



**Proyecto: Densidad poblacional y efecto del aprovechamiento forestal  
en la regeneración natural y el crecimiento diamétrico  
de la mara (*Swietenia macrophylla* King)**



*El futuro de la mara está en tus manos*

**INFORME FINAL DEL PROYECTO**

Gobierno: Estado Plurinacional de Bolivia

Organismo Ejecutor: Instituto Boliviano de Investigación Forestal

Santa Cruz de la Sierra, Mayo 2011

Número del proyecto:

Fecha de inicio del Proyecto: Agosto 2010

Duración del proyecto: 12 meses

Costo del proyecto (US\$): US\$ 126.300

Número ordinal y tipo de informe: Informe final del proyecto

Personal técnico y científico:

Marisol Toledo	Coordinador
Zulma Villegas	Sistema de información y mapeo
Juan Carlos Licona	Inventarios y análisis de datos
Alfredo Alarcón	Inventarios y dinámica
Marlene Soriano	Inventarios y sistematización de información secundaria
Yuri Bustamante	Inventarios y base de datos
Vincent Vroomans	Regeneración y datos secundarios

Instituciones ejecutoras:

- Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal

Dirección General de Biodiversidad y Áreas Protegidas

Tel/Fax.: (591-2) 2146371-6369

La Paz - Bolivia

- Instituto Boliviano de Investigación Forestal

Km 9 Carretera al Norte, El Vallecito, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAGRM, Casilla 6204.

Tel (fax).: (591-3) 341-1171. Email: [ibif@ibifbolivia.org.bo](mailto:ibif@ibifbolivia.org.bo), [mtoledo@ibifbolivia.org.bo](mailto:mtoledo@ibifbolivia.org.bo)

Lugar y fecha de emisión: Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, Junio 2011

## Índice

<b>Resumen analítico.....</b>	<b>4</b>
<b>1. Identificación del proyecto.....</b>	<b>8</b>
1.1 Contexto.....	8
1.2 Origen y problema abordado.....	10
<b>2. Objetivos del proyecto y estrategia operativa.....</b>	<b>11</b>
<b>3. Desempeño del proyecto (elementos programados y ejecutados) .....</b>	<b>14</b>
<b>4. Resultados del proyecto y participación de los beneficiarios.....</b>	<b>18</b>
<b>5. Evaluación y análisis.....</b>	<b>22</b>
<b>6. Experiencias adquiridas.....</b>	<b>27</b>
<b>7. Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>31</b>

### **Resumen analítico**

#### **(i) sintetizar, en unas pocas oraciones, el contexto y origen del proyecto y el principal problema abordado en el mismo (1);**

Desde la perspectiva económica, la mara (*Swietenia macrophylla* King) ha sido y es una de las especies maderables más importantes en el Neotrópico. Sin embargo, debido a una explotación sin control, las poblaciones naturales de la mara en los diferentes países de su distribución natural han decaído enormemente. Esto ha hecho que la especie sea considerada económicamente extinta en la mayor parte de su distribución natural. El decaimiento de la densidad de árboles de mara puso en alerta especialmente a conservacionistas, pero también a la sociedad en general. De esta manera, y después de varios intentos, en el año 2002 la mara fue incluida en el Apéndice II de CITES, como un mecanismo para regular su aprovechamiento y conservar la especie. A partir de esa fecha las exportaciones a nivel internacional bajaron considerablemente. En muchos lugares de Bolivia donde la mara (*Swietenia macrophylla*) era común, ahora prácticamente ha desaparecido debido a la extracción selectiva, la tala ilegal y la deforestación.

Las últimas evaluaciones realizadas muestran que las poblaciones de mara tienen grandes posibilidades de recuperación, pero para determinar este hecho con mayor precisión se requiere conocer mejor el potencial de regeneración natural y las perspectivas de mantener y recuperar esta especie dentro de las áreas de distribución natural. A pesar de que el manejo forestal en Bolivia ha tenido avances significativos, existe la necesidad de realizar ajustes a las normas que regulan el aprovechamiento, tomando en cuenta la información generada en investigaciones a nivel de especies y los diferentes tipos de bosque.

El presente proyecto considera tres componentes principales: 1) la densidad poblacional y distribución de mara en diferentes ecorregiones del país; 2) la regeneración natural en áreas con alta densidad en el pasado; y 3) el crecimiento de los árboles y el efecto de los tratamientos silviculturales en el mismo. El estudio tiene también interés en conocer los factores ambientales favorables para la regeneración, el crecimiento y supervivencia de los árboles de mara. Con toda esta información se podrá conocer mejor la estructura y dinámica poblacional de la especie, y por tanto generar pautas de manejo adecuadas para la especie.

#### **(ii) presentar los objetivos del proyecto e indicar la estrategia operativa (modificada) (2);**

La investigación está siendo ejecutada por el Instituto Boliviano de Investigación Forestal – IBIF con fondos provenientes de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales– OIMT. El estudio fue solicitado por el Viceministerio de Biodiversidad, Recursos Forestales y Medio Ambiente y la Dirección General de Biodiversidad y Áreas Protegidas (DGBByAP) en calidad de Autoridad Administrativa CITES y el Instituto de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) como Autoridad Científica CITES, todos ellos dependientes del Ministerio de Medio Ambiente y Agua – MMAyA.

El principal objetivo de la presente investigación es evaluar el estado actual de las poblaciones de mara en Bolivia, para determinar niveles de extracción que permitan mantener la existencia de la especie. Los objetivos específicos son:

- Determinar la distribución actual y potencial, y la densidad y estructura poblacional actual de la mara en las principales eco-regiones de distribución natural en el país,
- Entender la respuesta de la regeneración natural, el crecimiento y sobrevivencia de árboles de mara en un bosque sub-húmedo a diferentes intensidades de aprovechamiento de madera y aplicación de tratamientos silviculturales adicionales.

El presente estudio ha sido realizado en diferentes tipos de bosques, ubicados a lo largo de las tierras bajas de Bolivia, cubriendo básicamente las principales áreas de distribución natural de la mara. Para el primer objetivo se han realizado inventarios intensivos logrando abarcar los departamentos de Pando, Beni, La Paz y Santa Cruz. El segundo objetivo fue realizado a través del monitoreo de las parcelas permanentes experimentales del IBIF ubicadas en Santa Cruz.

**(iii) presentar las diferencias más críticas entre la ejecución efectiva del proyecto y la programada (3);**

La principal diferencia fue la fecha de inicio del proyecto, debido a irregularidades administrativas, siendo atrasado el inicio del proyecto por un año. Otras diferencias entre la propuesta inicial y la propuesta ejecutada están relacionadas con el tiempo y el presupuesto. El proyecto inicial fue planificado por un periodo de 18 meses y con un mayor presupuesto. Al haberse reducido el tiempo y el presupuesto, el objetivo 2 fue realizado en un solo lugar, asimismo se redujo levemente la intensidad de muestreo. Finalmente, la lentitud administrativa no permitió el acceso a áreas lejanas al interior de algunos parques nacionales, ya que no se contaba con los permisos a tiempo.

**(iv) incluir una breve descripción de la situación existente después de finalizado el proyecto en comparación con la situación previa al mismo, inclusive la de los beneficiarios, e indicar la sustentabilidad posterior al proyecto (4);**

Se tiene una base de datos con todos los estudios realizados sobre la mara en Bolivia; estudios que han considerado diferentes temas, principalmente la regeneración y la estructura poblacional en Santa Cruz y Beni. Asimismo, se cuenta con datos sobre la densidad y distribución de la mara, provenientes de los Planes Operativos Anuales Forestales (POAF) de las diferentes concesiones forestales del periodo 2001 – 2008. Finalmente, se tienen los datos del trabajo de campo y su análisis, habiéndose actualizado el conocimiento de la distribución y la densidad poblacional de la mara.

**(v) indicar los resultados más importantes del análisis de la ejecución del proyecto (5);**

Los resultados presentados en este informe están basados en la recopilación de información primaria y secundaria, provenientes de investigaciones realizadas sobre la mara en Bolivia, relacionados con 1) la distribución de mara en diferentes eco-regiones del país; 2) la densidad y estructura poblacional de la mara y 3) la dinámica poblacional de la mara junto al efecto de tratamientos silviculturales en el crecimiento de la mara. Los datos analizados también provienen de los Planes Operativos Anuales otorgados por la Autoridad de Bosques y Tierras (ABT) y la Red Nacional de Parcelas Permanentes del Instituto Boliviano de Investigación Forestal, principalmente. El mapa de distribución actual muestra que la mara se distribuye en las tierras bajas de Pando, La Paz, Beni, Santa Cruz y Cochabamba, cubriendo principalmente la ecorregión Amazónica, resultado confirmado con el mapa de distribución potencial.

La densidad y la estructura poblacional de la mara muestran resultados variables dependiendo de la ecorregión y la superficie de estudio. Sin embargo, un patrón claro emerge, donde las poblaciones de mara están en proceso de crecimiento pero con baja regeneración natural avanzada. De manera similar, el crecimiento diamétrico de los árboles de mara varía según la región donde se encuentre, pero de manera general es de crecimiento lento cuando los individuos son adultos. Los tratamientos silviculturales utilizados de manera experimental han mostrado ser útiles para estimular el crecimiento, tanto diamétrico como poblacional, de la especie. En este estudio también se determinaron los factores potenciales que pueden afectar la distribución, la densidad, y la dinámica de la mara; entre los más importantes tenemos la precipitación. Es importante resaltar que la especie ha recibido mayor atención en los últimos años, resultado demostrado a través de los diferentes estudios realizados.

**(vi) presentar las experiencias adquiridas y recomendaciones (6 y 7).**

En los diferentes lugares visitados se ha observado que la regeneración de la mara ocurre solo en aquellos lugares donde existen árboles madre. El trabajo de campo ha confirmado que los incendios forestales y la deforestación por diferentes usuarios del bosque, entre ganaderos y colonizadores, afectan a la población de la mara.

Los propietarios de las empresas privadas y los comunarios de las empresas forestales comunitarias mostraron mucho interés en la ejecución y en los resultados de este estudio. Este interés fue demostrado a través de la participación activa de los pobladores locales en los inventarios realizados en el país y en el apoyo logístico brindado para las visitas a las diferentes concesiones forestales tanto comunitarias como privadas. Este apoyo e interés serán muy importantes al momento de determinar la estrategia para un manejo responsable de la especie y en la preparación de los dictámenes de extracción no perjudicial.

La obtención de la información primaria y secundaria junto a los datos obtenidos en los viajes de campo ha permitido un análisis holístico de la situación actual de la mara en el país. Este análisis integrador de los diferentes componentes de la ecología y manejo de la especie, junto a la participación activa de los diferentes usuarios del bosque, permitirá desarrollar una estrategia para el monitoreo y conservación y definir los dictámenes de extracción no perjudicial, ambos necesarios para el manejo adecuado de la mara en Bolivia.

## 1. Identificación del proyecto

### 1.1 Contexto

**(i) describir brevemente el contexto social, económico y ambiental y la ubicación geográfica del proyecto, así como las políticas y programas nacionales y regionales pertinentes (esta sección puede comprender fragmentos del documento del proyecto).**

Aspectos socio-económico: Desde la perspectiva económica, la mara (*Swietenia macrophylla* King) ha sido y es una de las especies maderables más importantes en el neotrópico y en Bolivia. Sin embargo, debido a una explotación sin control, las poblaciones naturales de la mara en los diferentes países de su distribución natural han decaído enormemente. Esto ha hecho que la especie sea considerada económicamente extinta en la mayor parte de su distribución natural. El decaimiento de la densidad de árboles de mara puso en alerta especialmente a conservacionistas, pero también a la sociedad en general. De esta manera, y después de varios intentos, en el año 2003 la mara fue incluida en el Apéndice II de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, por sus siglas en Inglés), como un mecanismo para regular su aprovechamiento y conservar la especie, dado que la especie podría estar en peligro de extinguirse.

Si bien Bolivia es un país con grandes extensiones de bosques, su economía está basada principalmente en exportaciones de hidrocarburos y minería. En el caso de los productos del bosque éstos aportan al Producto Interno Bruto (PIB) solamente en un 6%, según datos del periodo 1988-2009 (IBIF 2010). Posiblemente la sobreexplotación selectiva de esta especie en el pasado es el factor más importante para su disminución actual. Según datos de la Cámara Forestal de Bolivia, en el periodo 1980/1992, la mara fue la especie con mayor extracción para su comercio tanto a nivel nacional e internacional (Bascopé 1992, Mejía 1994). Una década después, de acuerdo a datos de la Superintendencia Forestal, la mara ocupa el décimo lugar entre las especies más aprovechadas (Bojanic 2007). Aunque las normas técnicas, promulgadas en la Ley Forestal 1700, definen mejores prácticas para las especies forestales, incluyendo normas específicas para la mara, el aprovechamiento ilegal persiste.

Actualmente, el sistema forestal boliviano está en proceso de revisión, por lo que los resultados de la presente investigación son oportunos y podrán aportar para el diseño de las nuevas normas con información científica, que apunten a mejorar la sostenibilidad de la especie.



Aspectos ambientales: La mara es una especie que requiere de perturbaciones en el bosque o áreas abiertas para captar luz, ya que es una especie heliófita durable, aunque en su etapa inicial las plántulas puede desarrollarse bajo sombra (Mostacedo y Fredericksen 1999). La especie crece en suelos de buen y mal drenaje pero no soporta inundación, y en general se la encuentra a orilla de ríos o formando manchas en áreas con intervención antropogénica o después de disturbios (Quevedo 1986, Gullison *et al.* 1996). Prácticamente, todas las zonas de distribución poblacional de la mara en Bolivia se encuentran perturbadas especialmente por la extracción de madera (Merry y Carter 2001). En las últimas evaluaciones realizadas se ha notado que las poblaciones de mara tienen grandes posibilidades de recuperación, pero para determinar este hecho con mayor precisión se requiere conocer mejor el potencial de regeneración natural y las perspectivas de mantener y recuperar esta especie dentro de las áreas de su distribución natural.

Ubicación geográfica del proyecto: El estudio fue realizado en diferentes bosques de las tierras bajas de Bolivia, desde el bosque amazónico, en los departamentos de Pando y Beni, a través de los bosques de la región Pre-Andina, norte de La Paz y suroeste de Beni hasta los bosques de transición amazónico-chiquitano en el norte de Santa Cruz y sur de Beni. Para conocer la dinámica de los árboles de mara bajo diferentes intensidades de aprovechamiento forestal se utilizaron las parcelas permanentes experimentales del IBIF, ubicadas en un bosque sub-húmedo de la Concesión Forestal La Chonta en la región de Guarayos, departamento de Santa Cruz.

Políticas y programas nacionales: El manejo forestal en Bolivia, como una estrategia más de conservación, permite aprovechar los recursos maderables bajo normas establecidas; con la expectativa de que puede permitir mantener y recuperar las poblaciones afectadas. Entre las normas que regulan el aprovechamiento forestal están la planificación, reducción de los daños provocados al bosque, protección de árboles semilleros y remanentes, aplicación de tratamientos silviculturales, tala dirigida, protección de servidumbres ecológicas, protección de especies raras, y la consideración de diámetros mínimos de corta para mantener la población de regeneración natural avanzada y árboles de futura cosecha intactas. A pesar de que el manejo forestal en Bolivia ha tenido avances significativos, existe la necesidad de realizar ajustes a estas normas, tomando sobre todo en cuenta la información generada en investigaciones a nivel de especie y en los diferentes tipos de bosque que existen en el país.

**1.2 Origen y problema abordado** (i) describir brevemente el origen y el(los) principal(es) problema(s) abordado(s) por el proyecto según fue concebido originalmente (esta sección puede comprender fragmentos del documento del proyecto).

La mara (*Swietenia macrophylla*) es una especie nativa de América del sur, distribuida principalmente en diferentes bosques del Neotrópico (Brown *et al.* 2003), siendo Bolivia probablemente el límite sur de la distribución de la mara. En muchos lugares de Bolivia esta especie era común en el pasado y ahora prácticamente ha desaparecido, siendo las principales razones la sobreexplotación, tala ilegal y la deforestación. Quizás la sobreexplotación de esta especie es el factor más importante para su radical disminución. En el pasado, antes de la ley 1700 el aprovechamiento forestal era altamente selectivo para tres especies: mara, cedro (*Cedrela odorata*) y roble (*Amburana cearensis*) y además no se exigían normas básicas de aprovechamiento de la madera, por tanto era una actividad de alto impacto. Actualmente y con la puesta en práctica de las normas de la Ley Forestal vigente, se puede decir que el principal problema de la disminución de los individuos comerciales de mara es la tala ilegal. Los mecanismos de control son ineficientes, especialmente para aquella madera de consumo interno.

