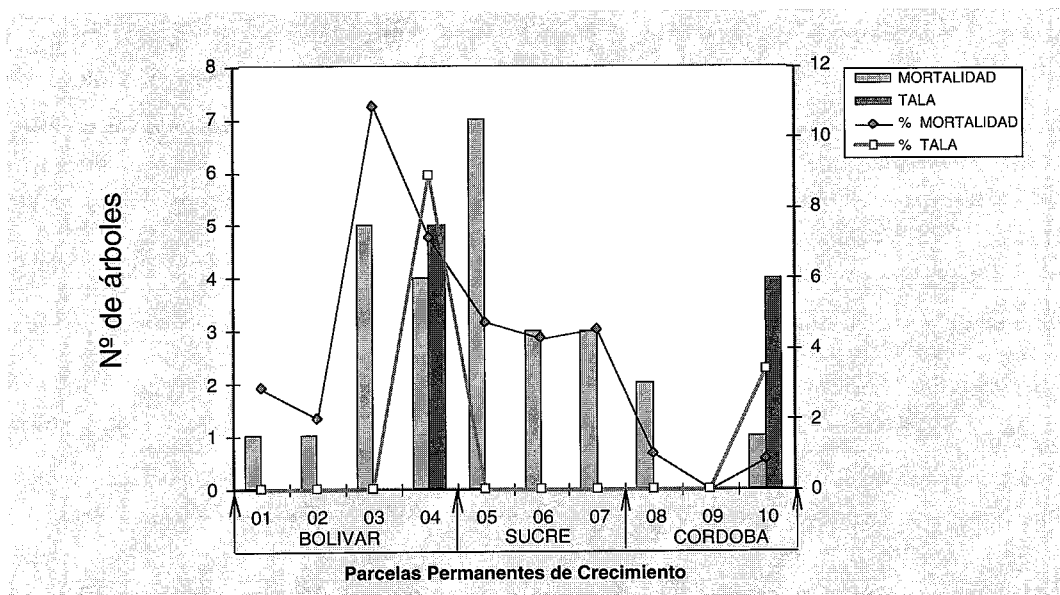
Según la **Figura 19**, para el Departamento de Bolívar se registró una mortalidad que no superó los 11 individuos. En las PPC-01 (Isla Rosario) y PPC-02 (Ciénaga Mohán) se registró un solo individuo por cada una, éstos representaban el 2,86 % y 2,0 % de la PPC, respectivamente. En la PPC-03 (Santa Ana) se registraron 5 individuos muertos, los cuales representan el porcentaje de mortalidad más alto registrado en las PPCs del Caribe (10,87 %). En ninguna de estas tres parcelas se evidenció tala.

En la PPC-04 (Ciénaga Honda, Bolívar) se registraron 4 individuos muertos, que corresponden a 7,14 % de la parcela y 5 individuos talados que corresponden a 8,93 %, es decir que desapareció el 16 % de los árboles de la parcela lo cual influyó en que el valor calculado para el área basal.

En las tres PPC's de Sucre no se registró tala, entre ellas se encontraron 13 individuos muertos. En la PPC-05 (Ciénaga Benítez) se presentó el mayor número de individuos muertos (7) en las parcelas del Caribe, pero debido a la alta densidad de esta parcela, este valor representó sólo el 4,73 % de la PPC. Las parcelas de la Ciénaga de Pablo, la PPC-06 y la PPC-07 presentaron 3 individuos muertos en cada una de ellas, que corresponden a 4,29 % y 4,55 %, respectivamente.

En las parcelas instaladas en el Departamento de Córdoba la mortalidad fue muy baja, 2 individuos en la PPC-08 (Caño Salado) y

FIGURA 19. MORTALIDAD Y TALA EN LAS PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO DEL CARIBE COLOMBIANO (1996-1997)



1 individuo en la PPC-10 (Caño Tijó), que corresponden a porcentajes de mortalidad muy bajos, 1,01 y 0,85 %, respectivamente. En la PPC-09 (Ciénaga Navío) no se registraron muertos ni talados.

En la PPC-08 no se registraron individuos talados, mientras que en la PPC-10 se registraron 4 individuos muertos, que corresponden al 3,42 % de la parcela.

En general, las parcelas de Sucre registraron la menor intervención, debido probablemente a la poca accesibilidad o la considerable distancia a los centros de consumo como Cartagena o Sincelejo. Por otra parte, el Departamento de Córdoba presenta las mejores características en cuanto a equilibrio en el desarrollo de los manglares, estado fitosanitario y condiciones físico-químicas de suelo y aguas.

Un análisis preliminar y general al interior de las PPC's sobre la tala y mortalidad, dio como resultado que el mayor porcentaje de árboles perdidos se debió a mortalidad natural, en valores inferiores al 10 %, mientras que la tala también fue baja, en valores inferiores al 8 %. Tomando como referencia la sumatoria de los individuos de las PPC's la desaparición de árboles de manglar en el Caribe es del orden del 2,1 %, de los cuales 1,56 % es debido a mortalidad natural y el 0,53 % es causada por la tala.

El departamento en el que se registró mayor mortalidad fue en Bolívar 5,88 %, así como el mayor porcentaje de tala, 2,67 %. Cabe destacar que este departamento a pesar de la veda a la tala del mangle, superó incluso al Departamento de Córdoba en donde no existe veda. En cuanto a la mortalidad, este

departamento posee áreas en proceso de degradación por la interrupción de flujos hídricos, mientras que en Córdoba que es el Departamento con los mayores desarrollos de manglar y que reciben un buen aporte de aguas dulces, no se registraron mortalidades.

Este tipo de observaciones y registros son muy importantes pues en un momento determinado puede servir para detectar acciones o alteraciones sobre los manglares y cuantificar la pérdida de este recurso y sus posibles causas. Igualmente, servirá para tomar medidas de mitigación o corrección sobre los causantes de esta situación.

Este tipo de observaciones debe estar respaldada con una información más detallada y con monitoreos periódicos, puesto que el tipo de parcelas instaladas para evaluar la dinámica de crecimiento no son apropiadas para evaluar pérdida de la vegetación por causas antropogénicas, esto por el hecho de estar marcadas con pintura y por las recomendaciones que se les hizo a la comunidad para conservarlas, sumado a que varias de las parcelas fueron instaladas en áreas del Sistema Nacional de Parques Naturales.

❧ FENOLOGÍA Y REGENERACIÓN NATURAL

Los estudios de fenología y regeneración natural deben realizarse en forma conjunta. De esta manera se logra, por un lado, tener una visión integral de lo que sucede en el bosque, tanto en la superficie del dosel, como en el sotobosque y la interrelación entre los mismos; por otro lado los eventos

de producción de frutos maduros y la abscisión de éstos influyen notoriamente en que en la mayoría de los bosques predomine la clase de tamaño R (< 30 cm) de regeneración natural, en algunas épocas específicas del año, aunque en algunas especies, como en *Rhizophora mangle*, se puede registrar de manera más o menos constante durante todo el año, con incrementos o picos en las temporadas lluviosas. Por esta razón, la fenología y la regeneración natural tienen un comportamiento similar por lo dependiente con el régimen de lluvias a que se encuentren sometidos los bosques. En la Costa Caribe de Colombia, éstas tienen un comportamiento bimodal con los picos de lluvia hacia los meses de octubre y noviembre, y otro hacia los meses de abril y mayo.

A continuación se hace una serie de comentarios con respecto a las observaciones fenológicas realizadas en las diferentes especies de manglar a lo largo del Caribe de Colombia, con base en un conjunto de árboles seleccionados y monitoreados entre octubre de 1996 y junio de 1998, período que se puede considerar corto para realizar un análisis profundo del comportamiento fenológico de las diferentes especies de manglar, lo ideal es hacer un análisis con base en un registro promedio mensual multianual por un lapso de tiempo no inferior a 5 años. Sin embargo, la información preliminar registrada se vuelve valiosa, como punto de partida para estudios más profundos, por lo tanto no tipifica necesariamente el comportamiento concreto de las especies de manglar.

También, se hace un análisis por departamento de los eventos fenológicos y de regeneración natural, registrando las es-

pecias y clases de tamaño dominantes y la frecuencia de las mismas.

Análisis por especie

Para efectos de este estudio, no se seleccionaron individuos solos, ni en los bordes de cuerpos de agua, sin embargo aquellos que se encontraron en esa ubicación, evidenciaron una mayor abundancia y frecuencia de flores y frutos durante el año.

Es muy frecuente encontrar, en los bordes de los cuerpos de agua, *Rhizophora mangle*, acompañada algunas pocas veces por *Laguncularia racemosa*, en estos casos los individuos tienen una mayor proporción de su follaje expuesta a la luz solar y con ello una mayor capacidad para la producción de estructuras reproductivas, por eso estas dos especies cuando se encuentran en esa ubicación presentan flores y frutos durante prácticamente todo el año, siendo más abundante estos fenómenos en *Laguncularia racemosa*, pero más frecuente en *Rhizophora mangle*, la cual también se presenta en mayor proporción en la mencionada posición.

También, se trató de no seleccionar individuos en áreas muy intervenidas. En estas áreas, si bien es cierto que condiciones de estrés incentivan los procesos de floración como respuesta de la planta a las condiciones del medio y a su peligro de desaparecer como individuo; pero, si el factor tensionante es muy fuerte y prolongado, la fructificación no está garantizada y el establecimiento de propágulos luego de su abscisión está muy comprometida.

Teniendo en cuenta la información registrada, durante los monitoreos realizados



en la red de árboles seleccionada, cerca de las parcelas (PPC), a continuación se consigna un análisis general sobre los eventos fenológicos y se presenta en las tablas respectivas para cada especie. La cuantificación de la presencia de cada evento por mes, se presenta en rectángulos de color oscuro equivalentes al 25% cada uno.

Avicennia germinans: Registra la presencia de flor en diferentes intensidades de cobertura en los árboles (25 -50 %), entre los meses de septiembre y mayo, registrando los valores más altos en el mes de septiembre en la ciénaga de Mallorquín en el Departamento del Atlántico y en Tinajones en el Departamento de Córdoba. En los Departamentos de Magdalena y Guajira los mayores picos de floración corresponden a los meses de octubre y noviembre. En términos generales para el Caribe, la floración coincide con la época en las cuales se inicia un

aumento en la salinidad como consecuencia de un déficit hídrico, en el cual la evaporación supera la precipitación (Tabla 8).

La fructificación se registró entre los meses de septiembre y diciembre, con mayores proporciones durante los meses de octubre y noviembre en los Departamentos del Atlántico y Magdalena, mientras que en el Departamento de Córdoba los picos se presentaron en septiembre y junio. Los árboles seleccionados en los Departamentos de Sucre y Guajira, a pesar de registrar abundante floración buena parte del año, no evidenciaron la presencia de frutos verdes ni maduros. En el Departamento de Sucre, esta especie no presentó frutos y la razón pudo ser el sobrecalentamiento de las aguas, acompañada de una intensa hipersalinización con valores registrados de 90 ‰. Esto sucede en la zona de Balsillas en la Ciénaga de Ana Gómez, donde se eviden-

TABLA 8 . FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE AVICENNIA GERMINANS EN LA COSTA CARIBE COLOMBIANA, REPRESENTADA EN CUADRANTES MENSUALES EQUIVALENTES AL 25 % DE LA PRESENCIA DEL FENÓMENO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
BOTÓN												
FLORAL												
FLOR ABIERTA												
FRUTO VERDE												
FRUTO MADURO												
BROTE												
DEFOLIAC												

cia una buena mancha de manglares muertos de *Rhizophora mangle* y la presencia de una cantidad de individuos de *Avicennia germinans* en proceso de defoliación, en poca densidad y abertura intensa del dosel.

Laguncularia racemosa: La floración ocurrió en la mayoría de departamentos, entre los meses de julio y septiembre, aunque en La Guajira también se registró en noviembre y diciembre, los picos se presentaron en agosto en el Departamento de Bolívar, septiembre en Córdoba, octubre en el Magdalena y noviembre en La Guajira. Esta especie florece a temprana edad, especialmente bajo condiciones de estrés (Tabla 9).

La fructificación se registró en la mayoría de departamentos, con especial énfasis durante el segundo semestre del año, sin embargo

en Bolívar también se registró fruto maduro durante el primer semestre en coberturas inferiores al 50 % en los árboles. Los picos de fructificación se registraron principalmente durante los meses de septiembre y octubre a pesar de que las lluvias fueron escasas durante el segundo semestre de 1997 a causa del Fenómeno de "El Niño", sin embargo la disponibilidad de propágulos fue muy constante durante todo el año aunque varía la abundancia.

Rhizophora mangle: Esta especie registra los eventos de floración y fructificación prácticamente durante todo el año, aunque en porcentajes de cobertura bajos (< 25 %) en los árboles. Al parecer se registran diferentes picos de floración durante el año, pero especialmente entre octubre y enero. En Córdoba se presentan picos también en agosto (Tabla 10).

TABLA 9. FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LAGUNCULARIA RACEMOSA EN LA COSTA CARIBE COLOMBIANA, REPRESENTADA EN CUADRANTES MENSUALES EQUIVALENTES AL 25 % DE LA PRESENCIA DEL FENÓMENO.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
BOTÓN												
FLORAL												
FLOR ABIERTA												
FRUTO VERDE												
FRUTO MADURO												
BROTE												
DEFOLIAC												

TABLA 10. FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE RHIZOPHORA MANGLE EN LA COSTA CARIBE COLOMBIANA, REPRESENTADA EN CUADRANTES MENSUALES EQUIVALENTES AL 25 % DE LA PRESENCIA DEL FENÓMENO.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
BOTÓN												
FLORAL												
FLOR ABIERTA												
FRUTO VERDE												
FRUTO MADURO												
BROTE												
DEFOLIAC												

La fructificación tuvo sus picos durante los meses de junio y julio en Córdoba y entre septiembre y diciembre en los demás departamentos.

Una de las ventajas comparativas que tiene esta especie con respecto a las otras, es que en la mayoría de bosques en los que hace presencia, ocupa todos los estratos, pero especialmente el superior, por tanto, presenta mayor área para captar energía y desarrollar sus procesos reproductivos.

Conocarpus erecta: Árboles de esta especie se seleccionaron sólo en los Departamentos de Córdoba y Guajira, en lugares de escasa precipitación y elevadas temperaturas. En Córdoba se registró floración en los meses de junio y julio, mientras que en la Guajira se registró en noviembre, en

porcentajes de cobertura del árbol, inferiores al 25 % (Tabla 11).

La fructificación fue abundante entre septiembre y diciembre, adicionalmente en el Departamento de La Guajira se registró un nuevo pico durante el mes de febrero. No obstante, se evidenció que la absición de semilla no es completa y que muchos de los frutos permanecen sobremaduros e incluso quemados, en la planta madre, lo cual impide la precisión de las observaciones.

Pelliciera rhizophorae: Esta especie es muy escasa y sólo se realizó seguimiento, en los Departamentos de Sucre y Córdoba. En Sucre no se registró ningún fenómeno, al parecer el individuo seleccionado para el estudio no fue el apropiado por no estar en edad reproductiva, mientras que el seleccionado

TABLA 11. FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE CONOCARPUS ERECTA EN LA COSTA CARIBE COLOMBIANA, REPRESENTADA EN CUADRANTES MENSUALES EQUIVALENTES AL 25 % DE LA PRESENCIA DEL FENÓMENO.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
BOTÓN												
FLORAL												
FLOR ABIERTA												
FRUTO VERDE												
FRUTO MADURO												
BROTE												
DEFOLIAC												

.....

TABLA 12 . FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE PELLICIERA RHIZOPHORAE EN LA COSTA CARIBE COLOMBIANA, REPRESENTADA EN CUADRANTES MENSUALES EQUIVALENTES AL 25 % DE LA PRESENCIA DEL FENÓMENO.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
BOTÓN												
FLORAL												
FLOR ABIERTA												
FRUTO VERDE												
FRUTO MADURO												
BROTE												
DEFOLIAC												

en Córdoba, registró flor durante los meses de marzo a septiembre, con picos en junio y julio. La fructificación se registró durante los meses de junio a octubre. La absición de los mismos sólo se registró en el mes de octubre (**Tabla 12**).

» **Análisis por Departamento**

En el **Departamento de la Guajira**, se registraron valores muy bajos de regeneración natural tanto en la PPC-24 Dibulla (0,35 propágulos/m² de promedio mensual) como en la PPC-25 Camarones (0,28 propágulos/m² de promedio mensual).

Los eventos de mayor abundancia de la regeneración natural, aunque muy bajos (menos de 0,5 propágulos/m²), ocurrieron hacia noviembre y diciembre, cuando a causa de las primeras lluvias presentadas, especialmente en el piedemonte de la Sierra Nevada, se incentivó la absición de propágulos de *Laguncularia racemosa*, presentándose posterior a ello, un mayor número de individuos de la clase de tamaño R (0-30 cm).

Esta clase de tamaño es la que más abunda durante el año, no obstante, estos individuos no se mantienen constantes, o sea que desaparecen la gran mayoría de ellos. La causa de ésto en la PPC-25 Camarones, ha sido las condiciones de extremo déficit hidrológico, que sumado a las altas temperaturas registradas, causa en las plantas sequía fisiológica, por lo cual no logran establecerse. En la PPC-24 Dibulla, a diferencia de lo que ocurre en Camarones, la causa de la irregularidad en la aparición de propágulos ha sido la inundación del terreno en niveles superiores a 30 cm., por lo cual los propágulos que lograron germinar,

no consiguieron establecerse a causa del derribamiento y ahogamiento, con la aparición de las primeras lluvias fuertes.

La especie más frecuente en los registros realizados de regeneración natural, ha sido *Laguncularia racemosa*, la cual también fue la más abundante, superando ampliamente a la otra especie registrada (*Avicennia germinans*), especialmente en Dibulla, donde ocurrió una fructificación abundante de *Laguncularia racemosa*, incidiendo en que en el mes de diciembre se encontrara una alta regeneración natural de propágulos menores a 30 cm, los cuales lograron mantenerse durante la época seca pero después desaparecieron.

En el **Departamento del Magdalena** se registraron valores bajos de regeneración natural en la PPC-21 Isla Salamanca (2,66 propágulos/m² de promedio mensual), y muy bajos en PPC-22 Río Sevilla (0,71 propágulos/m² de promedio mensual) y PPC-20 Chengue (0,39 propágulos/m² de promedio mensual).

La mayor densidad de propágulos en los primeros estadios de vida se registró en los meses de noviembre a enero, pero ésta no sobrepasa los 1,5 propágulos/m². Las especies más frecuentes fueron también las más abundantes, en el siguiente orden: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*. En este Departamento a diferencia de los demás, la clase de tamaño predominante fue la U1 (30 -150 cm), pero ésto lo determino la PPC-21 PNN Isla Salamanca, donde un gran número de individuos de esta clase de tamaño, ha logrado mantenerse con vida, e incluso han dominado temporalmente a los de tamaños inferiores.

Por su parte, en el **Departamento del Atlántico**, se registró un valor que se puede considerar como medio en la PPC-16 Mallorquín (3,05 propágulos/m² de promedio mensual) y muy bajo en la PPC-17 Balboa (0,15 propágulos/m² de promedio mensual).

La especie más abundante y frecuente ha sido en los registros de regeneración natural ha sido *Avicennia germinans*, seguida por *Laguncularia racemosa*, las épocas de mayor abundancia de la regeneración se registran en los meses de septiembre y noviembre en valores próximos a los 4 propágulos m². En la ciénaga de Mallorquín, en esta misma época se apreciaba una buena cantidad de propágulos sin enraizar, y coincide con el período de fructificación de la especie en este lugar (septiembre a diciembre). La clase de tamaño más representada es la R, la cual disminuye hasta valores inferiores a la clase U1, en el mes de enero cuando registra menos de 1 propágulos/m².

En la PPC-17 Balboa, sucedió que los árboles presentes evidenciaron una capacidad muy baja de producción de propágulos, siendo incluso nula al realizar observaciones fenológicas entre agosto de 1997 y julio de 1998.

En el **Departamento de Bolívar** la regeneración natural registró valores altos en la PPC-03 Santa Ana (39,41 propágulos/m² de promedio mensual), medios en la PPC-11 Barranquitos (5,16 propágulos/m² de promedio mensual) y PPC-04 Ciénaga Honda (4,73 propágulos/m² de promedio mensual), y muy bajos en la PPC-02 Mohán (0,94 propágulos/m² de promedio mensual) y PPC-01 Isla Rosario (0,87 propágulos/m² de promedio mensual).

Los eventos de mayor abundancia se registraron en los meses de abril y enero que coinciden con los períodos de abscisión de propágulos de *Rhizophora mangle*.

La clase de tamaño dominante fue la R y la especie más frecuente fue *Rhizophora mangle*, aunque también se registraron *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, sin embargo la especie más abundante fue *Avicennia germinans*, que en el mes de enero alcanzó a registrar un valor alto (38 propágulos/m²), le sigue en abundancia *Rhizophora mangle*, la cual no supera los 5 propágulos/m², valor que de todas formas representa una regeneración natural media.

En el **Departamento de Sucre** se registraron valores altos de regeneración natural en las parcelas de la ciénaga de La Caimanera PPC-15 (25,17 propágulos/m² de promedio mensual), valores medios en la otra parcela de La Caimanera PPC-14 (10,29 propágulos/m² de promedio mensual), en PPC-12 Balsillas (9,03 propágulos/m²), PPC-13 Guacamayas (6,14 propágulos/m² de promedio mensual) y valores bajos en la PPC-05 Benítez (2,06 propágulos/m² de promedio mensual), PPC-07 Ciénaga de Pablo 2 (0,44 propágulos/m² de promedio mensual) y PPC-06 Ciénaga de Pablo 1 (0,12 propágulos/m² de promedio mensual), siendo este último valor el más bajo registrado en las PPC's instaladas el Caribe colombiano.

En este departamento la clase de tamaño que predomina es la R, y las especies más abundantes son de mayor a menor: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, y *Avicennia germinans*, el orden en la frecuencia de aparición es *R. mangle*, *A. germinans* y *L. racemosa*.

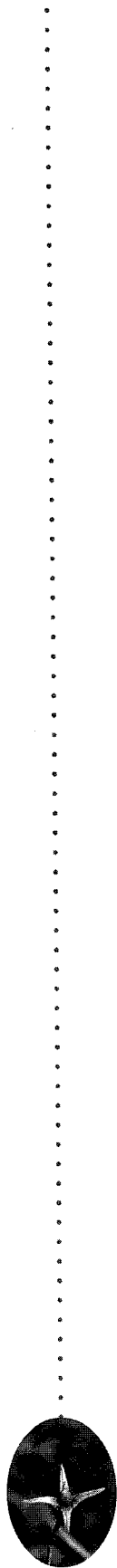
En los meses de agosto, octubre y noviembre, se registraron los picos en la regeneración natural, ésto a causa de un incremento en la abscisión de propágulos de *Laguncularia racemosa*, el cual debió suceder en julio y que se reflejó en la clase de tamaño R en agosto, las otras clases de tamaño se mantuvieron relativamente constantes pero en valores bajos, especialmente en la clase E donde los valores no superan los 0,04 propágulos/m².

En el **Departamento de Córdoba** se registraron valores muy altos de regeneración natural en la parcela PPC-18 Tinajones (88,16 propágulos/m² de promedio mensual), donde fue determinante para ello una fructificación muy abundante de *Laguncularia racemosa*, la cual aportó prácticamente todos los individuos de la clase R. Se regis-

traron valores medios en la PPC-09 Caño Tijó (9,5 propágulos/m² de promedio mensual) y valores bajos en la PPC-08 Caño Salado (2,53 propágulos/m² de promedio mensual), PPC-10 Navío (1,73 propágulos/m² de promedio mensual) y PPC-19 Ostional (1,18 propágulos/m² de promedio mensual).

La clase de tamaño más frecuente es la R y las especies más abundantes fueron de mayor a menor *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*, mientras que las más frecuentes fueron en su orden: *R. mangle*, *L. racemosa*, y *A. germinans*.

Los meses pico en abundancia fueron diciembre y enero a causa del incremento en Tinajones de *Laguncularia racemosa*, mencionado anteriormente.



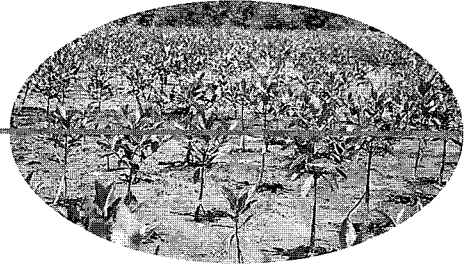
2.

RESTAURACIÓN

- GENERALIDADES
- METODOLOGÍA
- RESULTADOS Y DISCUSIONES



RESTAURACIÓN



GENERALIDADES

En la costa Atlántica Colombiana son muy notorios los procesos de expansión turística, construcciones civiles, drenaje y canalización, construcción de fincas camaroneras, actividad industrial, rellenos, disposición de residuos industriales y domésticos, entre los tenses más destacados, de los manglares, sin que se cuente con un estudio detallado reciente que aporte cifras reales de todas estas acciones respecto al impacto.

Esta situación se traduce según el caso, en un mayor o menor grado en la degradación de cientos de hectáreas de manglar, generando para estos ecosistemas pérdida de biomasa, desaparición de nichos, disminución en la biodiversidad, formación de playones salinos, reducción del porte y vigor de los árboles, sedimentación de cuerpos de agua, pérdida de playas y costas por erosión marina, por mencionar sólo algunos efectos.

Las zonas que presentan en mayor proporción, las anteriores y otras condiciones locales son los sectores del Complejo de Pajarales e Isla de Salamanca en el Departamento de Magdalena; el Garzal, los márgenes de la carretera Tolú-Coveñas y la zona

del Francés en el Departamento de Sucre; así como varios parches litorales de Caño Salado en el Departamento de Córdoba, mientras que son significativos por ser altamente intervenidos, algunos terrenos cercanos en la desembocadura del Río Sinú en Tinajones en el Departamento de Córdoba, la Ciénaga de la Virgen, Islas del Rosario, Isla de Barú, Bahía de Barbacoas y la Bahía de Cartagena en el Departamento de Bolívar, entre otros.

Ensayos o planes de restauración con manglares se han realizado en diferentes lugares de América. En el presente documento se destacan algunos autores con las conclusiones generales sobre sus resultados en planes específicos de restauración o investigación.

En la Florida (USA), **Davis (1940)**, sembró 4.100 propágulos de *Rhizophora mangle*, logrando la viabilidad del 80 %, mientras que, **Savage (1972)**, utilizó un vivero, manejando varios substratos para efectuar trasplantes en varias áreas de la zona. Las plántulas sembradas en un substrato, compuesto en su mayoría por hojas de *Thalassia testudinum* que fueron depositadas en la playa por acción de las mareas, mostraron el mejor desarrollo después de ser trasplantadas. Conclusiones de este

trabajo mostraron que la supervivencia de las plantas depende de la especie y de factores físicos como el incremento de la elevación a lo largo de la playa (topografía) y registros de salinidad menores.

Autry et al. (1973) intentaron establecer 920 propágulos de *Rhizophora mangle* en un rompeolas de Tampa (USA), pero obtuvieron mínima sobrevivencia debido a las tormentas de invierno.

También en la Florida **Pulver (1973)**, describe técnicas de transplante con *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle bobo o blanco) y *Rhizophora mangle* (mangle rojo), registrando como indicadores de éxito la sobrevivencia y el crecimiento. La mayor tasa de supervivencia (85 %), se logró utilizando plantas de 0,5 a 1,5 m de altura, con bola de raíz igual a la mitad de la altura del árbol.

En la Bahía de Tampa (USA), **Lewis et al. (1979)**, realizaron trasplantes de *Avicennia germinans* como parte de un proyecto de mitigación de la pérdida de hábitat costero en dicha Bahía. Las plantas fueron podadas y luego se transplantaron con bola de raíz. Las plantadas en el nivel medio de mareas evidenciaron nuevo crecimiento en un 34% y las plantadas bajo el nivel de mareas mostraron un nuevo incremento del 5%.

Hoffman y Rodger (1980), establecieron plantaciones de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* en una Isla de dragado de la Bahía de Tampa (USA), obteniendo una sobrevivencia del 73 % a los trece meses de iniciado el estudio.

En Puerto Rico, **La Rue y Muzik (1954)**, efectuaron algunas siembras de propágulos con el fin de observar hábitos de establecimiento, encontrando que aquellos sembrados en substratos fangosos naturales, expuestos a la luz del sol y a media sombra tienen un enraizamiento superior al 60 % en un rango de salinidad entre 15- 28 ‰ a lo largo del año. También **Banus y Kolehmaine (1975)**, realizaron observaciones de flotación, enraizamiento y crecimiento de hipocótilos de mangle rojo, registrando que la aparición del primer par de hojas es más rápida con la incidencia directa del sol (15 días), que en condiciones de sombra (3 meses).

En St. Croix (Islas Virgenes), **Lewis (1979)**, plantó 65.000 propágulos de *Rhizophora mangle*, de los que obtuvo una sobrevivencia de 75 % a las seis semanas. **Lewis y Haines (1980)** continuaron con la siembra masiva para restauración a gran escala de un área natural con *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*, obteniendo a los 20 meses una sobrevivencia del 40 % para el primero y del 2 % para el segundo.

En otras partes del mundo también se registran ensayos de restauración por diversos motivos como es el caso de Australia, en donde **Smith (1987)**, experimentó, haciendo trasplantes de cuatro especies de mangle para determinar el efecto de la inundación por las mareas y de la luz en la supervivencia y el crecimiento. Los mejores resultados se obtuvieron en espacios abiertos e iluminados, mientras que la influencia de la amplitud de marea no evidenció diferencias significativas. También este autor señaló que el tamaño del propágulo y la supervivencia no están relacionados.



En Pakistán, **Qureshi (1990)** estudió la germinación y el crecimiento de algunas especies (*Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*) para restaurar el manglar de un delta. Estableció dos semilleros o germinadores y registró información que indica que el rendimiento de la plántula es directamente proporcional al tamaño del propágulo.

En Bangladesh, **Siddiqui et al. (1993)**, sembraron extensas áreas de manglar con cinco técnicas diferentes (siembra directa con punzón de madera, siembra directa de semillas pretratadas, recolección de plantas en el medio natural para transplantarlas en áreas de restauración, cultivo de plántulas en semilleros o viveros y cultivo de plántulas en bolsas individuales para luego ser transplantadas). Para una de las especies utilizadas *Rhizophora mucronata* la cual es muy similar a *Rhizophora mangle*, obtuvieron una germinación del 100 % con propágulos entre 40 y 60 cm de longitud. Al cabo de 10 meses la altura fue de 100 - 125 cm y la sobrevivencia del 100 % en todos los tratamientos.

En el Caribe colombiano, son relativamente pocos los registros a este respecto, se citan a continuación algunos con resultados positivos que aportan información.

González y Rivas (1993) evaluaron la técnica del acodado aéreo, aplicado a ramas de *Rhizophora mangle* en el Caño Lequerica, cerca del costado occidental de la Bahía de Barbaças (Bolívar). Para el estudio se obtuvo un 80.23% de enraizamiento, con aparición de los primeros indicios de formación de la raíz a los 90 días de haber aplicado la técnica. Según los autores, en términos generales el acodado aéreo

demuestra ser una técnica efectiva en el enraizamiento de ramas de *Rhizophora mangle* viable para la siembra, evitando la remoción de mangle de su zona de origen y reduciendo el tiempo que conlleva el desarrollo de propágulo a plántula.

Bohórquez y Prada (1988) realizaron transplantes de *Rhizophora mangle* proveniente del Caño Lequerica (Canal del Dique) a zonas altas, medias y bajas de las islas Arena, Macabí y Pavitos (Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario) correspondientes a lugares expuestos, medianamente expuestos y poco expuestos. Los resultados obtenidos muestran un crecimiento en altura de 21,96 mm. al mes en promedio. Los mejores resultados se obtuvieron en la zona baja de Isla Pavitos (isla protegida), igualmente los picos más altos de producción de hojas y rata de crecimiento, se observaron en el mes en el cual comienzan las lluvias (Abril y Octubre).

Otra experiencia más reciente y de la cual también se tienen registros, fue el estudio de **Cañon y Rodríguez (1994)**, quienes diseñaron ensayos de repoblamiento en el costado occidental de Isla Arena (Islas del Rosario, Cartagena-Bolívar), utilizando plantas de vivero de *Rhizophora mangle*, las cuales fueron sembradas en sustratos diferentes y cuyas semillas procedían de dos zonas también diferentes, seleccionadas bajo criterios de estado estructural del bosque y la influencia de agua dulce. Los mejores resultados se obtuvieron cuando se utilizaron semillas de bosque de buen desarrollo estructural y el sustrato en el cual su crecimiento fue más rápido, correspondió a la mezcla de cieno y arena en proporciones iguales (1:1), presentando mejores

condiciones para soportar el trasplante en lugares áridos como Isla Arena. También se determinó que las plántulas que mejor soportan el trasplante son aquellas que presentan cuatro hojas fotosintéticamente activas, las cuales emergieron y se desarrollaron después de dos meses en el vivero. La sobrevivencia postransplante de estas plantas fue del 80% a los 10 meses de siembra y fue la más alta de todo el estudio.

☞ CRITERIOS QUE SE CONSIDERARON EN LOS PROGRAMAS DE RESTAURACIÓN

Para los ecosistemas de manglar son determinantes algunos factores físico-químicos del ambiente, que inciden en la biología del desarrollo, modificando procesos vitales como la fotosíntesis, la respiración y el crecimiento, entre otros (**Field, 1996**). Existen otros factores ambientales de tipo climático, edáfico e hidrológico que también determinan el desarrollo y el establecimiento de bosques de manglar, importantes todos ellos, para tener en cuenta en la selección de sitios en donde se piensan llevar a cabo estos programas.

La salinidad es uno de los factores más importantes en la regulación del crecimiento, altura, supervivencia y zonación de los manglares (**Macnae, 1968; Semeniuk, 1983**). Incrementos en la concentración de sales por encima de las 70 ‰ derivan en la disminución del vigor y desarrollo de los bosques de manglar y aumentos sustanciales de la mortalidad de individuos. El desarrollo fisiológico óptimo de los rodales de manglar no se da necesariamente en aque-

llos lugares donde se observa el mejor desarrollo, sino que más bien, manifiesta la capacidad de adaptación de estas especies al medio en el cual se ubican en procura de optimizar el crecimiento (**Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983; (Y. Schaeffer-Novelli, com. pers.)**).

La salinidad puede representar un problema tanto por condiciones climáticas, como por características físicas de topografía e intervención antrópica en la medida que se alteren los flujos de intercambio hídrico. Estos cambios pueden derivar en la formación de playones salinos o procesos de sedimentación que causan mortalidades masivas en algunos sectores. Por las razones anteriormente expuestas, El Grupo Caribe, del Proyecto Manglares de Colombia llevó a cabo actividades, en sitios en donde la salinidad no afectara el desarrollo de las plantas o propágulos.

La temperatura es otro factor importante para la restauración de los bosques de manglar, dado que a muy bajas o muy altas, el crecimiento se ve alterado (**Cintrón-Molero et al, 1984**), dando como resultado manglares enanos como la mayoría de los que se encuentran en las costas del Caribe. El rango que se considera como adecuado para el desarrollo de los manglares es de los 30 a 40° C de temperatura ambiente (**Cintrón-Molero y Y. Schaeffer-Novelli, 1983; Saenger, 1996**). Con relación a este punto, las temperaturas registradas para la costa Caribe Colombiana estarían dentro de este rango, sin embargo, se deben tener en cuenta condiciones de temperatura locales o particulares, pues en zonas sin cobertura vegetal éstas pueden llegar hasta los 45° C.



ZONA DE MANGLAR ALTERADA POR LA TALA. ARCHIPIELAGO DE SAN BERNARDO BOLIVAR

El sustrato es determinante para el crecimiento de los manglares, debido a que la permeabilidad selectiva y la capacidad de acumulación de elementos esenciales como el nitrógeno, fósforo, calcio, sodio y potasio, favorecen el desarrollo del bosque, generando fustes con buenos portes. Debido a esto, en los lugares donde se encuentra la influencia de los ríos, el aporte y la disponibilidad de nutrientes promueve un mejor desarrollo. Esta situación se puede evidenciar en los deltas de los ríos Atrato, Sinú, Magdalena y Canal del Dique, en donde el Proyecto Manglares de Colombia registró los manglares de mayor estructura.

Los sustratos compuestos por arena, son generalmente pobres conformando material estructural inerte, escaso de miselios arcillosos, que ocasionan pérdida de nutrientes esenciales y acumulación de compuestos insolubles y en ocasiones tóxicos. Los manglares que crecen en este tipo de sustrato generalmente exhiben bajo desarrollo, alta ramificación, complejidad de la estructura, achaparramiento y sequedad fisiológica (Cintrón-Molero *et al.*, 1978; Prahl, *et al.*, 1990).

Para un mayor desarrollo estructural del bosque de manglar, es indispensable agua "dulce", la cual puede tener varios orígenes, como lluvias, ríos, esteros y lagunas o también por un nivel freático cercano a la superficie, causado directa o indirectamente por las precipitaciones. En algunos lugares con precipitaciones pluviales mayores a los 2.500 mm, se favorece el crecimiento de árboles hasta de 35 m. de altura, como en el litoral del Pacífico colombiano, mientras que en las costas del Caribe colombiano, debido al comportamiento bimodal de las estaciones lluviosas, el desarrollo de los manglares no es tan notable, no obstante, en lugares donde hay influencia cercana de las desembocaduras de los ríos, el incremento en el dosel es notorio, como se observa en los rodales cercanos a la desembocadura de los grandes ríos.

METODOLOGÍA

En los Departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba se procedió a seleccionar lugares donde era posible realizar actividades de restauración. Con ayuda de las comunidades

locales se ubicaron sitios, como playones de origen aluvial y zonas alteradas por diferentes causas. Posteriormente y en conjunto con la comunidad se procedió a desarrollar el programa de restauración, iniciado por la planificación de actividades y manteniendo un seguimiento, con el fin de estandarizar una metodología para estas labores.

La modalidad de restauración implementada por el Proyecto Manglares de Colombia, se fundamentó básicamente en tres aspectos. El primero y el segundo, tienen que ver con la siembra de plántulas provenientes de vivero y con la siembra directa de semillas o propágulos recolectados del medio y el tercero está relacionado con el mejoramiento de los flujos de agua, mediante actividades de rehabilitación o apertura de caños, que conlleven a mejorar o mantener condiciones óptimas para el desarrollo del manglar.

A continuación se registran los puntos más relevantes que se tuvieron en cuenta para desarrollar cada una de estas acciones. Una explicación más amplia y detallada se puede consultar en el Informe Técnico de Restauración y que al igual con los otros informes técnicos generados en esta fase, se encuentra a disposición de los interesados.

SELECCIÓN DE LOS SITIOS A RESTAURAR

Se procedió a seleccionar los lugares donde era posible realizar las jornadas de restauración, con la participación de mangleros de las diferentes localidades y enmarcados dentro de los objetivos del Proyecto.

Los sitios seleccionados corresponden a playones de origen aluvial, los cuales estaban limpios o colonizados por “enea” (*Typha dominguensis*), áreas degradadas o deforestadas por acción humana o por la presencia de tenses ambientales, zonas de manglar invadidas por helecho “matatigre” (*Acrostichum aureum*) y áreas de manglar con alteración del flujo hídrico, como principal causa del deterioro.

Esta última situación es específica para la ciénaga de La Muerte, en el complejo lagunar de la Bahía de Cispatá en el Departamento de Córdoba, en donde se evidenciaron tendencias hacia la hipersalinidad, acompañada de algunos individuos muertos de manglar y un cambio radical de la dinámica de la zona, pues de acuerdo a lo manifestado por la comunidad, esta ciénaga desde hace 8 años, dejó de ser uno de los sitios más importantes para la pesca de mojarra y moluscos, a causa presumiblemente del taponamiento de algunos caños internos y el cierre de la boca hacia el mar.