Es evidente que las poblaciones de mara en Bolivia se han reducido drásticamente y la población aprovechable prácticamente ha desaparecido. Para pensar en un plan de recuperación de las poblaciones naturales es necesario conocer la capacidad de reproducción, regeneración, crecimiento y supervivencia que tienen estas poblaciones. Estos parámetros poblacionales permitirán proyectar la viabilidad de las poblaciones de mara existentes, esto es si las poblaciones se están recuperando de la sobreexplotación ocurrida en el pasado.

Debido a la importancia económica de la especie existe mucho interés en conocer si la especie podrá ser aprovechada nuevamente en el futuro, y si es así, bajo que prácticas de manejo. En este momento la legislación boliviana establece que el aprovechamiento de la mara debe ser realizado usando prácticas de aprovechamiento de impacto reducido, dejando 20% de los árboles aprovechables como semilleros, aprovechando solo individuos con más de 70 cm diámetro, y usando ciclos de corta de por lo menos 20 años. Un reciente estudio, realizado en un bosque sub-húmedo, demuestra con simulaciones que las poblaciones de mara pueden ser sostenibles si se incrementa el ciclo de corta, se reduce su intensidad de aprovechamiento y se mantiene las condiciones de crecimiento óptimas, por medio de tratamientos silviculturales como la corta de bejucos (Verwer *et al.* 2008). Sin embargo, no se conoce si la especie requiere diferentes prácticas de manejo en los diferentes tipos de bosques donde se encuentra distribuida.

Las áreas donde ocurre la mara están sujetas a dos tipos de disturbios. Uno de ellos es el aprovechamiento de otras especies maderables, siendo que el impacto de este aprovechamiento en las poblaciones de mara no es bien conocido. El otro disturbio son los incendios forestales, cuya incidencia ha aumentado en los últimos años (Pinto y Vroomans 2007). Al respecto, se conoce muy poco sobre el efecto de incendios forestales en las poblaciones de mara. Aunque, se asume que los incendios jugaron un papel importante para la regeneración de especies en el pasado, puesto que ha sido postulado que la especie requiere de disturbios de gran escala para regenerarse exitosamente.

## **2. Objetivos del proyecto y estrategia operativa**

**(i) presentar el fundamento del proyecto, su objetivo de desarrollo y sus objetivos específicos según fueron formulados originalmente en el documento del proyecto e incluir las modificaciones realizadas en el transcurso de la fase de ejecución;**

La mara es aún la especie forestal más valiosa en los trópicos pero como especie comercial su futuro está en riesgo. Como se ha señalado previamente, se desconoce cuál es el estado actual de las poblaciones de mara y si éstas son sostenibles. En este sentido, el objetivo principal del proyecto inicial pretendía generar pautas de manejo que permitan garantizar el aprovechamiento sostenible de la especie. Los objetivos específicos fueron:

- Objetivo 1. Determinar la densidad actual y potencial y estructura poblacional actual de la mara en los principales ecorregiones de distribución natural en el país
- Objetivo 2. Estudiar la regeneración natural y el crecimiento de árboles de mara en dos bosques sub-húmedos bajo diferentes intensidades de aprovechamiento de madera y aplicación de tratamientos silviculturales adicionales en áreas donde esta especie fue muy abundante en el pasado.

De acuerdo a los cambios del periodo del proyecto y el presupuesto, el objetivo específico 1 fue ampliado para investigar la distribución actual y potencial de la mara y el 2 fue reducido a un solo lugar. En este sentido, los nuevos objetivos específicos fueron:

- Objetivo 1. Determinar la distribución actual y potencial y la densidad y su estructura poblacional actual de la mara en las principales eco-regiones de distribución natural en el país,
- Objetivo 2. Estudiar la regeneración natural, el crecimiento y sobrevivencia de árboles de mara en un bosque sub-húmedo bajo diferentes intensidades de aprovechamiento de madera y aplicación de tratamientos silviculturales adicionales.

**(ii) describir la estrategia operativa del proyecto según fue concebida originalmente (esta sección puede comprender fragmentos del documento del proyecto) e incluir las modificaciones realizadas en el transcurso de la fase de ejecución;**

El plan de trabajo inicialmente contempló un periodo de 18 meses y tuvo que ser ejecutado en 9 meses, por esta razón la metodología y actividades fueron reducidas en cierta manera. Las principales modificaciones fueron realizadas en las actividades para lograr los objetivos específicos. En un inicio se pretendió determinar la densidad actual y potencial y estructura poblacional actual de la mara en los principales ecorregiones de distribución natural en el país. Pero luego se consideró aumentar el estudio sobre la distribución actual y potencial para complementar este primer objetivo específico. Asimismo, se consideró inicialmente estudiar la regeneración natural y el crecimiento de árboles de mara en dos bosques sub-húmedos bajo diferentes intensidades de aprovechamiento de madera y aplicación de tratamientos silviculturales adicionales en áreas donde esta especie fue muy abundante en el pasado. Por la disminución del tiempo se ha realizado este estudio en solo un bosque sub-húmedo ubicado en Santa Cruz (La Chonta).

A continuación se resumen las principales actividades realizadas y planificadas y los productos obtenidos, para cada objetivo planteado:

***Objetivo 1. Determinar la distribución actual y potencial y la densidad y estructura poblacional actual de la mara en las principales eco-regiones de distribución natural en el país.***

#### Mapas de distribución actual y potencial

- Sistematización de todos los estudios realizados sobre la mara en Bolivia, en una base de datos digital, y de las presencias geo-referenciadas de mara (provenientes de inventarios forestales, colectas de herbario, estudios anteriores y registros de la red de parcelas permanentes administradas por el IBIF) para elaborar el mapa de distribución actual y potencial por medio de modelos predictivos.
- Validación de los resultados de los modelos predictivos durante el trabajo de campo. Con estas validaciones o verificaciones, se actualizó y complementó el mapa de distribución de la mara.

#### Densidad y estructura poblacional:

- Muestreo en bosques de concesiones forestales, comunidades indígenas, asociaciones de lugar y propiedades privadas en las principales eco-regiones del

país: bosque amazónico, bosques sub-húmedos de Guarayos y Bajo Paraguá y bosque pre-andino amazónico.

- Inventarios intensivos para evaluar la densidad y estructura poblacional en diferentes clases de tamaño (ya sea diámetro o altura) de la mara, registrándose desde plantines hasta árboles mayores a 10 cm de diámetro en parcelas temporales de diseño anidado (20 x 100 m), donde se evaluaron otras características como diámetro, altura total y comercial, forma y posición de copa, infestación de bejucos, calidad y estado sanitario del árbol.

**Objetivo 2.** *Estudiar la regeneración natural, el crecimiento y sobrevivencia de árboles de mara en un bosque sub-húmedo bajo diferentes intensidades de aprovechamiento de madera y aplicación de tratamientos silviculturales adicionales.*

### Regeneración natural

- Evaluación de la regeneración en micro-sitios creados por el aprovechamiento (claros, pistas de arrastre y caminos, patios de acopio o rodeos y áreas sin perturbación) en el bosque sub-húmedo de Guarayos. Datos adicionales sobre algunos factores (cobertura de vegetación y hojarasca, apertura del dosel, compactación y pH del suelo), relacionados con la regeneración de mara en los distintos micro-sitios.
- Monitoreo de mara > 1 m de altura en los tres bloques experimentales en La Chonta. Individuos geo-referenciados y monitoreados por cuarta vez. Evaluación del porcentaje de árboles sobrevivientes y su crecimiento en altura.

### Dinámica

- Monitoreo de árboles de mara presentes en las parcelas experimentales de La Chonta para evaluar la dinámica (tasa de crecimiento, porcentaje de mortalidad y reclutamiento) en respuesta a tratamientos silviculturales y diferentes intensidades de aprovechamiento.
- Relaciones entre el crecimiento diamétrico y los índices de disponibilidad de luz de las copas y la infestación de bejucos de los árboles de mara.

**(iii) presentar los supuestos y riesgos identificados (*esta sección puede comprender fragmentos del documento del proyecto*).**

Existen dos riesgos principales para la ejecución de este proyecto: los incendios forestales y restricciones de acceso a los sitios de estudio en época de lluvias. Los incendios ocurren

frecuentemente al final de la época de seca (Agosto a Octubre) y en los últimos años, el riesgo de incendios se ha incrementado a nivel de país así como a nivel local para los sitios de estudio. Los sitios de estudio son susceptibles a fuego, y si llegara a ocurrir un incendio en las parcelas ya instaladas los resultados a obtenerse, en caso que se evalúen después del fuego, no serán representativos. Sin embargo, en caso que el fuego afectara las áreas de estudio permitirá conocer la resistencia de las poblaciones de mara a disturbios adversos como el fuego. De esa manera, uno de los resultados a obtenerse estaría relacionado al efecto que podría tener el fuego sobre la densidad y estructura poblacional de la mara.

Por otro lado, el acceso es difícil en la época de lluvias en algunas zonas de estudio, por lo cual el adelanto de las lluvias o la ampliación de la época de lluvias pueden afectar el levantamiento de la información. Para prevenir este riesgo, se pretende iniciar a finales de la época seca (Septiembre) y tener el tiempo suficiente para el levantamiento de los primeros datos de campo antes que los sitios se pongan inaccesibles por las altas precipitaciones, y de esta manera tener información para trabajar en la época de lluvia.

### **3. Desempeño del proyecto (elementos programados y ejecutados)**

**(i) describir el desempeño real del proyecto en comparación con el previsto, indicando con precisión las diferencias entre los elementos programados y ejecutados.**

**(a) Objetivos específicos;**

Durante los primeros tres meses del proyecto se planificó de manera detallada la metodología de campo, la misma que fue presentada y avalada por un comité de seguimiento. Luego se coordinó con las instituciones relacionadas al manejo de la especie en estudio (DGBYAP, INIAF, ABT y concesiones forestales) para el trabajo de campo. Después de analizar la distribución de la especie con los datos provenientes de los POAF se seleccionaron las áreas a muestrearse en las diferentes ecorregiones forestales donde se distribuye la especie. De esta manera, se ha ejecutado el trabajo de campo, del 3 de Octubre al 6 de Diciembre, habiéndose cubierto las 3 ecorregiones planificadas. Se han evaluado 1205 parcelas obteniéndose información sobre la distribución, densidad, estructura y regeneración de la mara en 27 diferentes sitios de Bolivia (Anexo 2). Paralelamente, se realizó la revisión de la literatura disponible que mencionan sobre la distribución, densidad, estructura poblacional, ecología y dinámica de la especie en Bolivia.

**(b) Productos y actividades correspondientes:**

**1) descritos en el documento del proyecto; y**

Se presenta en el siguiente cuadro 1 los productos por actividades del proyecto.

**Cuadro 1. Productos obtenidos por el Proyecto: Densidad poblacional y efecto del aprovechamiento forestal en la regeneración natural y crecimiento diamétrico de la mara (*Swietenia macrophylla*) en Bolivia**

COMPONENTES DEL PROYECTO	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	PRODUCTOS
<p><b>OBJETIVO DE DESARROLLO</b></p> <p>Evaluar el estado actual de las poblaciones de mara (<i>Swietenia macrophylla</i> King) en Bolivia para determinar niveles de extracción que permitan mantener la existencia de la especie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informes de avance sobre las actividades de campo</li> <li>• Base de datos digital bibliográfica</li> <li>• Fotocopias de la revisión bibliográfica</li> </ul>	<p>Análisis de información secundaria como base para el conocimiento actual de la distribución, abundancia y crecimiento de las poblaciones de mara en las tierras bajas de Bolivia.</p>
<p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO 1</b></p> <p>Determinar la distribución actual y potencial y la densidad y su estructura poblacional actual de la mara en las principales eco-regiones de distribución natural en el país.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informe de las actividades realizadas</li> <li>• Mapas digitales</li> <li>• Planillas de campo</li> </ul>	<p>Modelo de la distribución potencial de la mara y sus factores climáticos determinantes.</p> <p>Estudio de la densidad y estructura poblacional de la mara en las diferentes regiones del país.</p>
<p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO 2</b></p> <p>Estudiar la regeneración natural, el crecimiento y sobrevivencia de árboles de mara en un bosque sub-húmedo bajo diferentes intensidades de aprovechamiento de madera y aplicación de tratamientos silviculturales adicionales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informe con los análisis sobre regeneración y dinámica</li> <li>• Planillas de campo</li> </ul>	<p>Análisis de la regeneración natural y la dinámica de la mara en el bosque sub-húmedo de Santa Cruz.</p> <p>Estudio de los efectos del aprovechamiento en la regeneración y crecimiento de los individuos de mara en un bosque sub-húmedo de Santa Cruz.</p>

## 2) agregados o suprimidos durante la ejecución.

Se pretendía visitar las áreas protegidas para ver cómo están las poblaciones de mara, en áreas donde teóricamente no existe aprovechamiento forestal. Debido a que las lluvias empezaron en diciembre no se pudo visitar las áreas protegidas en el norte de La Paz (Parque Nacional Madidi) y este de Beni (Parque Nacional Pílon Lajas y la Estación Biológica del Beni) donde se encuentran manchas de mara. Esto ocurrió también porque se decidió dar prioridad a los bosques en áreas de concesiones forestales, comunidades indígenas, asociaciones de lugar y propiedades privadas, como los resultados son más relevantes para estos actores.

### (c) Programa:

A continuación un cuadro que resume el cronograma de actividades y productos realizados en el proyecto.

Cuadro 2. Programación de la parte responsable, las actividades y productos a obtenerse durante el desarrollo del proyecto.

Productos / Actividades	Cronograma anual de actividades (2010-2011)										Parte responsable	
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May			
<b>Producto 1: Mapas de distribución actual y potencial de la mara</b>												
1.1. Revisar y sistematizar toda la información existente sobre la mara												Coordinador
1.2. Analizar la distribución actual y modelar la distribución potencial												Experto SIG
<b>Producto 2: Densidad poblacional de mara en las principales eco-regiones en Bolivia</b>												
2.1. Evaluar la densidad de individuos, en diferentes clases de tamaño, a través de inventarios intensivos												Personal técnico
2.2. Validar la distribución potencial en las diferentes eco-regiones												Personal técnico
<b>Producto 3: Estructura poblacional actual de la mara en las principales eco-regiones</b>												
3.1. Evaluar la estructura poblacional, desde plantines hasta árboles reproductivos, a través de inventarios (transectos anidados)												Personal técnico



Productos / Actividades	Cronograma anual de actividades (2010-2011)										Parte responsable	
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May			
<b>Producto 4. Estado de regeneración natural (plántulas, brinzales y latizales) en La Chonta en micro-sitios creados por el aprovechamiento forestal actual</b>												
4.1. Determinar micro-sitios del aprov. forestal con mayor abundancia de regeneración		■	■	■	■							Personal técnico
4.2. Determinar los principales factores relacionados con la abundancia de regeneración de la mara		■	■	■	■							Personal técnico
<b>Producto 5: Tasa de crecimiento diamétrico y supervivencia de mara bajo diferentes intensidades de aprovechamiento</b>												
5.1. Monitorear crecimiento y supervivencia de individuos, por 4ta vez, en La Chonta		■	■	■	■							Personal técnico
5.2. Evaluar tasas de crecimiento diamétrico de la mara bajo diferentes intensidades de aprovechamiento en las parcelas de La Chonta				■	■	■						Personal técnico
<b>Producto 6: Relación entre crecimiento diamétrico con índices de luz, infestación de bejucos y aplicación de tratamientos silviculturales</b>												
6.1. Establecer relaciones entre crecimiento diamétrico e índices de luz, infestación de bejucos y tratamientos silviculturales en La Chonta							■	■	■			Personal técnico

**(d) Cantidad total de gastos; análisis de los insumos aplicados.**

i) En el caso de los fondos comprometidos por el Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia, ha sido gastado el 100%, lo que está en relación a la coordinación, asistencia técnica y seguimiento a la implementación del estudio. (ver informe financiero)

ii) De parte de la ITTO se recibieron tres remesas ascendiendo a un monto total \$ 94.725,00 del cual se ha gastado \$ 74.542,90 (79% de ejecución). Debemos aclarar que el 11% que no se ha gastado tiene que ver con partidas y gastos correspondientes al Viceministerio y que no se han ejecutado debido a que el proceso de inscripción del proyecto en la gestión actual 2011 no se ha concretado faltando algunos trámites

administrativos para su concreción lo que permitirá la ejecución de los mismos. Sin embargo debemos hacer notar que la mayoría de estas actividades y gastos se ejecutaron y realizaron a través de otros fondos (CITES TGN ) del Viceministerio.