PREPARACIÓN DE LOS SITIOS A RESTAURAR

Una vez se contó con el material biológico para la restauración, se realizaron labores de adecuación en el área seleccionada, con el fin de garantizar al máximo el éxito de la siembra. Dentro de los más importantes son de mencionar, la remoción de material vegetal muerto, pues en zonas donde ha ocurrido mortalidad masiva de mangle, se observa que los troncos y ramas obstaculizan y alteran el flujo hídrico, además de la alteración o “contaminación”, que



se pueda generar como producto de los procesos de descomposición biológica y su acumulación.

Otro punto que se tuvo en cuenta, fue la presencia de plantas invasoras, como es el caso del helecho "matatigre" (*Acrostichum aureum*) y la gramínea "enea" (*Typha domingensis*), las cuales, además de tener un crecimiento rápido, compiten por nutrientes y espacio con el manglar. Por estas razones, las plantas invasoras deben ser eliminadas y preferiblemente retiradas de la zona.

Es relevantes el garantizar un lavado periódico de la zona de manglar, mediante el mantenimiento y la rehabilitación de caños, o mediante la construcción de obras civiles, como puentes, cajas de control y arroyos o canales, entre otros.

▮ SIEMBRA DE PLÁNTULAS DE VIVERO

Este método de la restauración de zonas de manglar a partir de plantas producidas en vivero, permite iniciar procesos de restauración con plantas, cuyo sistema radicular ya está formado, lo que le genera ventajas para su fijación y sobrevivencia, en contraste con la siembra directa de semillas o propágulos. Sin embargo, las condiciones ambientales de la zona a restaurar también deben ser apropiadas y mantener las condiciones mínimas para el desarrollo del manglar. Esta modalidad se recomienda para sitios sometidos a inundaciones prolongadas, o a la acción directa de las mareas o al oleaje, pero con la con-

dicción de implementar el uso de tutores o soportes para su anclaje.

El transplante o siembra se realiza una vez las plantas hayan permanecido aproximadamente 75 días en el vivero, o cuando presenten las primeras cuatro hojas desarrolladas, de acuerdo a **Chan (1995)** y **Phan (1995)**. En este momento las plántulas presentan las mejores condiciones para adaptarse a un transplante. Es posible hacer transplantes con plantas más grandes, sobre todo en zonas de inundación prolongada o en niveles moderados de agua, siempre y cuando ésta no cubra las hojas.

La movilización de las plántulas debe hacerse en forma cuidadosa, evitando el amontonamiento y las corrientes fuertes de viento. Los días de siembra deben ser, en lo posible nublados, pues se deben evitar al máximo altas temperaturas.

La siembra debe hacerse, preferiblemente, en marea baja y teniendo en cuenta las recomendaciones de **Pulver (1976)**, **González y Rivas (1993)** y **Cañón y Rodríguez (1994)**, entre otros. Consiste en sembrar con toda la bola de raíz o "pan" de tierra, previo retiro de la bolsa plástica. Para el caso de los semilleros plásticos, las canastas son llevadas al campo de siembra, e *in situ*, las plántulas son extraídas introduciendo un dedo por la parte inferior de cada cono y haciendo presión hacia arriba hasta que afloje o suelte toda la bola de raíz. Finalmente, para los dos casos, se procede a hacer un hoyo en el suelo, en donde se deposita la plántula, se llenan los espacios con tierra y se apisona el suelo para dar firmeza y estabilidad a la plántula recién sembrada.

SIEMBRA DIRECTA DE SEMILLAS Y PROPÁGULOS

Se refiere al establecimiento de semillas o propágulos directamente en el área a restaurar, después de su apropiada selección en el bosque. Aunque este método resultó ser el más económico, requiere de condiciones óptimas para su establecimiento, es decir, temperaturas moderadas, salinidad baja, substrato adecuado y buena dinámica del flujo hídrico (**Fotos color**).

La implantación de la semillas se hizo manualmente a distancias de 0.50, 1 y 2m., en subparcelas de 420 m², para cada distancia y un total por parcela de 1.250 semillas. Con la participación de la comunidad de los manglares de Cispatá y los funcionarios de la CVS, se realizó una jornada de siembra directa, localmente llamada “al paso” (Aproximadamente 0.4 m. entre hipocótilos) y otra al voleo, aunque esta última, se considera en detrimento de la viabilidad en el arraigo y la implantación de los propágulos.

DENSIDAD DE SIEMBRA Y DISTRIBUCIÓN

Este factor se debe tener en cuenta, pues para la protección de litorales se recomienda sembrar a altas densidades, es decir poco espacio entre plantas o propágulos (0.5 a 1m), en zonas protegidas o internas la distancia entre plantas o semillas debe ser mayor, pues se debe tener en cuenta que densidades muy altas, pueden alterar el flujo hídrico de la zona a restaurar y por lo tanto afectar negativamente el desarrollo del

manglar. Se sugiere, para zonas internas y extensas, hacerlo gradualmente y teniendo la precaución de orientar, de cierta forma, los flujos hídricos internos. Por lo tanto, estas actividades deben obedecer a un programa planificado, en donde se contemplen de antemano todas estas situaciones.

Para nuestro caso, experimentalmente se ejecutaron siembras a 5 densidades diferentes y después de un análisis de viabilidad y costos, la mayoría de las plántulas fueron sembradas a 1.5 m de distancia entre si, es decir a una densidad de 0.43 plántulas por m, o lo que equivale a 4357 plántulas por hectárea y a 2m de distancia o densidad de 0.25 plantas por metro (2.500 /ha).

Para propágulos de *Rhizophora mucronata*, *R. stylosa*, *R. racemosa* y *R. apiculata*, varios autores, han implementado espaciamientos entre hipocótilos, que van desde siembras a 0.5 x 0.5 m. hasta 2 x 2 m., siendo más común distancias dispuestas en cuadros de 1 a 1.8 x 1 a 1.8 m. Para plántulas de *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *Avicennia marina* y *A. officinalis*, Untawale et al., sembraron a 1.5 x 1.5 m. y a 1 X 1 m (**Field, 1997**).

Para nuestro caso se utilizó un “plantómetro” o guía de siembra, el cual consta de cinco cuerdas de nylon grueso, con longitudes de 20 m cada una y marcadas con pintura fosforescente cada 50 cm. Las cuerdas van unidas en sus extremos a varas de madera de 3 m de largo, de tal forma que al colocarlo en el suelo, se obtenga una cuadrícula guía para la siembra, esta puede ser graduada de acuerdo a la anchura de los callejones o distancia entre las eras de plantas que se quieran obtener.

Aunque la mayoría de las siembras se hicieron con distribución en cuadrados, éstas también pueden distribuirse en triángulo o tres bolillo y al azar o al voleo. Desde el punto de vista técnico, las distribuciones más recomendables son las geométricas, pues nos permite hacer un mejor control y seguimiento, así como desarrollar en forma más adecuada la planificación y ordenamiento sobre su uso y aprovechamiento.

☞ SEGUIMIENTO Y MONITOREO

► Aspectos generales del desarrollo

En el desarrollo de una planta hay una serie de cambios de forma y tamaño, estos últimos fácilmente detectables y cuantificables, que serían los que corresponden al crecimiento. Mientras que aquellos cambios cualitativos que acompañan a nuevas propiedades morfológicas y funcionales estarían dentro del ámbito de la diferenciación o morfogénesis. Sin embargo, se debe tener en cuenta que aunque tratemos separadamente el crecimiento y algunos aspectos de la diferenciación o morfogénesis, no son más que dos aspectos de un proceso complejo, que es el desarrollo.

► Crecimiento y diferenciación o morfogénesis

Para el caso del presente trabajo, se consideró crecimiento como el aumento en longitud del tallo principal, medido a partir del collar cotiledoneal del propágulo, hasta el último nodo donde se forma la "cruz", cerca a la base del merístemo apical principal. Esta medida, aunque no es la más adecuada

para medir el crecimiento, si es la más práctica para ensayos en campo y para los primeros meses de vida de una planta, pues posteriormente con la ramificación y en general con el desarrollo la medida resulta un poco inapropiada.

La razón de lo anterior obedece a que por definición, crecimiento es el aumento irreversible de la masa de un organismo vivo, órgano o células, debido a los procesos de síntesis de protoplasma, que normalmente viene acompañado de un cambio de forma, pues es posible registrar crecimiento sin que aumente el tamaño, pero si el número de células. También puede haber crecimiento con aumento de tamaño, pero disminución del peso seco, como es el caso de las plantas originadas a partir de semillas o propágulos, en la etapa previa a que la plántula pueda realizar la fotosíntesis. Por último, también podemos tener aumento de peso seco sin que haya crecimientos, como es el caso de una hoja que puede aumentar de peso en el día al acumular productos de la fotosíntesis (**Barcelo- Coll, 1980**).

De todas maneras, aunque el peso seco es una medida más apropiada para cuantificar el crecimiento, el hecho de que el método sea destructivo, no se ajusta a nuestro caso ya que la idea es comparar densidades de siembra y plántulas provenientes de siembra directa y de vivero, basados en el aumento de la longitud del tallo, el cual se registró cada mes.

Posteriormente las plantaciones fueron monitoreadas mensualmente con el fin de registrar factores físico-químicos de las aguas y los eventos correspondientes al desarrollo. Estas mismas actividades comprometieron

de igual forma, a las plantas de la siembra directa y a la siembra de plántulas provenientes de vivero, y los resultados y conclusiones fueron objeto de un análisis descriptivo y comparativo que se discutirá en el presente trabajo.

Las variables medidas mensualmente en todas las parcelas, se refieren a la supervivencia, crecimiento, aparición y cuantificación de nodos y ramas y algunos aspectos ecológicos, así como las variables ambientales y físico-químicas de las aguas de la zona o parcela en restauración. La metodología de estas últimas, será tratada en la línea de acción relacionada con el monitoreo físico-químico de los manglares del Caribe de Colombia en la presente obra y una versión más amplia y detallada se puede consultar el correspondiente informe técnico en **Pino-Rengifo (1998)**.

Mensualmente se registraron 3 alturas: (1) Altura total máxima, desde el suelo hasta la parte más distal de la plántula; (2) Altura total media, desde el collar cotiledonar hasta la parte más distal y (3) Altura del tallo o de crecimiento, desde el final del collar cotiledonar hasta el último nodo formado, por debajo de la yema apical principal, esta última fue la utilizada para el análisis de resultado.

De manera cuantitativa, descriptiva y comparativa, se analizaron algunos aspectos macroscópicos, relacionados con el tiempo de aparición de ramas y su ubicación en la arquitectura de la planta, así como también la presencia de los respectivos nodos y hojas del tallo principal, y otras características cualitativas relacionadas con la aparición de raíces fúlcreas para *Rhi-*

zophora mangle y neumatóforos para *Avicennia germinans*.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la **Tabla 13** se presenta un resumen de las actividades planificadas y desarrolladas en cada Departamento, en donde se identifica la participación de la comunidad, los sitios específicos a restaurar, el área y la acción que se desarrolló o que está en proceso.

Con el fin de dar más claridad a los resultados obtenidos, a continuación se presentan las dos modalidades de restauración implementadas por el Proyecto Manglares de Colombia para el Caribe de Colombia.

RESTAURACIÓN A PARTIR DE LA SIEMBRA DE PLÁNTULAS PRODUCIDAS EN VIVERO.

De acuerdo a las ventajas registradas por otros investigadores sobre este método de restauración y con el fin de estandarizar, desde el punto de vista técnico y económico, inicialmente se desarrolló el modelo de vivero de Pasacaballos y de la siembra definitiva, en donde se incluyeron 4 especies de manglar (*Rhizophora mangle*, *Pelliciera rhizophorae*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*), constituyéndose *Rhizophora mangle* en la de mayor cobertura, las otras especies sirvieron para obtener información técnica sobre su manejo. Parte de la producción de plántulas producidas, fueron objeto de un seguimiento mensual, inicialmente en el vivero y posteriormente en



las parcelas de restauración PR-1A y PR-5, en donde finalmente fueron transplantadas y cuyos resultados hacen referencia a la mortalidad total y algunas características del desarrollo, como el crecimiento y la diferenciación o morfogénesis.

Como la experiencia fue exitosa, el Proyecto Manglares de Colombia, planificó y ejecutó un programa, con una serie de actividades que desarrolló dentro de la línea de

acción relacionada con la restauración de áreas de manglar, con la participación de las comunidades de mangleros de cada zona. En la **Tabla 13**, se pueden identificar 6 acciones diferentes de siembra a partir de plántulas de vivero, 2 experimentales y que son la base teórica del presente capítulo (PR-5 y PR-1A) y 4 comunitarias que están relacionadas en otro capítulo, con la línea de acción sobre actividades productivas piloto.

TABLA 13 . ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN INICIADAS EN 3 DEPARTAMENTOS DE LA COSTA CARIBE COLOMBIANA, A PARTIR DE LA SIEMBRA DIRECTA DE PROPÁGULOS Y DE PLANTAS PRODUCIDAS EN VIVEROS

DEPTO.	LOCALIDAD	COMUNIDAD	ALTERACIÓN	AREA (HA.)	ACCIÓN
BOLÍVAR (PR-2)	CAÑO LEQUERICA EN BARBACOAS	PASACABALLOS Y LETICIA	PLAYONES ALUVIALES CON "Enea"	0.2	SIEMBRA DIRECTA EXPERIMENTAL
BOLÍVAR (PR-2)	CAÑO LEQUERICA EN BARBACOAS	PASACABALLOS Y LETICIA	PLAYONES ALUVIALES CON "Enea"	0.5	SIEMBRA DE VIVERO
BOLÍVAR	CAÑO MATUNILLA EN BARBACOAS	PASACABALLOS Y LETICIA	PLAYONES ALUVIALES CON "Enea"	*25	SIEMBRA DE VIVERO
BOLÍVAR (PR-1)	BAHÍA DE BARBACOAS	PASACABALLOS	DEFORESTACIÓN Y CALENTAMIENTO-AGUAS	0.125	SIEMBRA DIRECTA EXPERIMENTAL
BOLÍVAR (PR-1)	BAHÍA DE BARBACOAS	PASACABALLOS	DEFORESTACIÓN Y CALENTAMIENTO-AGUAS	1.5	SIEMBRA DE VIVERO
SUCRE	BOCA CERRADA	BOCA CERRADA	PLAYONES ALUVIALES CON "Enea"	*12.5	SIEMBRA DE VIVERO
SUCRE (PR-3)	LA CAIMANERA	COVEÑAS	SALITRAL DEL GARZAL	0.05	SIEMBRA DIRECTA EXPERIMENTAL
CÓRDOBA	CISPATÁ	PESCADORES Y OSTREROS	CIÉNAGA DE LA MUERTE	*30	APERTURA Y HABIL. DE CAÑOS
CÓRDOBA	CISPATÁ	MANGLEROS DE SAN ANTERO	CAÑO DAGO	1.5	SIEMBRA AL VOLEO
CÓRDOBA (PR-4)	CISPATÁ	MANGLEROS DE SAN ANTERO	CAÑO DAGO	0.04	SIEMBRA DIRECTA EXPERIMENTAL
CÓRDOBA	CISPATÁ	MANGLEROS DE SAN ANTERO	"HELECHAL" O "RANCONCHAL"	*25	SIEMBRA DE VIVERO

(*actualmente en proceso).

TABLA 14. PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE HIPOCÓTILOS Y PLÁNTULAS DE RHIZOPHORA MANGLE DURANTE 78 DÍAS EN EL VIVERO DE PASACABALLOS Y 246 DÍAS EN LA PARCELA DE RESTAURACIÓN PR-5 BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR), 1997-1998.

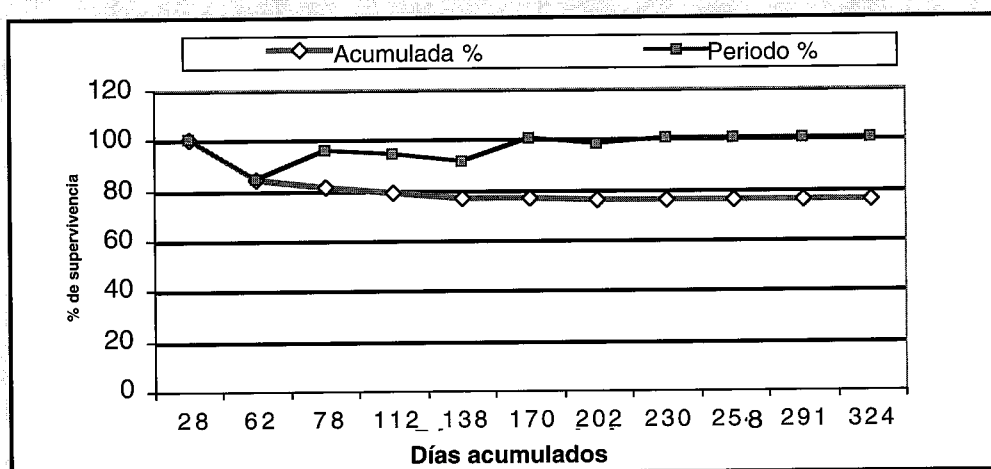
SUPERVIVENCIA	VIVERO		LUGAR DE SIEMBRA PR-5							
	1-28	2-62	3-78	4-112	5-138	6-170	7-202	8-230	9-254	10-324
PERÍODOS-DÍAS	1-28	2-62	3-78	4-112	5-138	6-170	7-202	8-230	9-254	10-324
ACUMULADA %	100	84	81	79	79	79	79	79	76	76
PERÍODO %	100	84	96	98	100	100	100	100	96	100

A continuación se presentan por separado, los resultados obtenidos en la PR-5 a partir de 100 plantas de *Rhizophora mangle* y los resultados de la PR-1A, también a partir de plántulas de vivero, pero para las otras cuatro especies.

• **Resultados obtenidos para *Rhizophora mangle* en la PR-5**

Supervivencia (PR-5): Las semillas fueron sembradas en el vivero, posteriormente después de 75 días de permanencia, las

FIGURA 21 . PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA POR PERÍODOS Y ACUMULADA DE HIPOCÓTILOS PARCELA DE RESTAURACIÓN PR-5, EN BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR), 1998.



plántulas fueron medidas, transportadas y sembradas en un playón cerca del caño Lequerica.

En la **Tabla 15** se registra un resumen de los datos de campo y en la **Figura 21** se representa el comportamiento en el tiempo, en donde se puede evidenciar que la máxima mortalidad ocurrió en el segundo mes, cuando las plantas se localizaban en el vivero (19%), posteriormente y durante 8 meses de transplantadas, la mortalidad fue mínima y nunca superó el 3% en promedio por mes. De acuerdo a lo anterior la mortalidad acumulada para los 324 días totales (78 de vivero y 246 de transplante), fue de 24 individuos, de los cuales el 50% de esta mortalidad está directamente relacionada con un hecho fortuito, de depredación, ocurrido en el vivero y que está explicado ampliamente en el capítulo respectivo.

Otro aspecto que afectó la supervivencia en el sitio de plantación y que pudo haber aumentado la mortalidad, fue la acción “derribadora” de un alga *Chlorophyta*, que se presentó durante el mes de octubre en la zona y que afectó por lo menos al 35% de los individuos. De éstos, 2 murieron desarraigados (mortalidad 2.5%), este valor pudo haber sido mayor, sin embargo, las algas fueron retiradas manualmente y de esta forma se “liberaron” las plantas, para que continuaran su ciclo normal de desarrollo.

Desarrollo: Como ya fue mencionado en la metodología, el desarrollo se cuantificó en términos de crecimiento y diferenciación o morfogénesis.

Como se puede apreciar en la **Tabla 15**, en promedio las plántulas aumentaron en longitud 52.37 cm, desde el cuello cotiledoneral

TABLA 15. CRECIMIENTO Y TASAS ACUMULADAS (T1) Y RELATIVAS (T2) REGISTRADAS EN PLÁNTULAS DE RHIZOPHORA MANGLE DURANTE 324 DÍAS TOTALES, EN EL VIVERO DE PASACABALLOS 78 DÍAS Y EN LA PARCELA DE REFORESTACIÓN PR-5, 246 DÍAS. BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR) 1997-1998

CRECIMIENTO	VIVERO					LUGAR DE SIEMBRA PR-5					
	PERÍODOS-DÍAS	1-28	2-62	3-78	4-112	5-138	6-170	7-202	8-230	9-258	10-324
ACUMULADO CM		2.71	19.50	21.77	24.55	27.94	32.94	34.87	37.44	41.22	52.37
PERÍODO CM		2.71	16.55	2.31	2.81	3.3	4.98	2.3	2.64	3.78	11.15
T1 MM/DÍA		0.97	3.15	2.79	2.19	2.02	1.94	1.73	1.63	1.59	1.61
T2 MM/DÍA		0.97	5.41	3.73	0.81	1.25	1.55	0.73	0.96	1.35	1.69

del hipocótilo hasta el último nodo cerca a la base del meristemo apical, con una tasa acumulada de 1.61 mm/día, al cabo de 324 días, tiempo en la cual se registró la última medición. La variabilidad observada del crecimiento fue de 91cm y 22.4 cm. y las medidas de dispersión muestran que el coeficiente de variabilidad fue decreciendo hasta 30.08, lo que se puede interpretar como una tendencia hacia un crecimiento homogéneo en el 70% de los individuos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que muchas plantas después del quinto mes presentaban ramificaciones laterales y por lo tanto se presume que a partir de éste, la medición no es la más precisa para cuantificar el crecimiento.

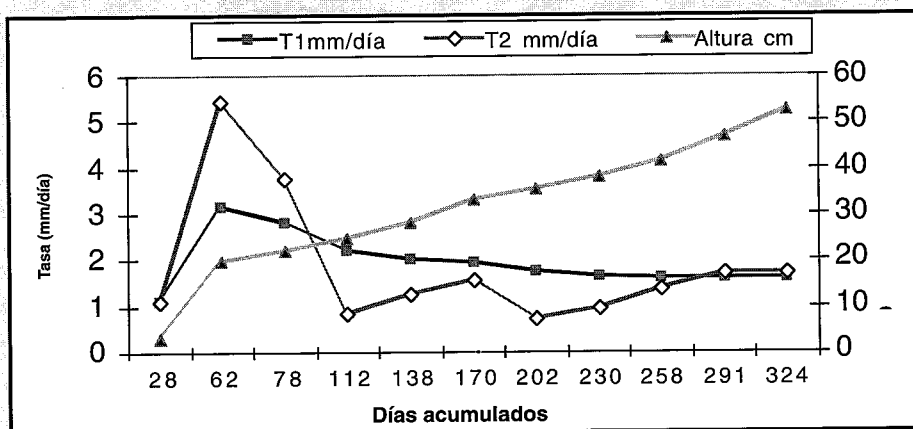
Lo anterior se respalda en el hecho, de que las tasas de crecimiento vienen disminuyendo y ésto es debido a que en la mayoría de las plantas la velocidad de crecimiento en altura disminuyó. Sin embargo, estas plan-

tas que aparentemente crecieron menos, evidenciaban desarrollo de nuevas estructuras, como ramas y hojas, por lo tanto el crecimiento integral de la planta va en aumento al ser cada vez mayor la biomasa que la integra. En consecuencia muchas de estas plantas deben tener un mayor crecimiento, que fue sesgado por la medición registrada.

Haciendo omisión a lo expuesto anteriormente y con el fin de comparar esta medición con las registradas por otros investigadores, quienes también utilizan la longitud del tallo principal como medida del crecimiento, en la **Figura 22** se muestra la altura o crecimiento promedio registrado en cada período y las correspondientes tasas relativas y acumuladas.

Con relación a la altura registrada o crecimiento, la gráfica se ajusta a un modelo matemático de una curva sigmoide, la cual

FIGURA 22. CRECIMIENTO Y TASAS RELATIVA T1 Y ACUMULADAS T2 PARA PLÁNTULAS DE RHIZOPHORA MANGLE EN CONDICIONES DE VIVERO Y EN LA PARCELA DE RESTAURACIÓN PR-5 EN LA BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR), 1998.



coincide con la que Sachs denominó "gran período o gran curva de crecimiento". En ella se pueden distinguir tres zonas; (I) la primera corresponde a la logarítmica, donde el crecimiento sigue la tasa del interés compuesto; (II) Segunda o de crecimiento rápido pero lineal y (III) cuando el crecimiento se hace más lento.

Para estas plantas de *Rhizophora mangle*, el modelo se acomoda bastante bien, inicialmente y hasta el día 28, se evidencia un crecimiento de 2.71 cm (N= 100; 0.97 mm/día; 0 a 8.5 cm). Este resultado parcial está afectado por el hecho, de que el 25% de las plantas no mostraron crecimiento, lo que hace suponer que algunos hipocótilos estuvieran en un estado de latencia o que su crecimiento se inició más tarde y por tal motivo aún no era evidente. Posteriormente se pudo establecer, que de los 25 hipocótilos, 10 no germinaron y murieron, y aparentemente la causa está asociada con el daño causado por el cucarrón taladrador de la familia *Scolytidae*, registrado en el capítulo de vivero; 6 se encontraban en latencia, pues para el segundo monitoreo se evidenció crecimiento; los 9 restantes fueron predados por el insecto de la familia *Escarabidae*, y por lo tanto tampoco evidenciaron crecimiento.

A partir del día 28 se "dispara" el crecimiento o alargamiento del tallo principal, registrándose alturas cercanas a los 21 cm. Estas alturas corresponden a tasas de crecimiento que superan los 5.4 mm/día para el segundo período y 3.73 mm/día para el tercer período, a partir de este momento el crecimiento continua pero las tasas acumuladas y relativas decrecen significativamente. De acuerdo a lo anterior, en el segundo

período, de los 28 a lo 62 días aprox., se registró el máximo crecimiento, que comparado con el primer período, este sería 6.1 veces mayor o dicho de otra forma, el crecimiento registrado en el segundo período fue 600% mayor que el registrado en el primer período. Para el tercer período que también es de gran crecimiento, aunque un 31% menor que el segundo, se calculó una tasa relativa de 3.73 mm/día, que comparada con las tasas siguientes, ésta sería cerca del 400% y 300% mayor.

Desde el punto de vista fisiológico y de la biología del desarrollo, se podría concluir que los hipocótilos de *Rhizophora mangle*, después de unos días de siembra y bajo condiciones favorables, inician un período de máxima actividad en donde se registra el mayor crecimiento y por lo tanto las mayores tasas diarias de crecimiento. Esta etapa o período de alto "crecimiento", debe estar relacionada con la reserva de alimento que contiene el hipocótilo, pues su cantidad y calidad debe brindarle los elementos necesarios para un buen desarrollo. Teniendo en cuenta lo anterior, y aunque debe ser motivo de investigación, se puede suponer que el agotamiento del alimento almacenado en el hipocótilo, afecta negativamente, pero de forma natural, las tasas de crecimiento a partir de su consumo. Finalmente éstas dependerán de la raíz, del suelo y sus nutrientes, y en general de todos los factores bióticos y abióticos que afectan el desarrollo de las plantas.

Con relación a lo anterior y guardando las proporciones del caso, se podría pensar que el hipocótilo, al igual que otros propágulos y semillas, funciona como los huevos "telolecítico" de algunos vertebrados no mamíferos,

pues éstas estructuras reproductivas suministran el alimento “ideal” para el crecimiento y desarrollo de los embriones, y es a este nivel en donde se registran las tasas relativas de crecimiento de mayor magnitud.

Otro punto que debe tenerse en cuenta, con relación al crecimiento y sus tasas, es el trasplante de las plantas hacia la parcela de restauración, pues aunque la tasa acumulada ya venía en descenso a los 78 días, cuando se realizó el trasplante, esta situación pudo haber disminuido aun más el crecimiento, pues el “stress” que normalmente implica un traslado o un cambio radical de condiciones ambientales afecta el crecimiento y en muchas ocasiones puede hasta eliminar los individuos que no logran adaptarse a las nuevas condiciones ambientales, esta situación ha sido evidenciada por los investigadores, en cultivos de “ceiba roja” (*Bombacopsis quinata*) y “melina” (*Gmelina arborea*), en plantaciones industriales.

Diferenciación o morfogénesis: La aparición de nuevas estructuras se inicia, una vez que el hipocótilo se establece en un sitio adecuado, inclusive para el caso de *Rhizophora mangle* se evidencian raíces en los propágulos “mal” establecidos. Para el caso de estas plantas en el primer mes se registraron nodos y hojas en el 75% de los individuos.

Con relación al tallo principal, en la **Tabla 16** se registra el número promedio de nodos por monitoreo, y se puede evidenciar, que inicialmente entre el día 28 y el día 78 hubo un pequeño incremento en el número de nodos registrados, con relación a lo ocurrido en los siguientes meses, este fue atribuido al crecimiento registrado para el período. Sin embargo, en la **Figura 23** se puede apreciar que la formación de nodos sigue un patrón lineal, con un promedio de 0.95 nodos/mes. Si no se tiene en cuenta el registro inicial, se podría concluir que la

TABLA 16. DIFERENCIACIÓN Y APARICIÓN DE NODOS Y HOJAS EN 100 PLÁNTULAS DE RHIZOPHORA MANGLE DURANTE 78 DÍAS EN EL VIVERO DE PASACABALLOS Y 246 DÍAS EN LA PARCELA DE REFORESTACIÓN PR-5. BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR), 1997-1998.

DIFERENCIACIÓN	VIVERO				LUGAR DE SIEMBRA PR-5					
	1-28	2-62	3-78	4-112	5-138	6-170	7-202	8-230	9-258	10-324
PERÍODOS-DÍAS	1-28	2-62	3-78	4-112	5-138	6-170	7-202	8-230	9-258	10-324
No. NODOS	0.72	2.18	2.85	3.91	4.99	6.10	7.14	8.03	8.96	9.59
No. HOJAS	1.44	4.36	5.57	7.19	9.00	7.10	12.48	12.65	13.82	9.54
DEFOLIACIÓN	0.00	0.00	0.14	0.63	0.97	5.10	1.81	3.40	4.10	9.64

aparición de nodos fue mensual (1.05 nodos/mes). De todas maneras al observar los datos, se evidencia una leve tendencia a disminuir la velocidad de aparición de los nodos del tallo principal, que comparado con el crecimiento del mismo, de alguna forma estaría relacionada con la disminución de las tasas de crecimiento registradas.

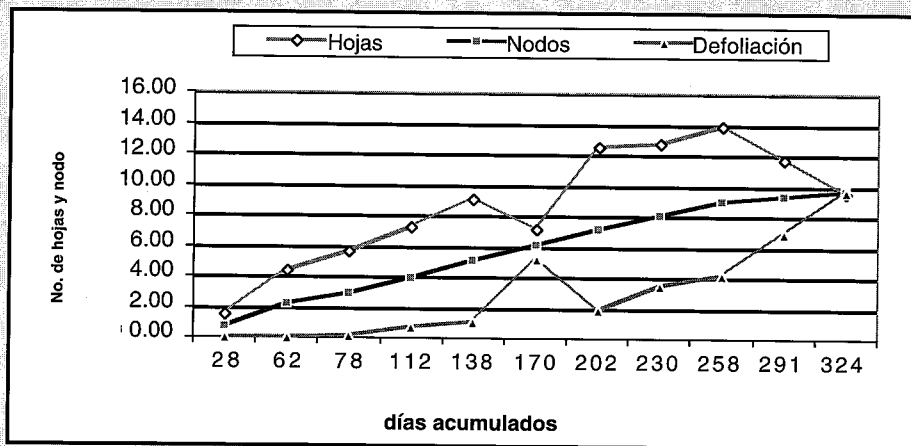
A partir del día 78, cuando se establecieron las plántulas en la parcela de restauración (PR-5), la defoliación fue evidente y en cada monitoreo su tasa fue en aumento, manteniendo una relación directa con la aparición de nuevas hojas. En la **Figura 23**, también se muestran las curvas de filogénesis y la de defoliación, ambas corresponden a la tendencia de una recta, que aunque son complementarias, mantienen diferentes magnitudes y diferentes pendientes.

Las hojas del tallo principal, al igual que las de las ramas, también son opuestas, por lo

tanto encontramos 2 por nodo y su presencia está totalmente relacionada con el desarrollo de los nodos. Teóricamente es de esperarse que existen solo 2 hojas por cada nodo. Si embargo, esta relación (2:1), tan sólo se registró en los dos primeros meses de vida, cuando las plántulas se encontraban en el vivero.

A los 230 días se observó que el número de hojas existentes es 3.7 veces mayor que la defoliación, y las hojas del tallo principal tienden a desaparecer por procesos normales del desarrollo, pues las hojas de los niveles 1 y 2 son las primeras que se caen por senescencia. Posteriormente y en sentido acropétalo, se perderán las hojas de los otros niveles, que en la mayoría de los casos terminan siendo "reemplazadas" por ramas secundarias. A los 324 días habían perdido las hojas de los niveles 1, 2, 3 y 4 y en donde, en la mayoría, emergieron ramas secundarias.

FIGURA 23. DESARROLLO DE NODOS, FILOGÉNESIS Y DEFOLIACIÓN EN PLÁNTULAS DE RHIZOPHORA MANGLE EN CONDICIONES DE VIVERO Y EN PARCELA DE RESTAURACIÓN PR-5 EN LA BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR), 1998.



Sin embargo, existen otros factores que son causales de la defoliación y que muy seguramente afectaron parte del crecimiento. Aunque se observó ganado vacuno y algunas larvas de *Lepidoptera* y de *Homoptera*, alimentándose del follaje, la causa mayor de la defoliación ocurrió cuando las plantas salieron del vivero y fueron plantadas en el sitio definitivo (78 días). En este momento el número de hojas existentes era de 39 veces mayor a la defoliación (2.45 %), para los dos meses siguientes, en condiciones naturales, se registraron defoliaciones del 8% y 9.71%. Parte de esta pérdida se debió, al proceso de adaptación de la planta al nuevo medio, pues las condiciones ambientales variaron significativamente, en lo relacionado con un aumento en la salinidad y la temperatura, principalmente. A este respecto **Pulver (1976) y cuadros (1993)**, señalan para Manglar, que el estrés pos-transplante, se manifiesta con la caída de hojas, como estrategia para contrarrestar las nuevas condiciones ambientales.

Posiblemente esta situación facilita la adaptación de las plantas, al disminuir la superficie de síntesis y en general su metabolismo, pues si se mantuviesen todas las hojas, los procesos de evapotranspiración estresarían aun más las plantas.

El otro factor, que además de afectar el desarrollo en general, fue el relacionado con la pérdida de hojas causada por las algas *Chlorophyta*, y que para octubre de 1997 se cuantificó en 8.3% de defoliación. Como observaciones generales durante la evaluación de este mes, se contabilizó la pérdida de 51 hojas ($X=2.83/\text{planta}$), pertenecientes a 18 plantas, con varia-

bilidad observada de 1 a 6 hojas/planta. Esta defoliación está relacionada con el cubrimiento de estos individuos con las *Chlorophyta* y muy probablemente tenga alguna incidencia en el crecimiento de las plantas, al reducirse la superficie fotosintética, sin embargo, esta situación podría estar compensada por un abonamiento de los suelos cuando mueran las algas y se incorporen dentro del ciclo de nutrientes del ecosistema. Lo anterior está respaldado por la observación *in situ*, pues después de 15 días aproximadamente, la mayoría de las algas enredadas y suspendidas en las plantas de mangle, se marchitan y se secan totalmente, formando una “costra” o “tapete” de color grisáceo a manera de “musgo”, que aparentemente es incorporada al suelo. Faltaría por precisar si la dinámica hídrica de las mareas, lava estos suelos y este material es transportado hacia otro lugar o realmente permanece en el sitio.

El derribamiento de algunos individuos ocurrió por la acción física de algas verdes filamentosas (*Chlorophyta*), que comúnmente se conoce como “lama” en la región, y que forman una capa continua a manera de “telaraña o red”, la cual se enreda y se deposita sobre la planta por acción de las mareas, cuando el nivel de inundación de la parcela es máximo. Al parecer esta situación es común en la época de lluvias, cuando el nivel de salinidad disminuye, lo que facilita la proliferación de esta talófitas. Esta situación puede ocasionar la muerte o el desarraigo de algunos individuos, sin embargo, también se evidenció que plantas mayores de 40 cm de altura total y con buen vigor, aunque inicialmente son cubiertas, pueden “emerger” a través del alga y ganar la “lucha” para continuar con



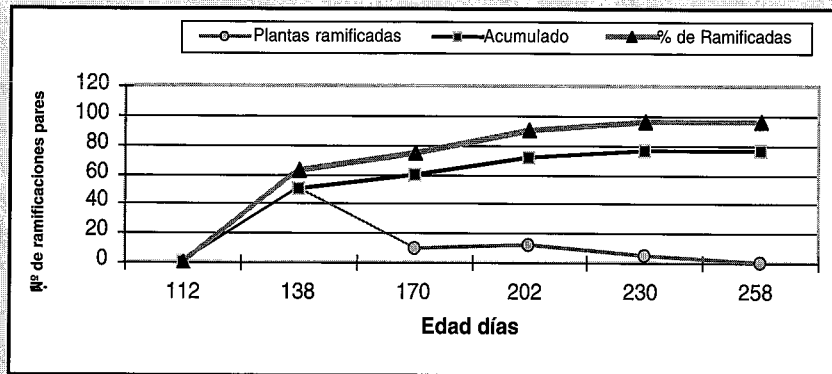


FIGURA 24. DESARROLLO DE RAMAS SECUNDARIAS DEL TALLO PRINCIPAL DE RHIZOPHORA MANGLE DURANTE 230 DÍAS DE EDAD. BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR), 1997-98.

su crecimiento y desarrollo normal, pero con la condición para algunos individuos, que serán permanentemente árboles “mal formados” o torcidos.

Una situación similar fue registrada por Cabahug et al., (1996) y Phan (1995) para la India, en donde la proliferación de algas marinas pardas, como *Sargassum sp.* y *Sysigium sp.* y algunas algas rojas, se encuentran en las plántulas de mangle, causándoles retardo en el crecimiento o inclinación de los tallos hasta romperse en algunos casos

Ramificaciones: El crecimiento que implica una interdependencia entre el desarrollo de distintas partes se conoce como “correlaciones de crecimiento”. Es decir, no hay independencia entre los procesos de crecimiento que ocurren simultáneamente en una planta. Se observa que hay un crecimiento en longitud del tallo principal, pero

al mismo tiempo, la actividad del cambium o procambium, producen un aumento en el grosor de las partes más viejas, como implicación de estos aumentos de tamaño, se incrementan las necesidades de savia bruta que para satisfacerla, el sistema radicular ha crecido coordinadamente de acuerdo a los requerimientos. Lo que significa un aumento en las necesidades de sustancias orgánicas que deben ser aportadas por el tallo “verde” y por los productos de la actividad fotosintética.

Con el fin de conocer algo más de la dinámica del desarrollo o morfogénesis de *Rhizophora mangle*, mensualmente se contaron todas las ramas emergentes del tallo principal, su ubicación, número de nodos y hojas. En la **Figura 24** podemos observar, que para el día 112 no se registraron ramas secundarias en esta parcela, merece especial interés que para la misma fecha y en plantas de la misma edad pero de la parcela

PR-2, algunas si evidenciaban ramas. La única diferencia segura, entre estos dos grupos radica en el inicio de la siembra, pues en la parcela PR-2, los hipocótilos fueron sembrados directamente en el campo, mientras que para esta parcela (PR-5), la siembra se inició en el vivero.

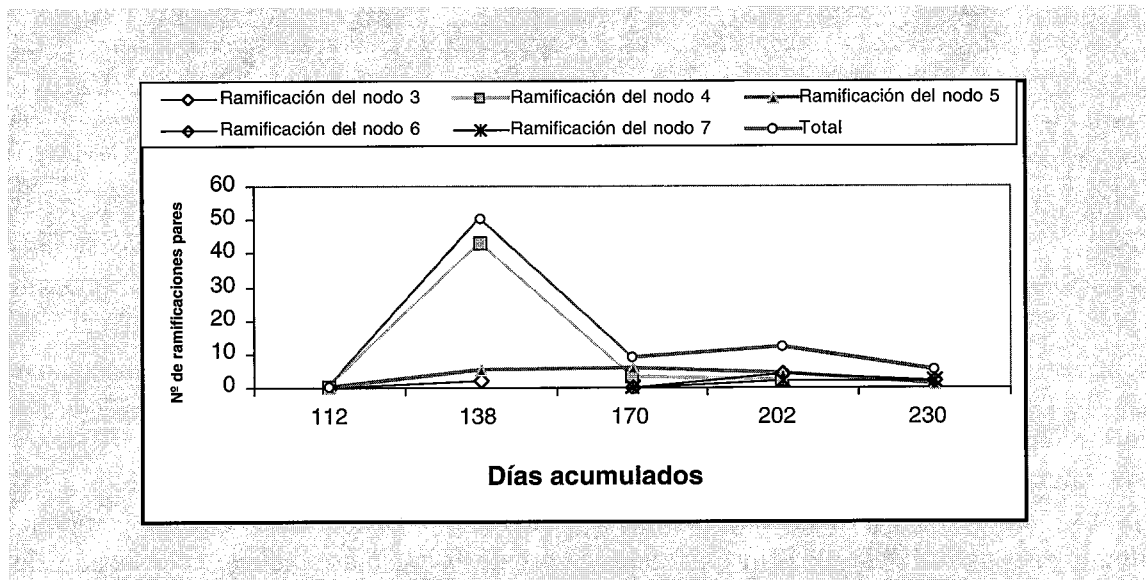
Posteriormente para el día 138, noviembre 28 de 1997, se registraron ramas secundarias en el 62% de las plantas, las cuales emergieron en el último período, pues como se evidenció en el monitoreo anterior (112 días), no se observaron ramificaciones, pero si algunos brotes. De todas maneras, el crecimiento es relativamente rápido, pues en tan sólo 26 días la ramificación fue evidente y algunas registraron hasta 2 pares de ramas.

Las plantas que no se habían ramificado (38%) hasta la fecha, lo hicieron en los tres

siguientes meses. Tan sólo en 6 individuos (6%), aunque estaban vivos pero en mal estado, no se les evidenció este desarrollo. Finalmente se concluye, que la ramificación del tallo principal para estas plantas de *Rhizophora mangle*, se inició aproximadamente a los 112 días de desarrollo o "vida" y que en el primer mes, una vez iniciado el proceso, se ramificó el 61% de la muestra. También se puede afirmar, que la ramificación del tallo principal sigue el patrón típico de una curva sigmoidea o de crecimiento, caracterizándose por un inicio lento o casi nulo, seguido de un corto período de máxima actividad y terminando con una tendencia al cese de la ramificación del tallo principal.

Otro punto que se registró, fue el sitio o nodo, de donde emergen las ramas del tallo principal y el tiempo o edad de la planta. En la **Figura 25** se gráfica la información

FIGURA 25. INICIO DE LA RAMIFICACIÓN DEL TALLO PRINCIPAL, CON RELACIÓN AL NODO Y A LA EDAD, EN PLANTAS DE RHIZOPHORA MANGLE. BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR), 1997-98.



obtenida y a partir de esta podemos decir que, la ramificación se puede iniciar en los nodos 3, 4, 5, 6, y 7, pero principalmente del nodo 4. Esta situación es un poco diferente a lo registrado en la siembra directa de propágulos (PR-2), pues en la mayoría de éstas ocurrió en el nodo 5, al parecer esta sería una de las diferencias evidenciadas entre los dos métodos de siembra.

Reforzando lo expuesto, en el mes de marzo de 1998, se observó esta misma situación en plántulas de una parcela de 8 meses de edad, que había sido sembrada directamente a partir de hipocótilos de *R. mangle*, en una zona alterada de manglar en la zona de Bahía Hooker en la Isla de San Andrés. El crecimiento de estas plantas era menor al registrado en las PR-2 y PR-5 para 8 meses de edad (30 cm aproximadamente *versus* 37.44 cm), sin embargo, lo interesante radica en que las plántulas de Bahía Hooker evidenciaban ramificación reciente. Inclusive en algunos individuos se observaron solamente brotes, por lo tanto parece que la ramificación está más asociada con el crecimiento que con la edad, es decir, se requiere un número determinado de estructuras para iniciar el proceso.

De todas maneras se debe tener en cuenta, que los dos sitios son diferentes y que muy seguramente existen factores no identificados que afectan el desarrollo de los manglares, pues retomando la Bahía de Hooker, el sitio mantiene tensores de contaminación por hidrocarburos que muy seguramente están afectado los manglares. Sin embargo, para esa fecha se observaron actividades de restauración del ecosistema, que consistían básicamente, en la remoción de la capa superior del suelo contaminado y en la siem-

bra posterior de plántulas de vivero. En conclusión se sugiere, que la ramificación parece ser afectada por las mismas causas que inhiben el crecimiento, de todas maneras se requieren estudios más detallados y con abundantes series representativas, para poder caracterizar con suficiencia estos aspectos del desarrollo.

Continuando con la PR-5, nunca se evidenció ramificación en los nodos 1 y 2, y tan sólo 2 plantas lo hicieron en el 3. En la medida que la planta va creciendo, la ramificación se inicia en los estratos más altos, es decir cerca de la yema terminal principal. El hecho de que el 61% se ramificara en el nodo 4, cuando las plantas tenían 5 totales y sumado esto a que en el 12 % de las plantas se ramificaron a partir de los nodos 6 y 7, y después de 170 días, es decir con 7 y 8 nodos totales respectivamente, permite suponer que existe un relación directa entre la ramificación y la distancia que hay con relación al merístemo apical y que es éste el que controla la ramificación mediante la síntesis de auxinas y citoquininas, pues existe la famosa teoría de la "dominancia apical" o inhibición correlativa de las yemas laterales.

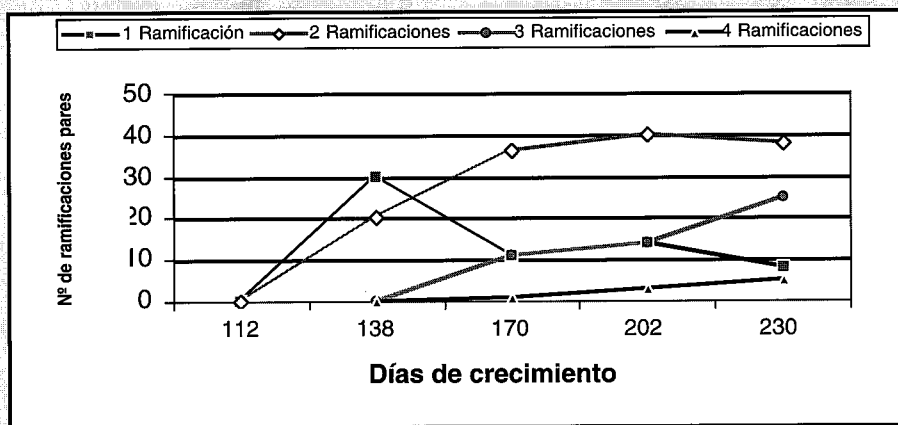
Sin embargo, aunque este fenómeno es común dentro de los vegetales, para el caso de *Rhizophora mangle*, el efecto inhibitorio no es tan marcado, ya que en casi todos los casos, la ramificación se evidenció por debajo del nodo más "joven", es posible que esta situación, además de tener un componente endógeno a partir de fitohormonas, pueda estar afectado o relacionado con aspectos ambientales, en donde los nutrientes del suelo, la densidad de siembra y las condiciones físico-químicas serían los responsables de estas manifestaciones del desarrollo.

En síntesis, se puede afirmar que la ramificación se evidencia un nodo por debajo de la yema terminal y que para el 62% de las plantas de *Rhizophora mangle*, este sitio correspondió al cuarto nodo del tallo principal. Adicionalmente se observa que la ramificación se inicia, aproximadamente, después de tres meses y que las ramas son evidentes a partir de los 112 días de "vida", cuando poseen 5 nodos totales, una altura total de 60 cm y un crecimiento del tallo principal de 27.94 cm. Merece especial interés el hecho de que no es muy marcada la inhibición de la yema principal, sin embargo, al hacer una análisis más detallado del crecimiento, se determinó que en el período anterior a la evidencia de ramas, la tasa de crecimiento calculada fue la más baja (0.81 mm/días), lo que lleva a suponer, que aunque no hay inhibición marcada de la ramificación sí lo hay en cuanto al crecimiento.

También se tuvo en cuenta la cantidad de ramas pares por planta y su presencia en el tiempo. En la **Figura 26** se evidencia que la línea acumulada mantiene la tendencia sigmoide o de crecimiento, es decir el número de ramas del tallo principal va en aumento, sin embargo, esta afirmación además de ser simple, es lógica. La parte interesante de este análisis radica en poder definir la secuencia de aparición de ramas con respecto a los nodos y el tiempo cuando ocurren estos fenómenos. Pues en prácticas de silvicultura, la poda de ramas se realiza para darle forma al fuste o árbol y calidad a la madera. Por tal razón la dinámica del desarrollo de estas especies, debe ser motivo de interés para planes de manejo, uso y aprovechamiento.

Las ramas emergen de manera basipétala, con relación a la yema apical y acropétala con relación al nodo en donde se registro el

FIGURA 26. PLANTAS DE RHIZOPHORA MANGLE, CON DIFERENTES RAMIFICACIONES PARES REGISTRADAS A LOS 230 DÍAS DE EDAD. BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR), 1997-98.



inició de la ramificación. Además las ramificaciones se presentan de manera secuencial, es decir, una vez “ramificado” un nodo la siguiente ramificación se iniciará en el siguiente nodo de manera acropétala. Hasta la fecha no se han evidenciado “saltos” en la secuencia de ramificación, tan solo vale la pena mencionar una situación que se observó en la primera medición y consistió, en que 6 plantas que presentaban ramificación en el cuarto nodo, también presentaban desarrollo de brotes en el tercero. Al parecer, y teniendo en cuenta la acción de las fitohormonas entre otros, esta situación puede ser atribuida a varios factores, que aunque merecen ser estudiados con mayor profundidad, pueden estar relacionados con aspectos que también están ligados al desarrollo de ramas laterales:

En cuanto al número de ramas, registrados en los diferentes seguimientos, se deduce de manera obvia, que el número de las plantas con una y dos ramificaciones tienden a disminuir. Mientras que las de mayor cantidad de ramas van en aumento, en la medida en que se desarrollan las plantas, pero finalmente éstas tenderán cada vez al equilibrio o a la constancia. Como se dijo anteriormente esta situación es obvia, sin embargo, su importancia radica en tener argumentos cada vez más sólidos, que permitan hacer una mejor interpretación del desarrollo de *Rhizophora mangle*, y sobre todo de su crecimiento. Como ya se mencionó en este documento, a plantas con la misma longitud del tallo principal, se les asigna el mismo crecimiento, sin tener en cuenta el nivel de ramificación, que para nuestro caso, se interpretaría como un aumento real de la biomasa y por lo tanto del crecimiento.

Dicho de otra manera, que además de la longitud del tallo principal, se debe tener en cuenta la ramificación y que dos plantas del mismo tamaño no necesariamente tienen el mismo crecimiento, inclusive, como se observó, una planta altamente ramificada puede tener un mayor crecimiento *versus* una planta de mayor longitud pero sin ramificaciones. De todas maneras estas situaciones fueron más evidentes desde el punto de vista individual, si se tiene en cuenta toda la información y el análisis general, se puede decir que casi todas las variables del desarrollo y crecimiento, mostraron una tendencia a la curva sigmoide o de típica del crecimiento, y que por lo tanto el análisis es apropiado para estas plantas y para el tiempo del experimento.

Relaciones crecimiento y diferenciación:

Con el fin de entender mejor el complejo proceso del desarrollo, y poder integrar desde el punto de vista cuantitativo, el crecimiento y la diferenciación, se realizaron varios análisis de estadística básica y se compararon estas dos abstracciones por separado, pero como ya se registró anteriormente, en la realidad se presentan unidas.

Al correlacionar la longitud total o crecimiento, *versus* el número de nodos, como medida de diferenciación, se encontraron valores diversos, pero al mismo tiempo con relaciones muy bajas (**Tabla 17**).

De todas maneras los resultados son interesantes, pues si bien es cierto que las correlaciones aparentemente no son estadísticamente importantes, desde el punto de vista de tendencias, es curioso observar que los valores obtenidos en cada período mantienen una tendencia hasta el día 78, totalmente

TABLA 17. CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE NODOS Y EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE RHIZOPHORA MANGLE, REGISTRADOS EN 8 PERÍODOS DURANTE 230 DÍAS. BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR) COLOMBIA 1997-98.

DIFERENCIACIÓN	VIVERO		PARCELA DE SIEMBRA PR-5					
	1-28	2-62	3-78	4-112	5-138	6-170	7-202	8-230
PERÍODOS-DÍAS								
Nº NODOS	0.72	2.18	2.85	3.91	4.99	6.10	7.14	8.03
CRECIMIENTO CM	2.71	19.50	21.77	24.55	27.94	32.94	34.87	37.44
CORRELACIÓN NODOS/CRECIMIENTO	0.741	0.368	0.365	0.696	0.553	0.457	0.451	0.424

contraria al crecimiento, y a partir de esta fecha la correlación aumenta hasta 0.696 y posteriormente comienza a decrecer con el tiempo. Podemos deducir, que la distancia internodal es mayor en los periodos en donde la correlación es baja (2do y 3er periodo; máximo crecimiento).

Al parecer esta prueba no es la más acertada para abordar el problema, pues se podría pensar que los eventos de crecimiento y diferenciación son independientes o con muy baja correlación. Esta afirmación es totalmente incorrecta, pues como ya se afirmó desde el punto vista de la biología del desarrollo, crecimiento y diferenciación, son dependientes sin condición, pues en la realidad uno implica el otro y su separación tan sólo es un proceso mental.

Posiblemente el cuestionamiento de esta prueba estadística, se deba a la forma directa como se relacionó una variable

discreta con una variable continua. Pues hablar de una escala amplia de centímetros y una escala pequeña de unidades, debe prestarse a confusión, además que puede sesgar la realidad al sugerir resultados incorrectos. Con el fin de darle mayor claridad a lo anterior se realizaron dos pruebas con frecuencias y con agrupación de datos, pues de esta forma se minimiza el efecto de la variable continua en el análisis.

En la **Tabla 18**, en el sector A, se muestran los datos agrupados de acuerdo al número de nodos que presentaban las plantas y el crecimiento es el promedio de las plantas que evidenciaban ese número de nodos. La parte B se agrupó por clases de tamaño o crecimiento de las plantas y el número de nodos es el promedio de las plantas del intervalo. Para los dos casos se observa que hay una correspondencia directa entre el número de nodos y el crecimiento, pues las plantas de mayor crecimiento



TABLA 18. RELACIÓN DE FRECUENCIAS ENTRE EL DESARROLLO DE NODOS Y EL CRECIMIENTO DEL TALLO PRINCIPAL DE RHIZOPHORA MANGLE. BAHÍA DE BARBACOAS, (BOLÍVAR), 1997-98

A			B		
AGRUPACIÓN POR NÚMERO DE NODOS			AGRUPACIÓN POR CLASES DE TAMAÑO O CRECIMIENTO		
Nº NODOS	FRECUENCIA DE PLANTAS	CRECIMIENTO PROMEDIO CM	CRECIMIENTO CM	FRECUENCIA DE PLANTAS	NO NODOS. PROMEDIO
6	2	28	25-34	22	7.64
7	7	30	35-44	38	8.21
8	39	39	45-55	15	8.47
9	23	40			

tienen un número mayor de nodos en el tallo principal. Sin embargo, para crecimientos mayores de 39 cm (A) y de 35 cm (B), la correspondencia tiende a disminuir, y muy probablemente sea necesario utilizar otros parámetros para plantas de mayor tamaño, pues como se afirmó anteriormente la longitud no es el mejor parámetro para cuantificar el crecimiento.

Otro punto que estaría involucrado en esta situación y que en parte explicaría la tendencia a disminuir la relación entre el crecimiento y los nodos, se relaciona con el hecho de que la mayoría de las plantas mayores de 35 cm de crecimiento, poseen más de tres pares de ramas secundarias. Por lo tanto se debe tener cuidado cuando se hace referencia al crecimiento, pues es factible encontrar individuos con 35 cm de longitud de tallo, que presentan un mayor crecimiento que individuos con 45 cm de longitud del tallo, pues los primeros en muchas ocasiones son mucho más ramificados y en consecuencia deben tener una biomasa acumulada de mayor magnitud.

Con respecto a lo anterior, y con el fin de dar un ejemplo real, para *Rhizophora mangle*, para el día 230 el crecimiento y la ramificación se encontró que, plantas que presentaban en promedio 6.348 (6 a 8 ramas en el 30% de las plantas) y 11.50 (10 a 12 ramas en el 10% de las plantas) ramas secundarias y terciarias, presentaban el mismo crecimiento del tallo principal (42 cm), situación que estaría confirmando lo ya expuesto, ya que las de 11.50 ramas, deberían ser consideradas como las de mayor crecimiento, pues el hecho de tener un 81% más de ramas, implica una mayor cantidad de biomasa acumulada. También vale la pena anotar la situación contraria a lo anterior, ya que el 60% de la muestra analizadas tenían en promedio 3.644 ramas y un crecimiento del tallo principal de 35 cm, (20% menos que las más ramificadas). Teniendo en cuenta los dos casos podríamos concluir que cuantificar el crecimiento después de un año de vida de las plantas, además de la longitud del tallo principal, se deben incluir otras medidas como la ramificación y tal vez la más apropiada sería el

diámetro del tallo, pues a partir de esta información, se pueden obtener ecuaciones alométricas que permiten una mayor precisión en los valores calculados.

Raíces: Una vez establecidos los hipocótilos de *Rhizophora mangle*, en el vivero, al cabo de 15 días aproximadamente, se observaron raíces de color blanco y de 1 a 2 cm de longitud y unos 3 mm de diámetro. En la mayoría de los casos se observaron emergiendo, de la parte terminal del hipocótilo a manera de racimo o penacho, de todas maneras el crecimiento es rápido, pues al cabo de los 40 días el sistema radicular está formado y se compone básicamente de 10 raíces de 9 cm de longitud, de donde emergen cientos de raíces secundarias. Para el caso concreto de los semilleros plásticos implementados en los viveros comunitarios, se observó que el diseño interno de cada cono produce un desarrollo radicular dirigido evitando el espirulamiento de las raíces (**Fotos color**).

Con relación a las raíces adventicias o fúlcreas, éstas se evidenciaron a partir de los 5 meses de edad y el sitio de donde emergieron la mayoría, se refiere a la zona aérea del hipocótilo, sin embrago, en algunos individuos se observaron raíces fúlcreas del tallo, pues posteriormente con el crecimiento estas emergen del tallo y las ramas. Como observación interesante, en el vivero de Leticia se registraron 3 plantas con brotes de raíces fúlcreas de aproximadamente 5 cm de longitud. En una, la raíz emergió por encima del collar cotiledonear, mientras en la otra, ocurrió en el hipocótilo, a unos 4 cm por debajo del collar cotiledonear (**Fotos color**). La tercera planta, tenía una raíz fúlcrea que se encontraba enterrada en el

cono de la planta “vecina”. Lo interesante de lo anterior, radica en la precocidad y en las condiciones particulares de la siembra, pues los hipocótilos tenían 40 días de sembrados y el riego diario se hizo con agua del Canal del Dique “dulce”. Además permanecieron colgadas en camas de alambre y por lo tanto nunca se inundaron.

De todas maneras para planes de restauración y manejo de viveros, las plántulas provenientes de canastas plásticas tiene la ventaja de un mejor anclaje en el sitio de siembra, pues el desarrollo vertical de la raíz, a diferencia de la bolsa plástica, previene el espirulamiento, o que el árbol se ahorque entre sus propias raíces.

Al año de edad de estas plantas (Julio de 1998), se observó que el 50% poseían raíces fúlcreas establecidas, las cuales emergían de la zona del hipocótilo y del fuste libre de ramas y hojas. La longitud de estas raíces adventicias, estaban entre 3 y 30 cm y como dato curioso, se observaron en algunas raíces, 3 especies de moluscos. También se evidenció que el 30% de las plantas poseían brotes con una amplia variabilidad observada (1 a 8 por planta).

• **Resultados obtenidos en la PR-1A con cuatro especies de mangle**

Con el fin de complementar la información sobre la restauración a partir de plántulas de vivero, se diseñó un ejercicio con 4 especies de mangle (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Peltoceria rhizophorae*), en donde también se registraron aspectos relacionados con la supervivencia y el desarrollo. Inicialmente las semillas fueron sembradas en el vivero

de Pasacaballos y posteriormente trans-plantadas en la PR-1A, pues considerando que la siembra directa de 2.100 hipocótilos de *Rhizophora mangle* fracasó en este sitio, se evaluó el comportamiento de las diferentes especies bajo estas condiciones en particular, pues a partir de ensayos pequeños pero bien planificados, es posible proponer y desarrollar otras actividades de mayor magnitud.

En la **Tabla 19** se presenta un resumen de los registros obtenidos durante 10 períodos de monitoreo, en donde se evidencia el comportamiento de las especies en condiciones de vivero y de transplante en la PR-1A, en lo relacionado con la supervivencia y el desarrollo.

Supervivencia: La supervivencia registrada para la fase de vivero, la cual tuvo una

TABLA 19. RESULTADOS GENERALES SOBRE EL DESARROLLO Y LA SUPERVIVENCIA DE PLÁNTULAS DE CUATRO ESPECIES DE MANGLE, DURANTE 126 DÍAS EN EL VIVERO DE PASACABALLOS Y 198 DÍAS EN LA PARCELA DE RESTAURACIÓN PR-1A EN LA BAHÍA DE BARBABOCAS (BOLÍVAR), 1998.

	ESPECIES	VIVERO				PR-1A TRANSPLANTE					
		PERÍODOS-DÍAS	1-30	2-63	3-94	4-126	5-152	6-185	7-217	8-245	9-273
% SUPERVIVENCIA	A. GERMINANS	100	91.6	66.6	66.6	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25
	L. RACEMOSA	100	100	25	25	11	11	11	11	11	11
	P. RHIZOPHORAE	100	100	85	85	85	80	65	65	65	60
	R. MANGLE	100	100	100	100	88.67	87.34	87.34	87.34	87.34	87.34
CRECIMIENTO - ALTURA DEL TALLO CM											
% SUPERVIVENCIA	A. GERMINANS	0	16.13	22.06	22.35	24.68	25.85	29.10	31.12	42.67	
	L. RACEMOSA	0	9.73	11.2	11.3	11.5	13.4	24.5			
	P. RHIZOPHORAE	0	6.84	14.0	20.5	23.5	25.5	26.2	28.4	28.8	33.3
	R. MANGLE	0	11.2	22.4	23.9	25.4	27.3	29.7	36.8		
TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO MM/DÍA											
DESARROLLO	A. GERMINANS	0	5.20	2.72	2.08	1.76	1.84	0.36	1.76	0.38	
	L. RACEMOSA	0	2.5	1.75	0.80	0.83	0.80	1.47			
	P. RHIZOPHORAE	0	2.44	2.26	1.83	1.70	1.48	1.73	1.22	1.11	1.07
	R. MANGLE	0	2.50	2.60	1.99	1.68	1.53	1.44	1.43		
NÚMERO DE NODOS											
DESARROLLO	A. GERMINANS	0	1.36	3.89	4.70	5.55	6.41	7.27	9.0	10.83	
	L. RACEMOSA	0	1.98	4.32	6.52	8.20	8.30	8.82			
	P. RHIZOPHORAE	0	2.79	6.11	8.94	9.22	9.5	11.50	13.30	17.50	18.0
	R. MANGLE	0	2.0	3.67	4.0	5.74	6.32	6.86	8.08		

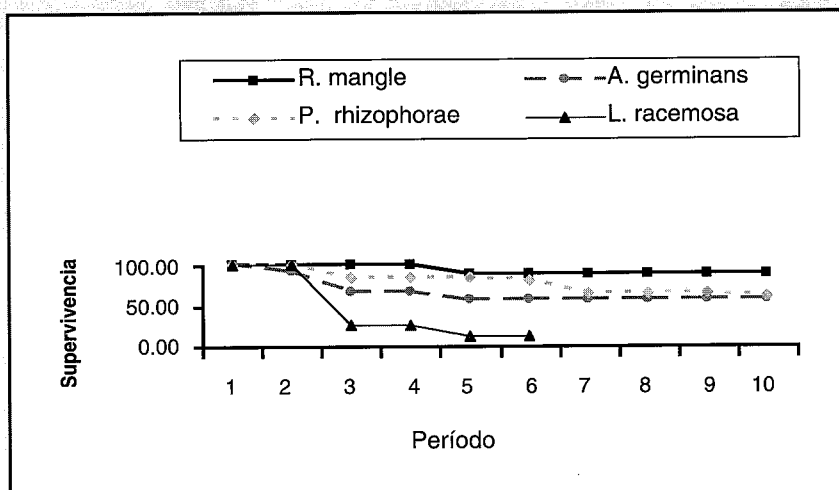
duración de 126 días (cuatro períodos), fue positiva para las especies de *R. mangle*, *A. germinans* y *P. rhizophorae*, con valores de 100 %, 66 % y 85 % respectivamente. Para el caso de *Laguncularia racemosa*, el porcentaje bajo de supervivencia (25%), está asociado con la presencia de hongos (damping off), los cuales fueron detectados en el segundo período de vivero. Para el tercer período se registró una mortalidad del 75%, a causa de este agente patógeno, el cual produjo el debilitamiento y rompimiento en los tallos, e impidió el desarrollo de las plántulas de esta especie.

Una vez transplantadas las plantas a la PR-1A, la supervivencia en este sector, se consideró como exitosa para 3 de las 4 especies, pues para *Laguncularia racemosa*, al cabo del período 7, se registró mortalidad total. Al pa-

recer la causa sigue estando relacionada con el hongo patógeno y agravada por las condiciones del sitio, pues la alteración del flujo hídrico y las altas temperaturas registradas (cerca de 40° C), son características de la PR-1. Para *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*, al igual que para *Laguncularia racemosa* pero en menor magnitud, se observó mortalidad aproximada del 10%, en el primer período después del transplante, pero a partir de este momento la supervivencia fue del 100%, mientras que en *Pelliciera rhizophorae*, la mortalidad se vino a registrar entre los períodos 6 al 10, alcanzando porcentajes totales del 25% en la parcela (**Figura 27**).

Al parecer las plántulas de vivero, a pesar de sufrir algún efecto negativo por el transplante, tienen mejores posibilidades de resistir a la acción de tensesores como el sobre

FIGURA 27. PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE RHIZOPHORA MANGLE, AVICENNIA GERMINANS, PELLICIERA RHIZOPHORAE Y LAGUNCULARIA RACEMOSA EN LA PARCELA PR-1A CON PLÁNTULAS EN EL VIVERO Y EN EL TRANSPLANTE.



– calentamiento, en contraste con los resultados obtenidos para la siembra directa de hipocótilos de *R. mangle*. Sin embargo, para el tiempo del trasplante se detectaron valores de temperatura menores, a los registrados anteriormente y se evidenció que el flujo laminar de las aguas de inundación se incrementó en la época del “post-trasplante”, debido a que la boca que comunica la parcela con el mar se abrió notablemente, permitiendo la renovación de aguas saturadas de sales y material orgánico, por aumentos en el lavado del suelo. Seguramente estas condiciones favorecieron la supervivencia de las plantas, de todas maneras hace falta realizar nuevos ensayos, con abundantes muestras representativas, que nos permitan concluir con suficiencia las bondades del método empleado, para sectores particulares como la PR-1A, .

Desarrollo: En la **Tabla 7** se registran los valores promedio relacionados con el crecimiento y la diferenciación o morfogénesis. A partir de esta información y teniendo en cuenta los puntos más relevantes, se puede evidenciar que los comportamientos en el crecimiento, presentados por las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Pelliciera rhizophorae* en la fase de vivero y en la PR-1, mantienen la tendencia típica de la curva sigmoide de crecimiento o de Sach, la cual ya fue objeto de análisis en la PR-5.

Con relación a la magnitud de los registros en el vivero, para el segundo período *A. germinans* presentó la mayor altura (16.13 cm), con una tasa relativa de crecimiento o de elongación del tallo de 5.20 mm/día, que a su vez correspondió, comparativamente, al valor más alto registrado en todo el trabajo. El valor más bajo se registró para *P.*

rhizophorae (6.84 cm y una tasa relativa de 2.44 mm/día). De todas maneras al finalizar la fase de vivero se observó que, la única especie diferente en cuanto al crecimiento fue *Laguncularia racemosa*, en donde el crecimiento fue bajo debido al hongo que atacó las plántulas en vivero, registrándose tan sólo un valor promedio en la altura de 11.3 cm. y una tasa relativa de 0.80 mm/día.

Posteriormente en la PR-1, los crecimientos mantuvieron la misma tendencia que en el vivero, siendo *Rhizophora mangle* la de mayor tamaño (36.8 cm). En *Laguncularia racemosa*, el estrés ocasionado por el trasplante y el ataque del hongo, fueron la causa del mínimo crecimiento registrado para el período, sin embargo, merece especial interés el hecho que en el último monitoreo, se registró una altura promedio de 24.5 cm (11 cm más que en el mes anterior), lo cual se debió a que los individuos de menor tamaño murieron y tan solo quedaron los mejor adaptados (**Figura 28**).

Con relación al desarrollo de nodos, al cabo de los 240 días del último monitoreo, se registraron y se calcularon promedios de 8.08, 9.0 y 13.30 para *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Pelliciera rhizophorae* respectivamente, lo cual equivaldría a un incremento de 1.01, 1.12 y 1.62 nodos/mes en cada una de las especies. Esto señala que el desarrollo de nodos para las dos primeras especies es a razón de un nodo por mes, contrario a lo observado para *P. rhizophorae*, dado que la ramificación en la especie es de carácter alterno y en consecuencia presentan una hoja por nodo y en disposición helicoidal, con entre nodos más cortos que las otras especies.

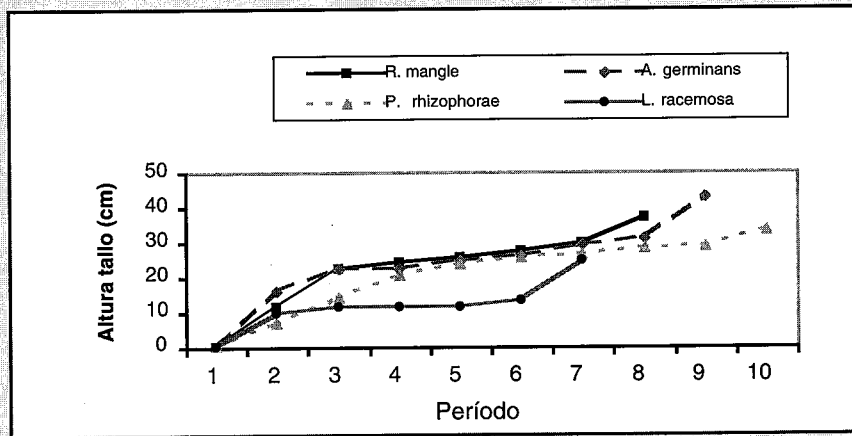


FIGURA 28. COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL TALLO PRINCIPAL, EN CUATRO ESPECIES DE MANGLAR SEMBRADAS EN LA PARCELA PR-1 BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR), 1998.

RESTAURACIÓN A PARTIR DE LA SIEMBRA DIRECTA DE PROPÁGULOS DE RHIZOPHORA MANGLE

De acuerdo a la información registrada en la **Tabla 13**, la siembra directa siempre fue experimental y se llevó a cabo en dos sitios de la Bahía de Barbacoas, Departamento de Bolívar (PR-1 y PR-2), El Garzal en la ciénaga de la Caimanera en el Departamento de Sucre (PR-3) y cerca del Caño Dago en la Bahía de Cispatá en el Departamento de Córdoba (PR-4). En los cuatro sitios fueron sembrados, principalmente, hipocótilos de *Rhizophora mangle* y el monitoreo mensual sirvió para evaluar la viabilidad técnica y económica del método de siembra, para cada una de las áreas seleccionadas, así como también, para la medición de algunos parámetros relacionados con el desarrollo de las plántulas.



Los 4 sitios fueron seleccionados teniendo en cuenta 3 estados de alteración diferente, y 1 sin cobertura vegetal de manglar, pero con condiciones óptimas para el desarrollo del mismo. Esto último con el fin de contrastar y comparar los resultados.

Parcela de restauración PR-1

En esta parcela fueron sembrados manualmente 2100 hipocótilos, en 3 subparcelas de 420 m a una densidad o distancia entre hipocótilos de 0.5, 1 y 2 m. La parcela está ubicada en la Bahía de Barbacoas Departamento de Bolívar, aproximadamente a unos 3 Km de la desembocadura del Caño Lequerica en dirección sur-occidental. El terreno se caracteriza por ser fangoso y permanecer totalmente inundado, en donde se evidenció una tala raza en una área aproximada de 2 ha., cuyos alrededores presentan manglar en buenas condiciones y una alta regeneración natural

circuscrita al borde del bosque, dejando en la parte central un zona totalmente deforestada que correspondió al sitio en donde se llevó a cabo el experimento.

• **Parcela de restauración PR-2**

Con el fin de comparar resultados, en este sitio se hizo una siembra directa igual que la realizada en la PR-1. Esta parcela también está ubicada en la Bahía de Barboacoas cerca al caño Lequerica, pero en dirección nor-Oriental, cerca de la población de Santa Ana, en la Isla de Barú. El área de restauración corresponde a playones aluviales en procesos de consolidación, como resultado de los sedimentos arrastrados por las aguas del Canal del Dique y la dinámica fluvial permanente. En los playones se evidencia un proceso de sucesión natural, el cual consiste en el desplazamiento de la gramínea "enea" (*Typha dominguensis*) a partir de un frente de colonización de *R. mangle*, que aparentemente se inició desde el borde del bosque de manglar más antiguo, hacia los suelos de reciente formación, pues los más expuestos al oleaje marino, están invadidos por "enea".

• **Parcela de restauración PR-3**

En la zona de la ciénaga de la Caimanera denominada El Garzal (Departamento de Sucre), se ubicó una área alterada en donde la muerte del manglar es evidente, cerca de la línea de manglar vivo (20m), y a unos 1000 m. de la carretera Coveñas-Tolú, se instaló la parcela PR-3, la cual fue sembrada con 400 hipocótilos de *R. mangle*, a una distancia de 1 m entre sí, pues el ensayo se realizó con la idea de registrar mensualmente los eventos de supervivencia y desarrollo biológico con el fin de sugerir a corto y

mediano plazo, algún tipo de manejo que garantice la restauración de la zona.

• **Parcela de restauración PR-4**

La parcela está ubicada en la Bahía de Cispatá en el Departamento de Córdoba, cerca al caño Dago, entre los caños Salado y Navío. La zona se caracteriza por presentar un área de mangle muerto de aproximadamente 80 hectáreas, como producto de la acumulación de sales debido a la alteración natural de la dinámica hídrica de la zona. El área resulta interesante, pues en septiembre de 1995, la comunidad de mangleros adelantó trabajos de adecuación del caño Dago, que consistieron en la rectificación y limpieza, con el fin de dar circulación y aumentar el flujo de agua que requieren estos ecosistemas. El caño, que tiene aproximadamente 5 m de anchura y una profundidad cercana a los 1.5m, aporta gran cantidad de agua a los sitios que antes fueron considerados salitrales y que en el momento están en proceso de recuperación, pues en el interior de lo que fue salitral, se observan plantas de *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle* y de *Avicennia germinans*, además todo el borde del caño fue colonizado de forma natural, con las dos últimas especies y los ejemplares ubicados en este sitio son los de mejor crecimiento y desarrollo evidente.

La siembra se llevó a cabo con semillas de "mangle rojo", recolectadas cerca a la ciénaga de Navío, en donde la acumulación de hipocótilos es la más abundante registrada hasta el momento en la costa Caribe por el Proyecto Manglares de Colombia, pues en 30 minutos aproximadamente 8 personas recolectaron y seleccionaron

10 bultos de hipocótilos (10.000), los cuales fueron transportados hasta el sitio de siembra en el caño Dago. Posteriormente fueron seleccionadas y sembradas 500 semillas a una densidad de 1 hipocótilo por metro, conformando de esta manera la cuarta parcela de restauración experimental. Posteriormente y cerca a esta parcela se llevó a cabo la jornada de reforestación con las semillas sobrantes. Aproximadamente 3000 hipocótilos fueron sembrados directamente al “paso” (Aprox 0.5 m) y unos 3000 al “voleo”, estas últimas prácticas se realizaron de esta forma, y en acuerdo con los mangleros de la zona, quienes afirman que estas dos técnicas son apropiadas para la restauración o reforestación de mangla-

res, siempre y cuando las condiciones ambientales así lo permitan.

Supervivencia: En la **Tabla 20** se presentan los porcentajes de supervivencia registrados en cada período de monitoreo, en donde se puede evidenciar que en tres de los cuatros sitios seleccionados el método de siembra directa de hipocótilo de *Rhizophora mangle* no funcionó, pues para las parcelas PR-1 (Barbacoas-Bolívar) y PR-3 (El Garzal-Sucre), al cabo del cuarto período (126 días) y tercer (94 días) período, respectivamente, la mortalidad fue total. Con relación a las otras dos parcelas, en la PR-4 en el Caño Dago, la mortalidad fue cercana al 80%, mientras en la PR-2 (Barbacoas-Bolívar), las

TABLA 20. SUPERVIVENCIA ACUMULADA (%) DE HIPOCÓTILOS O PLÁNTULAS DE RHIZOPHORA MANGLE EN 4 PARCELAS DE RESTAURACIÓN (PR), A PARTIR DEL MÉTODO DE SIEMBRA DIRECTA

DISTANCIAS DE SIEMBRA	PERÍODOS -DÍAS									
	1-30	2-63	3-94	4-126	5-152	6-185	7-217	8-245	9-273	10-324
PR-1										
0.5 M	62.82	9.12	3.00	0						
1 M	56.09	6.25	2.5	0						
2 M	3.00	2.5	0	0						
PROMEDIO	40.63	5.96	1.83	0						
PR-2										
0.5 M	87.5	82.0	65.00	62.50	62.50	61.20	61.20	61.20	61.20	60.00
1 M	95.0	77.5	74.28	72.00	72.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
2 M	96.0	80.0	76.00	76.00	76.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
PROMEDIO	92.83	79.83	71.76	70.17	70.17	67.73	67.73	67.73	67.73	67.33
PR-3										
1 M	76.00	59.00	0							
PR-4										
1 M	82.00	42.00	33.00	27.00	26.00	22.00				

condiciones particulares de la zona, favorecieron los procesos de enraizamiento y desarrollo de los hipocótilos, registrándose una mortalidad del 32.67% al cabo de los 324 días o décimo período de monitoreo. Estos resultados están asociados con las particularidades ambientales de cada parcela y con algunos eventos fortuitos que se evidenciaron.

Las parcelas PR-1 y PR-3 definitivamente no prosperaron, pues no existen condiciones ambientales adecuadas, para que se establezcan los hipocótilos de *Rhizophora mangle*. La muerte de los propágulos, para las dos parcelas, está asociada con los mismos factores, aguas estancadas y altas temperaturas. De acuerdo con los registros del monitoreo físico-químico, la variable temperatura pudo haber sido la principal causa de la mortalidad de los hipocótilos, pues siempre se evidenció en éstos, una zona blanquecina externa, a la altura de la línea superior del nivel de inundación de la parcela, en donde se registraron temperaturas cercanas a los 42° C. Una inspección realizada *in situ*, mostró que a esta altura, los hipocótilos evidenciaban deshidratación en los tejidos internos y además, presentaron la envoltura del meristemo apical seca y de color oscuro.