Se hace notar que se tiene pendiente o en proceso de pago lo siguiente: el 3er pago de la consultora IBIF que asciende a \$us 33.416,91 Para tal efecto, se requiere el tercer desembolso por parte de la OIMT.

#### 4. Resultados del proyecto y participación de los beneficiarios

El proyecto tenía planificado obtener seis productos, habiéndose cumplido con todos ellos (Cuadro 4). A mediados de noviembre 2010 se presentó un informe técnico de medio término, que incluye análisis preliminar de toda la información secundaria obtenida. Los demás productos forman parte del informe final.

Cuadro 4. Porcentaje estimado de ejecución de los productos en el Proyecto de la mara en Bolivia.

Productos	Porcentaje ejecutado
1: Mapas de distribución actual y potencial de la mara	100
2: Densidad poblacional de árboles de mara en las principales eco-regiones en Bolivia	100
3: Estructura poblacional actual de la mara en las principales eco-regiones	100
4. Estado de la regeneración natural (plántulas, brinzales y latizales) en sitios naturales y micro-sitios creados por el aprovechamiento forestal actual en La Chonta	100
5: Tasa de crecimiento diamétrico y supervivencia de la mara bajo diferentes intensidades de aprovechamiento	100
6: Relación entre el crecimiento diamétrico con índices de luz, infestación de bejucos y la aplicación de tratamientos silviculturales	100

Hasta el momento, se ha tenido un fuerte apoyo por parte de los empresarios y comunarios, manejadores del bosque, para acceder a las áreas y poder evaluar la densidad y situación actual de la mara. Los beneficiarios han mostrado interés a través de

su apoyo al estudio y están atentos a los resultados y el informe final y a las decisiones que las Autoridades tanto administrativa (DGB) como científica (INIAF) de Bolivia consideren para la conservación de la mara en Bolivia.

**(i) describir en qué medida se logró el(los) objetivo(s) específico(s) del proyecto;**

Se estima que los objetivos específicos, en general, han sido realizados en un 100%, habiéndose ejecutado todo el trabajo de campo.

**Objetivo 1.** *Determinar la distribución actual y potencial y la densidad y su estructura poblacional actual de la mara en las principales eco-regiones de distribución natural en el país.*

Se logró determinar la distribución actual y potencial a través del análisis de los inventarios de los POAF y con el programa de modelación MAXENT, respectivamente. La estructura poblacional actual en las principales ecorregiones de distribución ha sido analizada con los datos provenientes del trabajo de campo.

**Objetivo 2.** *Estudiar la regeneración natural, el crecimiento y sobrevivencia de árboles de mara en un bosque sub-húmedo bajo diferentes intensidades de aprovechamiento de madera y aplicación de tratamientos silviculturales adicionales*

Se tienen datos de la dinámica, incluyendo crecimiento, mortalidad y reclutamiento de la especie, provenientes de las parcelas experimentales ubicadas en La Chonta bajo diferentes intensidades de aprovechamiento forestal. Estas parcelas permitieron también conocer las relaciones entre el crecimiento diamétrico de árboles de mara e índices de disponibilidad de luz, infestación de bejucos y tratamientos silviculturales en La Chonta. Adicionalmente, se tienen datos sobre la regeneración natural en sitios afectados por el aprovechamiento forestal, esto con el fin de poder dar recomendaciones sobre las condiciones y factores (luz, nutrientes) que afectan la regeneración y el desarrollo de la especie en condiciones naturales.

**(ii) describir la situación existente al finalizar el proyecto en comparación con la situación previa al mismo en lo relativo a:**

**Situación prevista al finalizar el proyecto**

- Al finalizar el proyecto se ha obtenido una base de datos con los diferentes estudios realizados así como con los puntos geo-referenciados de la distribución actual de la mara.

- Se han difundido la metodología y los resultados a diferentes niveles y actores del sector forestal (autoridades, comunidades, empresas, instituciones de investigación) ya sea de manera oral (presentaciones) o escrita (informe).
- Se ha coordinado con las autoridades competentes del gobierno boliviano (ABT, Autoridades CITES) para mejorar las normas técnicas con base en la información técnico-científica y específica para la especie; información obtenida de fuentes secundarias y del trabajo de campo.
- Se conoce la densidad poblacional y el estado de regeneración natural en las ecorregiones donde se distribuye la mara. También, se conocen los factores y las condiciones ambientales favorables para la regeneración y el crecimiento de los árboles. Esta información permitirá conocer mejor la dinámica poblacional de la especie y se espera generar pautas de manejo adecuadas para la especie.
- Los conocimientos de la densidad poblacional, la regeneración natural y el crecimiento diamétrico de esta especie ayudará a que los manejadores del bosque puedan determinar el potencial de la mara en los diferentes bosques y hacer un manejo sostenible de la misma, a través de los dictámenes de extracción no perjudicial.

#### **Los productos tangibles del proyecto,**

- Dos bases de datos, una base con toda la bibliografía disponible sobre las investigaciones realizadas de la mara y otra con puntos geo-referenciados de registro de presencia y distribución sobre la mara, las mismas que pueden ser actualizadas permanentemente y utilizadas por los diferentes usuarios.
- El informe técnico final, que aglutinará todo el análisis y los resultados sobre la situación actual de las poblaciones de mara. El informe será un documento al cual se pretende dar una amplia difusión en el sector forestal.

#### **Las políticas y programas sectoriales, y**

Toda vez que el estudio ha sido a solicitud del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, y bajo un proceso participativo, se espera que los resultados ayuden a establecer o a mejorar normas técnicas forestales que permitan la sostenibilidad de la especie. Asimismo, se espera que la Estrategia y los dictámenes de extracción no perjudicial sean resultados de un proceso coordinado y consensuado con todos los actores del sector

forestal, ya que el único fin es establecer un monitoreo y un mecanismo para que la especie continúe formando parte del aprovechamiento forestal en el futuro.

### **El entorno físico;**

El IBIF tiene organizada una base de datos digital de toda la literatura referente a las investigaciones de la mara en Bolivia. Asimismo, todas las planillas de campo y los informes están guardados en un mueble asignado para el proyecto.

### **(iii) describir qué participación tuvieron los beneficiarios en la ejecución del proyecto y cómo han utilizado los resultados obtenidos o cómo los utilizarán en el futuro;**

La estimación de la densidad de la mara se realizó en toda su área de distribución natural abarcando todos los tipos de bosque manejados por diferentes usuarios del bosque: concesiones forestales, comunidades, agrupaciones sociales del lugar y propiedades privadas. En Bolivia, el mayor porcentaje de los usuarios forestales se encuentran en el área de distribución de la mara.

De esta manera, todas las empresas privadas (concesiones forestales) y las comunidades indígenas o campesinas (ASLs, TCO) apoyaron al brindar acceso a sus áreas forestales y en algunos casos participaron en los inventarios, ya que reconocen que serán directamente beneficiadas con la información obtenida en el proyecto.

Las Autoridades Administrativa y Científica CITES son también beneficiarios directos de este proyecto, quienes cumplirán su papel principal de apoyar en la emisión de dictámenes de extracción no perjudicial y la ejecución de una estrategia de monitoreo y conservación de la especie, utilizando los resultados del estado actual de las poblaciones de mara.

La información generada será también de gran utilidad para los entes reguladores del manejo forestal del país, como la Dirección General de Recursos Forestales, la ABT y la DGBYAP. El comité de seguimiento está conformado por representantes de estas instituciones y se espera que participen activamente para el diseño, elaboración y/o ejecución de la Estrategia de monitoreo y conservación de la mara. Hasta el momento, han participado en el diseño de la metodología del estudio y con las cartas de permiso pertinentes a las respectivas autoridades gubernamentales.

Los resultados o productos del proyecto serán sistematizados en un documento que será distribuido a todos los usuarios del bosque cercanos a los sitios de estudio, autoridades relacionadas al tema, y otros usuarios del bosque.

**(iv) describir la sustentabilidad del proyecto que se espera después de su finalización como resultado de las condiciones imperantes al momento de su conclusión. Indicar las gestiones formales realizadas con los beneficiarios del proyecto para la ejecución del mismo y para su continuo funcionamiento o mantenimiento después de su conclusión.**

En la Concesión Forestal La Chonta, lugar con alta abundancia de mara en el pasado, el IBIF viene realizando investigaciones por varios años dentro de un marco de convenio interinstitucional, lo que ha generado mucha información gracias a las investigaciones realizadas. En esta concesión se encuentran tres bloques de parcelas experimentales que monitorea el IBIF desde el 2000, donde también se marcaron 1800 individuos de mara, a los que se les continuará haciendo el monitoreo, en función de los recursos económicos adquiridos.

Aunque las más de 1000 parcelas evaluadas en este estudio son temporales, se tienen registros geo-referenciados (tomados con un GPS) de la distribución de los individuos de mara, por lo que se podría hacer un seguimiento, en caso que sea necesario, si se cuenta con el apoyo logístico y financiero.

El proyecto ha tenido la participación de varios profesionales, tanto biólogos como forestales, con experiencia en el levantamiento de datos, personal que viene trabajando con el IBIF desde sus inicios. El IBIF considera el recurso humano capacitado que tiene, y por este motivo tiene interés de garantizar la permanencia de este personal calificado a través del monitoreo de las poblaciones de las especies comerciales. En este sentido, sigue la búsqueda de financiamiento para continuar con la investigación forestal en el país, y en especial de aquellas especies comerciales de alto valor, las mismas cuya densidad poblacional, por su condición de favoritas se encuentran en desventajas en comparación con otras especies.

Se espera que ambas autoridades CITES del país y la ABT, junto a la CFB se apropien de este estudio y puedan continuar con y apoyar las actividades que permitan mejorar la situación de la mara en Bolivia.

## **5. Evaluación y análisis**

**(i) presentar un análisis y comentarios sobre el fundamento del proyecto y el proceso de identificación del proyecto, destacando la efectividad o falta de efectividad en la**

### **identificación de actores/beneficiarios y la participación de los mismos en el proceso de formulación del proyecto;**

La información en Bolivia acerca del Estado de la mara hasta antes de este estudio tenía aproximadamente dos décadas de antigüedad y por tanto ya no correspondía a la situación actual. Por otra parte, el proyecto inicialmente fue concebido por el IBIF en su calidad de Autoridad Científica CITES en Bolivia, en ese momento, dada su comprensión de la importancia y el funcionamiento de la CITES, para la sostenibilidad de la especie.

Aunque la mara es una especie ampliamente conocida y explotada, no se tenía hasta el momento un documento que reuniese toda la información obtenida en los diferentes estudios realizados. Los estudios existentes cubren diversos temas sobre la mara, pero éstos se encontraban dispersos y no se contaba con información de campo actualizada. Recuperar, organizar y analizar la información secundaria y actualizar los datos de campo fueron los dos objetivos importantes del proyecto. Adicionalmente se pretendía como Autoridad Científica, apoyar con conocimientos técnico-científicos la elaboración de los dictámenes de extracción no perjudicial de la mara.

El comité de seguimiento conformado para el proyecto es apropiado ya que contiene diferentes organismos institucionales cuyas autoridades pueden apoyar no sólo la elaboración de los dictámenes de extracción no perjudicial sino también el diseño y la implementación de la Estrategia de monitoreo y conservación de la mara. Hasta el momento, se ha tenido una participación positiva y adecuada de este comité durante la ejecución del proyecto.

**(ii) presentar un análisis y comentarios sobre la efectividad o falta de efectividad de los resultados del proceso de identificación, subrayando la definición correcta del problema (o problemas) por abordar, los objetivos del proyecto, la elección de la estrategia operativa (referirse a la sección 2), etc.;**

El proyecto tiene como objetivo general evaluar el estado actual de las poblaciones de mara (*Swietenia macrophylla*) en Bolivia para determinar niveles de extracción que permitan mantener la existencia de la especie. Para lograr este objetivo general se precisa no solo un análisis de las variables ecológicas, sino también de las variables económicas. Este estudio brindará, en lo posible, toda la información necesaria para un manejo adecuado de la especie, en lo que concierne a la situación actual de la población natural de la mara, incluyendo su estado de regeneración, distribución, densidad y dinámica. Los

conocimientos que se obtendrán en este estudio son muy significativos e importantes, sin embargo, el análisis actual de las exportaciones comerciales y los volúmenes extraídos tanto de manera legal como ilegal, ameritan un estudio específico. Es claro que la información sobre tala ilegal es difícil de obtener, por no decir imposible.

**(iii) destacar y analizar las diferencias más críticas entre la ejecución del proyecto programada y realizada conforme a lo descrito en la sección 3 y sugerir medidas y acciones posibles que podrían haber evitado estas variaciones;**

Las diferencias principales del proyecto programado y en ejecución fueron dadas por la definición de los objetivos específicos y por cuestiones administrativas entre los financiadores (ITTO y MMAyA). La propuesta final tiene dos objetivos específicos diferentes a los propuestos inicialmente.

Como es de amplio conocimiento, las operaciones administrativas en países en desarrollo son mayormente lentas, por los diferentes trámites que deben realizarse. Este problema burocrático llevó a que el proyecto se ejecute con un año de retraso.

**(iv) presentar una evaluación y comentarios sobre la efectividad o falta de efectividad del tiempo e insumos disponibles (calidad y cantidad de personal y equipos, recursos financieros, conocimientos y expertos) para la formulación y ejecución del proyecto;**

Gracias al equipo técnico altamente calificado y con experiencia que tiene el IBIF los objetivos se han cumplido a tiempo. Para cumplir con los objetivos y resultados esperados durante el tiempo establecido en el contrato, se organizaron grupos de trabajo en las diferentes fases del proyecto. Inicialmente, la coordinadora del proyecto, los dos responsables de campo y el experto en SIG realizaron la búsqueda de información secundaria y se preparó el mapa de distribución. Para el trabajo de campo se formaron 3 equipos, cada uno conformado por un responsable de campo, tres técnicos y asistentes locales, los que visitaron paralelamente diferentes sitios del área de distribución natural de la mara y realizaron los inventarios intensivos para conocer la densidad y estructura poblacional, además de validar el mapa de distribución. Al finalizar el trabajo de campo, la coordinadora trabajó con el equipo clave del proyecto en la elaboración del informe final. La buena relación del IBIF con diversas instituciones facilitó la obtención de literatura relevante sobre la mara. De la misma manera, se tuvo el apoyo de la ABT y la CFB para la obtención de datos de inventarios y de exportación, respectivamente.

**(v) evaluar la anticipación y realidad de las influencias externas, supuestos y riesgos, etc. y la eficacia de las medidas de mitigación;**



De manera general, las lluvias y los incendios forestales, previstos, afectaron el trabajo de campo de una manera relativa. En algunas áreas, las lluvias de diciembre retrasaron las actividades por unos días y en otras áreas las lluvias dañaron los caminos, no permitiendo el acceso fácil a las áreas boscosas. Afortunadamente, estos hechos fueron esporádicos permitiendo que el trabajo de campo se lleve a cabo de manera adecuada. En cuanto a los incendios forestales, éstos no perjudicaron directamente a la ejecución del trabajo de campo. Sin embargo, algunas áreas visitadas, donde se distribuye la mara de manera natural, estuvieron sujetas a incendios intensivos, encontrándose muchas veces una alta degradación de los bosques, con una alta mortalidad de plantines probablemente.

Otras dificultades no previstas fueron la falta de asistentes de campo (materos) debido a que muchos de los comunarios estaban trabajando en el aprovechamiento de madera y/o castaña. Asimismo, en algunas regiones el trabajo de campo fue difícil por los conflictos sociales como bloqueos, lo que a su vez afectó la llegada de combustible para el transporte (diesel, gasolina) a la región.

El trabajo de campo realizado ha permitido constatar que las comunidades campesinas están ampliando la frontera agrícola, con actividades de corta y quema de bosques, en el área de distribución de la mara. Este hecho sin embargo, no dificultó el trabajo de campo pero afectó los resultados.