En la Parcela PR-4 en caño Dago, la situación fue parecida, pues la mortalidad registrada del 80% estuvo asociada al estancamiento de aguas, pero en mayor grado a las altas temperaturas y la salinidad, sin embargo, merece especial atención el hecho de que la zona está en procesos de restauración y se observaron indicadores relacionados con el mejoramiento de los factores ambientales, pues se pudo apreciar que el lavado y desalinización del suelo, estaba

ocurriendo de manera gradual y en contra de un gradiente de concentración, similar a lo que ocurre en los procesos físicos de difusión, pues el aporte diario de agua de menor salinidad, del caño Dago, mantuvo una dinámica aparentemente apropiada, que estaba mejorando substancialmente las condiciones del playón.

Lo anterior se evidencia fácilmente, pues de acuerdo con los mangleros de Cispatá, antes de abrir el caño, la zona estaba totalmente “muerta” y con niveles de salinidad superiores al 60 por mil, posteriormente con la rectificación y limpieza, y al cabo de 2 años (septiembre de 1997), se observó sobre los taludes del caño Dago árboles de *Laguncularia racemosa*, con alturas cercanas a los 3.5 m, con abundantes flores y semillas verdes (cobertura del 75 al 100% del follaje). También se registró, en menor cantidad, la presencia de *Avicennia germinans* y de *Rhizophora mangle* con alturas máximas de 2.5 m. Los individuos ubicados en esta franja del caño Dago, presentan mayor crecimiento y desarrollo, con respecto a los ubicados en la partes internas y a los sembrados en las jornadas de reforestación.

Como la parcela se ubicó a unos 40 m del caño Dago, los hipocótilos que sobrevivieron correspondieron a los más cercanos al caño y en donde se detectó una mayor firmeza del suelo, los otros murieron (80%), pues a partir de esta zona los factores tensionantes que afectan el desarrollo del manglar están presentes (Poco lavado, altas temperaturas y salinidad superior al 40 por mil). En conclusión, la zona del caño Dago se estaba recuperando y en las dos franjas laterales de aproximadamente 40 m de anchura se observó crecimiento de manglar.

En la parcela PR-2, de los playones aluviales de la Bahía de Barbacoas, se registró una supervivencia promedio total del 67.33% al cabo de 324 días, en donde la subparcela sembrada a 2 m de distancia, presentó el valor más bajo (60%). De todas maneras los resultados obtenidos en este sitio son buenos y pudieron ser mejores, pues el 32.64% de mortalidad está asociado con eventos, que aunque parecen ser comunes, no están relacionados directamente con las condiciones físico-químicas del sitio, y pueden ser explicados a partir de las siguientes consideraciones.

Del 32.64% de mortalidad registrada, 5% debe estar relacionado con la presencia de *Scolytidos*, pues de acuerdo con lo evaluado en el capítulo de vivero, del presente trabajo, este sería el porcentaje de infestación normal después de la selección de los hipocótilos, el cual en condiciones naturales alcanzó el 25%. Si se tiene en cuenta que para el primer monitoreo, la supervivencia fue del 92.33% la cifra propuesta estaría en concordancia con lo anteriormente expuesto.

Otro factor que se identificó y que igualmente está relacionado con la mortalidad o supervivencia, fue el registrado en la subparcela sembrada a 2 m de distancia, en donde la mortalidad o desaparición de hipocótilos fue del 60%, lo que estaría reflejando una alta mortalidad con relación a las subparcelas sembradas a 1m y 0.5 m de distancia (70% y 72% respectivamente). Este resultado tiene su explicación, pues coincidencialmente, la parcela sembrada a 2 m está ubicada en el área más baja del playón y por lo tanto el nivel de inundación en mareas altas es levemente

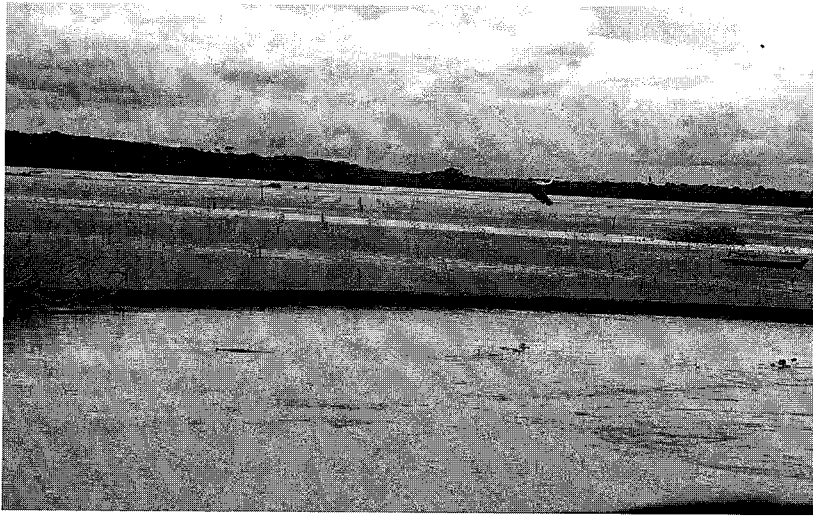
mayor, lo que da como resultado un suelo más blando y una mayor exposición de los hipocótilos a la actividad física de las olas, produciéndose de esta forma una menor probabilidad de enraizamiento y por lo tanto la pérdida de algunos hipocótilos o plántulas.

El hecho más importante sobre la supervivencia de plántulas de esta parcela, que compromete una mortalidad aproximada del 20%, está relacionado con la acción “derribadora” de algas *Chlorophyta*, similar a lo ocurrido con las plantas de *Rhizophora mangle* provenientes del vivero, y que ya fue ampliamente discutido. Con relación a lo anterior, y con el fin de darle claridad a lo registrado, hay que tener en cuenta que las parcelas PR-5 y PR-2 están ubicadas en la misma zona y por lo tanto la presencia de las algas las afectó por igual.

El efecto dañino de las algas en este sitio fue mayor en la subparcela sembrada a 0.50 m, en donde el muestreo dio como resultado una mortalidad del 38% (N=80), caracterizándose por caída o desarraigo de las plantas, causado por el peso de la capa de algas. Lo anterior contrasta con lo registrado en la subparcela sembrada a 1 m, en donde la mortalidad fue 0%. La explicación de esta situación se debe básicamente a que las algas afectaron más a las plantas ubicadas en terrenos un poco más bajos, como es el caso de la subparcela sembrada a 0.5 m, además, el hecho de sembrar a esta densidad facilita el anclaje de las *Chlorophyta* en las plantas, por tener más sitios de fijación y menor espacio entre ellas.

De todas maneras estos resultados en promedio, son satisfactorios y similares





ZONA DE RESTAURACIÓN EN LA BOCA DEL CAÑO MATUNILLA
EN LA BAHIA DE BARBACOAS-BOLÍVAR-1998

a los registrados por **Utawale (1995)** para la India (75%), con *Rhizophora mucronata*, es decir de características similares a *R. Mangle* y sembrada bajo la misma técnica (siembra directa de hipocótilos). **Padron (1995)** en Cuba, registró porcentajes de supervivencia del 93.5%, para *R Mangle* en un ambiente similar al de la PR-2, pero no registró eventos fortuitos como en nuestro caso.

Desarrollo: Teniendo en cuenta que en las parcelas de reforestación PR-1 en la Bahía de Barbacoas y PR-3 en el Garzal, la mortalidad de los hipocótilos fue total y que en la PR-4 del caño Dago, estuvo cerca al 80%, los resultados correspondientes a este ensayo se refieren a la PR-2, pues de las cuatro, ésta fue la única exitosa. Sin embargo, a continuación se registraran algunos comentarios relacionados con los hechos.

Como se mencionó anteriormente, los sitios en donde se instalaron las parcelas PR-1, PR-3 y PR-4, comparten condiciones pare-

cidas, en donde el estancamiento de aguas, las altas temperaturas y la elevada salinidad las caracteriza, pero la magnitud de estos factores difieren un poco en cada una de ellas. Para los tres sitios se pudo observar y cuantificar algunos eventos ocurridos, pues al cabo del tercer período la mortalidad fue total para la PR-3, mientras que en la PR-1, fue del 99.3%, por tal motivo fue declarada como supervivencia 0 ó mortalidad 100%.

Sin embargo, el hecho que 14 (0.66%) individuos hayan presentado desarrollo y actualmente se encuentren establecidos (julio de 1998) y que parte de las plántulas transplantadas del vivero estén vivas, sugiere que la zona puede ser restaurada. Por otro lado y relacionado con lo anterior, el área de la PR-1, sirve como ejemplo del mal uso que en ocasiones se presenta en estos ecosistemas, pues al parecer la zona fue talada y por tal motivo el calentamiento de las aguas, producto de la radiación solar, se convirtió en el principal factor que dificultó el desarrollo del manglar.

Esta situación es importante tenerla en cuenta en los planes de uso y aprovechamiento del manglar, pues seguramente muchas áreas naturales en buenas condiciones, no soportan este tipo de extracción y por lo contrario se pueden convertir en un foco de tensiones, que paulatinamente van destruyendo los ecosistemas. Lo anterior tiene su razón, ya que algunos bosques mantienen sus condiciones naturales a partir de pequeños pero eficientes flujos hídricos, que al ser alterados de manera negativa, pueden dar como resultado situaciones similares a la de la PR-1, pues al observar esta zona y el desarrollo de los manglares presentes, se sugiere esta situación.

El caso de la parcela PR-4 en el caño Dago, corresponde al sitio menos malo de los tres y las plantas que lograron sobrevivir, presentaron un crecimiento tres veces más bajo que el registrado en sitios óptimos, como es el caso de la PR-2. Con relación al desarrollo y aspectos generales del manglar en esta zona, en una de las jornadas de investigación se registraron algunas observaciones de tipo ecológico, que aunque son puntuales, pueden ilustrar algunos eventos presentes.

A 200 m de la PR-4 se encuentra la parcela del "Ministro", la cual corresponde a un área, en donde el 5 de febrero de 1996 la comunidad de mangleros de Cispatá, en compañía con funcionarios de la CVS y del señor Ministro del Medio Ambiente, para entonces, Doctor José Vicente Mogollón, llevaron a cabo una jornada de restauración con hipocótilos de *Rhizophora mangle*, sembrados directamente a 40 cm de distancia entre sí. Recientemente en la zona se iniciaba un proceso de restauración del área, debido a la rectificación y limpieza del caño

Dago, el cual aporta diariamente agua y mantiene una dinámica aparentemente apropiada, que mejora substancialmente las condiciones ambientales.

En una inspección realizada por los integrantes del Proyecto Manglares de Colombia, cerca al Caño Dago, se observó que el 80% de las plantas de *Rhizophora mangle* presentaban raíces fúlcreas y que algunos individuos evidenciaban abscisión de hojas de color amarillo claro, aparentemente causada por la deficiencia o translocación de algún nutriente.

También se observó en la zona, actividad de "abejas" *Apis meliphora*, recolectando polen y néctar y por lo tanto contribuyendo en los procesos de polinización natural del manglar. No se detectaron plagas potenciales y la vegetación en general se encontraba en buenas condiciones fitosanitarias, tan sólo se observaron 2 cucarrones de la familia *Chrysomelidae*. Como ejercicio académico se registraron datos correspondientes a 11 plantas, que fueron ubicadas al azar y de las cuales podemos decir lo siguiente: En 565 días de edad las plantas en promedio presentan una altura total de 69.40 cm (85 a 46), con altura de fuste de 16.50 cm y diámetro de 1.22 cm; la longitud o altura de copa de 43.27 cm y la altura de raíz de 10.09 cm.

Teniendo en cuenta que en algunas plantas se evidenciaba el remanente del collar cotiledonal y que las raíces fúlcreas emergen inicialmente por debajo de este sitio, se calculó la tasa de crecimiento a partir de la altura total sin incluir la raíces fúlcreas (longitud del fuste más la altura de la copa), el promedio calculado fue de 1.06 mm/día con variabilidad observada de 1.33 y 0.67

mm/día. Comparando estos resultados con los obtenidos parcialmente, para la parcela de reforestación PR-2 en Barbacoas (Bolívar), se puede afirmar que el crecimiento de *Rhizophora mangle* en este sitio es lento y que posiblemente aun permanecen algunos factores tensionantes que afectan el desarrollo de los individuos establecidos.

Lo anterior es importante para tener en cuenta en otras experiencias parecidas, pues no solamente se deben propiciar las condiciones para el establecimiento de manglares, si no también se deben manejar condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo de los bosques y proyectarse al futuro sobre los programas de uso y aprovechamiento de estos ecosistemas. El seguimiento del desarrollo de los diferentes bosques de manglar, se constituyen en herramientas básicas para definir políticas de manejo, que deben ser particulares para cada zona y que dependen de la dinámica de los bosques y de las condiciones ambientales en las cuales se desarrollan estas especies, pues de acuerdo con **Aksornkoe (1982) y Saenger (1995)**, es importante la selección del sector donde se va a realizar la restauración.

El desarrollo de las plántulas de la PR-2, fue el mejor entre las cuatro parcelas experimentales de siembra directa con hipocótilos de *R. mangle*. En la **Tabla 21**, se presenta un resumen de los datos registrados en campo, en donde se puede apreciar, que el crecimiento promedio para las tres distancias de siembra fue de 50 cm, a una tasa acumulada de 1.54 mm/días a los 324 días, fecha en la cual se realizó el último registro.

El comportamiento registrado para las plántulas, en promedio, corresponde a la

curva de crecimiento típica o sigmoide, que ya fue objeto de análisis en el presente capítulo, cuando se registró el resultado de las plántulas producidas en el vivero y sembradas en este mismo sitio. Con relación a las tres densidades de siembra, los resultados muestran una tendencia que sugiere, que la parcela de 0.5 m fue la de mayor crecimiento (56 cm), seguida de la subparcela de 2 m (48.2 cm) y finalmente la de 1 m (45.8 cm).

Sin embargo, esta apreciación parece no corresponder a la realidad, pues los incrementos por período son muy variados para las parcelas sembradas a 1 m y 2m, lo que seguramente está relacionado, más con el monitoreo al azar que se realizó, que con el crecimiento en sí, pues en cada período fueron medidas diferentes plantas de cada subparcela, lo que pudo sesgar los resultados, pero lo que igualmente fue positivo, pues de esta forma se incluyeron plantas sembradas en sitios óptimos y en aquellos que presentaban algunas desventajas, como el nivel de inundación, mayor exposición al oleaje, predación por ganado y al efecto nocivo de las algas *Chlorophytas*.

Lo anterior se puede argumentar mejor, al observar los valores relacionados con los incrementos, pues resulta curioso, cómo en el período 9 el incremento registrado para las plántulas sembradas a 1 m fue de 5.18 cm y en el 10, para la misma parcela, de tan sólo 0.02 cm, mientras que, para los mismos períodos en plantas sembradas a 2 m, los valores registrados fueron de 0.73 cm y 12.06. Esta aparente contradicción se repitió en otros monitoreos para estas dos densidades de siembra, y por lo tanto para el análisis es mejor tener en cuenta los promedios de

TABLA 21. PARÁMETROS DEL DESARROLLO REGISTRADOS EN PLÁNTULAS DE RHIZOPHORA MANGLE EN LA PARCELAS DE RESTAURACIÓN (PR-2) EN LA BAHÍA DE BARBACOS (BOLÍVAR), A PARTIR DEL MÉTODO DE SIEMBRA DIRECTA DE HIPOCÓTILOS A TRES DISTANCIAS DIFERENTES

PERÍODOS -DÍAS	1-30	2-63	3-94	4-126	5-152	6-185	7-217	8-245	9-273	10-324
DISTANCIAS DE SIEMBRA										
ALTURA DEL TALLO (CM)										
0.5 M	2.47	16.60	20.30	30.24	33.50	37.00	40.80	41.50	45.35	56.00
1 M	2.40	16.10	20.24	25.60	31.80	34.53	36.16	40.60	45.78	45.80
2 M	1.88	15.10	20.25	21.20	22.18	32.11	33.48	35.41	36.14	48.20
PROMEDIO	2.25	15.95	20.26	25.68	29.16	34.55	36.81	39.17	42.42	50.00
TASA MM/DÍA ACUMULADA	0.75	2.53	2.15	2.04	1.92	1.87	1.70	1.60	1.55	1.54
INCREMENTO EN ALTURA (CM)										
0.5 M	2.47	14.13	3.70	9.94	3.26	3.50	3.80	0.70	3.85	10.65
1 M	2.40	13.70	4.14	5.36	6.20	2.73	1.63	4.44	5.18	0.02
2 M	1.88	13.22	5.15	0.95	0.98	9.93	1.37	1.93	0.73	12.06
PROMEDIO	2.25	13.74	4.33	5.41	3.48	5.39	2.26	2.15	3.25	7.58
TASA MM/DÍA RELATIVA	0.75	4.16	1.40	1.80	1.34	1.63	0.70	0.77	1.16	1.47
NÚMERO DE NODOS										
0.5 M	1.00	2.63	3.78	5.00	6.49	6.63	8.82	8.63	10.08	12.00
1 M	0.75	2.48	3.85	4.63	5.79	6.13	7.29	8.48	10.40	10.4
2 M	1.00	2.21	3.35	3.88	4.42	6.00	6.28	8.70	8.53	12.20
PROMEDIO	0.91	2.44	3.66	4.50	5.56	6.25	7.46	8.60	9.67	11.53

Según Proyecto Manglares de Colombia, 1998.

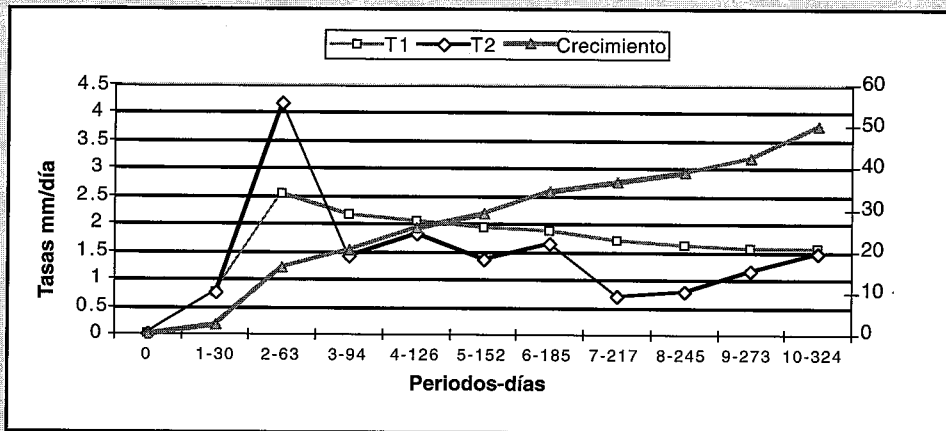


FIGURA 29. CRECIMIENTO Y TASAS RELATIVAS (T1) Y ACUMULADAS (T2) PARA PLÁNTULAS DE RHIZOPHORA MANGLE OBTENIDAS A PARTIR DE LA SIEMBRA DIRECTA DE HIPOCÓTILOS, BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR), 1998.

todas las subparcelas. De todas maneras la parcela sembrada a 0.5 m fue la más homogénea y la de menos problemas evidenciados. Por lo tanto podemos afirmar, que las densidades de siembra con relación a los crecimientos no están relacionados hasta la fecha, y que las diferencias se deben más al azar del monitoreo y a la topografía del sitio de siembra de cada subparcela. En la **Figura 29** se muestra el crecimiento promedio y las tasas promedio para las tres densidades de siembra.

Con lo registrado anteriormente, se concluye que el método de seguimiento es adecuado y refleja una mejor precisión sobre el valor calculado de crecimiento, pues al seleccionar en cada monitoreo un grupo de plantas al azar, permite incluir un número mayor de individuos, mientras que al selec-

cionar un grupo de plantas fijo para todos los monitoreos, se corre el riesgo de sesgar los resultados debido a la ubicación, “buena” o “mala”, a pesar de que la muestra sea numéricamente representativa.

Seguramente si los propágulos, hubieran sido sembrados en sitios con la misma topografía y bajo la misma acción del oleaje, nivel de inundación y firmeza del terreno, el resultado de crecimiento para cada una de las subparcelas, hubiese sido más homogéneo, similar a lo ocurrido cerca de estos sitios, con las plántulas provenientes del vivero.

Analizando otra parte del desarrollo, como es la morfogénesis o diferenciación de nodos, en la **Tabla 21** se registran los resultados, en donde se evidencia que en promedio las plántulas tenían 11.53 nodos

(324 días), a razón de 1,153 nodos formados por período o mes. La tendencia es la misma observada y analizada para las plántulas provenientes del vivero. Con relación a la densidad de siembra para las 3 subparcelas, se registró el mismo inconveniente de variabilidad, que para el incremento en altura por períodos, por tal motivo no se evidencia relación de la densidad de siembra con la aparición de nodos.

La ramificación se inició a partir del tercer período o 94 días y los nodos en donde se originaron la mayoría de las ramas correspondieron al quinto, cuarto y en menor cantidad al tercer período. Analizando la densidad de siembra, se registró que las plántulas a 0.5 m se ramificaron primero, seguidas de las de 1 m y por último las 2 m, situación que aparentemente sería contradictoria, pues las plantas tienden a ramificar pronto, cuando tienen más espacio alrededor, o por el contrario en densidades altas puede existir competencia por luz, lo que induce primero a un alargamiento del tallo con el fin de alcanzar los estratos altos. Sin embargo, consideramos que en el ensayo, para la fecha, no se evidencia esta situación y que por lo contrario los resultados estarían más asociados con los sitios particulares de cada subparcela y con los inconvenientes que igualmente afectaron el crecimiento y que ya fueron registrados para estas plantas y para las del vivero.

☛ **COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE LAS PARCELAS DE RESTAURACIÓN.**

Aunque para cada uno de los métodos de restauración ya se presentaron y se discu-

tieron los resultados registrados, a continuación se realizará un análisis comparativo, basado en los últimos registros de campo. En **Tabla 22** se presentan los promedios para la supervivencia y los promedios para los eventos del desarrollo.

La supervivencia para las PR (**Figura 30**), está asociada con las condiciones ambientales de cada uno de los sitios. En condiciones adecuadas como es el caso de la PR-5 y la PR-2, los dos sistemas de siembra, directa y plantas de vivero, fueron los más exitosos de todas las actividades de restauración.

Sin embargo, la siembra de plántulas de vivero sería la más adecuada, pues hasta la fecha para la PR-5 se registró una mortalidad total del 24%, de los cuales el 19% ocurrió en el vivero, por lo tanto si se compara con lo ocurrido en la PR-1, con plántulas de vivero de *Rhizophora mangle*, y con la PR-2, siembra directa de hipocótilos de la misma especie, esta sería un 7.66 y 27.64% mejor respectivamente. La diferencia con la PR-1, radicó en las condiciones ambientales negativas que caracteriza esta parcela y con la PR-2, en el sistema de siembra directa y sus inconvenientes ya registrados y analizados.

Las otras especies mostraron mortalidades mayores, pero igualmente fueron sembradas en desventaja de condiciones ambientales.

Los resultados obtenidos de supervivencia, para *Rhizophora mangle*, en las PR-1 (100% en vivero y 87.34 % en la plantación), PR-5 (81% en vivero y 95% en la plantación) y PR-2 (67.36% siembra directa), son similares a los registrados por diferentes autores, como **Cañón y Rodríguez (1994)**, quienes obtuvieron porcentajes de 80 y 67 % para

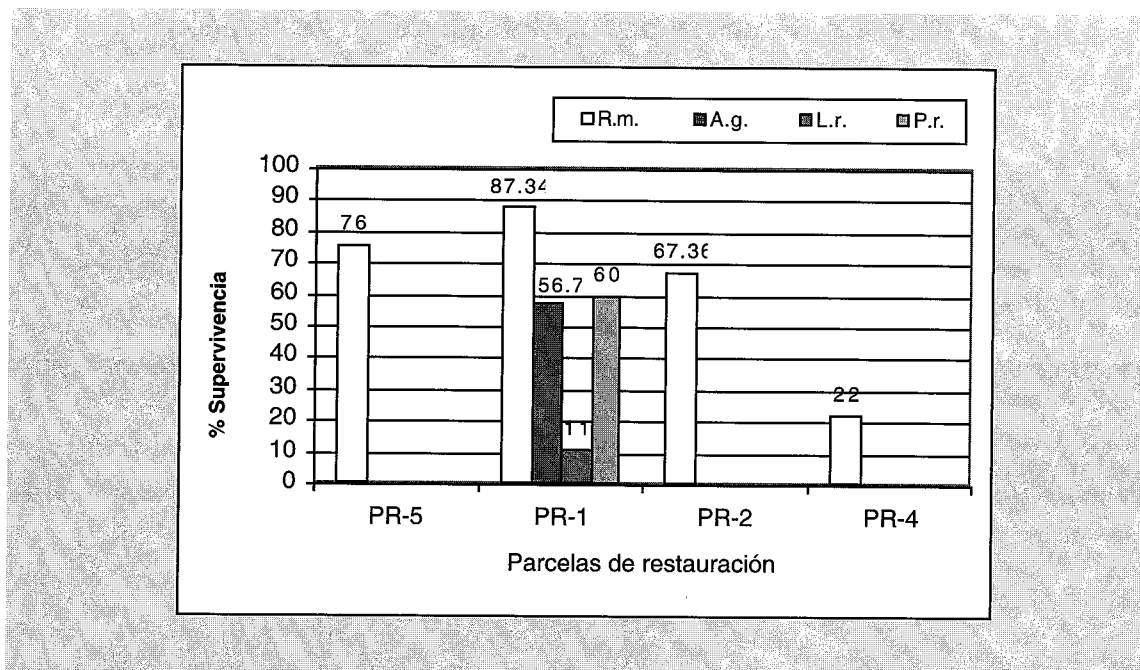


FIGURA 30. COMPARACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA DE CUATRO ESPECIES DE MANGLAR EN PARCELAS DE RESTAURACIÓN, 1998.

plántulas transplantadas con 2 y 4 hojas respectivamente, en un período de tiempo igual (300 días).

Qureshi (1990) en Pakistán, obtuvo en el mismo lapso de tiempo, supervivencias del 100 % en *R. mucronata*, regando diariamente con agua salobre. Para uno de los ensayos del vivero de Pasacaballos, con *R. mangle*, se obtuvo supervivencia del 100% regando con agua "dulce" y en la PR-5 esta misma especie registró un 4% de mortalidad, siendo estos resultados muy similares a los obtenidos con *Rhizophora mucronata* en Pakistán.

Para *Avicennia germinans*, no son muchos los trabajos realizados de siembra con plántulas procedentes de vivero; en la India (**Untawale, 1995**), con una especie similar *A. marina*, utilizando el mismo mé-

todo, obtuvo porcentajes de supervivencia de 80 - 90 %, con la diferencia que el sector donde se realizó el transplante no advertía tensores que influenciarán el desarrollo post-transplante, mientras que en nuestro caso el porcentaje de supervivencia fue del 56.25%, y básicamente se debió a los tensores presentes en la PR-1.

Con relación al desarrollo, la siembra directa de hipocótilos de *Rhizophora mangle*, en la PR-2, mostraron un crecimiento similar al registrado para las plántulas provenientes del vivero en la PR-5, Sin embargo, inicialmente éste fue mejor en el vivero, posteriormente en el sitio de siembra el crecimiento se homogeneizó, registrándose tasas acumuladas similares (PR-5 = 1.60 mm/día y PR-2 = 1.65 mm/días) y una variabilidad observada igualmente similar.

**TABLA 22. RESUMEN DEL ÚLTIMO MONITOREO REGISTRADO
PARA LAS PARCELAS DE RESTAURACIÓN (PR)
EN EL CARIBE DE COLOMBIA, 1998**

METODOS DE SIEMBRA		SIEMBRA DE PLANTAS DE VIVERO				SIEMBRA DIRECTA	
PARCELAS	PR-5 (324 DÍAS)		PR-1 (279 DÍAS)			PR-2 (324 DÍAS)	PR-4 (157 DÍAS)
ESPECIES	R. M.	R. M.	A. G.	L. R.	P. R.	R. M.	
SUPERVIVENCIA	76.00	87.34	56.25	11.00	60.00	67.36	22.00
CRECIMIENTO CM.							
PROMEDIO	52,37	36,81	42,67	24,47	33,30	50,00	9,95
D.S	15,75	8,41	9,44	4,55	2,64	13,59	3,47
C.V.	30,08	22,83	22,13	18,60	7,93	25,22	34,87
MÁXIMO	91,00	50,40	58,00	30,00	34,20	90,00	16,50
MÍNIMO	22,40	7,50	13,00	19,80	27,40	32,00	1,00
N	76,00	25,00	24,00	11,00	12,00	72,00	22,00
E.S.	1,81	1,68	1,93	1,37	0,76	2,78	0,74
TASA MM/DÍA							
PROMEDIO	1,60	1,43	0,39	1,47	1,07	1,4	0,56
D.S	0,52	0,33	0,06	0,27	0,08	0,42	0,29
C.V.	32,38	22,83	15,23	18,60	7,93	25,22	52,40
MÁXIMO	2,81	1,96	0,50	1,80	1,10	2,78	1,05
MÍNIMO	0,00	0,29	0,29	1,19	0,88	0,99	0,00
N	77,00	25,00	24,00	11,00	12,00	72,00	25,00
E.S.	0,06	0,07	0,01	0,08	0,02	0,09	0,06
N° DE NODOS							
PROMEDIO	9,59	8,08	10,83	8,82	18,00	11,53	2,95
D.S	2,01	1,23	1,65	0,94	0,83	1,61	0,88
C.V.	20,93	15,23	15,23	10,69	4,61	13,35	29,71
MÁXIMO	13,00	10,00	14,00	10,00	19,00	16,00	4,00
MÍNIMO	4,00	4,00	8,00	8,00	17,00	7,00	1,00
N	76,00	25,00	24,00	11,00	12,00	72,00	22,00
E.S.	0,23	0,25	0,34	0,28	0,24	0,34	0,19
N° HOJAS							
PROMEDIO	9,53	10,56	14,88	5,73	5,50	12,73	5,86
D.S	5,83	2,55	3,24	2,05	1,09	3,51	1,77
C.V.	61,20	24,12	21,81	35,88	19,81	27,65	30,11
MÁXIMO	18,00	14,00	21,00	9,00	4,00	20,00	8,00
MÍNIMO	0,00	2,00	7,00	4,00	1,00	0,00	2,00
N	76,00	25,00	24,00	11,00	12,00	72,00	22,00
E.S.	0,67	0,51	0,66	0,62	0,31	0,71	0,38

Las pequeñas diferencias registradas se debieron a los eventos fortuitos ocurridos en la zona, en donde se destaca una mayor predación parcial de la yema apical principal, causada por ganado vacuno, y que comprometió en mayor grado a las plantas de la PR-5. De todas maneras merece especial interés, el hecho de que las plántulas de la PR-2 presenten un mayor número de nodos y de hojas (12.04 y 12.73), con relación a las de la PR-5 (9.59 y 9.53), pues si bien es cierto, que las dos parcelas presentan crecimientos similares, estas diferencias podrían estar relacionadas con la metodología del monitoreo en la parcela PR-2 o con los eventos circunstanciales que fueron evidenciados *in situ* y registrados en el presente capítulo.

Con relación al crecimiento, **Qureshi (1990)** en Pakistán, al realizar trabajos con *R. mucronata*, registró alturas de 35.2 cm en un período de 270 días, similar al tiempo en el cual se obtuvo en último registro en el presente trabajo (240 días), con una altura de 36.8 cm, siendo la diferencia de menos de 2 cm (1.6 cm), en un lapso de tiempo de 30 días. En concordancia con **Untawale (1995)**, esto indica, que crecimientos similares se logran cuando las restauraciones se realizan bajo condiciones similares.

En lo referente al crecimiento obtenido para *Avicennia germinans*, se puede decir que el crecimiento a los 270 días (42.67 cm), es alto, al compararlos con el registrado por **Untawale (1995)** en la India (15-23 cm en 365 días), bajo condiciones óptimas.

De todas maneras no se descarta la idea de encontrar diferencias relacionadas con el método de siembra y con la densidad de la

misma, pues es posible que algunas de estas variantes, tengan influencia en los procesos de ramificados y/o en diferenciación de nodos y sus longitudes internodales, lo que implica que se requieren ensayos con abundantes series representativas, que permitan definir y caracterizar con suficiencia estos eventos.

Con relación a lo anterior, **Duke y Pinzón (1992)**, registran que la influencia de la densidad en el desarrollo del mangle sólo es notoria a partir del 4, 5 o 6 años de edad, para nuestro caso se considera que las diferencias se pueden dar antes de este tiempo para, *Rhizophora mangle*, si la siembra se realiza a altas densidades, 4 por m² o 50 cm de distanciamiento, pues al cabo de un año para la subparcela PR-2 se evidencia una leve diferencia, en cuanto el crecimiento y la ramificación, la cual puede ser significativa a los 2 o 3 años de edad.

De acuerdo a **Duke y Pinzón (1992)**, y **Soemodihardjo (1995)**, para *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*, la distancia entre nodos puede ser usada para determinar la edad o la influencia de factores abióticos, que por su magnitud y permanencia afecten negativamente el desarrollo. Este método de diagnóstico se convierte en una herramienta muy útil a partir del tercer año o cuando la planta complete su desarrollo, el cual está determinado con la primera fructificación viable.

Con relación a lo ocurrido en las parcelas PR-1 y PR-4, para *R. mangle*, las condiciones de estancamiento de aguas, temperaturas elevadas y niveles de salinidad altos, afectaron el crecimiento y la diferenciación, pues las tasas acumuladas de 1,43 mm/día

(279 días) y 0.56mm/día (157 días), están por debajo de las registradas para las PR-2 y PR-5 en los mismos períodos de tiempo, siendo la parcela del Caño Dago PR-4, la que registró los valores más bajos de crecimiento.

Esta muerte causada posiblemente por altas temperaturas, estuvo favorecida por el deficiente intercambio de aguas que se evidenció en las dos parcelas, pues en concordancia con lo registrado por, **Pannier (1959); Mc Millán (1974); Prah (1989/90); Cloug (1992); Siddiqi (1995)** y **Qureshi (1995)**, esta situación es letal para los propágulos de mangle.

Como información general y que compromete por igual a las parcelas PR-2 de siembra directa y PR-5 de siembra de plántulas de *R. mangle* provenientes del vivero, en el mes de julio de 1998 un año después de sembradas, se realizó una inspección en la zona, en donde se evidenció que aproximadamente el 40% de las plantas presentaban flores maduras y en botón. En todos los casos observados, las flores emergen de las ramas secundarias y terciarias, pero nunca

del tallo principal, situación que seguramente esta relacionada con la dominancia apical del meristemo principal. Las flores emergen cerca de los nodos más jóvenes, inclusive se observaron pequeños botones envueltos en las brácteas verdes y aun envolventes. Las inflorescencias se presentan como ramas pares, con dos botones florales cada una de ellas, en posición terminal, sin embargo, en una planta de 40 observadas, se evidenciaron 4 botones florales por cada rama o peciolo de la inflorescencia, o sea 8 flores por nodo.

Seguramente estas observaciones son importantes para conocer los eventos iniciales de la fenología de la especie, pues desde temprana edad se podrían implementar algunas prácticas de selección de individuos, con el fin de iniciar programas de mejoramiento, en el sentido de obtener líneas de alta productividad de semillas, que sirvan para planes de restauración y siembra de bosques comerciales entre otros. De todas maneras estas conjeturas son preliminares y requieren de otros estudios básicos, fundamentados en líneas de investigación más específicas con el tema.



3.

VIVERO

- **GENERALIDADES**
- **METODOLOGÍA**
- **RESULTADOS Y DISCUSIONES**
- **NOTAS BIOLÓGICAS**
- **COSTOS GENERALES**
- **CONCLUSIONES**





GENERALIDADES

De los viveros con especies de mangle, se conocen algunas referencias a gran escala en países como la India, Tailandia, Bangladesh, U.S.A, Pakistán etc., cuya implementación siempre está relacionada con actividades posteriores de restauración de ecosistemas, con objetivos específicos relacionados con el manejo silvicultural del manglar y con programas de conservación. En el capítulo de restauración del presente trabajo, se hace una reseña histórica sobre siembra de manglar, en donde las actividades de vivero hacen parte inicial de los respectivos planes o programas de restauración de zonas alteradas o de uso y aprovechamiento.

En el Caribe colombiano se han desarrollado trabajos principalmente orientados al aspecto estructural y ecológico del manglar; con referencia a viveros, la investigación se ha realizado de una manera esporádica y puntual. Sin embargo, a pesar de las limitaciones, esta área ha sido enriquecida por los trabajos de **Bohórquez y Prada (1986)**; **Cañon y Rodríguez (1994)**, quienes dentro de sus trabajos de restauración y repoblación utilizaron técnicas de vivero.

El montaje de un vivero es una de varias alternativas, para producir plantas permanentemente, ya que la disposición de la semilla en el bosque no es constante durante todo el año y en él se podrán tener plántulas viables para siembra en cualquier época del año. Además el hecho de involucrar a la comunidad en esta actividad, permitirá fomentar el trabajo en medidas de restauración o reforestación de manglar y de áreas continentales.

La situación económica de las comunidades que habitan y que dependen de las áreas de manglar es crítica y por tal motivo, es conveniente el fomentar actividades que conlleven a desarrollar una cultura del bosque, en donde la sostenibilidad de los recursos naturales sea la principal prioridad. En general todas las autoridades ambientales deberán fomentar y propiciar alternativas viables para minimizar la precaria condición socioeconómica de los manglares y disminuir, consecuentemente, el impacto negativo que puede ser causado por prácticas inadecuadas y carentes de planificación y estructura, en el uso y aprovechamiento de estos ecosistemas.

Es importante, que además de la sostenibilidad, las alternativas sean direccionadas a disminuir la presión que la comunidad hace

sobre los manglares, pues al parecer el número de personas dependientes del manglar va en aumento debido básicamente a la falta de alternativas para las generaciones recientes o por agotamiento de otros recursos naturales, causado por mal manejo en muchos casos o por la destrucción progresiva del hábitat. Un ejemplo claro de lo anterior, se puede evidenciar en la comunidad de Cispatá, en el Departamento de Córdoba, en donde el número de “mangleros” está aumentando, debido al reclutamiento de pescadores, “chiperos” y “ostreros”. Actualmente no alcanzan a obtener el sustento vital a partir de sus actividades tradicionales y por lo tanto el mangle se convierte en la única alternativa, principalmente por su enorme demanda.

A nivel investigativo, el vivero puede ser útil para realizar experimentos de reproducción, germinación, crecimiento y desarrollo, así como la propagación por estacas, acodado y otras técnicas de reproducción vegetativa.

El vivero tiene como uno de los fines principales, la unión de la comunidad frente a un problema social, económico y ambiental, teniendo en cuenta que gran parte de sus ingresos económicos se generan directamente de los manglares; por extracción de leña, elaboración de carbón, obtención de madera para la construcción y de algunos recursos hidrobiológicos, entre otras acciones. Por lo tanto, es indispensable involucrar a la comunidad en programas enfocados a mantener el recurso del cual viven, enseñándoles algunas técnicas y aprendiendo con ellos como cultivar y cuidar los manglares para recuperar áreas que ellos mismos aprovechan, y que en un futuro no muy lejano puedan ser utilizadas nuevamente.

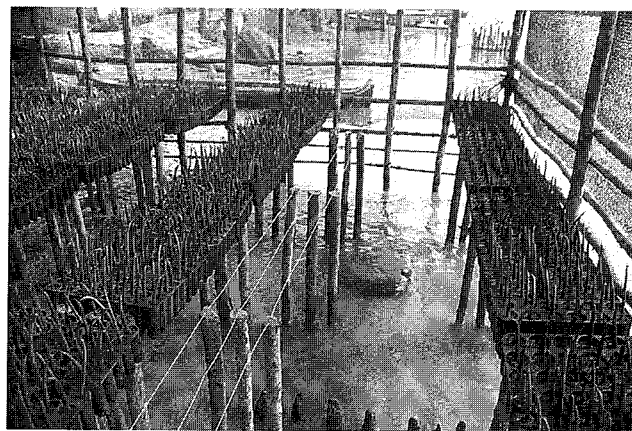


Los viveros a los cuales nos referimos más adelante fueron montados teniendo en cuenta, en primera instancia, una alta probabilidad de que miembros de una comunidad de mangleros adquiriera compromisos y se hicieran cargo del cuidado y mantenimiento de los mismos con la supervisión del Proyecto Manglares de Colombia y de la Corporación Autónoma Regional del Departamento. Se ha procurado que se proyecte hacia el futuro la posibilidad de obtener beneficios económicos, para la comunidad, por la venta de las plántulas a empresas o entidades públicas o privadas, que por alguna razón deben o quieren implementar programas de restauración. Por otra parte esta experiencia permitirá generar una alternativa para que aquellos beneficiarios de los productos forestales del manglar realicen jornadas tendientes a minimizar los impactos generados por las actividades extractivas en zonas de restauración, productoras o de uso múltiple.

La comunidad participó directamente durante todo el proceso de montaje de los viveros desde su construcción, recolección de la tierra, llenado de bolsas, y semilleros, recolección y selección de la semilla y cuidado de las plántulas, hasta la siembra definitiva.

Existen algunas zonas en donde no es posible la siembra directa de propágulos, pues la presencia de plantas invasoras, como el helecho “matatigre” (*Acrostichum aureum*) y la gramínea “enea” (*Thypha dominiguensis*), compiten de manera desigual por el espacio y terminan “ahogando” los propágulos. Otra situación en particular se presenta en zonas con inundación permanente y en donde el nivel es tan alto que los propágulos mueren al estar constantemente sumergidos en el agua. También

las zonas de inundación media, en donde el calentamiento diurno es superior a 40° C, se convierten en un factor limitante del desarrollo de propágulos de *Rhizophora mangle*, al producirse la muerte



por daño en los tejidos de los hipocótilos. Todas estas situaciones se pueden evidenciar en Cispatá (Antiguo Delta del Río Sinú, Departamento de Córdoba) y en la boca del caño Lequerica en la Bahía de Barbaças, Departamento de Bolívar.

METODOLOGÍA

En los Departamentos de Bolívar, Magdalena, Sucre y Córdoba se programó la construcción de viveros transitorios con la participación, y el conocimiento de las comunidades y apoyados en las técnicas utilizadas por varios autores y la asesoría por parte de los integrantes del Grupo Caribe del Proyecto Manglares de Colombia. Como ya se registró anteriormente, el fin de esta actividad fue la obtención de plántulas viables para la reforestación o restauración de zonas degradadas. Con esta actividad se incentivó la participación de la comunidad como objetivo clave de las experiencias piloto o programa de vivero.

La producción en los viveros de manglares establecidos, está determinada por ciclos y cada uno de ellos dura aproximadamente

2.5 meses (ej: para el vivero de Leticia, Canal del Dique, se tiene prevista una producción anual de 50.000 plantas aproximadamente). El tamaño de los viveros se diseñó teniendo en cuenta el área que

se va a restaurar en cada localidad.

En total, el Proyecto Manglares de Colombia, en el caribe, incentivó la construcción de seis viveros, dos en áreas de Parques Naturales y cuatro en zonas de manglar con la participación de las comunidades locales. La capacidad varía de acuerdo al tamaño del vivero y a la implementación de bolsa plástica o de canastas semilleras. Inicialmente se trabajó con bolsas plásticas, sin embargo, los beneficios técnicos y económicos de las canastas de conos justificó el cambio. La capacidad total por ciclo, de los seis viveros, es de 78.800 plantas que sembradas a una distancia de 1.5 m entre sí, alcanzarán para restaurar 17.5 ha. cada 2.5 meses aproximadamente.

Todos los viveros fueron construidos en estructura de madera de la región, tipo palafito, con techos de hojas de palma o de malla plástica denominada comercialmente polisombra del 70%, con el fin de proteger los propágulos o plántulas de las temperaturas y el brillo solar (altas temperaturas producen marchitez y muerte de propágulos o semillas). En su interior se organizaron mesones para colocar las bolsas y se tendieron cuerdas de alambre galvanizado N° 12, para colgar las canastas o semilleros. Para los dos

casos, bolsas y semilleros, se conservó una altura de 0.60 a 1 m desde agua o suelo, a los mesones o cuerdas, con el fin de evitar algunos predadores (**Fotos color**).

Para la siembra de los propágulos o semillas, se utilizó substrato que en la región es conocido como abono o cisco, el cual es material vegetal en proceso de descomposición, conformado principalmente por hojas, tallos juvenes y raíces. Este fue mezclado con suelo de textura franco, en proporción de peso de 70 % de material franco-limoso y 30 % del citado abono y posteriormente se procedió a llenar los conos de los semilleros o las bolsas plásticas.

SELECCIÓN DE SEMILLAS O PROPÁGULOS, MÉTODO DE SIEMBRA Y GENERALIDADES DE LAS ESPECIES DE MANGLAR SEMBRADAS.

Uno de los puntos importantes para la restauración, está relacionado con el origen y procedencia de las semillas, pues éstas deben provenir, preferiblemente, de árboles de buen porte o fenotipo y de buen estado sanitario, los cuales producen semillas aptas para la siembra. Se recomienda para las cinco especies de mangle, seleccionar semillas o propágulos de consistencia dura, y rechazar los arrugados, que generalmente son viejos y deshidratados. Igualmente se deben rechazar aquellos que presenten evidencia de daño físico, como orificios o predación parcial. La forma de sembrar y las especificaciones para cada una de las especies se registran a continuación, así como algunas características generales:

• **Rhizophora mangle:** El color del propágulo o hipocótilo debe ser verde oscuro y la punta de donde emergerá la “raíz” de color marrón. Su forma de lapicero que facilita la siembra directa, debe ser recta y la yema terminal desarrollada. Se deben rechazar los hipocótilos curvados y manchados. En el momento de la siembra se introduce verticalmente una tercera parte de su longitud total o la parte café (7 a 10 cm).

Esta especie posee raíces zancudas o fúlcreas con abundantes y grandes lenticelas que sirven como hábitat de fauna. La corteza de color gris claro a pardo oscuro, contiene sustancias astringentes llamadas taninos, las cuales, usualmente son extraídas y concentradas, para luego ser usadas en los procesos de curtición de pieles de vertebrados, pues al fijarse a las fibras protéicas de colágeno y elástina de la epidermis, ésta adquiere la propiedad de impudresible o curtidura, formando de esta manera el producto final llamado cuero. Su madera es de color rojizo y muy resistente.

Las hojas se agrupan apicalmente en internudos cortos, son simples y de disposición opuestas, de color verde oscuro lustroso. Las inflorescencias son simples, de 2 a 4 flores, de posición apical, péndulas y relativamente pequeñas, se caracterizan por tener cuatro sépalos los cuales son lanceolados, gruesos, carnosos, coriáceos y permanentes. Se presenta viviparismo.

En Colombia se le identifica con los siguientes nombres: Mangle rojo o colorado (costa Caribe colombiana); Mangle canillón (Antioquia y Chocó); Junna (Guajira) y Red mangrove (San Andrés islas).

• **Avicennia germinans:** Semillas de coloración marrón oscuro, con tamaños que oscilen entre 3,5 y 5,0 cm de diámetro y preferiblemente recogidas del suelo. Se siembra enterrando solamente la mitad de la semilla, con la precaución de que la parte enterrada corresponda al sitio de salida de la raíz. Se recomienda colocar dos semillas por bolsa o semillero, y en el caso que germinen las dos, hacer trasplante.

Sistema radicular superficial y dispuesto radialmente alrededor del tronco, formando estructuras de ventilación aérea llamadas neumatóforos, los cuales, dependiendo de los niveles de inundación pueden medir hasta 60 cm (Ej: Isla de Salamanca SPNN). La corteza es de color pardo oscuro y su madera es usada en la industria de la construcción y localmente como leña.

Hojas enteras y opuestas, de formas elíptica, oblonga o lanceolada, el haz es de color verde amarillento y el envés verde plateado y pubescente. Las Inflorescencias con flores opuestas y dispuestas en grupos terminales y sin pecíolo. Planta melífera y su polen es de alta calidad. El fruto es una cápsula ovalada y achatada en uno de los extremos. Se le conoce vernacularmente como: mangle negro, salado, iguanero, prieto y de humo (costa Caribe colombiana); mangle colorado y salado (Baja Guajira); Utta (Alta Guajira) y mangle siete cueros, salado (Magdalena)

• **Laguncularia racemosa:** Semillas de coloración marrón oscuro y preferiblemente recogidas del suelo, las cuales se siembran enterrando solamente la mitad de la semilla, con la precaución de que la parte enterrada corresponda al sitio de salida de

la raíz. Se recomienda colocar dos semillas por bolsa o cono de semillero, similar a *A. germinans*.

Sistema radicular poco profundo y dispuesto en forma radial, con neumatóforos agregados al tronco que salen de la raíz y luego se bifurcan en la superficie. Hojas simples, opuestas, enteras de aspecto suculento y pecioladas con tonalidades rojizas. En la base de la lámina foliar, cerca al pecíolo, se evidencian dos glándulas excretoras de sal a cada lado. Las inflorescencias están compuestas por flores pequeñas en forma de campana, con cinco pétalos de color blanco a verde claro, el fruto mide 20 mm de longitud, de forma comprimida y provisto de fuertes costillas.

Nombres comunes: Mangle bobo y comedero (costa Caribe colombiana); Mangle amarillo (Magdalena); Malii-walaa dulce (Alta Guajira); guatón, botoncillo, dulce, bobo y conchudo (Baja Guajira) y White mangrove, mangle blanco y botoncillo (San Andrés Islas).

• **Conocarpus erecta:** La coloración de las semillas, las cuales se agrupan en "piñitas", deben ser marrón oscuro, de fácil separación manual y cogidas del árbol. Debido a su baja viabilidad, se recomienda sembrar en germinadores o al voleo, aunque por referencias de mangleros, esta especie se reproduce con éxito por medio de estacas y rebrotes.

Las raíces en ocasiones presentan pequeños aletones y su madera es usada para construcción y postes de cercas, crece en terrenos arenosos y soporta condiciones de sequedad, es el mangle que alcanza menor

porte y es la única especie que presenta hojas alternas de forma elípticas con dos glándulas en la base. Los pecíolos son cortos y la lámina foliar es de color verde oscuro en el haz y el envés verde grisáceo. Las inflorescencias son globulares con flores pequeñas y sin pétalos, de color verde y muy olorosas, de sexos separados. El fruto maduro, de color castaño oscuro, está formado por 36 a 56 agregados en forma de piña y provistos de cámara de aire.

Nombres comunes: Mangle zaragoza (costa Caribe colombiana); Mangle negro (Alta Guajira); Mangle negro, zaragoza blanco (Baja Guajira); Mangle negro, button wood (San Andrés Islas).

- ***Pelliciera rhizophorae***: Las semillas deben sembrarse sin pericarpio o envoltura externa de la semilla y preferiblemente colocar una por bolsa de kilo. Se siembra enterrando solamente la mitad de la semilla, por el lado del espolón.

Raíces cónicas, formadas por contrafuertes parcialmente fusionadas o separadas por estrechos pliegues, cubiertos con lenticelas respiratorias. Es la especie de menor representatividad en la costa Caribe y se le conoce como mangle “piñuelo”. Hojas sésiles, oblanceoladas y agrupadas en manojos terminales, tienen una cutícula cerosa con un borde más ancho y provisto de restos glandulares dando aspecto aserrado. Las flores grandes, sésiles y solitarias, se desarrollan protegidas por dos brácteas de color rosado y tienen cinco sépalos. El fruto es relativamente grande, con un pericarpio flotante de color marrón rojizo y un espolón terminal.

MANEJO

Aunque el manejo del vivero es relativamente sencillo, se deben tener en cuenta como mínimo, las siguientes recomendaciones:

- Riego diario, preferiblemente con agua salobre, durante toda la fase de vivero. En temporada seca debe duplicarse el riego.
- Limpieza periódica de malezas, ó remoción de elementos extraños.
- Eliminación y remplazo de semillas y plántulas muertas.
- Monitoreo y registro periódico sobre el estado fitosanitario de las plántulas y de su desarrollo.
- Protección contra predadores y condiciones ambientales como vientos, lluvias e inundaciones.
- Mantener las condiciones de sombra apropiadas para evitar la insolación de las plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Con el fin de organizar la información obtenida en las diversas actividades relacionadas con los viveros comunitarios, a continuación se presentan los resultados de las labores realizadas. Se incluye el análisis para cada vivero, y una estandarización económica sobre los costos generales de esta actividad, así como algunos



aspectos biológicos relacionados con la viabilidad de semillas y morfometría de propágulos de *Rhizophora mangle* y supervivencia de plántulas bajo condiciones de vivero.

Teniendo en cuenta que los viveros se construyeron en las jurisdicciones de cinco Corporaciones Autónomas, Regionales, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORALINA, CORPOURABA y en áreas de los Parques Nacionales Naturales Corales del Rosario y San Bernardo en el Departamento de Bolívar, e Isla de Salamanca en el Departamento del Magdalena, los resultados se presentan por Departamento. En la **Tabla 23** se presenta la información general de los viveros, en donde se incluye la ubicación, la comunidad responsable, el tamaño y la capacidad de producción por ciclo de siembra, en semilleros de conos plásticos.

Los viveros fueron construidos después de desarrollar varias reuniones con la comunidad de mangleros de cada localidad, a las

cuales se les explicó de manera clara y sencilla, los objetivos del Proyecto y la importancia de estas actividades en el uso sostenible y manejo de estos ecosistemas. Posteriormente y de común acuerdo se firmaron y aceptaron compromisos entre las comunidades y el Proyecto Manglares de Colombia Grupo Caribe, que contemplaban todas las actividades operativas de los viveros y la siembra definitiva de sus correspondientes producciones, así como los aportes en mano de obra por cuenta de la comunidad y los incentivos económicos y de apoyo técnico por cuenta del Proyecto Manglares de Colombia y las Corporaciones Autónomas Regionales correspondientes.

Para las Corporaciones Autónomas Regionales, CORPOURABA en Apartadó y CORALINA en San Andres Islas, el Proyecto Manglares visitó estas zonas y aportó los materiales requeridos para la construcción de dos viveros comunitarios y que tendrán una producción aproximada de 15.000 plántulas por ciclo, cada uno de ellos.

TABLA 23. INSTALACIÓN DE VIVEROS TRANSITORIOS DE MANEJO COMUNITARIOS Y PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE MANGLAR POR CICLO DE 2.5 MESES EN CANASTAS SEMILLERAS

VIVEROS	UBICACIÓN- DEPARTAMENTO	RESPONSABLES	TAMAÑO (M)	PRODUCCIÓN DE PLANTULAS CADA 2.5 MESES
PASACABALLOS	CANAL DEL DIQUE – BOLÍVAR	COMUNIDAD	14 x 14	24.000
LETICIA	CANAL DEL DIQUE – BOLÍVAR	COMUNIDAD	10 X 5	7.000
ISLAS DEL ROSARIO	ISLA GRANDE – BOLÍVAR	PARQUE NACIONAL	4 X 4	4.000
BOCA CERRADA	LA BARCÉ - SUCRE	COMUNIDAD	10 X 7	12.000
LOS COCOS	SALAMANCA – MAGDALENA	PARQUE NACIONAL	4 X 4	7.000
CAÑO DE LOBO	CISPATÁ – CÓRDOBA	COMUNIDAD	14 X 12	24.000

La zona 5 en donde se desarrollaron actividades en este Departamento, corresponden a las localidades de Pasacaballos, Leticia e Islas del Rosario. En estos sitios se construyeron 3 viveros y la producción de ellos está siendo utilizada para desarrollar actividades de reforestación o restauración de áreas alteradas o deforestadas.

• **Viveros de Pasacaballos y Leticia**

Para el Proyecto Manglares de Colombia, el vivero de Pasacaballos se constituyó en el modelo básico para desarrollar esta línea de acción. Pues a partir de esta experiencia fue posible proyectar hacia los otros sitios, en donde se construyeron otros viveros, y aprender en conjunto con las comunidades de manglares, todos los pasos técnicos y administrativos para el buen desarrollo de esta actividad.

Inicialmente y como ejercicio académico, se estuvo pendiente de las actividades técnicas, su eficiencia y sus costos. Esta información sirvió para estandarizar posteriormente, el modelo de vivero que fue implementado en los otros sitios, en donde se destaca la organización de la comunidad y el costo y eficiencia, en cada una de las actividades involucradas.

• **Ubicación y Construcción:** Los viveros se construyeron en las localidades urbanas de Pasacaballos y Leticia, el primero quedó ubicado cerca a uno de los muelles de “canoas” o “chalupas”, en el costado nor-oriental del Canal del Dique; el otro vivero, el de Leticia, también está ubicado sobre el

Canal del Dique; y los dos son manejados por los manglares de la cooperativa AGRODIQUE, que habitan en las dos poblaciones.

El material utilizado para su construcción, fue extraído de la zona y se usó básicamente, madera de mangle de las 3 especies predominantes en la región. La razón de la ubicación del vivero en los pueblos, además de haber sido propuesta de la comunidad de manglares, está relacionada con el impacto positivo que se espera que tenga esta actividad, sobre la comunidad de Pasacaballos y sobre las comunidades que dependen directa o indirectamente de este recurso. Además, se esperaba que el vivero fuera visitado por la población estudiantil y por las comunidades, como de hecho ha ocurrido.

• **Producción:** Los viveros se diseñaron teniendo en cuenta que la producción de plántulas, debería alcanzar como mínimo para reforestar las parcelas experimentales de recuperación, posteriormente y debido al éxito de la actividad, la producción se aumentó y el vivero pasa hacer parte del Programa de Restauración, dentro de la línea de acción de Proyectos Productivos Piloto.

La producción de plántulas por ciclo fue, inicialmente, de 6.000 en bolsa de kilo, 10.000 en bolsa de medio kilo y finalmente, después de dos ciclos de producción, la capacidad se estableció en 24.000 plántulas, en semilleros plásticos de conos. Hasta mayo de 1998, los viveros produjeron 34.000 plántulas de mangle rojo *Rhizophora mangle* principalmente, las cuales han servido para sembrar 5 ha., incluyendo las parcelas

experimentales, y se está ejecutando un programa para restaurar 25 ha. más, en zonas alteradas y en playones aluviales en proceso de consolidación en las bocas de los caños Lequerica y Matunilla en la Bahía de Barbacoas. De las otras especies tan sólo se han sembrado de manera experimental algunas semillas de “mangle piñuelo” (*Pelliciera rhizophorae*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle bobo (*Languncularia racemosa*), con el fin de completar los ensayos propuestos en el proyecto y su correspondiente evaluación. (Esta información se presenta con más detalle en el capítulo de restauración).

▸ **Vivero de Islas del Rosario**

En la sede del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, en Isla Grande, en conjunto con los funcionarios del Parque se construyó un vivero pequeño con capacidad para producir 4.000 plántulas por ciclo, en canastas semilleras. La producción de este vivero será utilizada para restaurar pequeñas áreas de las islas y del norte de Barú.

☞ **DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA**

▸ **Vivero de los Cocos**

En el Parque Nacional Natural Isla de Salamanca, en el Departamento del Magdalena, se aprovechó la estructura de madera de un vivero anterior, en donde fueron instaladas 150 canastas (75 de 40 conos y 75 de 24 conos). La producción de este vivero es de 4800 plantas por ciclo, y las “cosechas” serán sembradas dentro del Parque, como parte del programa de res-

tauración de algunas zonas alteradas. Este vivero tiene un componente educativo, ya que su manejo y producción estará contemplado dentro del convenio que tiene el Parque, con los estudiantes de la carrera intermedia sobre Recursos Naturales del SENA de Barranquilla y su administración estará a cargo del Jefe de programa del Parque.

☞ **DEPARTAMENTO DE SUCRE**

▸ **Vivero de Boca Cerrada**

En el Departamento de Sucre, con la comunidad de mangleros de Boca Cerrada, se construyó un vivero en estructura de madera y con una capacidad para producir 12.000 plantas por ciclo. El material obtenido de esta actividad está orientado a restaurar 12.5 ha., de una zona cerca al caño Correa y ciénaga de Benítez principalmente.

En esta actividad participaron 17 mangleros, los cuales se encargaron de todas las actividades relacionadas con el vivero y la siembra definitiva. Además el mantenimiento y vigilancia estuvo bajo la responsabilidad de la comunidad.

☞ **DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA**

▸ **Vivero de Cispatá**

En caño Lobo, en la Bahía de Cispatá, se implementaron actividades de vivero, pues en la zona existen áreas degradadas que requieren ser restauradas.

Por solicitud de la comunidad de mangleros, y en concordancias con los objetivos del

TABLA 24. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS SOBRE LAS DIMENSIONES REGISTRADAS EN PROPÁGULOS O HIPOCÓTILOS DE RHIZOPHORA MANGLE PROVENIENTES DE ARROYO DE PLATA, BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR)

ESTADÍSTICA	LONGITUD TOTAL (CM)	DIÁMETRO MÁXIMO (CM)	PESO TOTAL (GR)
PROMEDIO	23.51	1.35	20.25
DS	4.59	0.148	6.33
CV	19.54	10.90	31.25
MÁXIMO	35.00	1.90	36.70
MÍNIMO	12.90	1.05	7.10
N	100	100	100

DS = desviación estándar; CV = Coeficiente de variación; N = Número de hipocótilos

Proyecto Manglares de Colombia, se construyó un vivero en la localidad de Caño Lobo con capacidad de producción de 24.000 plantas por ciclo. Este vivero es similar al de Pasacaballos en Bolívar, y también está dotado de bandejas semilleras de 40 y 24 conos. La producción será sembrada en zonas invadidas por el helecho “matatigre” (*Acrostichum aureum*).

NOTAS BIOLÓGICAS

Con el fin de conocer la viabilidad de las semillas utilizadas en el vivero y algunas características morfométricas de las mismas, fueron seleccionados 100 hipocótilos de *Rhizophora mangle* y 20 semillas de *Pelliciera rhizophorae*. Posteriormente entraron en el programa de investigación 72 semillas de *Avicennia germinans* y 100 semillas de *Laguncularia racemosa*. Todas las plántulas producidas fueron objeto de

un seguimiento mensual, inicialmente en el vivero y posteriormente en las parcelas de restauración 1 y 5.

MORFOMETRÍA DE PROPÁGULOS DE RHIZOPHORA MANGLE

De los 6500 hipocótilos seleccionados y recolectados en arroyo de Plata en la Bahía de Barbacoas y que posteriormente fueron sembrados en el vivero, se seleccionaron al azar 100 unidades, las cuales fueron marcadas y medidas en su longitud total, diámetro máximo y peso (**Tabla 24**). Posteriormente se monitorearon cada mes y se evaluó la supervivencia y el desarrollo en términos de crecimiento del tallo principal y la diferenciación, como aparición de hojas y nodos.



Hipocótilos : La longitud total, el diámetro máximo y el peso de los 100

hipocótilos de *Rhizophora mangle* sembrados inicialmente, fue en promedio de 23.51 cm, 1.35 cm y 20.25 gr respectivamente. Como se puede apreciar en la **Tabla 24**, de las tres mediciones, el diámetro máximo corresponde a la variable más homogénea de la muestra, pues su desviación estándar (0.148) y el coeficiente de variabilidad (10.9) relativamente bajos, así lo confirman. Teniendo en cuenta, que la longitud total y en mayor magnitud, el peso total de los hipocótilos, registran una dispersión más amplia, se puede decir, que el diámetro máximo es la variable menos dependiente de la longitud y el peso. De las tres variables las que más se correlacionan son las de mayor dispersión y por lo tanto las de mayor variabilidad (**Figura 31**).

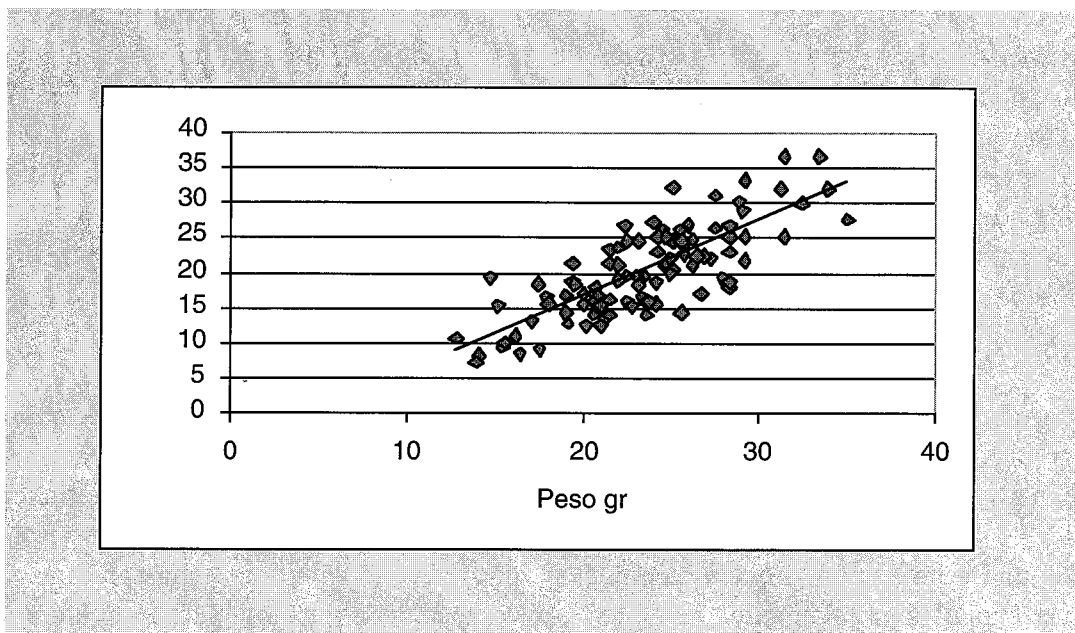
Un análisis sencillo sobre correlaciones, confirmó lo expuesto anteriormente, para el

cual la longitud/peso (0.789) versus longitud/diámetro (0.167) se ajusta o se correlaciona en 62.2% mejor a los datos. Otras pruebas estadísticas como el r^2 (0.622) y la correlación de Pearson (0.778), también confirman el presente análisis.

En la **Figura 31** se evidencia mejor esta comparación, de la cual finalmente se puede concluir que en el 79 % de los hipocótilos recolectados en Arroyo de Plata, el peso y la longitud total están correlacionados y que la línea de tendencia correspondería a la ecuación de una recta.

Lo anterior puede tener aplicación en la caracterización de los diferentes ecosistemas de manglar, pues a través de estas mediciones y su análisis comparativo con otros ecosistemas, es posible que se puedan determinar ciertos grados de variabilidad geográfica en

FIGURA 31 . CORRELACIÓN LONGITUD/PESO DE PROPÁGULOS DE RHIZOPHORA MANGLE. ARROYO DE PLATA-BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR).



cuanto al tamaño y peso de los hipocótilos de *Rhizophora mangle*. También, es posible determinar diferencias entre áreas de manglar al asociar estos resultados con las condiciones ambientales prevalecientes (salinidad, intensidad lumínica, pH, temperatura, precipitación, entre otros factores), pues se sabe que muchas de estas condiciones físicas, son factores activos en los procesos ecofisiológicos de los manglares, modificando en muchos casos el tamaño de sus estructuras. (Pinto-Nolla *et al.*, 1995)

Relacionado con lo anterior, el monitoreo continuo del tamaño de los hipocótilos entre otros, posiblemente nos pueda ayudar indirectamente a detectar cambios físicos en el ambiente, aspecto que sería indudablemente útil para el manejo del manglar, pero desde luego se requiere de futuros análisis basados en abundantes series representativas, para poder definir suficientemente, tanto la variabilidad geográfica, como la caracterización de áreas de manglar y la función como bioindicador.

• **Supervivencia de hipocótilos y plántulas:** Los 100 propágulos seleccionados, fueron sembrados en el vivero el 10 de julio de 1997 y posteriormente después de 78 días de permanencia en el vivero, las plántulas fueron medidas, transportadas y sembradas en un playón cerca del caño Lequerica.

La mortalidad total, ocurrida en propágulos y plántulas de “mangle rojo”, durante la permanencia en el vivero fue del 19%, de los cuales, el 9% está relacionado directamente con un hecho fortuito y que a continuación se explicará ampliamente.

El 26 de septiembre se registró la última medición en el vivero y se evaluó la supervivencia hasta esta fecha, la cual fue del 81%. Este mismo porcentaje puede ser aplicado a la totalidad del vivero, en donde aproximadamente el 9% de la mortalidad fue causada por la actividad predatora de una larva de “cucarrón” de la familia Scarabaeidae, que se alimenta de la zona “subterránea” del hipocótilo sembrado, produciendo muerte de la plántula y que se puede evidenciar inicialmente en los individuos que no presentan desarrollo, o en aquellos en donde el desarrollo es mínimo y significativamente diferente a la mayoría de las plántulas sanas.

Un muestreo general, en 120 hipocótilos o plántulas que no evidenciaban desarrollo, o, si lo presentaban, se refería a la presencia de brotes, o en el mejor de los casos del primer par de hojas, dio como resultado que los hipocótilos o plántulas “atacados” en el vivero presentaban “enanismo”, y por el tipo de daño, su muerte era predecible.

En el 95% de los casos analizados se evidenció una larva o una pupa por planta o bolsa y se colectó material biológico que incluyó larvas de diferente tamaño y por lo tanto en diferentes etapas del desarrollo. Así mismo se colectaron individuos iniciando la etapa pupal e individuos en pupa, los cuales se encontraban en sus respectivas cámaras pupales.

Al parecer la presencia de estos insectos estuvo favorecida por las condiciones del vivero, ya que las plántulas siempre fueron regadas con aguas del Canal del Dique (salinidad cercana a ‰). Al parecer éstas son condiciones apropiadas para la proliferación

de estos escarabajos, ya que son comunes en suelos continentales en donde la influencia de aguas marinas es nula. Estos individuos no se pueden considerar como plagas naturales de los hipocótilos de *Rhizophora mangle*, pues su presencia obedece más al manejo del vivero con agua "dulce", por lo tanto estos "cucarrones" podrían ser considerados como oportunistas o plagas secundarias. De todas formas se debe tener en cuenta para actividades de vivero con *Rhizophora mangle*, el hecho de detectarlos solamente por disminución en el crecimiento y desarrollo, puede causar pérdidas de mayor magnitud, al no ser evidenciados oportunamente.

Con relación al otro porcentaje de mortalidad (10%), no se observó desarrollo en los hipocótilos, pero en cinco individuos se apreciaron orificios o perforaciones. Con relación a lo anterior, vale la pena hacer mención de una situación que se presentó cuando se hizo la selección de las semillas de *Rhizophora mangle*, pues de 6.500 hipocótilos recolectados del suelos y revisados, el 25% (1.600), presentaban infestación por *Coleoptera*, que de acuerdo con el material biológico recolectado (Pupas, larvas, adultos y mudas), el cucarrón pertenece a la familia *Scolitydae*. También vale la pena resaltar, que en algunas galerías se encontraron hormigas "monas", que de acuerdo a sus hábitos alimentarios carnívoros, podría tratarse de un controlador natural de estos cucarrones en estado de huevo o pupa. **(Fotos color)**

Para predadores de hipocótilos de "Mangle rojo" (*R. Mangle*), varios autores registran plagas que afectan estas estructuras reproductivas. **Colin (1992)** registró para Indo-

Malaysia, la actividad del taladrador de pro-págulos de *Rhizophora ssp.*, *Poecellis Fallasx*, que también pertenece a la familia *Scolyti-dae (broca)* y cuyo tratamiento sugerido por este autor, se refiere al secado con aire durante 7 a 14 días antes de la plantación.

Los hipocótilos afectados por estos insectos tienen baja viabilidad y deben ser rechazados, pues al observar *in situ* el daño, éste se caracteriza externamente por la presencia de un orificio no mayor a 2 mm de diámetro. Dicho orificio se comunica con el interior del hipocótilo, en donde se evidencian galerías o daño total o parcial del tejido central, el cual está compuesto en su mayoría por células del xilema y parénquima de reserva, con gran contenido de almidón y que sirve de alimento para estos insectos.

Teniendo en cuenta el daño físico del hipocótilo, el movimiento de la savia bruta hacia los sitios de síntesis (hojas y partes verdes), está parcial o totalmente interrumpido, lo que produce, inicialmente, y en el mejor de los casos, plántulas débiles y con deficiente crecimiento, posteriormente la plántula muere por falta de nutrientes.

• **Desarrollo:** En cuanto al desarrollo de las plántulas de *Rhizophora mangle*, durante los 78 días de permanencia en el vivero, se observaron cambios de tamaño y forma, los primeros cuantificables. Estos serían los que corresponden al crecimiento, mientras que los segundos o cualitativos, que acompañan a nuevas propiedades morfológicas y funcionales, estarían dentro del ámbito de la diferenciación o morfogénesis.

El crecimiento acumulado para *Rhizophora mangle*, fue en promedio de 21.77 cm,

TABLA 25. COSTO TOTAL DE LOS VIVEROS TRANSITORIOS INSTALADOS POR LA COMUNIDAD Y EL PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA - GRUPO CARIBE ENTRE 1997-1998

LOCALIDADES	(M)	(PLÁNTULAS)	\$	\$	\$	\$
			MATERIALES	M. OBRA	SEMILLEROS	TOTAL
LETICIA	10x5 M	7.000	300.000	300.000	800.000	1.400.000
PASACABALLOS	14x14 M	24.000	600.000	500.000	2.900.000	4.000.000
BOCA CERRADA	7x10 M	12.000	200.000	550.000	1.500.000	2.250.000
CISPATÁ	12x14 M	24.000	200.000	850.000	3.000.000	4.050.000

con una tasa acumulada de 2.79 mm/día. Durante este período (78 días), se registró el mayor crecimiento de las plántulas durante el primer año de vida, debido a las reservas del hipocótilo, como principal fuente. Con relación a la morfogénesis o diferenciación se contabilizaron en promedio 2.85 nodos y 5.57 hojas por planta, lo que deja entrever, que hubo una defoliación promedio 0.14 hojas por planta, ya que por cada nodo emergen 2 hojas opuestas. Aunque no se cuantificó, la defoliación seguramente estuvo asociada con los ataques de los escarabajos (*Coleoptera*), pues en las observaciones posteriores, cuando no se detectó la presencia de estos predadores, la defoliación observada era cercana a 0. Este tema será tratado con mayor profundidad, en la línea de acción relacionada con restauración, en donde además se comparan éstos y otros desarrollos correspondientes a las diferentes parcelas experimentales.



COSTOS GENERALES

Como ya se mencionó, el vivero de Pasacaballos fue el que proporcionó toda la información básica sobre los costos de esta actividad, en los cuales se incluye la construcción del vivero y todas las actividades relacionadas con la siembra y posterior trasplante de plántulas.

Los viveros fueron construidos por la comunidad de mangleros de cada localidad. Los costos de esta actividad incluyen materiales como madera, puntilla, grapas, alambre, malla, tela polisombra, canastas o bandejas semilleras y mano de obra. **(Tablas 25 y 26)**

Una vez construido el vivero, las actividades se pueden dividir en dos fases, una de vivero propiamente dicha y la otra de siembra en el campo. El valor calculado

para estas dos fases se derivan de la experiencia que se obtuvo en la primera etapa del vivero, en donde se tuvo e cuenta de manera especial el número de jornales diarios por actividad, los cuales fueron convertidos en dinero, incluyendo un porcentaje aproximado del 120% como ganancia o incentivo, el cual está condicionado a la eficiencia y a la calidad del trabajo realizado, pues el compromiso de la comunidad es el de entregar las plántulas de óptima calidad y sembradas en el sitio definitivo (Tabla 26).

Con el fin de implementar este modelo con las otras comunidades de mangleros y en aquellos sitios en donde se desarrollaron actividades de vivero, la experiencia se estandarizó y su aplicación ya fue comprobada, pues bajo este esquema se están desarrollando las actividades de los Viveros de Pasacaballos y Leticia en Bolívar, Boca Ce-

rrada en Sucre y Caño de Lobo Cispatá en Córdoba. A continuación se presenta de manera general una estandarización de un programa para restaurar 25 ha, utilizando para este fin 120.000 plántulas en total, distribuidas en 5 ciclos de producción.

• **Descripción:** En las cuentas anteriores no se incluyen los gastos por transporte, pues éstos varían con la distancia para la recolección de abono, semillas y plántulas al sitio de siembra y personal para todas estas actividades. Para el caso de Pasacaballos el costo total del transporte por ciclo fue de \$ 2.000.000 a razón de \$50.000 por desplazamiento de 50 km.

• **Análisis general:** De acuerdo al esquema anterior, si participan los 25 mangleros por igual, cada uno tendría 7.8 jornales por ciclo (\$ 62.400) o 39 jornales para todo el

TABLA .26 ESTANDARIZACIÓN PARA UN CICLO DE PRODUCCIÓN DE 24.000 PLÁNTULAS DE RHIZOPHORA MANGLE. PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA GRUPO CARIBE ENTRE 1997-1998

UN CICLO DE PRODUCCIÓN PARA 24.000 PLÁNTULAS	JORNAL POR ACTIVIDAD	NETO \$8.000/JORNAL	NETO MÁS GANANCIA DEL 120%
FASE DE VIVERO			
400 BULTOS DE ABONO	30	240.000	528.000
24 BULTOS DE SEMILLA	24	192.000	422.400
LLENADO E INST. DE LOS SEMILLEROS	8	64.000	140.800
SIEMBRA EN LOS SEMILLEROS	8	64.000	140.800
TOTAL FASE VIVERO	70	560.000	1.232.000
FASE DE SIEMBRA			
PREPARACIÓN DE TIERRAS	20	160.000	352.000
SIEMBRA EN EL CAMPO	100	800.000	1.760.000
TOTAL FASE DE SIEMBRA	120	960.000	2.112.000
TOTAL PRIMER CICLO	190	\$1.520.000	\$3.344.000

programa (\$ 312.000). Como se puede apreciar esta cifra sería muy baja y tan solo representaría el costo real de la siembra, sin tener en cuenta una ganancia por la actividad. Como la idea es que el programa se convierta en un “negocio” para la comunidad, se podría incentivar con una ganancia del 120% sobre los jornales trabajados, lo que representaría para el proyecto un gasto de \$ 17.160.000 para reforestar 25 ha., con la siembra de 120.000 plantas, sin tener en cuenta el transporte de recolección de abono y semilla, transporte de personas en la adecuación de las áreas a recuperar, transporte de plantas desde el vivero al sitio definitivo y transporte del personal en la siembra, el cual debe estar cerca de \$10.000.000, incluyendo actividades de coordinación y administración.

Para los mangleros participantes un aumento del 120%, equivaldría a \$704.000 totales/persona o 88 jornales para todo el programa o los cinco ciclos de producción, esta cifra puede aumentar en beneficio de los mangleros, si el número de ellos es menor de 25 y también, si las actividades son más

eficientes y rápidas. Aunque la cifra no es alta, muy probablemente representaría una cuarta parte de los gastos mínimos para el año, de todas maneras, la idea es colaborar con la comunidad y sobre todo hacer que las actividades de vivero se conviertan en alternativas duraderas.

Para este último fin se piensa, de manera paralela, desarrollar las actividades con “ceiba roja” y otras especies forestales, para siembra en áreas continentales y seguir promoviendo con entidades oficiales y privadas la implementación de estas actividades. **(Tabla 27 y 28)**

Este mismo esquema se presentó a la comunidad de Boca Cerrada en Sucre, para producir 60.000 plantas, y a la Asociación de Mangleros de San Onofre en Córdoba para la producción de 120.000 plantas. Las dos partes estuvieron de acuerdo, y las actividades se iniciaron inmediatamente. Basados en lo anterior se calculó el costo de producción de una planta y su posterior siembra en donde se incluye una ganancia aproximada del 120%.