**(vi) evaluar, con referencia a la sección 4 más arriba, la participación de los beneficiarios previstos y reales en la ejecución del proyecto y cómo se han beneficiado y se beneficiarán con las actividades del mismo (*referirse también a la estrategia de difusión*);**

El objetivo de ambas autoridades CITES en Bolivia, administrativa y científica, al realizar este proyecto es fortalecer la aplicación de la convención CITES en el país. Los beneficiarios directos (autoridades CITES, ABT) están conscientes que los resultados del estudio son de vital importancia para ellos, ya que permitirán conocer la situación actual de la mara a nivel país. Es necesario tener los resultados sobre la situación actual de la densidad y regeneración para poder tomar decisiones si se continuará con la explotación o no de la mara. Es de amplio conocimiento, que la explotación ilegal es intensiva y que las autoridades no tienen la capacidad suficiente para contrarrestar las consecuencias de esta actividad y controlarla. En este sentido, es importante no solo difundir los resultados a todos los usuarios de la mara para que tengan conocimiento de la situación actual de esta especie, sino también tomar decisiones de manera conjunta, decisiones que se esperan obtener en la Estrategia sobre monitoreo y conservación de la mara.

Los beneficiarios indirectos del proyecto, tanto empresarios como comunarios, participaron activamente en el proyecto de manera general. La mayoría de los comunarios brindó apoyo y varios agentes auxiliares encargados del manejo forestal de sus zonas en ASLs y TCOs participaron en los inventarios. Solo en algunos lugares, específicamente en áreas donde hay altos índices de avasallamiento de las tierras, algunos lugareños brindaron poco apoyo pensando que el equipo técnico iba en busca de tierras. Este tipo de problemas fue solucionado con la entrega de cartas institucionales de respaldo y credenciales de trabajo.

**(vii) analizar la sustentabilidad (o no sustentabilidad) del proyecto después de su conclusión, haciendo referencia a la sección 4, como resultado de la conceptualización del proyecto, los supuestos formulados y las condiciones para su ejecución (*referirse también a la estrategia post-proyecto descrita en el documento del proyecto*);**

Las bases de datos, tanto bibliográficas como de registros de distribución, serán mantenidas en el IBIF con una copia en las instituciones gubernamentales interesadas e involucradas en el proyecto. Toda vez que el IBIF es un centro de investigación reconocido, con posibilidades de canalizar financiamiento para la realización de estudios y con las puertas abiertas a todo estudiante o investigador, tiene el potencial para actualizar esta base de datos e incrementar el conocimiento acerca de esta especie. Adicionalmente, el IBIF coordina y promueve la Red Nacional de Parcelas Permanentes, donde existen individuos de mara que pueden ser monitoreados bajo la remediación de estas parcelas. Se pretende continuar en la búsqueda de apoyo financiero para continuar con la investigación no solo de la mara, sino también de las otras especies forestales valiosas y/o amenazadas en Bolivia.

**(viii) presentar un análisis y comentarios sobre la claridad y efectividad de las funciones y responsabilidades de las instituciones participantes en la ejecución del proyecto.**

Para este proyecto se consideró importante la participación de los usuarios del bosque y de las instituciones fiscalizadoras gubernamentales. En este sentido, todos han participado y apoyado en la ejecución del proyecto. Al inicio del proyecto, el IBIF presentó una planificación detallada y la metodología de campo al comité de seguimiento conformado por representantes de la DGB, INIAF y ABT, instituciones que evaluaron dicho plan. Asimismo, se coordinó la ejecución del trabajo de campo con las instituciones relacionadas al manejo de la especie, concesiones forestales y comunidades indígenas. La

participación de las instituciones locales ayudó a que el trabajo de campo se finalice con éxito.

## **6. Experiencias adquiridas**

**(i) destacar las experiencias adquiridas en la identificación, diseño y ejecución del proyecto según se indica a continuación:**

**a) asuntos relativos a la identificación y diseño del proyecto tales como:**

**los aspectos relacionados con la identificación y desarrollo del proyecto, inclusive el análisis del problema y la identificación y participación de los actores/beneficiarios, que hayan contribuido en mayor medida al éxito o fracaso en la consecución del objetivo específico y su contribución al objetivo de desarrollo;**

El IBIF, como autoridad científica CITES, identificó la necesidad de evaluar la situación de la mara y desafortunadamente esta iniciativa no surgió de las autoridades ni de los usuarios de la especie. Sin embargo, esta falencia fue superada al involucrar a la autoridad administrativa. Como aspecto negativo se debe señalar que fue un proceso largo para que el proyecto entrara en marcha y como aspecto positivo se puede destacar que a pesar del cambio de personal en la DGB (autoridad administrativa) el proyecto se mantuvo.

En Bolivia no se tiene experiencia en la elaboración de dictámenes de extracción no perjudicial, sin embargo, se tiene claro que los mismos deben elaborarse en función de datos actualizados de las poblaciones a ser extraídas. Con la ejecución de este proyecto se cuenta con resultados de diversos trabajos de investigación y con datos actuales de campo que aportan al conocimiento de la dinámica y la densidad de las poblaciones de mara bajo diferentes condiciones ecológicas y de disturbios.

Asegurar la regeneración de la mara es también importante pero quizá el paso más importante es asegurar el crecimiento y desarrollo de las plantas hacia el estado adulto, lo que permitirá el logro de la sostenibilidad de la especie. Es imperativo diagnosticar problemas de la regeneración y desarrollo natural de la especie relacionados con los efectos del aprovechamiento. Sólo conociendo esta relación se podrán realizar ajustes a los métodos de aprovechamiento o aplicar otros tratamientos silviculturales para garantizar la regeneración y el crecimiento de la mara.

Especies de amplia distribución, como en el caso de la mara, en diferentes tipos de bosque necesitan estudios específicos. Es importante conocer no sólo las condiciones y

requerimientos ecológicos sino también las diferentes intensidades de aprovechamiento forestal, dado que las situaciones son diferentes en cada ecorregión. De la misma manera, el apoyo recibido de las diferentes instituciones gubernamentales y de los usuarios para realizar el trabajo de campo durante la ejecución del proyecto, es una muestra del interés que se tiene sobre la especie. Toda vez que la especie es altamente requerida para su comercialización se debe realizar un dictamen de extracción no perjudicial. Puede que sólo de esta manera se consiga, con el conocimiento técnico-científico específico y la participación de los diferentes usuarios de la especie, los mecanismos y condiciones necesarios para que, entre todos, se logre el manejo sostenible de la especie.

**medidas adicionales que podrían mejorar la cooperación entre las distintas partes interesadas en el proyecto;**

Durante la ejecución del proyecto, los diferentes beneficiarios e instituciones colaboradoras mostraron interés en el estudio. Sin embargo, para lograr un manejo responsable de la especie se necesitan mejorar las normas técnicas con base en los conocimientos específicos obtenidos para cada especie. También se necesitan medidas urgentes ya sea de control o de castigo para disminuir la extracción ilegal y la pérdida de la población de la mara por incendios forestales, por ejemplo, pero siempre con el aval de las autoridades fiscalizadoras.

Actualmente, la ABT tiene presencia en las principales área de distribución de la mara, a pesar de sus limitaciones financieras y logísticas. Asimismo, la ABT ha decidido comenzar un proceso de subsanar las deficiencias obtenidas hasta el momento, por medio de nuevas exigencias en los planes de manejo, una ley de emergencia forestal (para castigar a los provocadores de incendios forestales), entre otras medidas. Esto es prometedor no solo para controlar la cadena productiva de la mara sino para controlar el aprovechamiento de cualquier especie forestal.

Paralelo a la coordinación entre las diferentes actividades realizadas por las entidades gubernamentales y los centros de investigación, es importante la realización de talleres participativos para la toma de decisiones y puntos de consensos. Se necesita, también, incrementar las campañas de difusión y capacitación sobre la problemática forestal hasta que los usuarios y autoridades comprendan que el manejo sostenible es responsabilidad de todos.

**los aspectos relacionados con el diseño del proyecto, inclusive la estrategia operativa, que hayan contribuido en mayor medida al éxito o fracaso en la consecución del objetivo específico y su contribución al objetivo de desarrollo;**

La estrategia operativa o metodología empleada ha sido organizada y planificada para cumplir con los objetivos planteados en el tiempo previsto. El personal capacitado de la institución ejecutora también ha sido fundamental para lograr con éxito los objetivos. Algunos aspectos administrativos que inicialmente parecían perjudicar el logro de los objetivos fueron subsanados por las instituciones colaboradoras del proyecto.

**medidas que deban tomarse para evitar las variaciones entre la ejecución programada y la realizada (programa, costos, etc.) y la calidad de la planificación del proyecto;**

En la planificación del proyecto, se consideró algunos riesgos que podrían afectar la ejecución del proyecto (lluvias, incendios forestales) pero es muy difícil, por no decir imposible, tomar en cuenta todos los supuestos y riesgos. Esto ocurre principalmente en un país que está en un profundo cambio, donde las situaciones cambian con mucha frecuencia y un problema puede llevar a otro problema. En algunos lugares, hubo bloqueos de camino por los conflictos sociales locales lo que no permitió la llegada de combustible para visitar las alejadas áreas forestales. Una forma de disminuir los riesgos es a través de la comunicación (teléfonos celulares, internet) para conocer como está la situación. Esta comunicación fue posible en el proyecto gracias a que el IBIF tiene experiencia y contactos en las áreas trabajadas. Sin embargo, algunos riesgos no se pueden controlar (lluvias, incendios) y se necesitan medidas para continuar el trabajo, a través de una re-organización de las actividades.

**los factores que más probablemente afecten la sustentabilidad del proyecto después de su conclusión, inclusive la estrategia de difusión, la estrategia post-proyecto y la participación de los actores/beneficiarios;**

Los cambios de políticas gubernamentales o de autoridades comprometidas con el proceso pueden ser factores que afecten la iniciativa de conformar una Estrategia para la conservación de la mara. Es posible también que con las nuevas leyes y las nuevas exigencias en las normas a implementarse por el nuevo gobierno y la autoridad fiscalizadora los empresarios de concesiones forestales y los comunarios vean afectados sus intereses económicos, lo que llevaría a una inestabilidad en este proceso iniciado.

**b) asuntos operativos tales como:**

### **la organización y administración del proyecto;**

El proyecto está conformado por un equipo de profesionales técnicos con experiencia, dirigidos por un coordinador contratado exclusivamente para dirigir las diferentes actividades. En este sentido, ha habido una permanente comunicación e intercambio de sugerencias para lograr los objetivos, considerando las necesidades de los financiadores y las exigencias del trabajo por la parte técnica. De la misma manera, la administración interna del IBIF tiene dos profesionales encargados exclusivamente de la parte financiera.

### **el flujo de fondos;**

Los desembolsos fueron divididos en tres partes, el 30% al inicio, 50% al término medio y 20% al final. Considerando que el trabajo de campo en este proyecto es uno de los principales componentes, el flujo de la parte financiera debió ser mayor en la parte inicial. Asimismo, el flujo de fondos ha tenido un cierto retraso cuyas causas la institución ejecutora desconoce.

### **la definición de las funciones y responsabilidades de las instituciones participantes en la ejecución del proyecto;**

Las autoridades responsables del proyecto (DGBAP e INIAF) definieron las funciones y responsabilidades, habiendo otorgado al IBIF una consultoría para la ejecución del trabajo de campo con su respectivo informe final con los 6 resultados o productos planificados. Se espera que el comité de seguimiento continúe apoyando al proyecto como fue planteado en un inicio.

### **la documentación del proyecto;**

La diferente documentación compilada y producida en este proyecto, como las planillas de campo, la literatura impresa o digital, las bases de datos, los informes técnicos, se encuentran en las instalaciones de la institución ejecutora (IBIF), una copia de las mismas será entregada a la institución contratante una vez terminado el proyecto.

### **el seguimiento y la evaluación del proyecto;**

La institución responsable del proyecto, Dirección General de Biodiversidad, estuvo en permanente comunicación con la coordinación del proyecto para hacer seguimiento del mismo. Durante el primer trimestre del proyecto, como institución ejecutora, se han enviado cinco documentos: 1) Propuesta detallada de la metodología, 2) Informe de avances en formato ITTO, 3) Informe técnico de medio término en formato ITTO, 4) Informe trimestral de actividades e 5) Informe final en formato ITTO). Sin embargo, hasta

el momento, no se ha tenido una evaluación objetiva de los avances del proyecto por alguna institución encargada de realizar el seguimiento al proyecto.

**los factores externos que hayan influido en la ejecución del proyecto y que podrían haberse previsto o que no podrían haberse previsto;**

Durante la ejecución del proyecto, se evidenciaron varios factores externos (ambientales, financieros, políticos) que podrían afectar al cumplimiento de los objetivos planteados. Sin embargo, el proyecto ha terminado el trabajo de campo y al parecer ninguno de estos factores será un obstáculo para cumplir con los dos primeros objetivos. El único factor que puede afectar el cumplimiento de los tres objetivos planteados en la propuesta del IBIF es la agenda diferente entre la ITTO y el MMAyA para el cierre del proyecto debido al retraso financiero para empezar el proyecto.

## **7. Conclusiones y recomendaciones**

**(i) formular las conclusiones y recomendaciones divididas por puntos bajo los siguientes títulos:**

**Identificación;**

El problema y los objetivos para ayudar a resolver el problema fueron bien identificados y se espera que los resultados a obtenerse realmente sirvan de base para mantener la existencia de la especie. Sin embargo, se requiere la participación activa y responsable de los diferentes actores del sector forestal, y un compromiso serio para conservar la especie tanto de las autoridades gubernamentales como de los usuarios de la especie.

**Diseño;**

Se considera que el diseño del estudio es adecuado para cumplir con los objetivos planteados. Aunque el éxito del tercer objetivo específico, relacionado con la Estrategia de monitoreo y conservación, depende de la participación de los diferentes manejadores del bosque.

**Ejecución;**

La trayectoria del IBIF como centro de investigación y la experiencia del personal para el trabajo de campo ha sido fundamental para la buena ejecución del proyecto hasta el momento.

**Organización;**

La organización para llevar adelante el proyecto ha sido realizada con éxito debido a que el IBIF ha contado, tanto en calidad como cantidad, con profesionales experimentados en este tipo de estudios. El personal ha sido dividido y organizado para cumplir las diferentes tareas y poder terminar las actividades en el tiempo previsto.

#### **Administración;**

La administración de los recursos de manera interna en el IBIF, a través del apoyo con fondos propios hasta que los financiadores desembolsen los fondos respectivos, ha permitido el avance del proyecto.

#### **(ii) presentar comentarios sobre el potencial para la duplicación y/o ampliación del proyecto.**

Dado que el IBIF tiene parcelas permanentes y tiene personal capacitado para realizar los estudios ecológicos de las especies comerciales sería importante realizar similar metodología con otras especies forestales que son intensamente comercializadas como el cedro (*Cedrela* spp.) y el roble (*Amburana* spp.). En Bolivia, el cedro tiene 3 especies comerciales, ampliamente distribuidos en el país y el roble tiene dos variedades ampliamente utilizadas en Pando y Santa Cruz. Sin embargo, no se tiene conocimiento actualizado y confirmado con trabajo de campo concerniente a la distribución, densidad, ecología o dinámica de estas especies.

Por otro lado, se recomienda realizar monitoreo de las poblaciones de mara, dado que al parecer se encuentran muchos plantines pero pocos fustales y no se conocen las causas de esta situación. Como la mara requiere grandes disturbios para desarrollarse es de esperarse que los bosques donde han ocurrido incendios forestales en los últimos años, creando grandes claros en el área de distribución de la especie, puedan presentar probablemente una buena regeneración de esta especie en el futuro.

#### **Funcionario responsable del informe:**

**Nombre:** Marisol Toledo

**Cargo:** Coordinadora del Proyecto

**Lugar y Fecha:** Santa Cruz, Mayo 2011.



## **Distribución, estructura y dinámica poblacional de la mara (*Swietenia macrophylla* King) en Bolivia**



### **Informe Técnico Final**

Santa Cruz de la Sierra, Junio 2011

*Personal del Proyecto*

*Coordinadora*

Marisol Toledo

*Personal Técnico*

Zulma Villegas

Juan Carlos Licona

Alfredo Alarcón

*Colaboradores*

Marcelo Vargas

Marlene Soriano

Vincent Vroomans

Yuri Bustamante

Luis Rojas

Alex Jiménez

Luder Jiménez

Instituto Boliviano de Investigación Forestal - IBIF

Km 9 Carretera al Norte, El Vallecito, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAGRM

Casilla 6204; Telf (fax): (591-3) 341-1171.