TABLA 27. COSTOS DE LAS FASES DE VIVERO Y DE SIEMBRA, POR PLANTA Y POR SIEMBRA. PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA — GRUPO CARIBE ENTRE 1997 Y 1998

FASE DE VIVERO		FASE DE SIEMBRA	
SUBSTRATO POR PLANTA	\$ 22,00	SIEMBRA EN EL CAMPO	\$ 73,3/PLANTA
SEMILLA VIABLE	\$ 17,60	TRANSPORTES TOTALES	\$ 83,4/PLANTA
		INCLUYE SEMILLAS, ABONO, PLANTULAS Y (PERSONAL)	
LLENADO DE CADA CONO	\$ 5,86		
SIEMBRA DE SEMILLA	\$ 5,86		
TOTAL PLÁNTULA	\$ 51,2	TOTAL SIEMBRA	\$ 156,6/PLANTA

CONCLUSIONES

El Proyecto Manglares de Colombia Grupo Caribe ha apoyado la construcción de seis viveros, de los cuales 4 son de carácter comunitarios y 2 como apoyo a las labores desarrolladas en áreas de Parques Nacionales Naturales. La implementación de viveros ha resultado ser una buena alternativa para el Proyecto, pues además de producir material para los programas de restauración, ha servido como punto de integración entre la Comunidad de Manglares y los integrantes del Grupo Caribe, convirtiéndose esta actividad en una alternativa real como parte del Proyecto Productivo Piloto.

El caso más claro lo tenemos con el vivero de Pasacaballos, pues inicialmente casi todas las actividades fueron dirigidas y manejadas por los integrantes del Proyecto, pero siempre fueron acompañadas con actividades de capacitación técnica hacia los

manglares, la cual aunque no fue formal, si fue efectiva y real. Siempre se habló con ellos sobre la importancia de que además de aprovechar el recurso, podrían desarrollar actividades encaminadas a la restauración de zonas degradadas, tanto de los ecosistemas de manglar como de otras zonas continentales. En la actualidad la comunidad está en la capacidad de proponer proyectos de restauración, a partir de plántulas producidas en vivero, pues las actividades quedaron bien definidas y los costos ajustados, de tal forma que genere el costo de la mano de obra implementada y una ganancia extra por la actividad, convirtiéndose de esta manera en un negocio para la comunidad.

Los "frutos" son pequeños hasta el momento, pero se proyectan como actividades importantes para el futuro inmediato, todo esto dentro de un "clima" de optimismo y cordialidad y con la participación de las autoridades ambientales como CORPAMAG, CARDIQUE, CVS y CARSUCRE y algunos

TABLA 28. COSTOS TOTALES DE UNA HECTÁREA SEMBRADA A PARTIR DE PLÁNTULAS DE RHIZOPHORA MANGLE PRODUCIDAS EN VIVERO. EL COSTO VARÍA CON LA DENSIDAD O DISTANCIA ENTRE PLANTAS, TRANSPORTES Y DE LA PREPARACIÓN DEL SITIO

DISTANCIA	DENSIDAD	PLÁNTULAS	\$ PLÁNTULAS / HA.	\$ SIEMBRA / HA.	TRANSPORTES Y	TOTAL \$/HA.
ENTRE PLANTAS (M)	/M	/ HA	(\$51,2/UNI.)	(\$73,3/UNI.)	PREPARACIÓN \$/ 1 HA.	
0.5 x 0.5	4	40000	2.048.000	2.932.000	3.424.000	8.404.000
1 x 0.5	2	20000	1.024.000	1.466.000	1.756.000	4.246.000
1 x 1	1	10000	512.200	733.000	922.000	2.167.200
1.5 x 1	0.66	6666	341300	488.618	643.945	1.473.862
1.5 x 1.5	0.43	4357	223.078	319.368	451.374	993.820
2 x 1.5	0.33	3300	168.960	241.890	363.220	774.070
2 x 2	0.25	2500	128.000	183.250	296.500	607.750

sectores privados como las ONG's, BIOSFERA y Planeta Azul. Con relación a lo anterior, vale la pena resaltar dos hechos importantes. El primero tiene que ver con la producción de 5.000 plantas por cuenta propia de los mangleros de AGRODIQUE, que fueron vendidas a BIOSFERA, a razón de \$200 unidad y que fueron utilizadas en la restauración de una área, en las instalaciones de ECOPETROL en la zona industrial de Mamonal, en Cartagena (Bolívar).

Si tenemos en cuenta que producir estas plantas tiene un costo de aproximadamente \$ 51, de acuerdo al esquema desarrollado por el Proyecto, la venta de estas plántulas estaría generando una ganancia neta mayor al 200%. Es posible que este porcentaje sea un poco menor, pues el análisis económico es elemental y no considera otros valores como la depreciación del vivero y el lucro cesante de mantener 2 o 3 meses las plántulas en el vivero. De todas maneras la ganancia sigue siendo considerable y lo que mejor se puede concluir de lo anterior, es que los mangleros de AGRODIQUE, manejan en la actualidad los costos de producción y administración y toda la operación técnica del vivero.

La segunda experiencia con este vivero, fue un contrato que ellos consiguieron, pues ya se habla en la zona, de AGRODIQUE como una agrupación organizada y en capacidad de producir plántulas de mangle a partir de vivero y posteriormente siembra de las mismas en sitios alterados o en zonas de enriquecimiento de ecosistemas manglárlicos.

Con relación a esté último aspecto, la ONG Planeta Azul, contrató a la cooperativa de AGRODIQUE para refo-



restar una zona cercana a la boca del caño Lequerica, para tal fin y como iniciativa propia de la comunidad, construyeron otro vivero idéntico y con la misma capacidad, para poder dar cumplimiento al compromiso que ellos adquirieron. Esta actividad generó algunos días de trabajo y una ganancia aproximada de \$ 3.000.000 para la comunidad.

Al parecer la actividad de vivero, se perfila como la mejor alternativa para algunas comunidades de mangleros, pues se pudo detectar la viabilidad y facilidad para vincular a estas personas en programas de restauración, apoyados por el sector industrial privado y por las entidades ambientales del país. Sin embargo, esta situación debe ser objeto de un análisis más profundo y de una gestión más agresiva. En charlas con los directivos de CARDIQUE y CARSUCRE, ellos manifestaron la buena intención de vincularse en programas de restauración de ecosistemas de manglar, con la participación de la comunidad.

Con relación a lo anterior se debe tener en cuenta, que las actividades de vivero, además de estar encaminadas en la restauración de áreas de manglar, tienen un componente definitivo para el Proyecto Manglares de Colombia, pues la idea que ha surgido últimamente es la de diversificar el vivero, en donde la producción comercial de especies para reforestar zonas continentales, se convierta en una de las principales actividades y alternativas de la comunidad.

Para este último punto ya se inició con la semillas de "ceiba tolua" (*Bombacopsis quinata*), y en menor cantidad de "melina" (*Gmelina arborea*), las dos especies

son bien conocidas y se cuenta con los conocimientos técnicos básicos para su manejo en todas los niveles, desde vivero hasta la siembra y posteriormente el manejo de rodales. Además, el Proyecto cuenta, con la asesoría técnica por parte de los profesionales de Monterrey Forestal, quienes donaron semilla para producir aproximadamente 40.000 árboles de estas especies y que muy seguramente estarán dispuestos a seguir colaborando con el Proyecto.

En resumen, en la medida “que los manglares, además de restaurar zonas de manglar, aprendan a sembrar bosques continentales y que a través de su organización

establezcan estas actividades como negocios lucrativos del cual puedan obtener ingresos, que les permitan una mejor condición socio-económica y también, se podrá encaminar a la comunidad en la cultura del bosque con el fin de crear conciencia y demostrar el valor económico que pueden representar estos ecosistemas”. Si se lograra establecer esta “idea”, los viveros serían la mejor opción, hasta el momento, de la línea de acción relacionada con el Proyecto Productivo Piloto, pues además de fomentar la formación de bosques en general, le disminuiría presión a los manglares, y estos ecosistemas, desde el punto de vista biológico, serían los más beneficiados.



4.

MONITOREO DE AGUAS DE MANGLAR

- GENERALIDADES
- METODOLOGÍA
- RESULTADOS
- SÍNTESIS



MONITOREO DE AGUAS DE MANGLAR



GENERALIDADES

La mayoría de las actividades del desarrollo humano involucran una serie de aspectos que influyen sobre los ecosistemas naturales terrestres y acuáticos, casi siempre de manera negativa, alterando la dinámica natural de los mismos debido a la modificación de sus procesos ecofisiológicos. De manera consecuente, y en el mejor de los casos, los sistemas responden a estas acciones adaptando su funcionamiento a las condiciones que el medio ofrece.

Una de las formas de prever y minimizar alteraciones sobre los sistemas naturales y tomar las medidas correctivas, consiste en el diseño y puesta en marcha de un sistema de monitoreo sobre aquellos parámetros físicos, químicos o biológicos que determinan estos procesos.

“Los Programas de monitoreo permiten definir, si la capacidad ambiental de un ecosistema se está superando, o contrariamente, los tensores están siendo asimilados adecuadamente por éste” y tal vez por esta condición, “su implementación puede darse para observar la recuperación de ecosistemas deteriorados” (Ramírez-González y Viña-Vizcaino, 1998).

Por estas razones, el monitoreo constituye una herramienta muy útil para las autoridades ambientales, en lo concerniente a la evaluación de viabilidad ambiental de proyectos de desarrollo, con el soporte de una base de datos sólida sobre los factores que inciden positiva o negativamente en el funcionamiento de los ecosistemas de su jurisdicción. Así mismo, también permite obtener mayor conocimiento sobre las condiciones hidrológicas, edafológicas y climatológicas a nivel local, con el objeto de fomentar el uso y manejo de los recursos de manera sostenible.

En estos términos un programa de monitoreo, en áreas de manglar, debe abarcar la mayor cantidad de información técnica y logística de los ejecutores a nivel regional, involucrando el control de la calidad de las aguas, la flora, la fauna y los suelos en forma representativa. En el programa deberá tenerse en cuenta incluir aquellas zonas que presenten características tales como: intervención, degradación, canalización o drenaje, hipersalinización de suelos o de cuerpos de agua, sedimentación, tala masiva, vertimiento de sustancias peligrosas o nocivas (tóxicos, aceites, derivados de petróleo, entre otras); así como también, con el fin de comparar y contrastar, se deben incluir aquellas zonas de manglar que exhiban gran

desarrollo estructural, poca intervención o se constituyan en áreas de reserva genética y de importancia ecológica (v.g. protección de litoral, amortiguador de inundaciones, regulador de la calidad de los suelos y fuente de recursos pesqueros, entre otras).

La Resolución 257 de 1997 expedida por el Ministerio del Medio Ambiente y sustentada en el Plan de Acción Inmediata, elaborado por el Proyecto Manglares de Colombia, genera la necesidad de crear mecanismos de control sobre las áreas de manglar del territorio nacional, enfocado a posibilitar un uso y manejo adecuado de estos sistemas bajo la supervisión y control de las autoridades ambientales. Adicionalmente encarga a las Corporaciones Autónomas Regionales CAR's y de Desarrollo Sostenible CDS's, el compromiso de realizar el monitoreo de control de calidad de aguas, flora, fauna y suelos; contemplando para las primeras variables, la salinidad, el pH, el oxígeno disuelto, la temperatura, los cambios en los niveles de agua, la erosión, la sedimentación, el flujo laminar y los procesos geomorfológicos.

El presente documento registra algunos conceptos básicos, desde el punto de vista ecológico, que pueden servir como parte del sustento técnico en la ejecución del programa de monitoreo de calidad de aguas, así como también, pueden apoyar a los funcionarios de las diferentes autoridades ambientales, para la toma de decisiones a nivel regional.

En el mismo sentido, se pretende brindar a las instituciones apoyo en la formulación y ejecución de los programas de monitoreo, lo cual inicia a partir de trabajos en campo en forma conjunta, entre el



Proyecto Manglares de Colombia, CAR's y CDS's, que permitan a los funcionarios de las corporaciones conocer la dinámica de trabajo en campo, así como también, la justificación de las acciones que se ejecutaron en forma paralela con las líneas de acción de la Segunda Fase, Etapa I del Proyecto.

Con el inicio de la Fase II (Etapa I) del Proyecto, a partir de junio de 1997 se realizaron monitoreos físico-químicos, en "aguas" de manglar con periodicidad mensual, en 15 Parcelas Permanentes de crecimiento (PPC) y 4 Parcelas de Restauración (PR), además, de algunos registros aislados en varias zonas de manglar que permitieran identificar nuevos puntos de trabajo, especialmente para planes de restauración. Para las 10 PPC instaladas en 1996, los registros fueron trimestrales.

Aunque, en consideración al tiempo y al espacio de cobertura, el Proyecto Manglares de Colombia inició labores de monitoreo con solo cuatro de las principales variables que tienen incidencia en el funcionamiento de los ecosistemas de manglar, no obstante en la **Tabla 29**, se presentan algunos de los aspectos ideales que podrían incluirse en un programa completo de monitoreo de áreas de manglar.

METODOLOGÍA

Con el fin de caracterizar *in situ*, el comportamiento temporal de algunas variables ambientales y físico – químicas en aguas de manglar, se registraron 1600 datos en 31 sitios diferentes de los ecosistemas de manglar del Caribe de Colombia.

**TABLA 29. VARIABLES SUGERIDAS PARA MONITOREO
FÍSICO-QUÍMICO DE LAS AGUAS Y LOS SUELOS**

VARIABLE	SIGNIFICADO	PROCESOS INFERIDOS
SALINIDAD (%)	CONCENTRACIÓN DE SALES INORGÁNICAS EN AGUAS Y SUELOS.	<ul style="list-style-type: none"> - ESTADO ECOFISIOLÓGICO DEL BOSQUE Y BIOTA ASOCIADA - ESTRUCTURA DEL BOSQUE Y BIOTA ASOCIADA - TENSIÓN - FLUJOS HÍDRICOS
TEMPERATURA (°C)	MIDE LA ACTIVIDAD FÍSICA DE LAS MOLÉCULAS	<ul style="list-style-type: none"> - REGULADOR DE PROCESOS FISIOLÓGICOS Y MORFOLÓGICOS - PRESENCIA O AUSENCIA DE ESPECIES DE MANGLAR Y BIOTA ASOCIADA DE CARÁCTER "ESTENOTÉRMICA"
OXÍGENO DISUELT (MG/L)	CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISPONIBLE PARA PROCESOS BIOLÓGICOS DERIVADO DE LA PRODUCTIVIDAD DE ORGANISMOS AUTÓTROFOS Y DE POSIBLES INTERCAMBIOS CON LA INTERFASE AIRE-AGUA	<ul style="list-style-type: none"> - CALIDAD DEL AGUA - MEDIDA INDIRECTA DE PRODUCTIVIDAD ACUÁTICA Y CONSUMO. - ACTIVIDAD MICROBIANA EN PROCESOS DE REMINERALIZACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA - TENSIÓN POR ANOXIA PRINCIPALMENTE EN LOS SEDIMENTOS
PH (UNIDADES)	POTENCIAL DE HIDROGENIONES QUE CARACTERIZA LAS AGUAS	<ul style="list-style-type: none"> - CALIDAD DEL AGUA - DETERMINANTE EN PROCESOS QUÍMICOS
CONDUCTIVIDAD (µSIEM/CM)	MIDE LA CONCENTRACIÓN DE IONES DISUELTOS EN EL AGUA DE ACUERDO AL TIPO DE REACCIONES QUÍMICAS ENTRE LOS COMPONENTES DEL AGUA.	<ul style="list-style-type: none"> - INDICADOR INDIRECTO DE PRODUCTIVIDAD ACUÁTICA - CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO - MINERALIZACIÓN DE LAS AGUAS
SUELOS (TIPO Y ORIGEN)	TIPO DE MATERIAL O SUBSTRATO SOBRE EL CUAL SE ESTABLECEN LAS FORMACIONES DE MANGLAR	<ul style="list-style-type: none"> - DESARROLLO ESTRUCTURAL DEL BOSQUE DE MANGLAR - COMPOSICIÓN ESPECÍFICA - CAPACIDAD DE DRENAJE Y AIREACIÓN - ESTABILIDAD
MATERIA ORGÁNICA (%)	<ul style="list-style-type: none"> - RESULTADO DE PROCESOS PRODUCTIVOS DE SÍNTESIS POR PARTE DE ORGANISMOS PRODUCTORES PRIMARIOS. - MATERIA PRIMA PARA ORGANISMOS DEGRADADORES DE MATERIA ORGÁNICA 	<ul style="list-style-type: none"> - INDICADOR INDIRECTO DE PRODUCTIVIDAD (AUTÓCTONA Y ALÓCTONA)
NUTRIENTES (µg/L)	SUBSIDIOS ENERGÉTICOS NECESARIOS PARA PROCESOS VITALES DE FUNCIONAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - CALIDAD DEL AGUA Y SUELO - PRODUCTIVIDAD - TENSIÓN POR EUTROFICACIÓN - TOXICIDAD - CRECIMIENTO Y DESARROLLO
FITOPIGMENTOS (CLOROFILAS)	CONCENTRACIÓN DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS.	<ul style="list-style-type: none"> - MEDIDOR INDIRECTO DE PRODUCTIVIDAD - BIOMASA INSTANTÁNEA "STANDING CROP" - ESTADO FISIOLÓGICO INDIVIDUO O SISTEMA - APLICABLE A LAS AGUAS ADYACENTES (PRODUCTIVIDAD ACUÁTICA) O A COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA DE LOS INDIVIDUOS (HOJAS)
MAREAS (M)	MOVIMIENTO DE MASAS DE AGUA MARINAS GENERADO POR FUERZAS GRAVITACIONALES, VIENTOS Y CORRIENTES	<ul style="list-style-type: none"> - ÁREAS DE POSIBLE COLONIZACIÓN DE MANGLAR - ESTRUCTURA - LAVADO DE SUELOS - IMPLANTACIÓN Y ARRAIGO DE PROPÁGULOS DE MANGLE - LÍMITE ENTRE VEGETACIÓN GLICÓFITA Y HALÓFITA
ACIDO SULFÚDRICO (MG/L)	PRODUCTO DE DESECHO DE LA SÍNTESIS DE MATERIA ORGÁNICA Y OTROS PROCESOS FISIOLÓGICOS POR PARTE DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA DE ANAEROBIOS EN SUELOS ANÓXICOS.	<ul style="list-style-type: none"> - CALIDAD DEL AGUA Y SUELOS - FACTORES DE TENSIÓN

ESTACIONES DE MONITOREO

Las estaciones fueron determinadas con base en el diagnóstico realizado, por el Proyecto Manglares de Colombia en el Caribe colombiano, entre los años de 1995 y 1996, en el cual se pudo establecer las áreas de manglar más representativas de cada zona, en donde se deberían iniciar de manera preliminar actividades de seguimiento, sobre algunas variables físico-químicas que influyen en el desarrollo de los manglares. Los monitoreos se llevaron a cabo en las áreas donde fueron instaladas las 15 Parcelas Permanentes de Crecimiento (PPC) y en las 4 áreas de las 5 Parcelas de Restauración (PR), entre otras zonas.

Con esta acción se comenzó a establecer una línea base que permita incrementar el conocimiento de las áreas de manglar en el territorio nacional, el cual facilita realizar comparaciones con tendencias y comportamientos de otras latitudes. Adicionalmente se pretendió establecer las posibles relaciones con las variables bióticas de crecimiento, fenología y regeneración natural para las estaciones establecidas en la presente fase.

En los trabajos de campo se contó con la participación de algunos funcionarios de las CAR's y CDS's, y en respuesta a la resolución 257, se discutieron y unificaron criterios técnicos, con el fin de precisar la metodología para el monitoreo de las aguas de manglar. Como actividad correspondiente a lo anterior, los funcionarios registraron de manera paralela el mismo "set" de variables, dándole inicio al cumplimiento de dicha resolución, pues con esto se pretende ampliar el área de monitoreo, con el fin de

obtener mayor conocimiento, precisión y control sobre los manglares de sus respectivas jurisdicciones.

LUGARES DE MONITOREO Y VARIABLES

La medición de las variables ambientales y físico-químicas de aguas, se registraron en Parcelas Permanentes de Crecimiento y zonas de restauración o siembra principalmente. Cada una de éstas constituyó una estación de monitoreo o estudio, y el registro se determinó en aguas externas, aguas superficiales y aguas intersticiales o "subterráneas". En total para cada estación por monitoreo, se registraron 5 variables, las cuales se relacionan en la **Tabla 30**, en donde también se incluye la marca de algunos de los aparatos utilizados y su precisión.

Aguas externas: Se refiere al valor registrado en el cuerpo de agua más extenso y cercano al sitio de la parcela de crecimiento o zona de reforestación y que tiene una incidencia directa sobre las condiciones físico-químicas de los sitios de estudio.

En la mayoría de los casos estas aguas corresponden a ciénagas, caños, mar, laguna o río adyacentes al área de muestreo, que de alguna manera tengan influencia sobre el flujo hídrico en la zona.

Aguas internas: Se refieren a las aguas superficiales o de inundación, que bañan el punto exacto de muestreo, en la Parcela Permanente de Crecimiento o en las áreas de restauración, éstas pueden ser charcas de mareas, lagunas internas y aguas estancadas

**TABLA 30. VARIABLES AMBIENTALES Y FÍSICO-QUÍMICAS,
REGISTRADAS EN AGUAS DE MANGLAR POR EL PROYECTO
MANGLARES DE COLOMBIA GRUPO CARIBE, ENTRE 1997-1998**

VARIABLES	EXTERNAS	INTERNAS	INTERSTICIALES	AMBIENTE
SALINIDAD (REFRACTÓMETRO, PRECISIÓN 1‰)	X	X	X	
OXIGENO DISUELTO (OXÍMETRO DIGITAL HANNA, PRECISIÓN 0.1 M/G)	X	X	X	
PH (POTENCIOMETRO DIGITAL PINPOINT, PRECISIÓN 0.01 UNIDADES)	X	X	X	
TEMPERATURA (TERMÓMETRO GRADUADO DE VIDRIO, PRECISIÓN 1° C)	X	X	X	X
NUBOSIDAD OCTAVOS (ESCALA SUBJETIVA, PRECISIÓN OBSERVADOR CALIFICADO)				X

o de cuenca , entre otras. En los sitios en donde no se evidenció esta situación o el manglar estaba “seco”, por marea baja o por época seca o de “verano” (enero a marzo aproximadamente), no fueron posibles estos registros

Aguas Intersticiales: Son las que afectan el área de muestreo por efecto de las aguas del nivel freático. El registro se hizo en una excavación de 50 cm de profundidad, que se realizó en el suelo, dejando que se llenara de agua por efecto del nivel freático y después de algunos minutos se hizo la lectura.

Para el muestreo en aguas externas y superficiales o internas se tuvo en cuenta evitar el efecto de la interfase agua - aire, tomando la muestra unos centímetros por debajo de la superficie en forma directa al instrumento de medición.

Todas las mediciones fueron realizadas *in situ*, y para cada una de ellas se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

Temperatura: La lectura de la temperatura ambiental se registró directamente en el bosque, mientras que la de aguas se realizó, manteniendo el bulbo del termómetro

sumergido 10 cm, ésto con el fin de darle más precisión al registro y evitar el efecto de la temperatura del aire sobre la medición del agua, a consecuencia de la sensibilidad de estos instrumentos.

Salinidad: Para todos los casos se tomaron gotas de agua “limpia”, pues para las intersticiales fue necesario dejarla decantar, con el fin de evitar los sólidos en suspensión, que en algunos casos pueden dificultar la precisión de la lectura en la escala numérica del refráctometro.

Oxígeno disuelto: El registro se realizó, después de calibrar el oxímetro introduciendo el sensor unos 5 a 7 cm en el agua y esperando hasta que la pantalla digital se estabilizara en un valor determinado.

pH: El registro se realizó, una vez calibrado el potenciómetro, de la misma forma que se hizo para el oxígeno disuelto.

Nubosidad: Esta medida subjetiva, se registró en octas directamente, las cuales se calculan “dividiendo” la cúpula o bóveda celeste en 8 “triángulos” o partes iguales y abstrayendo en unidades o áreas (0 a 8), la cantidad de superficie con nubes. Es decir para días despejados se registró 0, mientras que, para días con lluvias o totalmente nublados el registro fue 8. Este parámetro no fue analizado por no ser determinante

☞ FRECUENCIA DE LOS MONITOREOS

Para la mayoría de los casos la frecuencia de los muestreos fue mensual y diur-

no (8 am a 6 pm). Con el fin de estandarizar y homogenizar la información, la mayoría de los registros fueron realizados en horas de la mañana y medio día (entre las 10 y las 14 horas). Esto debido a la coordinación de las actividades con las Corporaciones y los desplazamientos necesarios para llegar a los puntos de muestreo.

La toma de registros consecutivos a diferentes horas, tiene algunos inconvenientes que deberán tenerse en cuenta en el momento del análisis, pues si bien es cierto, que algunas de las variables son relativamente estables durante el día, otras por el contrario pueden cambiar en el transcurso de las horas, como es el caso específico del oxígeno disuelto y la temperatura.

☞ ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los datos obtenidos en cada uno de los monitoreos fueron consignados en matrices, debidamente tabuladas y organizadas para el procesamiento numérico, que en principio consistió en el cálculo de los promedios, valores máximos y mínimos por muestreo, estación, mes y en general de todos los muestreos.

Se pretendió con el análisis, mostrar las tendencias de cada una de las variables, en cada una de las categorías a nivel individual, así como también una caracterización general que permita esbozar una idea de la tendencia de las variables en los ecosistemas de manglar del Caribe. Por ejemplo: valores máximos, mínimos, promedio para el mes “X”, de manera que se puedan establecer periodos críticos o favorables.



Posteriormente a este análisis se integró la información derivada del monitoreo de las variables de crecimiento, regeneración natural y eventos fenológicos de las diferentes especies evaluadas con el objeto de buscar el grado de asociación de las variables abióticas con la magnitud de dichos eventos.

Adicionalmente se tabularon datos aislados en algunos sitios de interés para objetivos del Proyecto, que dieran la base para futuras acciones encaminadas, principalmente, a establecer programas de restauración de áreas de manglar.

RESULTADOS

VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS

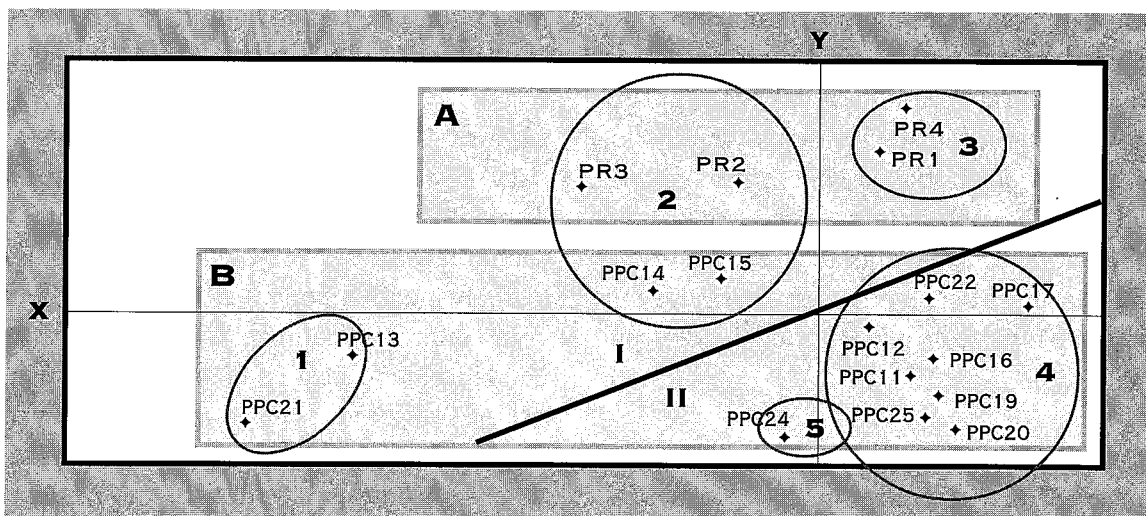
Con el fin de caracterizar los ambientes físico-químicos, en los que se desarrollan los

rodiales de manglar estudiados (PPC) y de las áreas experimentales de restauración sembradas (PR), se elaboró un Análisis Multivariado de Componentes Principales (PCA), a partir de la información registrada en aguas externas, pues esta categoría fue la que mejor se ajustó a este tratamiento estadístico. El análisis se presenta como un diagrama que evidencia la similaridad de las estaciones monitoreadas, basado en las correlaciones existentes entre cada variable medida. **(Figura 32).**

En el diagrama, que tiene como base un plano cartesiano, se pueden diferenciar 3 niveles de agrupación; diagonal, rectángulos y globos, los cuales agrupan por similitud las estaciones de monitoreo, de acuerdo a los siguientes criterios:

Las estaciones ubicadas en las Zonas I y II del diagrama, están marcando diferencias en cuanto al tipo fisiográfico de bosque. Así, la porción I (diagonal oscura hacia arriba) se

FIGURA 32. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA) A PARTIR DE LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS REGISTRADAS



refiere a bosques tipo riberino con alta influencia fluvial o estuarina, mientras que la porción **II** (diagonal oscura hacia abajo) agrupa las estaciones con mayor influencia de aguas marinas, excepto por la estación PPC-19, que si bien es cierto se ubicó en esa posición, se debe al sesgo causado por la magnitud tan alta en los registros del pH, pues ésta también es de tipo riberino y no de “aguas marinas” como la figura lo sugiere.

Por otra parte los rectángulos **A** y **B** marcan diferencias en cuanto a las estaciones tipo PR (Parcelas de Restauración) y PPC (Parcelas Permanentes de Crecimiento). Las primeras, presentan como característica más importante el hecho de estar influenciadas por aguas con altas temperaturas, en tanto que las otras presentan un promedio menor a nivel general (32.22 y 29.64° C, respectivamente). De todas maneras la separación entre las PR y las PPC es obvia, ya que las dos agrupaciones deben tener diferente albedo, pues éste es dependiente de la cobertura. Para zonas descubiertas, como en la estaciones tipo PR, el albedo visual debe estar entre el 15 al 31%, mientras para bosques en general, como las PPC, puede estar entre el 6 al 20%. Los sistemas con menos albedo acumulan más calor y se comportan como reguladores, suavizando las fluctuaciones de temperatura (**Margalef, 1977**), mientras que los de mayor albedo, con la radiación solar se calientan más, pero en la noche, por no retener calor se enfrían rápidamente, presentándose de esta forma fluctuaciones de temperatura extremas y por lo tanto afectando el desarrollo de los organismos.

Con relación a los globos, el **1** agrupa la estaciones de Guacamayas en el Departamen-

to de Sucre (PPC-13) y la de Los Cocos en el Departamento del Magdalena (PPC-21), que corresponden a aquellas en donde la salinidad y temperatura del agua son las más bajas en promedio y con tendencia neutra (pH cercano a 7), además, de poseer una amplia variabilidad temporal en la temperatura en la primera, y del pH en la segunda.

El globo **2** agrupa a las tres estaciones de la Ciénaga de la Caimanera en el Departamento de Sucre (PR-3, PPC-14 y PPC-15), y la estación de la Ciénaga de Santa Ana - Bahía de Barbacoas en el Departamento de Bolívar (PR-2), en donde se advierte una relativa uniformidad temporal de las variables y caracterizadas por aguas con salinidades entre 26 y 27 ‰, pH ligeramente alcalinos (7.2-7.9) y concentración de oxígeno disuelto de valores medios (menores a 5 mg/l).

El globo **3** corresponde a estaciones con alto grado de inestabilidad en la Bahía de Barbacoas y Caño Dago. Esto incluiría a PR-3, si el criterio de ordenación se hubiera gestado a partir de las aguas de inundación, debido a que se trata de sectores en donde la topografía es poco uniforme conformando playones o depresiones que terminan generando condiciones de salinidad extrema y pérdida de la capacidad reguladora del agua.

El globo **4** reúne la mayor cantidad de estaciones, Sevilla, Balboa, Ana Gómez, Mallorquín, Barranquitos, Chengue, Ostional y Camarones (PPC 22, 17, 12, 16, 11, 20, 19 y 25 respectivamente) las cuales tienen como puntos en común. El hecho de contar con la influencia salina más representativa, pH muy alcalino, aguas muy productivas o de alta dinámica, ya que registran las mayores concentraciones de oxígeno disuelto



AGUAS INTERNAS EN LA PR-1 DONDE SE OBSERVA UNA SIEMBRA DIRECTA DE HIPOCÓTILOS

(especialmente en las estaciones PPC-17 y PPC-25). La temperatura no es la variable determinante para este grupo, dada su heterogeneidad espacial, principalmente. A nivel temporal corresponde a un grupo que gracias a la gran influencia marina, la variabilidad de la salinidad, el oxígeno disuelto y el pH es menor que las estaciones restantes. La excepción la constituye la estación PPC-19, básicamente porque es la de mayor concentración de oxígeno en promedio y uno de los más altos registros de pH, que no obstante ser una estación de muy baja salinidad promedio (aguas prácticamente "dulces"), la magnitud y el comportamiento de las variables mencionadas favoreció su posición en este globo.

El globo 5 sustenta la posición de la estación Dibulla (PPC-24), fundamentalmente porque los cambios a nivel estacional o temporal rigen un comportamiento antagónico, principalmente en lo que a salinidad se

refiere, teniendo en cuenta que el río Jerez desemboca en la zona y su efecto es prácticamente total en época lluviosa, mientras que aguas marinas penetran con mayor influencia en época seca. Por esta razón la varianza, entendida como el mayor o menor grado de alejamiento de los ejes x ó y en la **Figura 32**, es menor para el primero y mayor para el segundo. Para este caso, la posición con respecto al eje x explica las fluctuaciones en la salinidad, en tanto que, respecto al eje y muestra una distancia mínima debido a su homogeneidad en los registros de las variables restantes.

El Análisis Multivariado de Componentes Principales, se constituye en un modelo apropiado para la interpretación de este tipo de información, pero desde luego se requieren futuros análisis, basados en abundantes registros, para poder definir con suficiencia, la similaridad de las estaciones y la correlación entre las variables.

➤ **MONITOREO MENSUAL EN LAS ESTACIONES PR-1 A PR-4 Y PPC-11 A PPC-25**

➤ **Temperatura**

En las estaciones monitoreadas en el Caribe colombiano se registraron temperaturas elevadas, principalmente en las aguas de inundación de las estaciones tipo **PR**. El estancamiento somero y temporal, y la falta de cobertura vegetal, facilitan la acción directa de los rayos del sol, generando así temperaturas extremas, evaporación del agua y retención de sales, situación que a su vez, genera inestabilidad en el sistema (Tabla 31).

La tendencia de la temperatura a nivel temporal muestra una relativa disminución en los meses secos, en forma similar a lo mencionado por **Giraldo (1995)**, debido tal vez a la acción de los vientos Alisios, los cuales son de mayor importancia, principalmente en los meses de diciembre a febrero (época seca mayor) y en julio agosto (época seca menor) y que afectan todo el clima continental y desde luego las condiciones ambientales de la costa.

En las aguas de inundación, de las estaciones tipo **PR**, se registraron temperaturas entre 28 y 41° C, con un promedio relativamente alto de 35.34 °C y de variabilidad más significativa, expresada en sus Coeficientes

TABLA 31. PROMEDIOS DE LAS TEMPERATURAS EN AGUAS DE MANGLAR REGISTRADAS MENSUALMENTE EN 4 ESTACIONES DE MONITOREO TIPO PR Y 15 TIPO PPC, SEMBRADAS E INSTALADAS EN EL CARIBE DE COLOMBIA ENTRE JUNIO 1997-MARZO 1998.

AGUAS	PARCELAS DE RESTAURACIÓN (PR)			PARCELAS DE CRECIMIENTO (PPC)		
	EXTERNAS	INTERNAS	INTERSTICIALES	EXTERNAS	INTERNAS	INTERSTICIALES
PROMEDIO	32.223	35.543	31.325	29.499	29.878	28.974
MÁXIMO	39	41	38	36	38	39.5
MÍNIMO	28	28	29	22	25	25
SD	1.913	3.300	1.363	1.762	1.666	1.660
CV	5.830	9.290	4.310	6.038	5.407	5.607
ES	0.660	1.223	0.483	0.692	0.954	0.718
N	35	31	31	86	49	78

Promedio = Promedio total a partir de los promedios individuales de cada parcela.

Máximo = Valor máximo registrado durante todos los monitoreos.

Mínimo = Valor mínimo registrado durante todos los monitoreos.

SD = Promedio total, de las desviaciones standard, a partir de los promedios de cada parcela.

CV = Promedio total, del coeficiente de variabilidad, a partir de los promedios de cada parcela.

ES = Promedio total, del error standard, a partir de los promedios de cada parcela.

N = Número total de registros en cada sitio.

de Variación (C.V.), con respecto a las dos categorías restantes, aguas externas e intersticiales. Las aguas intersticiales presentan comportamientos más homogéneos y con un menor rango de variación entre 29 y 38° C y (promedio 31.47 °C).

Por otra parte, las estaciones tipo **PPC** sugieren condiciones más favorables, por cuanto sus registros resultan más uniformes a nivel temporal, niveles no críticos a lo largo del periodo de muestreo y diferencias menos notorias entre las tres categorías. Esta situación se debe al efecto que produce el follaje de los árboles sobre las aguas adyacentes, en donde la temperatura del agua estaría poco influenciada por los efectos de radiación solar, si se tiene en cuenta que apenas un 5 % de la luz que proviene de esta fuente, penetra a las aguas de manglar debido a que las copas de los árboles atenuan en forma considerable su paso (**Alonji, 1988; Kristensen et al., 1988**).

Las tres categorías en las aguas muestran promedios de temperatura muy similares (29.499, 29.878 y 28.974 °C, en aguas externas, internas e intersticiales, respectivamente), así como su variación promedio temporal (**Tabla 31**). La diferencia radica en la magnitud de los valores mínimos y máximos, es decir las aguas internas o de inundación tienden a tener mayores fluctuaciones, mientras las intersticiales no se calientan tanto, pero igualmente son de temperatura más estable.

Desde el punto de vista individual es importante destacar que en el caño Dago, Bahía de Cispatá, Departamento de Córdoba (PR-4), se registró en promedio la temperatura más alta de las aguas externas (33,59 °C),

debido a que el caño atraviesa una zona en recuperación, entre Caño Salado y Ciénaga de Navío, la cual está conformada por grandes playones salinos, desprovistos de vegetación en un alto porcentaje y con un flujo laminar que drena hacia caño Dago. Como el nivel de inundabilidad en los playones es mínimo, en el día el calentamiento de la zona es máximo y por lo tanto en marea baja o cuando fluye el agua de los playones hacia el caño Dago, en éste se registran temperaturas diurnas cercanas a los 40 °C , en horas de medio día y de la tarde.

De otra parte, en aguas de inundación, el promedio más extremo al igual que el registro individual máximo se presentó en la cienaga de la Caimanera, sitio denominado el Garzal, Departamento de Sucre (PR-3), con valores de 41 °C y con el agravante de agua estancada que se presenta en el área, pues además de estar degradada, la alteración del flujo hídrico es evidente. Al igual que **Mc Millan, (1974)**, el Grupo Caribe del Proyecto Manglares de Colombia, comprobó esta situación, la cual resulta ser letal para la sobrevivencia de propágulos de *Rhizophora mangle*, especialmente cuando todavía no presentan crecimiento del tallo. Esto significaría que zonas con características similares a las exhibidas por las estaciones **PR**, podrían presentar inconvenientes para programas de restauración a partir de siembra directa, si de manera previa no se normaliza el flujo hídrico del sistema, con el objeto de evitar el estancamiento de las aguas.