E-mail: [ibif@ibifbolivia.org.bo](mailto:ibif@ibifbolivia.org.bo), <http://www.ibifbolivia.org.bo>

Santa Cruz, Bolivia.

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>7</b>
2.1 La mara en Bolivia .....	8
2.1.1 <i>Distribución</i> .....	8
2.1.2 <i>Descripción botánica</i> .....	8
2.1.3 <i>Ecología y silvicultura</i> .....	9
2.2 Descripción del área de estudio.....	10
2.2.1 <i>Ecorregión amazónica</i> .....	11
2.2.2 <i>Ecorregión Pre-Andino - Amazónica</i> .....	12
2.2.3 <i>Ecorregión Transición Amazónico-Chiquitana</i> .....	13
2.3 Fases del trabajo .....	15
2.3.1 <i>Recopilación de información</i> .....	16
2.3.2 <i>Recolección y análisis de datos</i> .....	16
<b>3. RESULTADOS DEL PROYECTO.....</b>	<b>21</b>
3.1 Distribución poblacional de la mara en Bolivia.....	21
3.1.1 <i>Distribución actual y potencial</i> .....	21
3.2 Densidad y estructura poblacional .....	23
3.2.1 <i>Densidad poblacional a nivel nacional y por ecorregiones</i> .....	23
3.2.2 <i>Estructura poblacional</i> .....	25
3.2.3 <i>Porcentaje de árboles por posición y forma de copa e infestación de bejucos</i> .....	28
3.3 Regeneración de la mara .....	29
3.3.1 <i>Regeneración natural bajo condiciones naturales</i> .....	29
3.3.2 <i>Crecimiento bajo tratamientos silviculturales</i> .....	30

3.3.4 Factores que afectan la regeneración.....	32
3.4 Dinámica de la mara.....	33
3.4.1 Crecimiento de árboles de mara en diferentes condiciones de manejo .....	33
3.4.2 Factores que determinan el crecimiento de los árboles de mara .....	34
<b>4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS Y RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
4.1 Distribución actual y potencial.....	36
4.2 Densidad y estructura poblacional .....	37
4.3 Regeneración poblacional.....	40
4.4 Dinámica poblacional .....	44
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>46</b>
5.1 Distribución .....	46
5.2 Densidad y estructura poblacional .....	47
5.3 Dinámica.....	47
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>7 IMPLICACIONES .....</b>	<b>49</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>50</b>
<b>Anexo 1. ....</b>	<b>55</b>
<b>Anexo 2. ....</b>	<b>56</b>
<b>Anexo 3. ....</b>	<b>57</b>
<b>Anexo 4. ....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Anexo 5. ....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## Resumen

En muchos lugares de Bolivia donde la mara (*Swietenia macrophylla*) era común, ahora prácticamente ha desaparecido debido a la extracción selectiva, la tala ilegal y la deforestación. El principal objetivo de la presente investigación es evaluar el estado actual de las poblaciones de mara en Bolivia para determinar niveles de extracción que permitan mantener la existencia de la especie. La investigación está siendo ejecutada por el Instituto Boliviano de Investigación Forestal a solicitud del Ministerio de Medio Ambiente y Agua con fondos provenientes de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Los resultados presentados en este informe están basados principalmente en la recopilación de información primaria y secundaria, provenientes de investigaciones realizadas sobre la mara en Bolivia y relacionados con 1) la distribución de mara en diferentes eco-regiones del país; 2) la densidad y estructura poblacional de la mara y 3) la dinámica poblacional de la mara junto al efecto de tratamientos silviculturales en el crecimiento de los árboles de mara. Los datos analizados también provienen de los Planes Operativos Anuales otorgados por la Autoridad de Bosques y Tierras (ABT) y la Red Nacional de Parcelas Permanentes del Instituto Boliviano de Investigación Forestal, principalmente. El mapa de distribución actual muestra que la mara se distribuye en las tierras bajas de Pando, norte de La Paz, Beni, Santa Cruz y Cochabamba, cubriendo principalmente la ecorregión Amazónica, resultado confirmado con el mapa de distribución potencial. La densidad y la estructura poblacional de la mara muestran resultados variables dependiendo de la ecorregión y la superficie de estudio. Sin embargo, un patrón claro emerge, esto es que las poblaciones de mara están en proceso de crecimiento pero con baja regeneración natural avanzada. De manera similar, el crecimiento de la mara es diferente según la región donde se encuentre, pero de manera general es una especie de crecimiento lento cuando adulta. Los diferentes tratamientos silviculturales utilizados de manera experimental han mostrado ser útiles para estimular el crecimiento de la especie. En este informe también se presentan los potenciales factores que pueden afectar la distribución, la densidad, estructura poblacional y la dinámica de la mara; entre los más importantes tenemos la precipitación. Es importante resaltar que la especie ha recibido mayor atención en los últimos años como está demostrado a través de los estudios realizados.

## 1. INTRODUCCIÓN

La mara (*Swietenia macrophylla* King) es una especie nativa de América del sur, distribuida principalmente en diferentes bosques del Neotrópico (Brown *et al.* 2003). Bolivia probablemente es el límite sur de la distribución de la mara en Latinoamérica. En muchos lugares de Bolivia donde la mara era común, ahora prácticamente ha desaparecido, siendo las principales razones la sobreexplotación, la tala ilegal y la deforestación (Cometer *et al.* 2004). Quizás, la sobreexplotación selectiva de esta especie en el pasado es el factor más importante para su disminución actual. Según datos de la Cámara Forestal de Bolivia, en el periodo 1980/1992, la mara fue la especie con mayor extracción para su comercio tanto a nivel nacional e internacional (Bascopé 1992, Mejía 1994). Sin embargo, una década después, de acuerdo a datos de la Superintendencia Forestal, la mara ocupa el décimo lugar entre las especies más aprovechadas (Bojanic 2007). Aunque las normas técnicas, promulgadas en la Ley Forestal 1700, definen mejores prácticas para las especies forestales, incluyendo la mara, el aprovechamiento ilegal persiste. Por estas razones, actualmente la mara está incluida en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES por sus siglas en Inglés), desde 2003, lo que significa que la especie podría estar en peligro de extinguirse.

La mara, al ser una especie heliófita durable, requiere de perturbaciones en el bosque o áreas abiertas para captar luz, aunque en su etapa inicial las plántulas también pueden desarrollarse bajo sombra (Mostacedo y Fredericksen 1999). La especie crece en suelos de buen y mal drenaje pero no soporta inundación, y en general se la encuentra a orilla de ríos o formando manchas en áreas con intervención antropogénica o después de disturbios (Quevedo 1986, Gullison *et al.* 1996). Prácticamente toda el área de distribución poblacional de la mara en Bolivia se encuentra perturbada, especialmente por la extracción de madera (Merry y Carter 2001). Se ha notado que las poblaciones de mara tienen grandes posibilidades de recuperarse, pero para determinar este hecho con mayor precisión se requiere conocer mejor el potencial de regeneración natural y las perspectivas de mantener y recuperar esta especie dentro de su área de distribución natural.

El manejo forestal, como una estrategia más de conservación, permite aprovechar los recursos bajo normas establecidas; lo que además permite mantener y recuperar las poblaciones afectadas. Entre las normas que regulan el aprovechamiento están la planificación, reducción de los daños provocados al bosque, protección de árboles semilleros y remanentes, aplicación de tratamientos silviculturales, tala dirigida, protección de servidumbres ecológicas, protección de especies raras, y la consideración de diámetros mínimos de corta para mantener la población de regeneración natural avanzada y árboles de futura cosecha intactas. A pesar de que el manejo forestal en Bolivia ha tenido avances significativos, existe la necesidad de realizar ajustes a estas normas, tomando en cuenta la

información generada en investigaciones a nivel de especies y en los diferentes tipos de bosque que existen en el país.

El presente informe reporta los resultados obtenidos en el estudio “Densidad poblacional y efecto del aprovechamiento forestal en la regeneración natural y crecimiento diamétrico de la mara (*Swietenia macrophylla* King)”, cuyo objetivo principal fue evaluar el estado actual de las poblaciones de mara para determinar niveles de extracción que permitan mantener la existencia de la especie en Bolivia. Entre los objetivos específicos tenemos: (1) Determinar la distribución actual y potencial, y la densidad y la estructura poblacional actual de la mara en las principales eco-regiones de distribución natural en el país y (2) Estudiar la regeneración natural, el crecimiento y sobrevivencia de árboles de mara en un bosque sub-húmedo bajo diferentes intensidades de aprovechamiento de madera y aplicación de tratamientos silviculturales adicionales.

De esta manera, el estudio se enfoca en tres componentes principales de la especie en Bolivia: 1) distribución en diferentes eco-regiones del país. 2) densidad y estructura poblacional y 3) dinámica poblacional junto al efecto de tratamientos silviculturales en el crecimiento de los árboles de mara. Este informe presenta como base, una sistematización de los estudios realizados sobre la mara. Los resultados presentados, fundados tanto en información primaria como en secundaria, reflejan la investigación realizada hasta el momento sobre la mara en Bolivia. Específicamente, se presentan los siguientes productos:

- Mapas de distribución actual y potencial de la mara
- Estudio de la densidad poblacional de árboles de mara en los principales tipos de bosque en Bolivia
- Estudio de la estructura poblacional actual de la mara en las diferentes ecorregiones
- Documento del estado de la regeneración natural (plántulas, brinzales y latizales) y tasas de crecimiento de mara en sitios naturales y micro-sitios creados por el aprovechamiento forestal actual.
- Tasa de crecimiento diamétrico y supervivencia de la mara bajo diferentes intensidades de aprovechamiento (monitoreo a mediano plazo y complementando este proyecto)
- Datos de relaciones entre el crecimiento diamétrico con índices de luz e infestación de lianas en las copas y la aplicación de tratamientos silviculturales para favorecer su crecimiento.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

En esta sección se describen las principales características de la especie y del área de estudio, donde se realizaron las actividades de campo. Asimismo, se mencionan los

diferentes métodos utilizados en la fase de campo y de gabinete. La descripción de los métodos empleados se enfoca en los principales componentes estudiados como la distribución, densidad y estructura, regeneración y dinámica poblacional de la mara en Bolivia.

## **2.1 La mara en Bolivia**

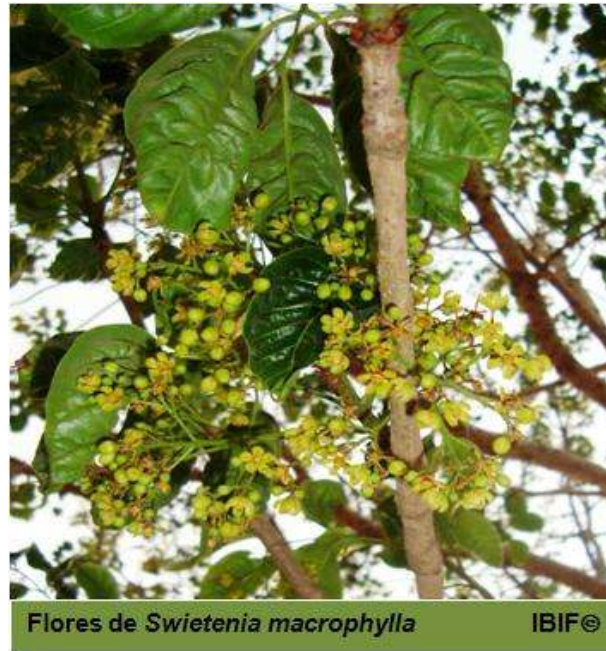
### *2.1.1 Distribución*

La especie en su forma natural tiene amplia distribución, encontrándose desde el sur de México, vertiente el atlántico en América Central a Venezuela, pasando por Colombia, Perú, Bolivia y el extremo occidental del Brasil. También ha sido introducida al sur de Florida, Puerto Rico e Islas Vírgenes, Cuba, Trinidad y Tobago, India y otros países tropicales. Naturalmente se la encuentra a altitudes de 100 a 1500 msnm. En Bolivia se encuentra en los departamentos de Pando, Beni, La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, desde los 100 hasta los 850 msnm (Mostacedo *et al.* 2001).

### *2.1.2 Descripción botánica*

La mara o caoba (nombre comercial a nivel internacional) es un árbol de gran tamaño, a menudo alcanza más de 30 m de altura y hasta 2 m de diámetro, tronco recto, ligeramente acanalado en la base, con aletones pequeños. Tiene pocas ramas gruesas, ascendentes y torcidas, copa redondeada, densa y abierta. Su corteza es gruesa, profundamente fisurada, con las costillas escamosas en piezas largas, corteza externa de color marrón oscuro, la corteza interna de color rosada a rojiza, fibrosa, de sabor amargo y astringente, con un grosor de 10 a 25 mm. Hojas dispuestas en espiral, pinnadas, de 3 a 5 pares de folíolos, opuestas, anchas, verdes amarillentas a verde oscuro en la haz y verde pálido en el envés. Flores verdes amarillentas, pequeñas, dulcemente perfumados, ambos sexos en la misma inflorescencia, tipo panículas grandes y ramificadas, con las flores masculinas más abundantes que las femeninas. El cáliz tiene forma de copa y la corola tiene 5 pétalos ovales y cóncavos. Los frutos son capsulas leñosas, erectas, color café, que se abren por 5 valvas dejando salir las semillas aladas de color café-rojizo y sabor desagradable. Las plántulas tienen sus primeras hojas simples con pecíolos largos; posteriormente antes de que sean pinnadas, éstas son trifolioladas. Las plántulas son fácilmente reconocibles por los folíolos subalternos, lámina verde oscura y la nervadura amarillenta (Mostacedo *et al.* 2001, Toledo *et al.* 2005).





### 2.1.3 Ecología y silvicultura

La mara es una especie semi-decídua, parcialmente demandante de luz, propia del bosque amazónico, bosque húmedo de llanura y bosque húmedo del Precámbrico. Crece a lo largo de los cursos de agua y en laderas. Prospera en regiones de abundante precipitación pero puede vivir incluso en zonas de clima tropical más seco; no tolera temporadas de sequías muy largas. Vive en terrenos muy diversos desde suelos poco profundos y pantanosos hasta suelos aluviales arcillo-arenosos profundos. Se desarrolla preferentemente en suelos de origen calizo o aluvial, que pueden presentar problemas de mal drenaje, aunque puede crecer bien en suelos ricos y profundos de laderas bien drenadas, pero evita los suelos anegados. Florece de septiembre a octubre y los frutos maduran entre julio y agosto. Las

semillas son dispersadas por el viento y son depredadas por aves, pero cuando están en el suelo la depredación ocurre por diversos insectos.

La estructura poblacional de la mara muestra que la abundancia de individuos jóvenes es alta mientras que la densidad y volumen varían de acuerdo a los tipos de bosques en Bolivia. La capacidad de regeneración natural de esta especie es alta comparada a otras especies arbóreas. Actualmente, la extracción de otras especies valiosas como cambara (*Erismia uncinatum*), cuta (*Apuleia leiocarpa*), paquió (*Hymenaea courbaril*) y verdolago (*Terminalia amazonia*) permite una mayor abertura en el dosel, entrando mayor luz al sotobosque y creando condiciones favorables para la regeneración natural de varias especies, entre ellas la mara. El crecimiento de esta especie es de 0.94 cm/año en condiciones normales pero puede ser hasta 1.31 cm/año con la aplicación de tratamientos silviculturales, ya sea cortando bejucos o liberando individuos de árboles supresores. La mara tiene una de las maderas más finas y bellas del mundo, debido a su trabajabilidad y fortaleza, por esto desde hace varios años se encuentra amenazada por la indiscriminada explotación maderera.

## **2.2 Descripción del área de estudio**

El presente estudio fue realizado en las principales áreas de distribución natural de la mara, cubriendo diferentes tipos de bosques a lo largo de las tierras bajas de Bolivia (Fig. 1). Para determinar la distribución, densidad y estructura poblacional de la especie se realizaron inventarios intensivos en la ecorregión Amazónica, que cubre los departamentos de Pando y Beni, la ecorregión Pre-Andina, norte de La Paz y suroeste de Beni y ecorregión Transición Amazónico-Chiquitana, ubicada en el norte de Santa Cruz y sur de Beni. Para estudiar la regeneración natural y la dinámica de los árboles de mara bajo diferentes intensidades de aprovechamiento forestal, se monitorearon las parcelas permanentes experimentales del IBIF (Concesión Forestal de la empresa La Chonta Woods Ltda.), ubicadas en los bosques sub-húmedos de la provincia Guarayos del departamento de Santa Cruz (Fig.1).

Las parcelas experimentales están agrupadas en bloques de 4 parcelas (cada una mayor a 20 has); cada parcela recibe uno de cuatro tratamientos que varían en intensidad de aprovechamiento y aplicación de tratamientos silviculturales adicionales. Los tratamientos son: *testigo* (o control, bosque sin aprovechamiento); *normal* (aprovechamiento realizado según las normas técnicas vigentes, donde se aprovechó alrededor de 4 árboles/ha); *mejorado* (igual al aprovechamiento normal más la aplicación de tratamientos silviculturales adicionales) e *intensivo* (donde se incrementó el número de árboles aprovechados en relación al tratamiento normal y se aplicó una mayor cantidad de tratamientos silviculturales adicionales). Los tratamientos silviculturales adicionales son marcación de árboles de futura cosecha (AFC) para disminuir el daño durante el

aprovechamiento; liberación de árboles de futura cosecha (corta de bejucos y anillamiento de árboles competidores) para promover el crecimiento; refinamiento de rodal para liberar los competidores por luz y nutrientes (solo en el tratamiento intensivo) y escarificación del suelo para promover regeneración de especies comerciales (solo en el tratamiento intensivo). Estos tratamientos se aplican a un mayor número de especies en el tratamiento intensivo que en el mejorado. En las parcelas, con diseño anidado, se monitorean todos los árboles > 10 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho a 1.3 m del suelo). Los tratamientos silviculturales son aplicados a especies comerciales y a especies potencialmente comerciales (en el intensivo). Mayor información se puede encontrar en la página web del IBIF ([www.ibifbolivia.org.bo/parcelas](http://www.ibifbolivia.org.bo/parcelas)).

a)

b)

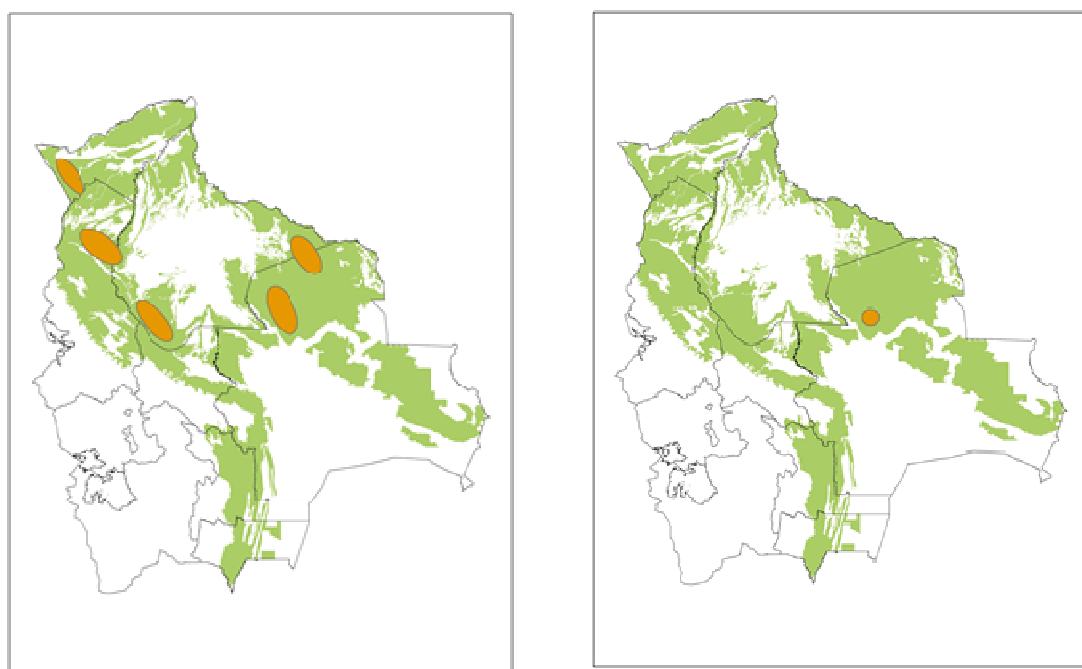


Figura 1. Ubicación de a) áreas de muestreo en las tierras bajas de Bolivia y b) Concesión Forestal La Chonta, Santa Cruz.

### 2.2.1 Ecorregión amazónica

El bosque amazónico se encuentra en la parte norte de Bolivia, siendo un bosque continuo que cubre el departamento de Pando, la provincia Vaca Diez en el departamento del Beni y una parte de la provincia Iturralde en el departamento de La Paz (Jong de 2004), representando cerca del 10% de la superficie total del país. La mayor superficie amazónica está cubierta por bosque alto tropical de tierra firme, junto a llanuras onduladas y peniplanicies disectadas por valles anchos de poca profundidad (Beck 1993).

En Pando se diferencian dos tipos de suelos: suelos de las planicies altas y suelos de las llanuras aluviales. Los suelos de las planicies altas se caracterizan por tener buena estructura, drenaje y profundidad, pero son pobres químicamente, tienen baja fertilidad y frecuentemente tienen niveles altos de Aluminio (Toledo *et al.* 2008). En las llanuras aluviales los suelos son más ricos debido al transporte de sedimentos desde la cordillera de los Andes. Sin embargo, estos suelos están condicionados a las inundaciones que se producen en los alrededores de los ríos (ZONISIG 1997).

El departamento de Pando tiene un clima tropical húmedo y cálido (ZONISIG 1997), con un período seco de 3 meses al oeste y de 4 meses al este, con una precipitación mensual de 100 mm, aproximadamente. Se registran diferencias de precipitación y temperatura entre las estaciones, la precipitación media anual alcanza a 1774 mm y 26.2 °C, con medias mensuales de 24.9 °C en junio y 26.7 °C en marzo. La precipitación en la cuenca del Orthon es de 1700 - 2000 mm/año y la temperatura es de 25 a 26 °C, con los meses más cálidos en octubre y noviembre que alcanzan a 28 °C y el más frío en julio, con 10° C (Alarcón *et al.* 2007, ZONISIG 1997).

Se reconoce al extremo norte del país como la región amazónica, denominada también oficialmente como la región castañera de Bolivia. La región se caracteriza especialmente por la presencia de especies no maderables como la castaña (*Bertholletia excelsa*) y la siringa (*Hevea brasiliensis*). El norte amazónico boliviano no se inserta en un modelo de apertura de frontera agropecuaria, uso intensivo y mayor ampliación de frontera (PNUD 2008), más bien se evidencia una tendencia hacia la agricultura de roza y quema, y ganadería de pequeña escala. Hace más de 10 años se decía que la superficie del norte amazónico estaba compuesta en un 94% por bosque en su mayoría intacto, 3% por barbechos y 3% por desmonte para agricultura y ganadería (PNUD 2008). Ibisch y Mérida (2003) corroboraron que la región tiene un grado de conservación de bueno a excelente, lo que podría estar estrechamente ligado a la extracción de la goma hace un siglo, y de la castaña actualmente, debido a que ambos productos requieren del bosque en pie. Al mismo tiempo, la baja densidad poblacional, la tardía incorporación del área en la economía nacional y los altos costos de transporte han reducido, hasta hace poco, las presiones antropogénicas sobre estos recursos forestales (PNUD 2008). Aunque esta amenaza está latente para el desarrollo económico y humano, la región aun presenta un mejor estado de conservación en Bolivia (Ibisch y Merida 2003).

### 2.2.2 Ecorregión Pre-Andino - Amazónica

En la provincia Iturrealde, norte de La Paz, los últimos contrafuertes de la cordillera oriental se encuentran con la llanura beniana. En el sector suroeste existen serranías, subandinas con altitudes de 1300 msnm y pie de monte con sedimentos coluvio-aluviales. En el sector Noreste del municipio de Ixiamas se extienden llanuras aluviales con relieve plano a suave ondulado y suavemente inclinado hacia el río Beni (Copa 1998). En las zonas más bajas

están las llanuras deprimidas ocasionalmente pantanosas y drenadas, llanuras aluviales recientemente originadas, por los cambios de cursos de los ríos y llanuras de sábanas con predominancia de gramíneas. Las llanuras onduladas a planas alcanzan altitudes de 100 a 250 msnm (Balcázar 2003).

Los suelos en el sector noreste de Ixiamas son muy profundos con ausencia de gravas, ricos en materia orgánica en la capa superficial, de textura arenosa a arcillosa y decoloraciones café amarillo a café rojizo en los suelos antiguos. El pH de estos suelos varía de 4.8 a 6.8, con valores más altos en los horizontes superiores (Balcázar 2003). En sectores aledaños al curso medio del río Undumo, al Noroeste de Ixiamas, las laderas con pendientes pronunciadas presentan un sustrato arenoso, de poca profundidad y de textura franco arenoso de pH ácido en los bosques de planicie (Montes de oca 2002).

Una gran parte de la provincia Iturralde se encuentra entre las isoyetas de 1900 a 2500 mm e isotermas de 25 y 26 °C, creando un clima tropical húmedo con una época de sequía corta (Montes de Oca 1997). En Ixiamas, a 370 m de altitud, se registra una precipitación anual de 2335 mm y una temperatura anual media de 26.1° C (Balcázar 2003).

De acuerdo a la caracterización de la vegetación realizada en el sector de Ixiamas se identifican los siguientes tipos de bosques: 1) Bosques altos de suelos bien drenados, bosques que cubren las terrazas intermedias a inferiores de laderas y llanuras próximas al pie de monte con especies emergentes que alcanzan hasta 35 m como *Qualea paraensis*, *Astronium lecointei*, *Ceiba pentandra*, *Cedrelinga catenaeformis* y *Manilkara bidentata*; 2) Bosques medianos estacionalmente inundados, caracterizados por una fisonomía de bosque mediano a bajo (chaparral) en llanuras con bajos o canales de drenaje temporal o cauces abandonados que se convierten en sitios inundados o pantanos durante el período de lluvias, con árboles emergentes como *Ficus maxima*, *Maquira calophylla*, *Ceiba samauma*, *Ficus trigona*, *Acacia* sp. y *Calophyllum brasiliense*; 3) Bosques medianos con presencia de tacuaral de llanuras, estos bosques medianos presentan suelos arcillosos medianamente a mal drenados con frecuencia de pequeños canales sartenejales y lagunas bordeadas por *Attalea* sp. (motacú) y *Astrocaryum murumuru* (chonta), con manchas de *Guadua* sp. (tacuarembó) y 4) Bosques medianos con sartenejal o mal drenados, ubicados en llanuras bajas presentan suelos franco arcillosos a areno arcillosos, mal drenados y con predominio de sartenejal, las especies con mayor importancia ecológica y área basal son *Euterpe precatoria*, *Iriartea deltoidea* y *Astrocaryum murumuru*.

### 2.2.3 Ecorregión Transición Amazónico-Chiquitana

Esta ecorregión se encuentra fundamentalmente en el departamento de Santa Cruz, siendo un tipo de bosque con características de ambas regiones, la Amazonia y la Chiquitania, compartiendo en gran medida especies de ambos ecosistemas. Este bosque sub-húmedo transicional se encuentra específicamente en las provincias Guarayos, Ñuflo de Chávez y

Velasco. En términos de precipitación y temperatura, este bosque es más húmedo y más templado que el bosque seco. La precipitación anual promedio incrementa de sur a norte, entre 1300 hasta 1900 mm/año. La temporada seca abarca entre 4 y 5 meses por año con precipitaciones menores a 100 mm/mes, siendo julio el mes más seco. La temperatura promedio anual es de 24 °C, bajando hasta 8 °C durante el invierno con vientos provenientes del sur. Dado su gradiente de precipitación, los bosques ubicados más al sur son más parecidos al bosque chiquitano y los bosques ubicados más al norte son más parecidos más al bosque amazónico.

Fisiográficamente el bosque sub-húmedo transicional se encuentra sobre el Escudo Precámbrico, conteniendo las colinas bajas e intercalado con valles y algunas serranías. El encontrarse sobre este Escudo es la razón principal por la que algunos autores lo consideran parte del bosque seco chiquitano (Cordecruz *et al.* 1995). Las colinas bajas de gneisses, granitos y esquistos laterizados contienen suelos de textura entre moderadamente fina a fina y de profundidad variable sobre una capa ferruginosa, lo que les da un aspecto café rojizo. Son suelos que van de moderadamente bien a imperfectamente drenado con relieve ondulado y susceptibles a la erosión hídrica. Se han encontrado en el área suelos oxisoles, inceptisoles y ultisoles de baja fertilidad (Cordecruz *et al.* 1995).

La región del Bajo Paraguá, ubicada al noreste del departamento de Santa Cruz, se define por los bosques de tierra firme de la cuenca del río Paraguá y comprende toda la reserva forestal del Bajo Paraguá, una gran parte del Parque Nacional Noel Kempff Mercado y una pequeña porción al sur del departamento del Beni. El bosque, tipificado como de transición entre el bosque seco y el bosque amazónico, es llamado también bosque siempre verde estacional amazónico del Escudo Precámbrico Chiquitano (Navarro y Ferreira 2007). Este bosque se desarrolla sobre una planicie ondulada con presencia de colinas y serranías que pueden llegar a una altitud de hasta 900 msnm. (Navarro y Maldonado 2002).

Geológicamente, la zona corresponde al escudo cristalino Chiquitano constituido fundamentalmente por rocas precámbricas tanto del terciario como del cuaternario (Ibisch *et al.* 1995). Muestras de suelos, colectadas en los primeros 30 cm de profundidad en parcelas permanentes del Bajo Paraguá, mostraron una baja cantidad de nutrientes, por el bajo total de bases intercambiables (TBI) y capacidad de intercambio catiónico (CIC), un pH fuertemente ácido, y una acidez y cantidad de Aluminio relativamente altas. Estas características hacen que los suelos del Bajo Paraguá puedan ser considerados similares a los suelos amazónicos de Pando (Toledo *et al.* 2011).

La precipitación anual en la región del Bajo Paraguá varía de 1100 a 2000 mm/año (Ibisch y Mérida 2003, Montes de Oca 1997), dependiendo si los datos provienen de los bosques o áreas de sabanas del Beni (Catari *et al.* 1998, SENAMHI 2007). Los meses más húmedos son enero y febrero y los meses más secos son junio y julio. La humedad ambiental relativa varía entre 82 a 75% en los meses de diciembre a marzo, y entre 70 a 55% en los meses de

julio a septiembre (Catari *et al.* 1998). La temperatura promedio anual según la estación meteorológica de San Ignacio de Velasco es de 24°C y el mapa de isotermas muestra un promedio de 25 °C en la reserva del Bajo Paraguá (Ibisch y Mérida 2003). El mes más cálido es noviembre y el más frío es junio; en los meses de junio y julio la temperatura decrece notablemente sobre todo al sur de la región debido a la penetración de frentes fríos, registrándose valores mínimos inferiores a 13 °C por varios días consecutivos.

Los bosques están compuestos mayormente con especies siempre verdes, junto a sabanas arbustivas (vegetación del Cerrado) que se ubican en las planicies altas, localizadas principalmente en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado. Las serranías están cubiertas por sabanas herbáceas propias del Cerrado y sus faldas sostienen bosques semidecuidos secos. Los valles presentan bosques temporalmente inundables, llamados localmente sartenejales. También son frecuentes las formaciones con afloramientos rocosos graníticos o lajas que tienen bosques semidecuidos en sus crestas y abundantes especies endémicas (Ibisch y Mérida 2003, Killeen *et al.* 1993, Mostacedo *et al.* 2001). La unidad de vegetación más importante en la región de acuerdo a Navarro y Ferreira (2007) es el bosque amazónico de cambará del Iténez-Bajo Paraguá: Serie de *Qualea paraensis* y *Erisma uncinatum*.

Desafortunadamente, el área está sufriendo un rápido proceso de fragmentación por deforestación, por incendios y también por extracción de madera ilegal. Esta ecorregión contiene una gran diversidad biológica y se constituye en la fuente de múltiples recursos para los pueblos que la habitan, además de cumplir funciones eco-sistémicas importantes. No obstante, la explotación irracional, el uso inadecuado y la ampliación de la frontera agrícola hacen que este bosque se encuentre también en riesgo. La provincia Guayayos es una de las áreas con mayor frecuencia de incendios en la época de quema (Pinto y Vroomans 2007).