Tal vez por esta razón, **Mc Millan (1971)** registró que desde el punto de vista fenológico, los periodos de fructificación del mangle en invierno o a principios de primavera, se deban a una estrategia para evitar

los efectos letales de las altas temperaturas, antes que aquellos causados por la salinidad. Situación que podría ser cierta en latitudes diferentes a las nuestras, pues en el Caribe fácilmente se registran temperaturas altas durante todos los meses del año.

• pH

Junto con la temperatura es una de las variables de mayor estabilidad, tanto a nivel temporal como espacial y podría decirse que el rango en el cual se encuentra la mayoría de los registros oscila entre 6.5 y 8.5 unidades, valores considerados normales para aguas en general. Los registros más bajos siempre fueron detectados en aguas intersticiales, en las cuales la deficiencia de oxígeno promueve a mayor escala las reacciones de tipo reductor, con un consecuente descenso en los registros. Sin embargo, el hecho de que el agua marina o estuarina (salobre), sea fuertemente tamponada y que por lo tanto su pH varíe poco, es tal vez la condición que impide descensos importantes en los niveles descritos como normales, 5-8 unidades, en los suelos del manglar, (**Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983**).

La tendencia general manifiesta un carácter, ligeramente alcalino para las aguas externas de las estaciones **PPC** (7.91 unidades en promedio) y para las aguas internas de las **PR** (7.84 en promedio), debido a que buena parte de las primeras se encuentran influenciadas directamente por agua marina y por agua salobre, en tanto que, en las segundas probablemente los resultados se deban a la presencia de iones como producto de los procesos de descomposición orgánica. Las aguas de inundación eviden-

cian valores cercanos a la neutralidad en las estaciones tipo **PPC**, mientras que las aguas intersticiales muestran una condición de acidez, de manera generalizada y similar en los dos tipos de estaciones (**Tabla 32**).

Así, en los puntos **PR** se detectaron valores entre 6.24 y 8,95 unidades para aguas externas, entre 6,60 y 10.40 para aguas de inundación (internas) y entre 5.80 y 7.70 para las intersticiales, las cuales a su vez fueron las de menor variabilidad a lo largo del periodo de muestreo, sin que se pueda definir una tendencia desde el punto de vista temporal o estacional.

En las estaciones **PPC**, los niveles de pH se encuentran entre 6.74 y 9.94 unidades en las aguas externas, en tanto que en las aguas internas presentan valores un poco más bajo entre 5.80 y 9.05 unidades.

De otra parte, el resultado numérico arrojado por las aguas intersticiales muestra menor uniformidad en los registros (3.20–8.25), fundamentalmente por el valor obtenido en el Ostional (PPC-19), para el mes de enero (mínimo) con un Coeficiente de Variación (C.V.) de 29.12 %. Sin embargo, de no ser por este valor, el rango de variación sería sustancialmente menor que el obtenido para las dos categorías restantes, lo cual sugiere una situación fortuita para este hecho.

De acuerdo a los registros, se puede determinar que los valores máximos y mínimos se presentan indistintamente en la misma época (seca) y prácticamente de manera generalizada. Por esta razón, sería viable sugerir que situaciones de déficit hídrico –característico en el Caribe colombiano– y tendencias al aumento en la salinidad, en

TABLA 32. PROMEDIOS DEL pH EN AGUAS DE MANGLAR REGISTRADAS MENSUALMENTE EN 4 ESTACIONES DE MONITOREO TIPO PR Y 15 TIPO PPC, SEMBRADAS E INSTALADAS EN EL CARIBE DE COLOMBIA ENTRE 1997-1998

AGUAS	PARCELAS DE RESTAURACIÓN (PR)			PARCELAS DE CRECIMIENTO (PPC)		
	EXTERNAS	INTERNAS	INTERSTICIALES	EXTERNAS	INTERNAS	INTERSTICIALES
PROMEDIO	7.823	8.003	6.580	7.919	7.211	6.614
MÁXIMO	8.950	10.400	7.700	9.940	9.050	8.250
MÍNIMO	6.240	6.600	5.800	6.740	5.800	3.200
SD	0.408	0.610	0.353	0.395	0.313	0.451
CV	5.245	7.625	5.340	5.005	4.415	7.198
ES	0.140	0.215	0.130	0.198	0.159	0.201
N	35	31	31	86	49	78

ocasiones hasta niveles nocivos, pueden generar fluctuaciones importantes en los niveles de pH, debido a la pérdida de capacidad reguladora por la precipitación de carbonatos (CO₃) en las aguas y suelos de manglar (**Snedaker, 1978**).

No obstante lo anterior, las estaciones que presentaron en promedio los más altos registros, muestran características diferentes. Así, en aguas externas, la estación PPC-19 exhibe también altas concentraciones de oxígeno disuelto, por encima de lo normal (hasta 15 mg/l) y una aparente superpoblación de fitoplancton, debido al color verde de las aguas en forma bastante conspicua, pero representa una relación que no puede ser explicada en este estudio, y que por consiguiente sería importante determinar en el futuro. Por otra parte, en aguas internas o de inundación, valores de pH superiores a 8, fueron detectados en estaciones con registros altos de temperatura como por ejemplo: PR-1, 2, 3 y 4, que denotan procesos de estancamiento o deficien-

cia en los flujos hídricos. La estación de la Ciénaga de Balboa (PPC-17), debe los altos registros a la composición del suelo, la cual es de naturaleza arcillosa y posiblemente con grandes proporciones de calizas y/o fosfatos.

Una condición que sí parece evidente, es aquella señalada por **Schnetter (1986)**, la cual tiene que ver con las zonas donde la carga de materia orgánica que producen los bosques de manglar es alta. Al respecto, menciona que por esta condición, cuando los microorganismos descomponen grandes cantidades de materia orgánica, los niveles de pH descienden en forma importante. También al mismo respecto, **Lugo y Snedaker (1974)** afirman que altos niveles de materia orgánica no oxidada, son reflejados en valores bajos de Potencial Redox, lo cual podría tener influencia en descensos en el pH. En ese orden de ideas, las estaciones — especialmente tipo **PPC**— que se encuentran influenciadas en mayor proporción por aportes continentales (bosques riberos) y/o

aquellos que exhiben alta productividad, en términos de caída de hojarasca, presentan valores de pH un poco más bajos en las aguas internas y aún en las intersticiales, como por ejemplo Barranquitos, Guacamayas, Caimanera 1 y 2, Ostional y Los Cocos (PPC – 11, 13, 14, 15, 19 y 21).

Esta apreciación se entiende mejor, si se tiene en cuenta que en la mayoría de las estaciones las aguas externas presentan valores de pH de mayor magnitud que las internas y naturalmente en las intersticiales, ya que las variaciones se deben en mayor magnitud a fenómenos biológicos (**Schnetter 1986**).

Desde este punto de vista, los niveles encontrados en las aguas monitoreadas, podrían no tener una influencia significativa en el desarrollo del mangle, ya que son muy pocas las diferencias que se obtienen en este sentido con valores de pH entre 4 y 8 (**Arnon y Johnson, 1942**).

• **Oxígeno Disuelto**

La concentración de oxígeno disuelto en el agua depende de acciones de tipo físico tales como la dinámica hídrica, concentración de sólidos suspendidos, turbidez del agua (**Alongi, 1988**), intensidad de luz, tiempo de renovación de las aguas y drenaje; así como también a la presencia de organismos fotosintetizadores, tasa de descomposición de materia orgánica por actividad microbiana, respiración de autótrofos y heterótrofos, entre otras.

El oxígeno disuelto puede tomarse en un momento dado, como un indicador de productividad de manera indirecta,

y lo es aún más, cuando se obtienen registros sistemáticos en el tiempo, tratando de abarcar todo el espectro posible. **Ramírez-González y Viña-Vizcaino (1998)** mencionan que en sectores de concentración de oxígeno más elevada, se presentan circunstancias de mayor eutrofia en la Ciénaga de la Virgen, a partir del trabajo de **Cardozo y Rueda (1986)**. Esto quiere decir, que es importante determinar su concentración a diferentes horas del día y de la noche en un programa de monitoreo, para establecer con mayor certeza la dinámica productiva de un sistema acuático en forma rápida. No obstante, existen métodos específicos para evaluar este fenómeno de manera más exacta, tales como el método de la botella clara y oscura, la determinación de clorofilas o el marcaje radioactivo (**Odum, 1972**).

En los ecosistemas de manglar, el oxígeno disuelto podría ser más importante para los organismos de la biota asociada, como quiera que resulta un factor limitante en la estructura y composición de las comunidades según como lo expresan **Reyes y Campos (1992)** y **Ramírez-González y Viña-Vizcaino (1998)**; a su vez esta condición es indicadora de procesos anómalos dentro de un sistema que está afectado por tensesores. Sin embargo, directamente para el mangle, la disponibilidad del oxígeno disuelto en las aguas intersticiales y en general, en los suelos del manglar, puede evitar condiciones de anaerobiosis que tienden a limitar la disponibilidad de nutrientes inorgánicos a la planta, debido a que la proliferación de organismos aerobios se restringe, siendo éstos, los encargados de mediar la mineralización de las reservas orgánicas (**Pannier y Pannier, 1976**).



**TABLA 33. PROMEDIOS DE OXÍGENO DISUELTUO EN AGUAS DE
MANGLAR REGISTRADAS MENSUALMENTE EN 4 ESTACIONES
DE MONITOREO TIPO PR Y 15 TIPO PPC, SEMBRADAS E INSTALADAS
EN EL CARIBE DE COLOMBIA ENTRE 1997-1998**

AGUAS	PARCELAS DE RESTAURACIÓN (PR)			PARCELAS DE CRECIMIENTO (PPC)		
	EXTERNAS	INTERNAS	INTERSTICIALES	EXTERNAS	INTERNAS	INTERSTICIALES
PROMEDIO	6.018	5.650	0.893	5.543	2.511	1.078
MÁXIMO	16.650	14.800	3.250	15.000	8.600	4.800
MÍNIMO	0.500	0.100	0.000	0.120	0.000	0.030
SD	2.988	2.853	0.435	1.700	1.295	0.484
CV	53.028	49.665	46.595	40.468	73.445	49.739
ES	1.055	1.033	0.165	0.672	0.479	0.207
N	35	31	31	84	50	77

Los registros obtenidos en el monitoreo muestran una marcada heterogeneidad, tanto a nivel espacial (entre estaciones) como a nivel temporal y a su vez entre las tres categorías (aguas externas, internas e intersticiales), ya que son afectadas por procesos diferentes.

Así en las aguas externas, internas e intersticiales, respectivamente, de las estaciones tipo **PR** se detectaron concentraciones entre 0.5 -16.65, 0.1 - 14.80 y 0.03 - 3.25 mg/l, en tanto que, en las estaciones tipo **PPC** se obtuvieron registros entre 0.12 - 15, 0 - 8.60 y 0.03 - 4.80 mg/l (**Tabla 33**).

La tendencia, aunque no es generalizada, si muestra descensos importantes un poco después del pico lluvioso (noviembre), principalmente en estaciones que tienen la capacidad de recibir grandes cantidades de materia orgánica proveniente de la escorrentía y el lavado de las cuencas por aumento en los niveles de precipitación, situación que incrementa la demanda de oxí-

geno por parte de los consumidores y en gran proporción por la actividad microbiana de tipo degradativo y remineralizador.

Las diferencias encontradas entre las estaciones tipo **PR** y **PPC** radican en las aguas de inundación o internas. Teniendo en cuenta lo anterior, las estaciones tipo **PR**, siempre están directamente influenciadas por la acción de la radiación solar, lo cual incrementa substancialmente la productividad primaria acuática, que a su vez se debe en mayor proporción (para esta categoría) a las algas bénticas. Estas tienen un substrato ideal para fijarse en los flóculos de materia orgánica en proceso de degradación, muy frecuente en ambientes alterados, pero que a su vez se constituye en fuente alimenticia para organismos carroñeros, como algunos crustáceos y peces (**Snedaker, 1978**).

Por esta razón el promedio general de la concentración de O₂ en las aguas internas es mayor en las estaciones tipo **PR** (6,03 mg/l),

que en las estaciones tipo **PPC** (2.21 mg/l), no obstante, el número de registros (n) es menor para las primeras. También es importante notar, que en la gran mayoría de los casos, la concentración de O₂ en las aguas internas de las estaciones tipo **PR**, es ligeramente mayor que la de las aguas externas, mientras que en las estaciones tipo **PPC**, esta condición se presenta de manera inversa y con una diferencia mayor.

Como generalmente las áreas degradadas (**PR**) corresponden a playones con tendencia a la hipersalinización por procesos de sedimentación, se favorece la colmatación de los cuerpos acuáticos adyacentes a los bosques de manglar, debido en buena parte a la alta productividad en el día, que en últimas sería lo que refleja la detección de concentraciones de oxígeno, en niveles incluso superiores a los de saturación.

En las **PPC**, la concentración de oxígeno es un poco menor, si se tiene en cuenta que la productividad acuática en suelos de manglar suele ser más baja, entre un 4 y 20 %, especialmente por la poca penetrabilidad de la luz a los estratos inferiores de los bosques de manglar, debido al follaje de los árboles y generalmente limitada por la disponibilidad de nitrógeno inorgánico disuelto (**Boto, 1992**). Esta situación puede evidenciarse en las aguas de las estaciones Guacamayas, Caimanera, Tinajones y Ostional (PPC-13, 14, 15, 18 y 19), entre las más destacadas, por su alto grado de desarrollo y caída de hojarasca, lo cual disminuye la productividad neta de oxígeno, teniendo en cuenta lo primero y aumentando el consumo, teniendo en cuenta lo segundo.

Si bien el hecho de que la disponibilidad de oxígeno disuelto sea un fenómeno tan fluc-

tuante en las aguas, en tiempos relativamente cortos (minutos-horas), concentraciones muy bajas de oxígeno en el día, en ambientes totalmente abiertos y estancados, son muy poco frecuentes y podrían estar justificadas por procesos de *fotooxidación*, o inhibición de la fotosíntesis en las capas más superficiales de la columna de agua (por pequeña que sea), debido a sobre-exposición a la radiación solar, desencadenando con ello solamente consumo de oxígeno, tanto por los productores primarios, como por heterótrofos. Esta situación pudo haber sucedido en la estación de Caño Dago (PR-4) en diciembre y prácticamente en todos los muestreos efectuados en la estación del Garzal (PR-3) sobre las aguas internas, que resultan ser las áreas con mayor estrés térmico fundamentalmente y en donde se presentaron los promedios máximos para estaciones tipo **PR**. En contraste, en las estaciones tipo **PPC** que de alguna manera permiten la penetración de la luz debido a su poco follaje, como por ejemplo Ciénaga de Balboa, Chengue y Camarones (PPC 17, 20 y 25), en donde la densidad y el desarrollo estructural son bajos, en conjunto, son las que mayor concentración de O₂ presentan en promedio a lo largo del periodo de muestreo.

Pero no solamente la productividad biológica es la causa de la disponibilidad de oxígeno, sino también la dinámica marina. Las estaciones de Barranquitos, Balsillas-Ana Gómez y Dibulla, (PPC- 11, 12, 24) están directamente influenciadas por la acción del oleaje marino y por esa razón corresponden a sectores de concentraciones de oxígeno significativas. Esta última estación además cuenta con la condición de un vertimiento de aguas claras, limpias y de muy

buena calidad y buena oxigenación a partir de la desembocadura del río Jerez, el cual proviene de las partes altas de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta. La buena dinámica hídrica podría ser determinante en aspectos como: el transporte de nutrientes, la dilución y el lavado de sales, el transporte de oxígeno en las raíces de mangle, las tasas de erosión y/o sedimentación y la remoción de compuestos tóxicos, principalmente. (**Lugo y Snedaker, 1974**).

Laverde-Castillo et al. (1987), Leyton y Delgado (1992) y Reyes y Campos (1992) encontraron mayores índices de diversidad de especies asociadas a raíces de *Rhizophora mangle* en cuerpos de agua poco intervenidos, básicamente por alta disponibilidad de oxígeno y por variaciones menos representativas en la salinidad de las aguas. Se asume con ello, que en sistemas estables, la diversidad es controlada fundamentalmente por acción biótica (competencia, predación, entre otras), mientras que en ambientes afectados por tenses, dicho control está ligado al comportamiento de los factores ambientales.

• **Salinidad**

El hecho más representativo lo constituye la tendencia estacional del comportamiento de la salinidad, entendiéndose por esto una dependencia de la concentración de sales en las aguas de manglar del régimen pluviométrico. En general los registros más altos se obtuvieron al final de la época seca (diciembre - febrero), en tanto que una situación inversa se evidenció al final de la época lluviosa (octubre-noviembre), de manera similar a lo registrado por **Reyes y**

Campos (1992), Giraldo (1995), Serrano (1995), Mancera (1998), entre otros.

En las estaciones tipo **PR** se registraron valores entre 3 - 47 ‰, 5 - 57 ‰ y 7 - 77 ‰ en aguas externas, internas e intersticiales, respectivamente, con promedios que oscilan desde 27.703 ‰ en los cuerpos de agua adyacentes (externas) hasta 40.045 ‰ en las aguas freáticas o intersticiales (**Tabla 34**). Los valores máximos se obtuvieron en la estación de Caño Dago (PR-4) en aguas externas e internas (47 y 57 ‰ respectivamente) y en el Garzal (PR-3) en las intersticiales (77 ‰); los mínimos, en la estación de la Ciénaga de Santa Ana (PR-2) y la variabilidad temporal más importante.

En las estaciones **PPC** se obtuvieron salinidades en un mayor rango de variación debido a una mayor diversidad de ambientes, entre 0 - 64 ‰, 0 - 81 ‰ y 0 - 82 ‰ en las tres categorías mencionadas, no obstante, los promedios son un tanto más bajos que los de las estaciones tipo PR, especialmente en las aguas de inundación.

Aunque la totalidad de estaciones tipo PR se encuentran influenciadas por aguas estuarinas en mayor proporción (promedios entre 24 - 29 ‰ en promedio para aguas externas), se presenta una tendencia a la hipersalinización en la época seca en las estaciones PR-3 y PR-4, con registros superiores a 40 ‰ entre enero y marzo. Sin embargo no llegan a niveles como los descritos por **Giraldo (1995)** en sectores altamente degradados del Caño Clarín en el delta exterior del río Magdalena, donde se alcanzaron registros de hasta de 225 ‰ en época seca y 43 ‰ en época de lluvias.

**TABLA 34. PROMEDIOS DE LA SALINIDAD EN AGUAS
DE MANGLAR REGISTRADAS MENSUALMENTE EN 4 ESTACIONES
DE MONITOREO TIPO PR Y 15 TIPO PPC, SEMBRADAS
E INSTALADAS EN EL CARIBE DE COLOMBIA ENTRE 1997-1998**

AGUAS	PARCELAS DE RESTAURACIÓN (PR)			PARCELAS DE CRECIMIENTO (PPC)		
	EXTERNAS	INTERNAS	INTERSTICIALES	EXTERNAS	INTERNAS	INTERSTICIALES
PROMEDIO	27.703	31.175	40.045	26.595	25.558	34.120
MÁXIMO	47	57	77	64	81	82
MÍNIMO	3	5	7	0	0	0
SD	10.413	10.140	10.455	7.658	9.864	11.814
CV	38.743	33.085	28.730	32.843	46.945	36.322
ES	3.580	3.760	3.948	2.928	5.248	5.177
N	35	31	31	85	48	77

A nivel de las estaciones PPC también se observan diferencias marcadas, fundamentalmente por los aportes de aguas continentales. En ese sentido las estaciones de Guacamayas, Tinajones, Ostional y Los Cocos (PPC-13, PPC-18, PPC-19, PPC-21), son las que tienen mayor influencia de agua dulce, entre todas las estaciones y corresponden a bosques de tipo fisiográfico ribertino, de buen desarrollo estructural que sustentarían en buena medida lo mencionado por autores como **Cintron-Molero y Schaeffer-Novelli (1983)** y **Prahl (1990)** entre otros, en el sentido de que el mejor desarrollo de los manglares se manifiesta en ambientes de salinidad relativamente baja (**Hutchings y Saenger, 1987; Ball 1988**).

A esta condición podrían ligarse también los datos de las estaciones de la Ciénaga de la Caimanera (PPC-14 y PPC-15) y Dibulla, los cuales presentan salini-

dades muy bajas, (< 10 ‰) en época de lluvias y de incrementos importantes hasta de 43 ‰ en época seca y donde el promedio no supera los 28 ‰ y exhiben un destacado desarrollo (**Sánchez-Páez et al., 1997**).

De otro lado se encuentran las estaciones con bajo o nulo aporte de aguas continentales como Balsillas (Ciénaga de Ana Gómez), Bahía Chengue y Camarones (PPC-12, PPC-20, PPC-25, respectivamente), las cuales presentan en promedio los registros más altos y en líneas generales los menos fluctuantes durante todo el periodo de muestreo. Estos puntos son característicos de zonas áridas en donde la salinidad está regulada por el estero más próximo, suministrando la fuerza diluyente, y en donde en rara vez las aguas intersticiales estarían por debajo, en magnitud, del nivel de las aguas externas (**Snedaker, 1978**).



Hechos especialmente notables en cuanto al comportamiento de la salinidad se presentaron en las estaciones PR-1, PR-3, PR-4 y PPC-12. En ellas se manifiesta una fuerte tendencia a la hipersalinización (referida principalmente a las aguas intersticiales) por alteración en el régimen hídrico y evaporación por acción de los rayos solares, la cual se favorece por la formación de depresiones topográficas o "cuencas". En estos puntos es muy evidente la mortalidad masiva de mangle o cuando menos, se advierten signos de estrés fisiológico expresados en la composición, con predominio de *Avicennia germinans*, estructura achaparrada, pérdida del vigor, alta ramificación, hojas coriáceas y pequeñas, sedimentación y colmatación (Lugo et al, 1978; Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1983).

Otro hecho importante para destacar, fue el registrado en las PPC 14, 15, 19 y 22, durante el periodo de enero a marzo de 1998, el cual consistió en incrementos significativos en la salinidad intersticial, casi 100 % sobre el promedio general. Teniendo en cuenta que son sitios en donde la influencia fluvial es significativa, particularmente para las dos últimas, ya que corresponden a estaciones con importantes flujos de los ríos Sinú y Sevilla en los Departamentos de Córdoba y del Magdalena respectivamente, era de esperar salinidades más estables y de menor magnitud, sin embargo, parece ser un hecho casual, pues no se evidenció algún síntoma que refleje condiciones de tensión derivadas de esta circunstancia. Posiblemente, el hecho pueda estar relacionado, por los bajos niveles de estos ríos, a causa del fenómeno del Niño que afectó parte de esta zona.

MONITOREO EN LAS ESTACIONES PPC 1-10

Corresponde al monitoreo efectuado en las Parcelas Permanentes de Crecimiento que el Proyecto Manglares de Colombia instaló en el año de 1996, con una frecuencia trimestral. Aunque algunas presentan datos adicionales, que sirven de base para la caracterización de las aguas de manglar, no permiten determinar su comportamiento a nivel temporal, no obstante advierten ciertas tendencias similares a lo descrito para el monitoreo efectuado con carácter mensual en las estaciones PR-1 a PR-4 y PPC-11 a PPC-25 en el Caribe colombiano, por lo cual, a continuación se hará una breve descripción de los registros obtenidos.

Temperatura

Presentó valores similares a los registrados para las estaciones de monitoreo mensual (PR's y PPC 11-25), con un mínimo de 25 °C detectado en la estación PPC-3 en febrero y un máximo de 32 °C en la estación PPC-2 en agosto para las aguas externas, en tanto que en las internas e intersticiales los rangos de variación fueron de menor magnitud y los valores extremos se presentaron en febrero y octubre en las estaciones PPC-3 y PPC-4, respectivamente, con registros de 26°C (mínimos) y 31.30 °C y 30.50 °C (máximos) para aguas internas e intersticiales (Tabla 35).

pH

Se registraron diferencias entre las aguas externas *versus* internas e intersticiales, en donde los registros para las primeras, en su mayoría se encuentran cercanos a 8 unidades.

En aguas externas, el valor mínimo se presentó en PPC-10 (6.23) en febrero y el máximo (8.32) en PPC-8 en noviembre, en tanto que en aguas internas se detectó un valor mínimo en la estación PPC-10 en noviembre (6.15) y máximo en PPC-9 (7.15). Las aguas intersticiales presentaron niveles un tanto más bajos con registros entre 5.23 y 6.78, detectados en la estación PPC-10 en febrero y noviembre respectivamente.

• Oxígeno disuelto

Las aguas externas, que corresponden a ciénagas, caños y el mar para las estaciones de monitoreo, presentaron concentraciones notablemente más altas que las aguas de inundación o internas y las intersticiales, básicamente por la disponibilidad de luz solar y mayor dinámica de renovación (**Tabla 36**). A su vez y en líneas generales, fue más representativa la magnitud de las aguas con mayor influencia marina, que corres-

ponden a las estaciones PPC-1 y 2. No obstante, en términos de productividad, es representativo lo que se evidencia en las estaciones PPC-3 y PPC-9.

En ese orden de ideas, los registros de menor magnitud en las aguas externas, se detectaron en la estación PPC-8 (0.70 mg/l) y las más altas (16.7 mg/l) en la ciénaga de Pablo (Sucre) representado en las estaciones PPC-6 y PPC-7. En las aguas internas o de inundación, se registraron concentraciones de O₂ entre 0.2 mg/l en PPC-10 para noviembre y 16 mg/l en PPC-3 en octubre. Este último hecho parece de carácter fortuito, ya que el flujo de las aguas es mínimo y la penetrabilidad de la luz solar hacia estratos inferiores es de muy poca significancia. En aguas intersticiales los registros obtenidos no superan 1.50 mg/l, que corresponde al máximo obtenido en la estación PPC-9 en febrero y el mínimo alcanza solamente 0.1 mg/l en la estación PPC-4 en octubre.

TABLA 35. PROMEDIOS DE LA TEMPERATURA Y EL PH EN AGUAS DE MANGLAR REGISTRADOS EN LAS 10 PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO (PPC) INSTALADAS EN 1996 EN EL CARIBE DE COLOMBIA, 1998

AGUAS	TEMPERATURA DE LAS AGUAS			PH DE LAS AGUAS		
	EXTERNAS	INTERNAS	INTERSTICIALES	EXTERNAS	INTERNAS	INTERSTICIALES
PROMEDIO	29.695	27.842	28.250	7.585	6.789	6.281
MÁXIMO	32.00	31.30	30.50	8.32	7.50	6.78
MÍNIMO	25.00	6.00	26.00	2.23	6.15	5.23
SD	1.154	3.390	0.803	0.481	0.217	0.360
CV	3.904	14.843	2.814	7.607	3.067	5.863
ES	0.665	1.394	0.448	0.286	0.100	0.176
N	28	18	19	25	15	17

TABLA 36. PROMEDIOS DEL OXÍGENO DISUELTO Y LA SALINIDAD EN AGUAS DE MANGLAR REGISTRADOS EN LAS 10 PARCELAS PERMANENTES DE CRECIMIENTO (PPC) INSTALADAS EN 1996 EN EL CARIBE DE COLOMBIA, 1998

AGUAS	OXIGENO DISUELTO DE AGUAS			SALINIDAD DE AGUAS		
	EXTERNAS	INTERNAS	INTERSTICIALES	EXTERNAS	INTERNAS	INTERSTICIALES
PROMEDIO	6.078	1.801	0.838	26.534	22.620	40.573
MÁXIMO	16.70	16.00	1.60	40.00	39.00	63.00
MÍNIMO	0.70	0.20	0.10	5.00	6.00	8.00
SD	3.147	1.893	0.416	7.536	12.088	12.282
CV	47.615	47.003	53.673	32.369	46.725	39.217
ES	2.050	0.860	0.236	4.545	5.199	5.410
N	28	18	18	28	18	17

• **Salinidad**

En las aguas externas se advierte claramente la influencia del tipo de aguas, reflejado en los registros obtenidos. En este conjunto de estaciones, los valores obtenidos se encuentran entre 5 y 40 ‰, siendo el más bajo el detectado en la zona donde las aguas el aporte de agua dulce podría ser más significativo (PPC-10) tanto por ubicación, como por la época (lluviosa-noviembre); por su parte, las estaciones PPC-1 y PPC-2, presentaron los niveles más altos con registros de 40 y 37‰ en abril, los cuales corresponden a sectores donde la influencia marina es casi total (especialmente en PPC-1)

Las diferencias entre las aguas de inundación y las externas no son tan marcadas, pero si lo son, con respecto a las aguas intersticiales, principalmente en época seca (enero-abril), en donde estas últimas describen incrementos importantes para esa época. De

manera que en aguas internas los registros obtenidos se encuentran entre 6 ‰, detectados en PPC-2 y PPC-6, y 39 ‰ en las estaciones PPC-1 y PPC-2 para el mes de agosto. En las aguas intersticiales se detectaron concentraciones entre 8 ‰ y 63 ‰ correspondientes a las estaciones PPC-2 para la primera y PPC-6 en la segunda, en los meses de octubre y marzo respectivamente. Esta condición ratifica la influencia de las precipitaciones en las variaciones de la salinidad.

SINTESIS

- Se observó una tendencia al calentamiento de las aguas de manglar examinadas en las estaciones tipo PR (Parcelas de Restauración), y principalmente en las internas o de inundación, debido a deficiencias en el flujo hídrico y sobre-exposición a los rayos lumínicos, que fueron la causa fundamental de

mortalidades masivas en los propágulos sembrados en ellas.

- Los niveles de pH en las estaciones examinadas, muestran de manera general, un comportamiento normal, en donde la mayoría de registros se encuentran entre 6.5 y 8.5 unidades, lo cual es considerado como poco influyente en la estructura y funcionamiento de los manglares. Sin embargo, destacaron una gran magnitud (>8.5 unidades) las estaciones de Ostional, Ciénaga de Balboa y Camarones, debido para cada caso a situaciones diferentes, que bien vale la pena investigar.

- A nivel global las aguas de manglar tienden a presentar condiciones anóxicas, debido a la alta demanda de oxígeno para procesos de degradación de materia orgánica, principalmente en aquellas zonas con importantes aportes fluviales y/o en época de alta precipitación. No obstante en zonas alteradas, con alto grado de exposición a los rayos lumínicos, se presentan concentraciones significativas de oxígeno, que se derivan en mayor proporción de la productividad de algas bénticas.

- La concentración de sales en las aguas de manglar se encuentran en un rango de 0 a 88‰, exhibiendo un comportamiento temporal absolutamente ligado al régimen pluviométrico, en donde se evidencian incrementos importantes en la época de sequía y viceversa, alcanzando niveles que pueden tornarse críticos en las estaciones de Balsillas, Caño Dago, El Garzal, Ciénaga de Balboa principalmente, en las cuales sería importante adelantar obras que optimicen el régimen hídrico normal o cuando menos se garantice que la salini-

dad no se incremente a niveles en los cuales pueda presentarse mortalidad masiva de manglar.

- Teniendo en cuenta las estaciones PR, se trabajó en zonas estuarinas, en donde tanto el aporte de aguas dulces como las del mar, representan un punto importante en la dinámica natural de ellas. El tipo de suelo es limoso combinado con abundante turba en PR-1, PR-3 y PR-4 y las diferencias vienen marcadas fundamentalmente por el grado de influencia de las dos fuentes de agua (dulce y salada o salobre) y por la periodicidad en el lavado de los suelos. Esta situación ha causado, cuando menos en las parcelas PR-1, PR-2 y PR-4, que las áreas en las cuales se pretende rehabilitar los ecosistemas, se caractericen por altas temperaturas, pH con tendencia alcalina, poco reflujo (de mayor a menor: PR-2, PR-1, PR-4 y PR-3, aguas muy productivas, posiblemente eutrofizadas, que aceleran los procesos de sedimentación. La diversidad es baja a nivel de fauna asociada debido a la restricción de nichos y los suelos exhiben gran tendencia a la anoxia.

- En ninguna de las parcelas de restauración se determinó que la salinidad presente niveles críticos y que sea el agente causante de la mortalidad del manglar. Más bien la tendencia a hipersalinización es consecuencia de la sedimentación de las cuencas en donde se ubican las áreas de trabajo y por ende cualquier acción debería ser enfocada a recuperar la dinámica hídrica normal mediante la reapertura de caños. La diferencia viene marcada por los resultados en la PR-2, en la cual los registros de temperatura serían los más bajos, al igual que la salinidad y en ocasiones el oxígeno disuelto. El pH tiene cierta

tendencia a la alcalinidad, pero puede resultar de un mayor grado de exposición a las aguas marinas.

- En cuanto a las estaciones PPC, las diferencias vienen marcadas fundamentalmente por el tipo fisiográfico de los bosques y el grado de influencia de las aguas “externas”, las cuales determinan la periodicidad en el lavado de los suelos, además de la estructura y composición específica. De esta manera, los bosques ribeños, con mayores aportes continentales presentan condiciones de baja salinidad, pH neutros, temperaturas más bajas y concentraciones de oxígeno menos significativas; en tanto que, los bosques de borde, con fuerte influencia marina, mayor dinámica por marea u oleaje, así como déficit hídrico importante, presentan aguas y suelos más salinos, pH con tendencia alcalina y temperaturas más elevadas, en términos generales.

- Vale la pena determinar la causa de los altos niveles de pH en la Ciénaga del Ostional y eventualmente la correlación con posibles afloramientos de fitoplancton en las aguas, los cuales probablemente tendrían que ver con agentes antropogénicos, que estarían causando inestabilidad en el cuerpo de agua.

- El hecho de que en algunas estaciones como las de la Ciénaga de la Caimanera (PPC-14 y PPC-15), Ciénaga del Ostional (PPC-19) y Río Sevilla (PPC-22) presenten una fuerte tendencia de la salinidad al aumento en la época seca, sugiere que es factible un desequilibrio del sistema en el caso eventual de que la dinámica hídrica se altere en el futuro. De manera que es necesario seguir monitoreando aquellas zonas con el fin de describir la dinámica natural con mayor detalle, enfocado principalmente a tomar medidas correctivas con el suficiente tiempo.

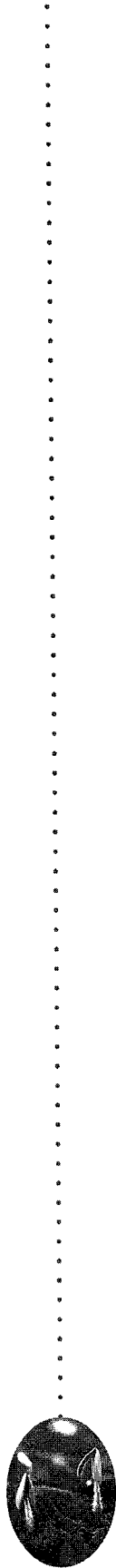


5.

**PROYECTOS PRODUCTIVOS
PILOTO DE MANEJO
INTEGRADO DE LAS AREAS
DE MANGLAR PARA SU
USO SOSTENIBLE EN EL
CARIBE COLOMBIANO**

GENERALIDADES

**MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
ACOFRE - OIMT
PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA**



PROYECTOS PRODUCTIVOS PILOTO DE MANEJO INTEGRADO DE LAS AREAS DE MANGLAR PARA SU USO SOSTENIBLE EN EL CARIBE COLOMBIANO



GENERALIDADES

Algunas entidades relacionadas con el manejo de los recursos naturales como CAR's, UMATAS y otras entidades como el SENA, han hecho intentos aislados de capacitación (sobre todo a nivel de acuicultura) y creación de cooperativas, pero estos generalmente no han funcionado, por la falta de continuidad y de recursos, y adicionalmente, por no considerar las tradiciones nativas.

El Proyecto "Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares de Colombia" del Ministerio del Medio Ambiente, OIMT y ACOFORE pretende establecer y desarrollar pequeños Proyectos Productivos Piloto en la costa Caribe colombiana relacionados con la conservación de manglares. Con estos proyectos, sin precedentes en el país, se busca proponer, implementar y demostrar alternativas de uso y manejo integrado de los ecosistemas de manglar, social y ambientalmente adecuados y económicamente viables, en procura de garantizar la continuidad del recurso, la conservación de la diversidad biológica y la riqueza genética, dentro del marco del desarrollo sostenible.

Por otra parte, según el sentir de las comunidades "la veda del manglar, se dio de manera improvisada, de forma tajante y sin propuestas alternativas, dejando sin sustento a muchas familias que dependían casi en forma exclusiva de este recurso". No obstante la explotación del manglar se sigue haciendo en muchas partes, de manera ilegal, pero en menor escala.

Con el fin de lograr el exitoso establecimiento de proyectos experimentales piloto, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El proyecto debe estar inspirado en las necesidades reales y en las posibilidades y voluntad de las comunidades rurales para así asegurar su participación en el establecimiento, desarrollo y evaluación del proyecto.
- Es importante lograr la participación y compromiso de las entidades responsables del manejo de los recursos naturales.
- El lugar donde se ubique el proyecto, y debe corresponder a una unidad fisiográfica de manglar, que sea representativa de la región donde se realice el proyecto.
- El sitio debe tener, preferiblemente, fácil accesibilidad para futuros efectos demostrativos y para la toma de información.

- El proyecto debe contemplar un componente de educación ambiental y de retroalimentación de las tradiciones culturales de las comunidades nativas.

Con el fin de dar los primeros pasos para el establecimiento de los proyectos experimentales piloto para el uso múltiple y sostenible de las áreas de manglar, se realizaron las siguientes actividades preliminares, las cuales son de suma importancia para lograr el éxito del mismo, puesto que son la base sobre las que se cimentará o estructurará el trabajo futuro.

Se realizaron reuniones previas con funcionarios de entidades públicas y privadas, Corporaciones Autónomas Regionales y ONGs, con el fin de obtener un conocimiento preliminar de la comunidad, sus sistemas productivos característicos, y la dinámica de los procesos económicos.

Visitas a campesinos, mangleros y pescadores con el fin de conocer su realidad socioeconómica, sus necesidades, prioridades, limitaciones y potencialidades. Por otra parte, fue vital conocer sus técnicas tradicionales de uso y explotación del mangle y de otras actividades productivas.

Las actividades iniciales se basaron en aspectos de carácter preliminar que fueron investigados y evaluados con base en información secundaria y con la que se obtuvo de primera fuente, en las visitas que se realizaron a las zonas elegidas para la implementación del programa (Departamentos Bolívar, Córdoba y Sucre). En los tres Departamentos, se destaca por su organización, la comunidad de mangleros de la Bahía de Cispatá en el Departamento de Córdoba.



La identificación, sostenibilidad y estado actual de los recursos naturales usados y aprovechados directamente de los manglares y los productos hidrobiológicos que son objeto de uso por parte de las comunidades, constituyen la base fundamental para el desarrollo de este tipo de programas, sin embargo, se debe explorar en cada zona el potencial productivo a partir de los recursos presentes y que no son objeto de aprovechamiento.

Las actividades productivas que se identificaron asociadas directa o indirectamente a sistemas de manglar y que pueden ser extrapoladas a otras especies o recursos son: A) Obtención de productos forestales como varas, pilotes, leña y carbón; B) Aprovechamiento de recursos hidrobiológicos como, peces, el chipi-chipi, caracol, ostras y la cochilla.

▣ PROYECTOS PILOTO

Una vez analizada la situación en los tres Departamentos, fueron seleccionadas 4 comunidades de mangleros, 2 en Bolívar, 1 en Sucre y 1 en Córdoba, en donde finalmente se dio inicio a tres Proyectos Piloto, uno por Departamento.

Para los tres casos se desarrollaron actividades parecidas, pues la parte central de los Proyectos, fueron los viveros comunitarios y la restauración de áreas degradadas llevada a cabo, también por la comunidad. En el capítulo tres del presente trabajo, se registraron, todas las actividades relacionadas con los viveros, su construcción, ubicación y capacidad de producción,

así como un análisis general de costos y beneficios. Para la restauración, en el correspondiente capítulo, principalmente se tuvieron en cuenta los resultados técnicos relacionados con la parte experimental, en las llamadas PR, de las cuales se obtuvo, la información básica de autogestión y viabilidad, que requerían los proyectos Piloto para su implementación.