### **2.3 Fases del trabajo**

El presente estudio fue realizado en diferentes fases, incluyendo la recopilación de información, el trabajo de campo para la toma de datos y el análisis de la información obtenida en gabinete. Para cumplir con los objetivos y resultados esperados durante el tiempo establecido en el contrato se organizaron grupos de trabajo en las diferentes fases del proyecto. Inicialmente, la coordinadora del proyecto, los dos responsables de campo y el experto en SIG realizaron la búsqueda de información secundaria y se preparó el mapa de distribución. Para el trabajo de campo se organizaron 3 grupos, cada grupo fue conformado con personal experimentado en el área forestal y que ya han trabajado en investigaciones anteriores con el IBIF. Dos grupos, cada uno conformado por un responsable de campo, técnicos de campo y asistentes locales, recorrieron el área de distribución natural de la mara y se encargaron de realizar los inventarios intensivos para conocer la densidad y estructura poblacional además de validar el mapa de distribución

(Fig. 2). Un grupo recorrió el norte del país, incluyendo norte de La Paz, Pando y los bosques al suroeste de Beni incluyendo la región de San Borja. El segundo grupo visitó los bosques de Itenez, norte de Guarayos y CIBAPA (Bajo Paraguá). El tercer grupo, fue dedicado a evaluar la regeneración y dinámica en las parcelas experimentales de La Chonta (Fig. 2). Al finalizar el trabajo de campo, la coordinadora trabajó con el equipo clave del proyecto en la elaboración del informe final.

### *2.3.1 Recopilación de información*

Primeramente, se realizó una búsqueda exhaustiva de todos los estudios realizados sobre la mara en Bolivia para obtener información sobre la distribución. Para la densidad y estructura poblacional se analizaron los datos provenientes de la ABT. Asimismo, resultados sobre la densidad, estructura, dinámica y el manejo de la mara fueron obtenidos a través de la búsqueda de literatura en bibliotecas públicas (Facultad de Ciencias Agrícolas, Museo Noel Kempff, Fundación Simón I. Patino, IBIF); además de la contribución de bibliotecas personales de profesionales forestales y biólogos.

### *2.3.2 Recolección y análisis de datos*

#### a) Distribución

Los mapas de presencia actual y potencial fueron realizados con datos provenientes de diferentes fuentes. Las fuentes consultadas incluyeron la Autoridad de Bosques y Tierras (ABT), la cual brindó información de los planes operativos anuales forestales (POAF) del periodo 2001-2008. Asimismo, se sistematizó datos de las parcelas permanentes del IBIF. Datos de colectas de herbario fueron recuperados de la página web del Missouri Botanical Garden y datos del Herbario SCZ. Finalmente, se sistematizó información bibliográfica, recuperando literatura gris que incluyeron tesis de grado.

Para elaborar el mapa de distribución potencial de la mara se procedió en primer lugar a compilar y sistematizar la información de presencias de la mara, como puntos en coordenadas geográficas, sin considerar si los datos eran antiguos y que por tanto podrían ser puntos donde la mara ya no existe. En segundo lugar, se recortaron de los mapas climáticos de Wordclim el área correspondiente a Bolivia, considerándose 37 variables de clima relacionadas con las temperaturas mínimas mensuales, temperaturas máximas mensuales, precipitación acumulada mensual y la variable altura a nivel del mar.

Los datos de presencias se introdujeron en el programa MAXENT (Máxima Entropía) como variable dependiente y los datos climáticos y de altura como variables independientes. El análisis de máxima entropía devuelve una función genérica  $P_{(i)} = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$  donde  $P_{(i)}$  es valor de probabilidad de presencia de la especie  $i$  y  $x_1 \dots x_n$  son las variables independientes. La función se interpreta como la idoneidad de un lugar para que la especie esté presente.



Posteriormente se procedió a construir el modelo cartográfico o modelo de distribución potencial (MDP) a partir del modelo estadístico. Este procedimiento se realiza etiquetando cada punto del área de estudio con el valor  $P_{(i)}$  que le corresponda en función de los valores de las variables independientes en ese punto. El MDP de una especie es un mapa que representa lo adecuado o inadecuado del territorio para la presencia de la especie en una escala continua que suele ajustarse al rango 0-1 (0= incompatible, 1= idóneo). El dato que un punto del terreno tenga un valor próximo a 1 significa que las variables descriptivas en ese punto son muy similares a las que existen en las zonas de presencia documentada de la especie por lo que, consecuentemente y en ausencia de otros factores, ese lugar puede considerarse adecuado para su existencia. Finalmente, después que el programa MAXENT reportó en cada punto la idoneidad del lugar, se recuperó el reporte en un programa de información geográfica (Arc GIS) para generar el mapa de distribución potencial en formato shape file.

#### b) Densidad y estructura poblacional

En cada eco-región se realizaron al menos 200 parcelas temporales de 20 x 100 m (Fig. 2), distribuidas en diferentes sitios. Las parcelas fueron equidistantes al menos 100 m y en cada parcela, con diseño anidado, se midieron distintas categorías, relacionadas con el tamaño de plantas en diferentes superficies de muestreo, como se presenta a continuación:

- Árboles adultos ( $\geq 20$  cm DAP): 20 x 100 m
- Fustales ( $\geq 10$  y  $< 20$  cm DAP): 20 x 100 m
- Latizales ( $> 1,5$  m altura,  $< 10$  cm DAP): 10 x 100 m
- Brinzales (30 – 1,5 m altura): 5 x 100m
- Plantines ( $\leq 30$  cm altura): 4 x 100 m

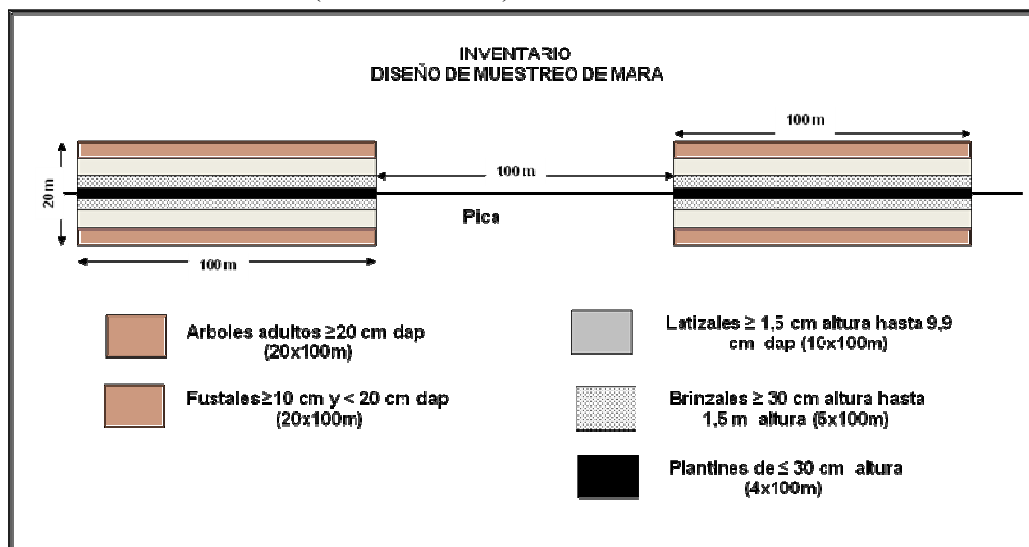


Figura 2. Diseño de las parcelas temporales para la determinación de la estructura y densidad poblacional.

En cada una de las parcelas se registraron todos los individuos de mara y se determinaron cuantos individuos fueron reproductivos (buscando restos de los frutos bajo las copas). Adicionalmente se evaluaron otras características de los árboles ( $\geq 10$  cm DAP) tales como su diámetro, altura total, altura comercial, forma y posición de copa, infestación de bejucos, calidad del fuste, estado sanitario del árbol y del fuste además de las características del tipo de hábitat (bosque de bajura, bosque de altura, bosque de pie de monte) de la parcela muestreada y las condiciones o estado de las áreas evaluadas (bosques naturales, bosques aprovechados con manejo, bosques aprovechados sin manejo, bosques quemados). Para determinar la probabilidad de reproducción, es decir conocer a que diámetro los individuos comienzan a reproducirse, se realizó una regresión logística entre el diámetro y la producción de frutos de los árboles.

Se determinó la estructura poblacional de la mara, utilizando las diferentes categorías de tamaño. Para ello se calculó la densidad de la regeneración natural en sus diferentes fases de desarrollo (plantín, brinzal, latizal y fustal) por hectárea y para cada ecorregión boscosa, de igual manera para los árboles mayores a 20 cm de DAP. También se realizó la estructura poblacional por clases diamétricas, calculando promedios y errores estándar en base a las parcelas y sub-parcelas evaluadas en las diferentes ecorregiones de Bolivia. A su vez se realizaron análisis no paramétricos (Kruskal Wallis) para determinar diferencias significativas en cuanto a la densidad de la regeneración natural según su fase de desarrollo y la densidad de árboles entre ecorregiones. Finalmente, se calculó el porcentaje de individuos en cada una de las categorías utilizadas para caracterizar la posición y forma de copa junto a la infestación de bejucos para determinar el estado actual de la mara.

### c) Regeneración

En los tres bloques experimentales de La Chonta, en el año 2002, se marcaron 1800 individuos de mara  $> 1$  m de altura para estudiar y monitorear la regeneración. Estos individuos fueron geo-referenciados y monitoreados en los años 2003 y 2006, lográndose con este estudio su tercera re-medición. Adicionalmente, se evaluaron el porcentaje de individuos sobrevivientes y su crecimiento en altura en las diferentes categorías de tamaño.

Para determinar el efecto del aprovechamiento forestal en la regeneración de mara se utilizaron bloques en el bosque sub-húmedo de Guarayos. Cada bloque, entre 20-25 has, fue ubicado al azar con 4 diferentes micro-sitios creados recientemente (1-4 años): claros de aprovechamiento, pistas de arrastre, caminos y patios de acopio o rodeos (Fig. 3). La unidad de muestreo para pistas de arrastre y caminos fue de 4x20 m, para los claros de aprovechamiento y rodeos fue de 4x5 m, registrando plantines, brinzales y latizales. En el caso de caminos se evaluó al borde de los caminos principales. En cada rodeo se instalaron 2 parcelas al azar. La variable a medirse fue el número de individuos en cada parcela.

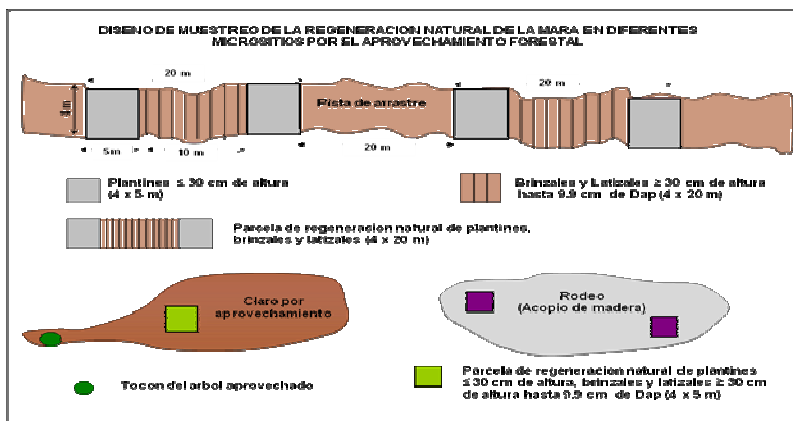
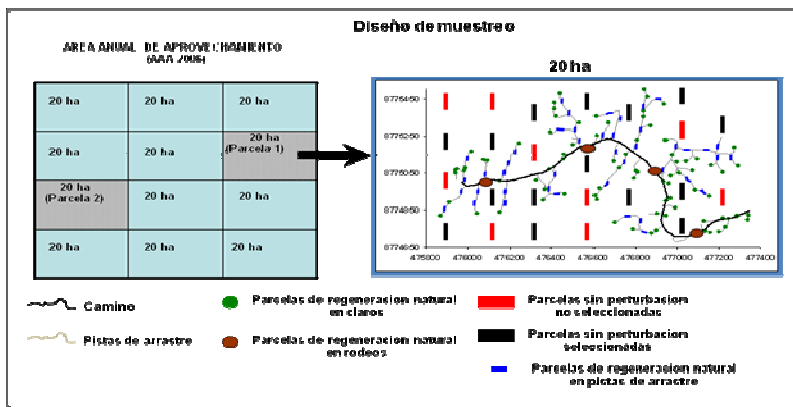


Figura 3. Diseño para el muestreo de la regeneración de la mara en condiciones de aprovechamiento forestal.

En los distintos micro-sitios se tomaron datos adicionales sobre algunos factores que pueden estar relacionados con la abundancia de la regeneración de mara. Los factores evaluados fueron la cobertura de vegetación y hojarasca, apertura del dosel, compactación y pH del suelo. La cobertura de las diferentes formas de vida (árboles, hierbas, arbustos y bejucos) y de hojarasca fue determinada en porcentaje en cada parcela de muestreo. Para la apertura del dosel se utilizó el densiómetro, el cual mide el porcentaje de apertura en cada micro-sitio. La compactación del suelo se midió utilizando un cilindro de metal de volumen conocido para evaluar el suelo en cada micro-sitio. La muestra de suelo fue secada en horno a 70 °C y luego se determinó su peso. El pH se midió utilizando papel pH-metro.

#### d) Dinámica

Para evaluar la dinámica de la población de árboles de mara se tomaron en cuenta todos los datos registrados en los tres bloques de La Chonta en los bosques de Guarayos con los 4 diferentes tratamientos silviculturales (Testigo, Intensivo, mejorado y normal). La tasa de crecimiento tanto en diámetro como en altura fue calculada para cada individuo, usando una regresión lineal entre diámetro medido en las diferentes mediciones (variable dependiente) y las fechas de las mediciones (variables independientes). La pendiente de la

regresión corresponde a la tasa de incremento diamétrico por día, la cual se multiplicó por 365 días para obtener la tasa de incremento diamétrico por año (Poorter *et al.* 2001). Posteriormente se promedió el crecimiento diamétrico por cada bloque y por tratamiento y por las diferentes categorías de posición de copa, forma de copa, infestación de bejucos y por clase diamétricas. Posteriormente se realizó un análisis de varianza de dos vías (ANDEVA) al 95% de confianza para determinar si existen diferencias significativas del crecimiento entre los diferentes tratamientos silviculturales y entre las diferentes categorías de las variables evaluadas.

Se utilizaron cinco categorías para el índice de luz (Dawkins 1958), representando diferente exposición de la copa de los árboles a la intensidad de luz: 1) emergentes (copa totalmente expuesta); 2) dominantes (copa con plena iluminación superior); 3) co-dominantes (parte superior de la copa expuesta a luz vertical); 4) intermedios (parte superior de la copa totalmente sombreada pero con luz lateral) y 5) suprimidos (copa sin luz directa). Para la infestación de bejucos se utilizaron cuatro grados: 1) tallo sin bejucos, 2) tallo parcialmente con bejucos 3) tallo y copa parcialmente con bejucos y 4) copa llena de bejucos.

La tasa anual de mortalidad y reclutamiento de la regeneración natural se estimaron en base a los 1885 individuos de mara que fueron monitoreados desde el 2002 en las parcelas experimentales de La Chonta. Para los árboles mayores a 10 cm de DAP, se calculó en base a las evaluaciones de 106 individuos dentro de las parcelas experimentales instaladas en La Chonta (3 bloques cada una con 4 tratamientos silviculturales), Para éstas estimaciones se utilizaron las siguientes ecuaciones (Nebel *et al.* 2001; Losos y Loo 2004):

$$T_m = (\ln(N_o) - \ln(N_o - N_m)) / \Delta t$$

$$T_r = (\ln(N_o - N_m + N_r) - \ln(N_o - N_m)) / \Delta t$$

Donde:

$T_m$  = Tasa de mortalidad,

$T_r$  = Tasa de reclutamiento,

$\Delta t$  = Diferencia entre dos periodos de medición,

$\ln$  = Logaritmo natural

$N_o$  = Número de individuos al comienzo del periodo  $\Delta t$ ,

$N_m$  = Número de individuos muertos en una determinada área en el tiempo  $t$ ,

$N_r$  = Individuos que fueron reclutados en las diferentes categorías diamétricas durante el periodo  $t$ .

### 3. RESULTADOS DEL PROYECTO

#### 3.1 Distribución poblacional de la mara en Bolivia

##### 3.1.1 Distribución actual y potencial

En Bolivia, la distribución original de la mara abarca extensas áreas en los departamentos de Pando (provincias Federico Román, Nicolás Suárez, Manuripi), La Paz (provincia Iturralde), Beni (provincia Ballivian, Moxos e Itenez), Cochabamba (provincia Carrasco) y Santa Cruz (provincias Ichilo, Sara, Santisteban, Guarayos, Ñuflo de Chávez, Velasco), siendo aproximadamente la latitud de Santa Cruz de la Sierra el límite meridional de la distribución de la especie (Fig. 4).