Adicionalmente a lo anterior, con la comunidad de mangleros de Cispatá en el Departamento de Córdoba, se realizó la rectificación y limpieza del caño de la Muerte y la apertura de uno nuevo, juntos en la misma área, y con el propósito de restaurar ambientalmente las condiciones de la ciénaga de la Muerte. Igualmente, para la comunidad de AGRODIQUE en Pasacaballo en el Departamento de Bolívar, se capacitó la comunidad en el manejo de "ceiba roja" (*Bombacopsis quinata*) y "melina" (*Gmelina arborea*) en condiciones de vivero, con el fin de que la comunidad de mangleros, se proyecte en programas de autogestión, para la reforestación de zonas continentales y de esta forma ampliar sus conocimientos y propiciar alternativas económicas para el futuro.

La Cooperativa de Mangleros de Pasacaballos AGRODIQUE, en Bolívar, la comunidad de mangleros de Bocacerrada en Sucre y la comunidad de mangleros de la Bahía de Cispatá en Córdoba, una vez capacitados en labores de vivero y restauración, presentaron ante el Grupo Caribe del Proyecto Manglares de Colombia, propuestas para restaurar áreas de manglar, las cuales fueron aceptadas y estructuradas bajo compromisos mutuos, en donde el Proyecto, las CAR's y las comunidades desarrollaron términos de apoyo técnicos y económicos.

Las tres agrupaciones de mangleros, a través de sus representantes, se responsabilizaron de la administración, organización y coordinación para el desarrollo de los proyectos Piloto. Los desembolsos acordados, sobre los recursos económicos de apoyo, se hicieron así: 20% al finalizar las labores de vivero y el restante 80% después de la siembra definitiva y revisión a satisfacción por parte de los integrantes del Proyecto o la CAR's correspondiente.

En el Departamento de Bolívar, el objeto de la propuesta fue sembrar 120.000 plántulas de mangle rojo principalmente, *Rhizophora mangle*, producidas en los viveros de Pasacaballos y Leticia, en una superficie aproximada de 25 ha, en zonas alteradas y playones de sedimentación ubicados en la Bahía de Barbacoas en las bocas de los caños Lequerica y Matunilla, y cerca de las parcelas experimentales de restauración 1 y 2. Las actividades tienen una duración de 12 meses y la siembra se realiza por ciclos de producción de los viveros, los cuales están divididos en 5, cada uno de 24.000 plántulas que servirán para restaurar 5 ha. En la actualidad se han restaurado 20 ha. (Julio de 1998).

Para el caso del Departamento de Sucre, con la comunidad de Boca Cerrada, se desarrolló una actividad similar y bajo el mismo esquema, con la diferencia que la zona a restaurar es de 12.5 ha y la producción del vivero de 12.000 plántulas por ciclo, o sea la mitad de lo desarrollado en Pasacaballos. La comunidad se comprometió a la organización y coordinación para el desarrollo del Proyecto de la siembra de 60.000 plántulas de mangle en Boca Cerrada y cerca de la ciénaga de Benítez. A agosto de 1998 se habían restaurado 5 ha.

En el Departamento de Córdoba, se inició un proyecto Piloto de restauración igual al de Pasacaballos y bajo el mismo esquema de compromisos y alcances. El vivero de Caño Lobo servirá para restaurar una zona de 25 ha cerca de la ciénaga de Soledad, en un área invadida por helecho “corocilla o mata tigre” (*Acrostichum aureum*), la cual será limpiada y sembrada con plántulas de 40 cm de altura aproximadamente. A Agosto de 1998, ya se había construido el vivero y se hallaban en crecimiento las plántulas para la primera siembra de 5 ha.

Al igual que para el proyecto productivo Piloto de vivero y siembra, la Asociación de Mangleros Independientes de San Antero, Córdoba, mediante su representante legal, realizó el mantenimiento de 600 m, en el Caño La Muerte y la apertura de un caño nuevo sobre la línea costera, que comunicará la Ciénaga de la Muerte con el mar en su parte norte. La obra se describe como un canal sobre la playa de 100 m de longitud por 3 m de anchura y 1 m de profundi-

dad y protegido en sus laderas con pilotes de madera y sacos de polietileno. Sector norte de Bahía Cispatá, jurisdicción del Municipio de San Antero, con participación de los integrantes del Comité de Recolectores de Mariscos y el apoyo técnico de la Corporación Autónoma Regional (CVS), y los consultores del Grupo Caribe Proyecto Manglares de Colombia. Con esta actividad se espera restablecer la dinámica hídrica del área y por lo tanto la productividad pesquera.

Vale la pena mencionar, que la Asociación de Mangleros Independientes de San Antero, en las propuestas económicas pasadas al Proyecto, se refleja un aporte del 20% aproximadamente, por parte de la comunidad, por lo tanto el Proyecto Manglares de Colombia apoyó, con el 80% del costo total de las obras. Lo anterior es interesante, pues se podría interpretar como un avance de organización y autogestión de esta comunidad, demostrando un interés por el aprovechamiento sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- Alongi, D.M. 1988.** Bacterial productivity and microbial in tropical mangrove sediments. *Microbial, Ecology*, 15: 59-79.
- Alongi, D.M. K.G. Boto & A.I. Robertson. 1992.** Nitrogen and phosphorus cycles. In: Robertson A. Y. & D. M. Alongi (eds.), *Coastal and Estuarine Studies. Tropical Mangrove Ecosystems.* American Geophysical Union. Washington D.C. pp. 225-249.
- Alvarez-León, Ricardo, G. Ramírez-Triana & E. Weller. 1995.** Condiciones ecológicas de la Laguna Sur (Bahía de Chengue, Caribe Colombiano). *Rev. Acad. Col. Cien.*, 74(19): 509-525.
- Aksornkoae, S. 1982.** Productivity and energy relationship of *Rhizophora apiculata* in Thailand. *Biotrop. Spec. Publ.*, 17.
- Arnon, D. I. & C. M. Johnson. 1942.** Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions. *Plant Physiol*, 17: 525-539.
- Autry, A. S., V. N. Stewar, M. Fox. & W. Hamilton. 1973.** Progress report: Mangrove planting for stabilization of developing shorelines. *Q. J. Fla. Acad. Sci. (Suppl.)* 36:17 (abstract).
- Ball, M. 1988.** Ecophysiology of mangroves. *Trees*, 2:129-142.
- Banus, M. & S. Kolehmainen. 1975.** Floating, rooting and growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) seedlings: Effect on expansion of mangrove in southwestern Puerto Rico, Vol. 1 pp 370-384 In: *Proc. of the Internat. Symp. on Biology and Management of Mangrove.* UNESCO. Honolulu (Hawaii).
- Barcelo, Coll, J., G. Nicolás-Rodrigo, B., B. Sabater García & r. Sánchez Tames, 1980.** *Fisiología Vegetal.* Ediciones Pirámide, S.A. Madrid.
- Blanchard, J. & G. Prado, 1995.** Natural regeneration of *Rhizophora mangle* in strip clearcuts in northwest Ecuador. *Biotropica*, 27(2): 160-167.
- Bohórquez, C. A. & M. C. Prada. 1988.** Transplante de plántulas de *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) en el Parque Nacional Corales del Rosario. Colombia. *UCR-Rev. Biol. Trop.*, 36 (28): 555-557.
- Boto, K. G., 1982.** Nutrient and organic fluxes en mangrove. In: Clough, B. F. (ed.). *Mangrove Ecosystems in Australia.* Australia National University Press. Canberra, pp. 239-257.
- Burniske, G., 1994.** El manejo de manglares en Panamá. OIMT. *Actualidad Forestal Tropical*, 2 (3): pp.10-12
- Cabahun, D., F. M. Ambi, S. O. Nispero & N. C. Truzan, 1996.** Impact of community-based mangrove forestation upon mangrove-dependent families and nearby coastal areas in central Visayas. A case example. En: pp 461-463 In: *Mangroves of Asia and the Pacific Status and Management.* RAS/79/002 UNESCO/PNUD.

- Cañon, G. M. & H. Rodríguez. 1994.** Ensayos de repoblamiento con *R. mangle* en la Isla Arena en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario, Caribe colombiano. Tesis Profesional. Fac. Biol. Marina Univ. de Bogotá J. Tadeo Lozano, 223 p.
- Cardona, P. y L. Botero. 1995.** Litterfall, flowering and fruiting phenology of *Avicennia germinans* (L) L. In a stressed mangrove forest in the Colombian Caribbean. In: L. Botero & J.E. Mancera (eds.) Estudio Ecológico de la CGSM .Delta Exterior del Río Magdalena. 3a.Etapa. INVEMAR. Vol 1. Santa Marta (Mag). Informe Final, 13p. +anexos.
- Ceballos-Vargas, S. P. 1997.** Estudio de la dinámica de crecimiento, capacidad de regeneración y aspectos fenológicos de los manglares en la costa Caribe colombiana. Proyecto Manglares de Colombia, PD 171/91 (FaseI) Rev. 2 MINAMBIENTE/OIMT. Inf. Técnico, 15.
- Cintrón-Molero, G., 1985.** Mangrove area management in Panamá. San Juan (Puerto Rico), November, s.p.
- Cintrón-Molero, G., A. E. Lugo, D. J. Pool & G. Morris, 1978.** Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. *Biotrópica*, 1(2): 110-121.
- Cintrón-Molero, G., C. Goenaga & A. E. Lugo. 1980.** Observaciones sobre el desarrollo del manglar en costas áridas, pp 17-32 In: Vegas-Vélez, M. (edi) Mem. Sem. Est. Cient. e Impac. Hum. sobre el Ecos.Manglar. UNESCO/ UNIVALLE. Cali (Valle) Colombia.
- Cintrón-Molero, G. & Y. Schaeffer-Novelli, 1983.** Introducción a la ecología del manglar. ROSTLAC/UNESCO. Montevideo (Uruguay), 109 p.
- Cintrón-Molero, G. & Y. Schaeffer-Novelli, 1984.** Methods for studying mangrove structure. Chap. 6 pp 91-113 In: Snedaker S.C. & J.G. Snedaker (eds.) *The Mangrove Ecosystem Research Methods UNESCO Monographs Oceanographic Methodology*, 8, 256 p.
- Cintrón-Molero, G. & Y. Schaeffer-Novelli, 1985.** Características y desarrollo estructural de los manglares en Norte y Sur América. OEA, Sria. *Gral.-Ciencia Interamericana*, 25: 4-15
- Clarke, K. R. & R. M. Warwick. 1994.** Change in marine communities an approach to statistical anlysis and interpretation. *Natural Environmental Research Council, U.K.*, 144 p
- Clough, B.F. 1992.** Primary productivity and growth of mangrove forests, pp. 225-249. In: Robertson A. Y. & D. M. Alongi (eds.). *Coastal and Estuarine Studies. Tropical Mangrove Ecosystems.* American Geophysical Union. Washington D.C. (USA).
- Clough, B.F., K.G. Boto & P.M. Attiwill. 1983.** Mangroves and sewage: a re-evaluation. pp 151-161 In: Teas, H.J. (ed.), *Biology and Ecology of Mangroves, Tasks for Vegetation Science*, 8. Dr. W. Junk The Hague (Netherlan).
- Clough, B., 1994.** La extracción de productos de los ecosistemas de manglar. *Actualidad Forestal Tropical OIMT*, 2 (3): 6-7.
- C.V.S. 1994.** Proyecto manejo silvicultural del bosque de mangle del Antiguo Delta del Río Sinú. Estudio de Regeneración natural del bosque de mangle. FVE Ltda. Medellín (Ant.). Inf. Técnico, 21p.
- C.V. S. 1994.** Proyecto manejo silvicultural del bosque de mangle del Antiguo Delta del Río Sinú. Estudio de Crecimiento. Primera medición. FVE Ltda. Medellín (Ant.). Inf. Final 23p.

- Davis, J. H. 1940.** Vivipary and dispersal of mangrove seeds. *Ten. Acad. Sci.* (15): 414-415
- Day, J. & A. Yañez-Arancibia. 1982.** Coastal lagoons and estuaries, ecosystem approach. *Sria. Gral.OEA- Ciencia Interamericana (Mar. Sci.)*, 22 (1-2): 11-26.
- Del Valle, J., 1989.** Crecimiento del roble (*Tabebuia rosea*) en la región de Urabá, Antioquia. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*, 7. (abril/1989), 15 p.
- Del Valle-Arango, J. I. & M. Gómez-Restrepo. 1996.** Guía de campo para el estudio de la dinámica y estructura de los manglares en Colombia. Proyecto MINAMBIENTE Manglares de Colombia PD 171/ 91 (Fase 1) rev. 2, OIMT. Santa Fe de Bogotá D. C. Informe Técnico, 7, 106p.
- Dubois, J. 1980.** Los tipos de inventarios empleados en el manejo del bosque tropicales por sistemas naturales y seminaturales. 38 p.
- Dugan, J.P. 1992.** Conservación de humedales: Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. UICN. Milán (Italia), 98 p.
- Duke Z. Pinzón. 1992.** Inf. Técnico de Hyla.
- Escallón, C. & M. Rodríguez. 1986.** Aspectos geográficos e importancia ecológica de los manglares con especial referencia a Colombia. *Pérez-Arbelaezia*, 1 (2): 226-239.
- FAO, 1994.** Directrices para la ordenación de los manglares. Estudio FAO/MONTES No. 117 Roma 1994.
- Field, C. (ed.) 1996.** Rationale for restoration of mangrove ecosystems. In. *Restoration of Mangrove Ecosystems*. Field, C. (ed) International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa Japón. pp 28-35.
- Fournier, L., 1974.** Un Método Cuantitativo para la Medición de Características Fenológicas en árboles. *Turrialba* 24(1): 422-423. 1974
- Giraldo, R.; H. Hurtado; S. Zea & R. Madera. 1995.** Clasificación de estaciones y diseño de un circuito óptimo de monitoreo para el estudio de la Ciénaga Grande de Santa Marta y el Complejo Pajarales. Vol 1. In: Botero, L. & E. Mancera (eds.) *Estudio Ecológico de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Delta Exterior del Río Magdalena, 3ª etapa*. INVEMAR - Programa Lagunas Costeras, COLCIENCIAS. Santa Marta (Mag.)12 p.
- González-Calderón, D. & B. Rivas-Echeverri 1993.** Obtención de plántulas viables para siembra por estimulación de raíces adventicias en *Rhizophora mangle* L. 1773, aplicando la técnica de acodado aéreo. Tesis profesional. Fac. Biología Marina. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 85 p.
- Hernandez-Camacho, J.I. 1976.** Introducción a la problemática de la conservación y manejo de los manglares en Colombia. INDERENA - Div. de Parques Nales. y Areas de Manejo Especial. Bogotá D.E. Inf. Técnico (2) :1-13.
- Hernandez-Camacho, J.I. Pivon Hildebrand & R. Alvarez-León. 1980.** Problemática del manejo de manglares con especial referencia al sector occidental de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Magdalena, Colombia, pp. 364-386 In: Vegas-Velez, M. (ed.) *Mem. Seminario sobre el Estudio Científico y el Impacto humano en el Ecosistema de manglar*. UNESCO/UNIVALLE, Cali (Valle) Colombia, nov. 27-dic. 1 de 1978, 405p.
- Hoffman, W. E. & J. A. Rogers Jr. 1980.** A cost / benefit analysis of two large coastal plantings in Tampa Bay, Florida. *Wet Lands Conferece Proceeding*. Tampa (Fla.) USA.

- Hurtado, N. 1994.** Estudio de caso: Manejo y uso adecuado de los recursos del manglar en Estero Real, Nicaragua, pp. 168-175 In: Surman, D. O. (ed.), *El ecosistema de manglar en América Latina y La Cuenca del Caribe: Su manejo y conservación.* Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science. Univ. of Miami, Miami (Florida) & The Tinker Foundation, New York (N.Y.)- USA, 263p.
- Hurtado, H.; J.E. Mancera; R. Giraldo; S. Zea & R. Madera. 1995.** Comportamiento espacial y temporal de la salinidad en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Colombia. Período 1970-1994. In: Botero, L. & J.E. Mancera (eds.) *Est. Ecol. de la CGSM - Delta Exterior del Río Magdalena. 3a. Etapa. 1. Santa Marta (Mag.) Inf. Final* Vol. 19 p+ anexos.
- Hussain, M.Z., 1995.** La silvicultura de manglares. *Unasylva* 181, Vol.46.
- Hutchings P. & P. Saenger. 1987.** Ecology of mangroves. Univ. of Queensland, Press. St. Lucia.
- INVEMAR. 1996.** Proyectos en ejecución. Programa lagunas costeras. Santa Marta, 1996.
- IRENARE – OIMT. 1997.** Plan de acción para las reas de manglares de Chame, Azuero y Chiriquí. Proyecto de Manejo, Conservación y Desarrollo de los Manglares de Panamá. Proyecto PD 128/91 Rev. 2 (F). Panamá.
- Kristensen, E., F. O. Andersen & L. H. Kafted. 1988.** Preliminary assessment of benthic community metabolism in southeast Asian mangrove swanp. *Marine Ecology Progress Serie*, 48: 137-147.
- La Rue, C. & T. Muzik. 1954.** Does the mangrove really plant its seedlings? *Sciencie*, 114: 661-662.
- Laverde, J. J. A., R. Araujo, G. Vargas & E. Patiño. 1987.** Plan de monitoreo del Golfo de Morrosquillo. Primera parte. Aspecto Biológico. Asoc. Cravo Norte. Bogotá D.E., 147p. + anexos.
- Lema, A. 1995.** Dasometría: (Algunas aproximaciones estadísticas a la medición forestal). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Forestales. Medellín. 401 pp.m,
- Lewis, R. R. III, 1979.** Large scale mangrove restoration on St. Croix UIP, In: *Proc. Sixth Annual Conf. on Restoration and Creation of Wetlands.* Hillsborough Community College, Tampa(Fla.) USA. pp.231-242
- Lewis, R. R. III & K. C. Haines. 1980.** Large scale mangrove restoration on St. Croix, U. S. Virgin Islands- II. Second year, 137-148 pp. In: *Proc. Seventh Annual conf. on Restoration and creation of wetlands.* Hillbrough community college, Tampa (Fla.) USA.
- Leyton, L. M. & F. E. Delgado. 1992.** Fauna asociada a las raíces de mangle rojo. Plan de monitoreo del Golfo de Morrosquillo. 3a. Fase. ECOPETROL. Santafé de Bogotá D.C., Inf. Final: 47p + anexos
- Leyton, L., F. Delgado & D. Miranda. 1992.** Fauna asociada a las raíces de manglar en el Golfo de Morrosquillo. Tomo I pp. In: *Mem. VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar y I Congreso Centroamericano y del Caribe de Ciencias del Mar.* CCO/COLCIENCIAS. Cartagena (Bol.), Colombia. 532p.
- Linares, R., 1991.** La regeneración natural temprana del bosque de cativo en Chocó-Colombia. Pizano S.A. CONIF, Serie Técnica, 30.

- Lugo, A.E. & G. Cintrón-Molero. 1975.** The mangrove forest of Puerto Rico and their management. pp. 825-846 In: G. E. WALSH, S.C. SNEDAKER & H.J. TEAS (eds.). Proc. of the Internal Symposium on Biology and Management of Mangroves. East-West Center Honolulu, Hawaii. 823 pp
- Lugo, A. E. & S. Snedaker. 1978.** The ecology of mangroves. *Ann. Rev. Ecology and Systematics*, (5): 39-64.
- Macnae, W. 1968.** A general account of the fauna and flora of mangrove swamp and forests in the Indo-West Pacific region. *Advances Marine Biol.*, 6: 73-270.
- Machado-Caicedo, M.L., H. Sánchez-Páez & R. Alvarez-León 1996.** Salvemos nuestros manglares. Proyecto PD 171/91 (Fase I) Rev. 2 "Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y Desarrollo de los Manglares en Colombia". MINAMBIENTE/OIMT Santa Fe de Bogotá 11 p.
- Mancera, E. 1998.** Monitoreo del efecto ambiental de la construcción y funcionamiento de Canales en el Delta Exterior del Río Magdalena. Convenio de Cooperación entre CORPAMAG/INVEMAR Proyecto de Rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta, PROCENAGA. Programa de Calidad Ambiental y Marina, Inf. Primer Semestre de 1997. Santa Marta (Mag.) 14 p.
- Manjarres-García, G. 1991.** Los manglares de la costa Caribe colombiana. In: Diaz, J.M. (ed.) Perfil Amb. del Caribe Colombiano. CORPES-CA. Santa Marta (Mag.) Doc. de Trabajo 7: 1- 12.
- Margaleff, R. 1977.** Ecología Edit. Omega, S.A. 2ª edición. Barcelona (España), 951p.
- McMillan, C. 1971.** Environmental factors affecting seedling establishment of the black mangrove of the central Texas coast. *Ecology*, 52 (5).
- McMillan, C. 1974.** Salt tolerance of mangroves and submerged aquatic plants. In. Reimold R.J. & W.H. Queen (eds.). *Ecology of Halophytes*. Academic Press.
- Menéndez, L. , A. Priego, & R. Vandama, 1994.** Guanál: Una propuesta de plan de manejo integrado de los manglares. pp. 85-95 In: Suman, D. O. (ed.) *El Ecosistema de Manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe: Su Manejo y Conservación*. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science. Universidad de Miami. Miami, (Fl.) & The Tinker Foundation. New York, (N. Y.) USA, 263p.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE/OIMT. 1996.** Diagnóstico de los sistemas de permisos y concesiones forestales y propuesta de criterios e indicadores para la ordenación sostenible de los bosques naturales. Orozco, J. M. (ed.). Santa Fe de Bogotá D.C. (Colombia), 315p.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE/OIMT. 1997.** Proyecto "Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y Desarrollo de los Manglares en Colombia". Plan de Trabajo Detallado. Santafé, de Bogotá.
- Odum, E. 1972.** Ecología. Nueva Editorial Interamericana. 3ª Edición. México D.F. México. pp 639.
- Ogden, J.C. & E.H. Gladfelter (eds.). 1983.** Coral reefs, seagrass beds and mangroves. Their interactions in the coastal zones of the Caribbean. UNESCO reports on marine science. 23 UNESCO/ROSTLAC. Montevideo (Uruguay). 133 p.
- OTS & CATIE, 1986.** Sistemas Agroforestales. Principios y aplicaciones en los Trópicos, (Costa Rica).
- Pannier, F. & R. Pannier. 1976.** Manglares: un enfoque fisiológico...

Pannier, F. 1982. El Proyecto Internacional de Conservación y Manejo de los Manglares Venezolanos

Páramo, G. & M. Silva. 1997. Programa de monitoreo ecológico y socioeconómico de los bosques del Pacífico medio y sur colombiano. Proyecto de Investigación MINAMBIENTE/FONADE/CONIF/975, SANTA FE DE BOGOTÁ D.E. 53 p.

Phan, N. H. 1995. Restauración de ecosistemas de Manglar en Vietnam, pp. 81- 10 In: Colin F. (ed.). Restauración de Ecosistemas de Manglar. Organización Internacional de las Maderas Tropicales/ Sociedad Internacional para Ecosistemas de Manglar. D. Traumann (trad.). Yokohama (Japón), 278 p.

Pino J. C., A. Sanjuan & D. Avendaño 1997. Diagnóstico y zonificación de los manglares del Departamento de Bolívar. CARDIQUE. Cartagena (Bol.)

Pinto-Nolla, F. & G. Naranjo. 1993. Influencia de la salinidad y el pH en la morfometría y ecología del mangle salado *Avicennia germinans* (L.) en diferentes sectores del litoral Caribe colombiano. Tesis Profesional. Fac. de Biología Marina. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 196p.

Pinto-Nolla, F., G. Naranjo-González & J. Hernandez-Camacho. 1995. Influencia del hábitat en la morfometría y morfología del "mangle salado" *Avicennia germinans* (L.) en el litoral Caribe colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19, (74-): 481-497.

Prahl, H. von. C. Castaño-Uribe, A. Brando-León, J. R. Cantera-Kintz, P. Ocampo-Aguirre, J. F. Machado & R. Ríos-Herrera 1989. Manglares. Villegas Editores. 2ª Edición. Bogotá D.E. (Colombia), 207p.

Pulver, T. 1976. Transplant techniques for sampling mangrove trees *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* en Florida. Department of Natural Resource Fla. Mar. Res. Pub., (22): 1-14.

Qureshi, M.T. 1990. Experimental plantation for rehabilitation of mangrove forests in Pakistan. ISME. (Pakistan). 37p.

Qureshi, Tahir. 1995. Restauración de manglares en Pakistán, pp. 138-156 In: Colin F. (ed.). Restauración de Ecosistemas de Manglar. Organización Internacional de las Maderas Tropicales/ Sociedad Internacional para Ecosistemas de Manglar. D. Traumann (trad.) Yokohama (Japón), 278 p.

Ramírez A. & G. Viña, 1998. Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano-BP Exploration Company Colombia Ltd, 293 p.

Reyes, R. & N. H. Campos. 1992. Moluscos, anélidos y crustáceos asociados a las raíces de *Rhizophora mangle* Linnaeus, en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. *Caldasia*, 17(1): 133-148.

Rodríguez, D. 1994. Situación actual de los manglares en Venezuela, pp. 218-228. In: Suman, D.O. El ecosistema de manglar en América Latina y la cuenca del Caribe: Su manejo y conservación. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science. Univ. of Miami, Miami (FL.) & The Tinker Foundation. New York, (N. Y.) USA 263p.

Saenger, P., 1996. Restauración de manglares en Australia: Estudio de caso del aeropuerto internacional de Brisbane, Cap. 3 pp. 37-54, In: Colin F. (ed.). Restauración de Ecosistemas de Manglar. OIMT/ISME. Traumann, D.B. (trad.). Yokohama (Jap-on), 278p.

- Sánchez-Páez, H. 1994.** Los manglares de Colombia, pp 21- In: *El ecosistema de manglar en América Latina y La Cuenca del Caribe: Su manejo y conservación.* Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science. Univ. of Miami, Miami (Fl.) & The Tinker Foundation. Miami-New York, (N.Y.) USA, 263p.
- Sánchez-Páez H., R. Alvarez-León, F. Pinto-Nolla, A. S. Sánchez-Alfárez, J. C. Pino-Renjifo, M. T. Acosta-Peñalosa & I. García-Hanssen. 1997.** Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia. Proyecto PD, 171 rev 2 Fase I, MINAMBIENTE/OIMT). Santafé de Bogotá D.C., 511 p.
- Savage, T. 1972.** Florida mangrove as shorelines stabilizers. Fla. Dept. Nat. Resources, Prof. Pap. Ser. (19), 46 p.
- Schaeffer-Novelli, Y & G. Cintrón-Molero. 1986.** Guía para estudio de áreas de manguezal. Estructura, funcao e flora. Caribbean Ecological Research, Sao Pablo (Brasil), 25 p.
- Schnetter, M. L. 1986.** Influencia del pH y la salinidad en el desarrollo de *Avicennia germinans* en condiciones de cultivo. *Caldasia*, 15 (71-75): 381-391.
- Semeniuk, V., 1983.** Mangrove distribution in northwestern Australia in relation ship to regional and local fresh water seepaqa. *Vegetatio*, 53: 11-31
- Serrano, L.A., L. Botero, P. Cardona & J.E. Mancera-Pineda. 1995.** Estructura del manglar en el Delta Exterior del Río Magdalena-Ciénaga Grande de Santa Marta, una zona tensio-nada por alteraciones del equilibrio hídrico. *An. Inst. Mar. Punta Betín*, 24: 155-164.
- Siddiqi, N.A., M.R. Islam, M.A.S. Khan & M. Shahidullah. 1993.** Mangrove Nurseries in Bangladesh. ISME. (Bangladesh), 14 p.
- Siddiqi, N.A., 1995.** Inf. Técnico Hyla.
- Smith, T. J. 1987.** Effects of light and intertidal position on seedling survival and growth in tropical tidal forests. Elsevier Science Publishers B. V. London (U.K.): 133-146
- Soemodihardjo, S., P. Wiroatnodjo., F. Mulia y M. K. Harahap. 1995.** Restauración de Manglares en Indonesia. Estudio de caso de Tembilahan, Sumatra, pp105-120 In: Colin F. (ed.). Restauración de Ecosistemas de Manglar. OIMT/ ISME. Traumann, D.B. (trad.). Yokohama (Japón), 278 p.
- Spellerberg, I. 1991.** Monitoring ecological change. Cambridge University Press. Cambridge (U.K.).
- Snedaker, S. 1978.** Los manglares: su valor y perpetuación. UNESCO-La naturaleza y sus recursos, 14 (3): 7-15.
- Suman, D. O., 1994.** Situación de los manglares en América Latina y la Cuenca del Caribe. pp 1-10 In: Suman, D. O. (ed.) *El ecosistema de manglar en América Latina y la cuenca del Caribe: Su manejo y conservación.* Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science. Univ. de Miami. Miami (Florida) & The Tinker Foundation. Miami- New York (USA).
- Tibaquirá, L.; D. Yanine- Díaz & E. Daza. 1980.** Aspectos técnicos generales de carácter evaluativo y conceptual sobre el ecosistema de manglar de las zonas de Ciénaga Grande y Canal del Dique en el litoral Atlántico. INDERENA. Subgerencia de Fomento de Bosques Agua y Suelos. Bogotá D.C. 51 p + anexos.

Torres, M. & M. Rivera. 1989. Plan de manejo de los manglares. Depto de Rec. Nat. Prog. de Manejo de la Zona Costanera. San Juan (Puerto Rico), 73 p.

Trujillo-Navarrete, E., 1989. Fundamentos para el manejo de semillas, viveros y plantación inicial. Bogotá D.C.

Vélez-Escobar F., 1993. Estudio de crecimiento de bosques de mangle, Antiguo Delta del Río Sinú. Segunda medición. CVC/FVE Ltda. Medellín (Ant.), 25p.

Winograd, M. 1985. Inventaire, gestion y aménagement des mangroves de la Colombie. These Doctorat. 3eme Cycle Specialite Ecologie. Univ. Paul Sebatier de Toulouse, 83 p.

Winograd, M. 1987. Mangroves de Colombie: Particularites biologiques et economiques. *Gaussenia* (3) : 11-43.

**FOTOGRAFÍAS
EN COLOR 2**



**MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
ACOFRE - OIMT
PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA**



PARCELA PERMANENTE DE CRECIMIENTO INSTALADA EN LA CAIMANERA (SUCRE).
SE OBSERVA EL NÚMERO DE MARCACIÓN DE UN ÁRBOL Y LA LÍNEA DEL DAP, IGUALMENTE,
SE APRECIA EL TUBO DE PVC MATERIALIZANDO EL CENTRO DE LA PARCELA

MARCACIÓN DE UN ÁRBOL DE RHIZOPHORA MANGLE Y DEMARCACIÓN DEL DAP 30 CM POR
ENCIMA DE LA ÚLTIMA RAÍZ FÚLCREA, PPC BARRANQUITOS (BOLÍVAR), 1997





HIPOCÓTILOS DE RHIZOPHORA MANGLE EN LA CIÉNAGA DEL NAVÍO EN LA BAHÍA DE CISPATÁ (CÓRDOBA), OCTUBRE 1997

PRIMEROS BOTONES FLORALES EN PLÁNTULAS DE RHIZOPHORA MANGLE DE UN AÑO DE EDAD. SE APRECIAN LAS BRÁCTEAS Y LA INFLORESCENCIA CON UNA RAMA MOSTRANDO 8 BOTONES, CUANDO LO COMÚN SON CUATRO. BAHÍA DE BARBACOAS PR-2 (BOLÍVAR), 1998





SIEMBRA DIRECTA DE HIPOCÓTILOS DE RHIZOPHORA MANGLE EN LA PARCELA DE RESTAURACIÓN PR-1 EN LA BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR). PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA, 1998

ZONA DE RESTAURACIÓN EN LA BAHÍA DE BARBACOAS (BOLÍVAR) CON PLÁNTULAS PRODUCIDAS EN VIVERO (PR-2). PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA, 1998





ZONA DEGRADADA DEBIDO A LA ALTERACIÓN DE FLUJO HÍDRICO Y A LAS ALTAS TEMPERATURAS
PR-3. EL GARZAL, CIÉNAGA DE LA CAIMANERA, DEPARTAMENTO DE SUCRE, 1998

ZONA ALTERADA DE MANGLAR INVADIDA POR EL HELECHO ACROSTHICHUM AUREUM
“COROZILLA”, EN LA BAHÍA DE CISPATÁ SECTOR SOLEDAD (CÓRDOBA), 1998





CONSTRUCCIÓN DEL VIVERO SEMIPERMANENTE POR PARTE DE LA COMUNIDAD DE PASACABALLOS (BOLÍVAR) Y EL APOYO DEL PROYECTO MANGLARES DE COLOMBIA. 1998

INTEGRACIÓN DE LA COMUNIDAD INFANTIL EN LAS LABORES DEL VIVERO DE PASACABALLOS (BOLÍVAR), 1997





MODELO DE VIVERO PALAFÍTICO SEMIPERMANENTE IMPLEMENTADO POR EL PROYECTO EN ESTA FASE PARA LAS DIFERENTES LOCALIDADES, 1998

VIVERO COMUNITARIO DOTADO CON CANASTAS DE CONOS PLÁSTICOS EN LA LOCALIDAD DE BOCA CERRADA CAÑO CORREA (SUCRE), 1998





DESARROLLO DE RAÍCES DIRIGIDAS (A) Y DE RAÍCES FÚLCREAS (B) EN HIPOCÓTILOS DE RHIZOPHORA MANGLE SEMBRADOS EN LOS CONOS SEMILLEROS EN EL VIVERO DE LETICIA, 1998

PREDACIÓN DE HIPOCÓTILOS CAUSADA POR LA ACCIÓN DE INSECTOS (COLEOPTERA) TALADRADORES DE LAS FAMILIAS SCARABAEIDAE EN EL VIVERO DE PASACABALLOS Y SCOLITYDAE EN CONDICIONES NATURALES EN ARROYO DE PLATA (B)

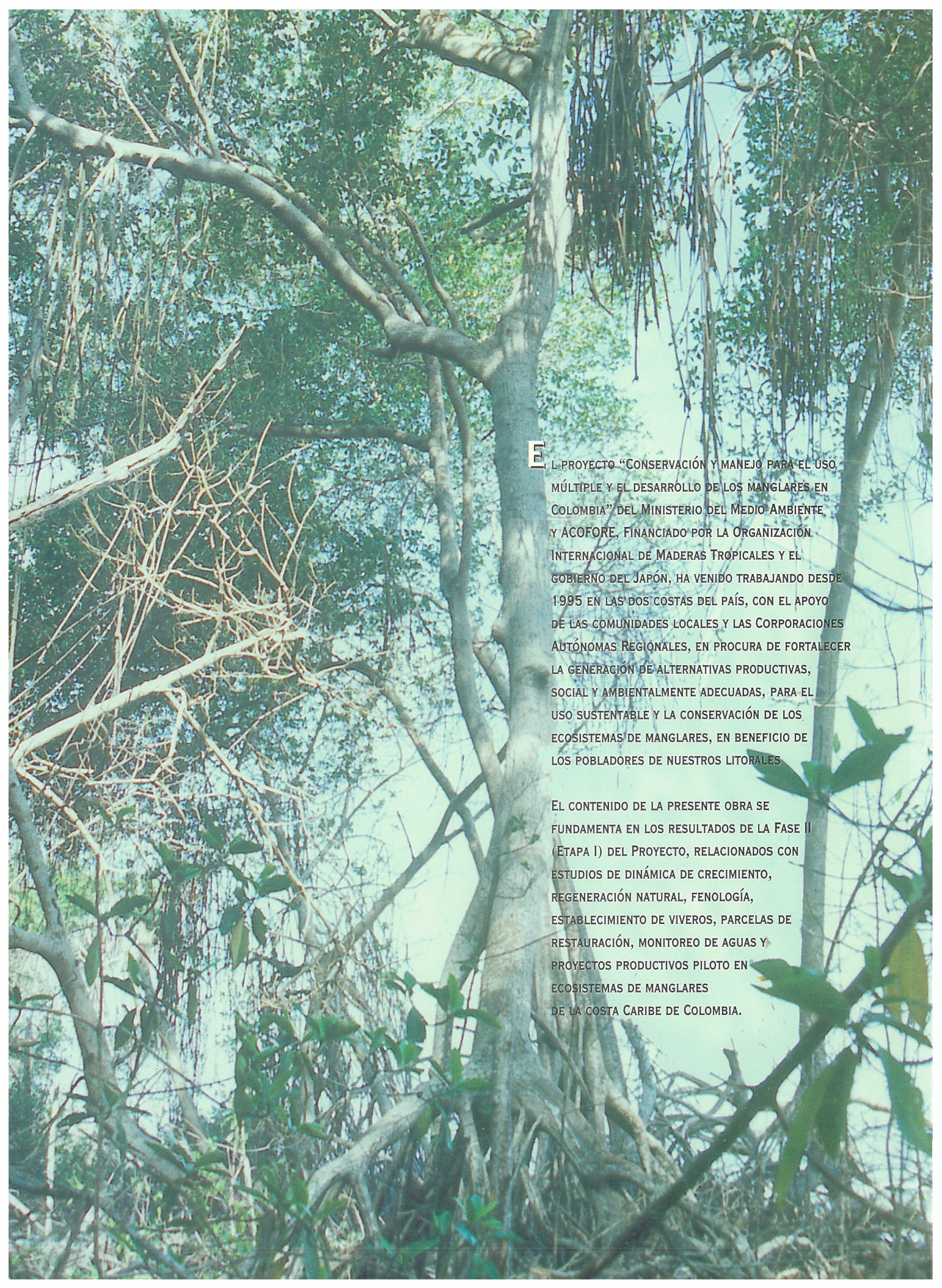




INFLUENCIA DIRECTA DEL AGUA DE MAR (AGUAS EXTERNAS) SOBRE LOS MANGLARES DE LA BAHÍA DE CISPATÁ (CÓRDOBA), CERCA AL CAÑO NUEVO DE LA MUERTE, 1998

MANGLARES DE LA ISLA DE SALAMANCA EN EL MAGDALENA. EN PRIMER PLANO SE VEN NEUMATÓFOROS LARGOS DE AVICENNIA GERMINANS Y LAS AGUAS INTERNAS O DE INUNDACIÓN





EL PROYECTO “CONSERVACIÓN Y MANEJO PARA EL USO MÚLTIPLE Y EL DESARROLLO DE LOS MANGLARES EN COLOMBIA” DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y ACOFORE, FINANCIADO POR LA ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE MADERAS TROPICALES Y EL GOBIERNO DEL JAPÓN, HA VENIDO TRABAJANDO DESDE 1995 EN LAS DOS COSTAS DEL PAÍS, CON EL APOYO DE LAS COMUNIDADES LOCALES Y LAS CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES, EN PROCURA DE FORTALECER LA GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS PRODUCTIVAS, SOCIAL Y AMBIENTALMENTE ADECUADAS, PARA EL USO SUSTENTABLE Y LA CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLARES, EN BENEFICIO DE LOS POBLADORES DE NUESTROS LITORALES

EL CONTENIDO DE LA PRESENTE OBRA SE FUNDAMENTA EN LOS RESULTADOS DE LA FASE II (ÉTAPA I) DEL PROYECTO, RELACIONADOS CON ESTUDIOS DE DINÁMICA DE CRECIMIENTO, REGENERACIÓN NATURAL, FENOLOGÍA, ESTABLECIMIENTO DE VIVEROS, PARCELAS DE RESTAURACIÓN, MONITOREO DE AGUAS Y PROYECTOS PRODUCTIVOS PILOTO EN ECOSISTEMAS DE MANGLARES DE LA COSTA CARIBE DE COLOMBIA.