El mapa de la distribución actual nos indica en que lugares han sido registrados los individuos de la especie, en cambio el mapa de distribución potencial nos permite, a través de modelos de predicción, conocer en qué lugares podría haber estado o debería estar la especie en respuesta a las condiciones ambientales que afectan o determinan su distribución natural.

El análisis de la distribución potencial de la mara confirmó el área de distribución natural de la especie (Fig. 4), con una modelación que obtuvo una explicación de 85%. El área de distribución potencial coincide con los puntos de muestreo y los datos de presencia manejados por la ABT, vale decir en Pando, norte de La Paz y este de Beni, y noroeste, con una parte al sur de Santa Cruz. La Tabla 1 ofrece una estimación heurística de las contribuciones relativas de las variables ambientales al modelo de distribución potencial de la mara. Sin embargo, estos porcentajes deben ser interpretados con precaución ya que las variables explicativas están correlacionadas.

Los resultados de la modelación muestran que la precipitación de mayo obtuvo la mayor contribución porcentual (Tabla 1). En Bolivia, el mes de mayo registra baja precipitación; con una precipitación menor a 100 mm en este mes la mara puede sufrir de stress hídrico y no está presente en áreas con menos de 50 mm, pero en áreas húmedas con precipitación mayor a 200 mm tampoco aparece (Anexo 1). La mara se encuentra en áreas donde la temperatura máxima en febrero es 30 °C, al parecer lugares con 2 grados más no tiene presencia de mara. En mayo, la temperatura máxima ideal es 28 °C y la temperatura mínima ideal está entre 17 y 18 °C. Según datos de la modelación existe mayor probabilidad de presencia de mara entre 200 y 500 msnm, la probabilidad disminuye cuando la altura es superior a 500 y hasta llegar a los 1000 msnm. La altitud puede considerarse también una variable importante, como ésta contribuyó con 11% al modelo y fue situada en cuarto lugar (Tabla 1).

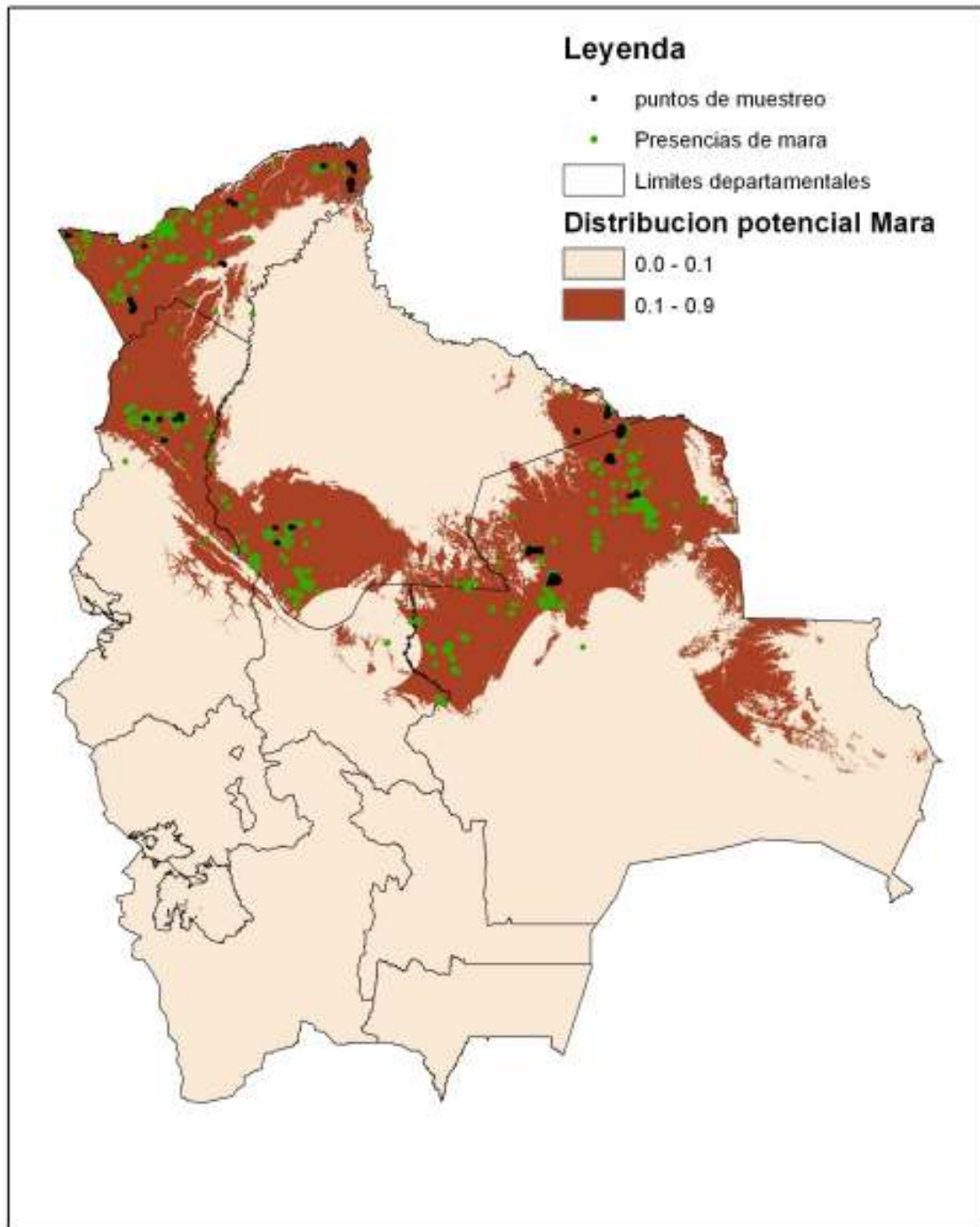


Figura 4. Mapa con la distribución actual (puntos verdes provenientes de datos de la ABT y puntos negros provenientes del muestreo del presente estudio) y distribución potencial, modelada con el programa MAXENT, de la mara en los diferentes departamentos localizados en las tierras bajas de Bolivia.

Tabla 1. Contribución porcentual de las variables más importantes en la modelación de la distribución potencial de la mara provenientes del programa MAXENT.

Variables climáticas (Wordclim)	Contribución porcentual (%)
Precipitación Mayo	22.6
Precipitación Marzo	13.9
Temperatura máxima Octubre	12.9
Altitud a nivel del mar	11.4
Temperatura máxima Febrero	5.9
Temperatura máxima Mayo	5.8
Temperatura mínima Mayo	3.8
Temperatura máxima Junio	3.5
Precipitación Octubre	2.7
Temperatura mínima Julio	2.6
Total	85.1

### 3.2 Densidad y estructura poblacional

#### 3.2.1 Densidad poblacional a nivel nacional y por ecorregiones

En las 1205 parcelas muestreadas (Anexo 2) en las tierras bajas de Bolivia se encontró que la población adulta (104 individuos  $\geq 20$  cm diámetro) a nivel nacional, tiene la distribución típica de una “J” invertida (Fig. 5) pero con variantes en dos clases diamétricas (50-60 y  $> 90$  cm)

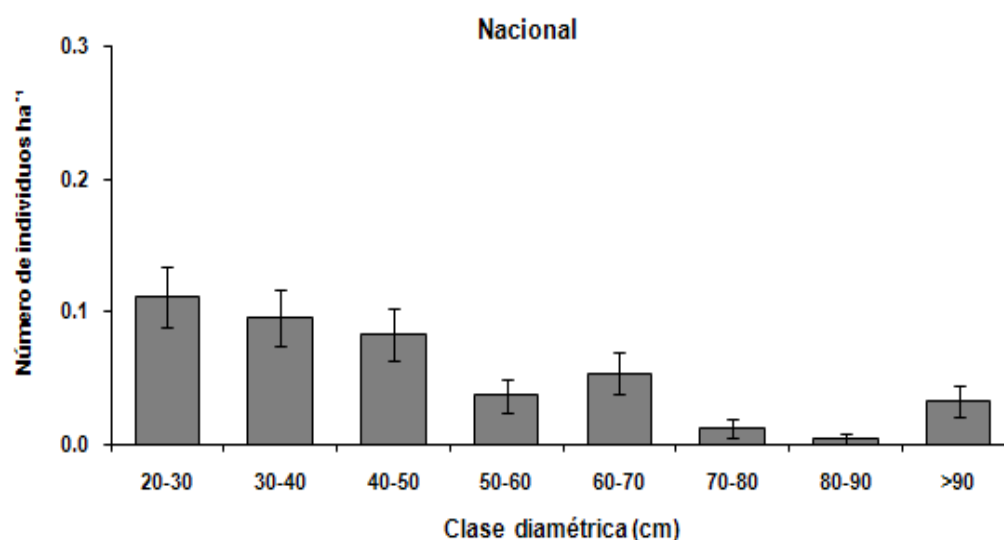


Figura 5. Densidad promedio de individuos adultos ( $\geq 20$  cm DAP) de mara por hectárea por clases diamétricas a nivel nacional.

El número de árboles ( $\geq 20$  cm de DAP) presentó diferencias significativas en las cuatro ecorregiones (Kruskal Wallis,  $P < 0.05$ ) (Fig. 6), con un promedio de 0.43 árboles/ha ( $\pm 0.05$ ). Los resultados muestran una mayor densidad de individuos en los bosques de

Guarayos ( $0.72 \pm 0.14$  árboles/ha) y en menor densidad en el bosque amazónico ( $0.23 \pm 0.06$  árboles/ha) (Fig.6).

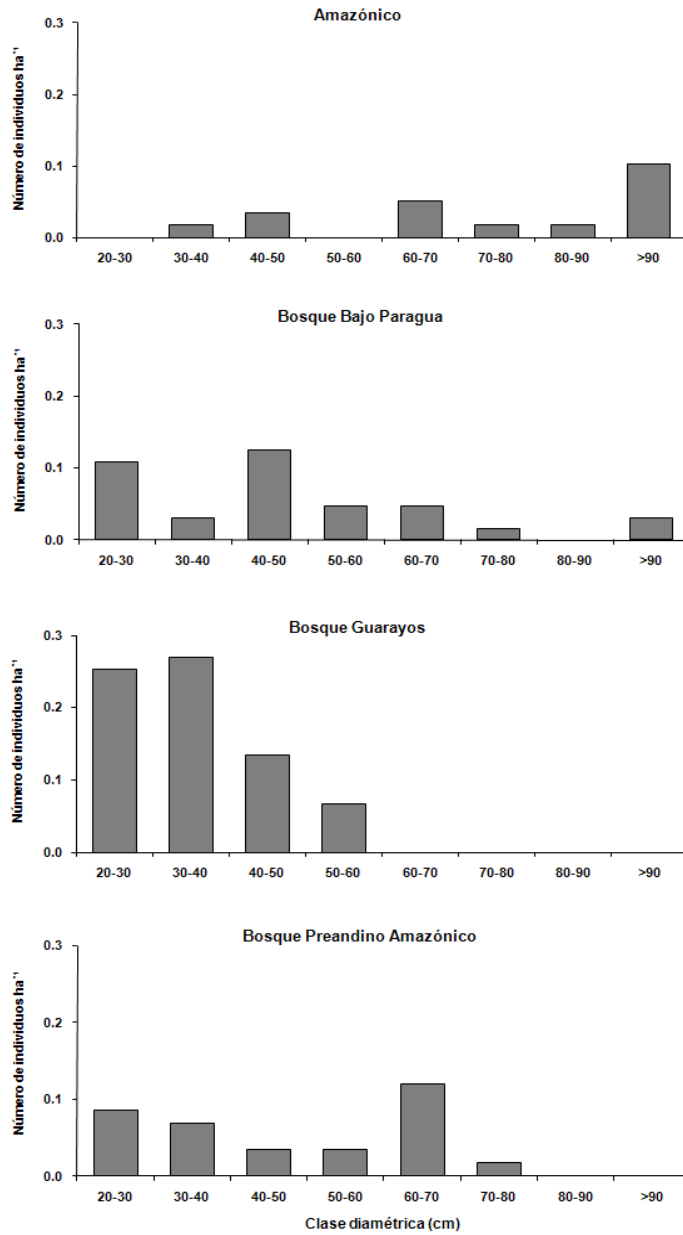


Figura 6. Abundancia promedio de individuos de mara por hectárea para cada clase de tamaño y por tipo de ecorregión boscosa. Abundancia de individuos adultos ( $\geq 20$  cm DAP) de mara.

El área basal, en promedio a nivel nacional, para individuos  $> 20$  cm de DAP fue de  $0.10 \pm 0.02$  m<sup>2</sup>/ha, el volumen comercial de  $1.03 \pm 0.23$  m<sup>3</sup>/ha y un volumen total de  $1.89 \pm 0.37$  m<sup>3</sup>/ha. El mayor volumen comercial se presentó en la Amazonia con  $2.6 \pm 0.92$  m<sup>3</sup>/ha y un volumen similar de  $0.55$  m<sup>3</sup>/ha en las tres ecorregiones (Tabla 2).



Tabla 2. Densidad de individuos, área basal, volumen comercial y volumen total por hectárea para diferentes ecorregiones de Bolivia. Datos promedios ( $\pm$  error estándar) de árboles  $\geq 20$  cm DAP.

Ecorregiones	Densidad		Área Basal		Volumen comercial		Volumen total	
	N/ha	(EE)	m <sup>2</sup> /ha	(EE)	m <sup>3</sup> /ha	(EE)	m <sup>3</sup> /ha	(EE)
Amazónico	0.23	( $\pm 0.06$ )	0.20	( $\pm 0.07$ )	2.60	( $\pm 0.92$ )	4.11	( $\pm 1.41$ )
Bosque Bajo Paragua	0.40	( $\pm 0.08$ )	0.09	( $\pm 0.02$ )	0.56	( $\pm 0.18$ )	1.04	( $\pm 0.34$ )
Bosque Guarayos	0.72	( $\pm 0.14$ )	0.07	( $\pm 0.01$ )	0.54	( $\pm 0.10$ )	1.23	( $\pm 0.22$ )
Pre-andino Amazónico	0.36	( $\pm 0.08$ )	0.06	( $\pm 0.02$ )	0.53	( $\pm 0.14$ )	1.30	( $\pm 0.35$ )
Total general	0.43	( $\pm 0.04$ )	0.10	( $\pm 0.02$ )	1.04	( $\pm 0.23$ )	1.89	( $\pm 0.37$ )

### 3.2.2 Estructura poblacional

#### a) Población a nivel nacional y por ecorregiones

A nivel nacional, en las 1205 parcelas evaluadas, se encontró un promedio de  $0.10 \pm 0.02$  individuos fustales/ha,  $0.62 \pm 0.09$  latizales/ha,  $2.91 \pm 0.57$  brinzales/ha y  $4.96 \pm 1.45$  plántulas/ha (Fig.7). Se observaron diferencias significativas de la densidad de individuos, en las diferentes categorías de tamaños, entre las ecorregiones, encontrándose la mayor densidad en la región de Guarayos (Tabla 3).

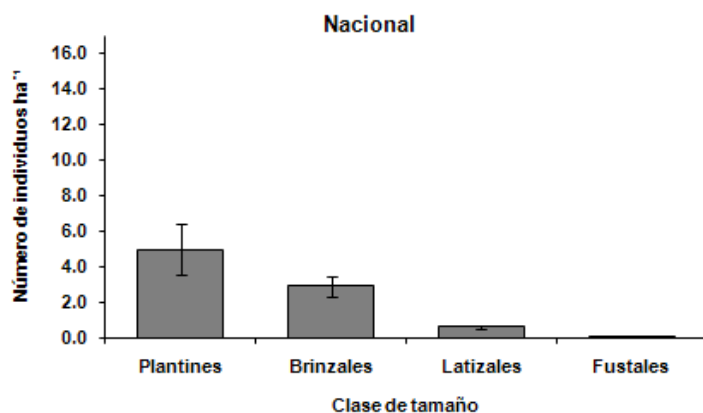


Figura 7. Densidad de la regeneración natural a nivel nacional por hectárea para cada clase de tamaño. Los datos son promedios y error estándar.

Tabla 3. Regeneración natural, en tres clases de tamaño, en las ecorregiones de Bolivia. Los datos son densidad promedio (N/ha) y error estándar ( $\pm$ EE). El valor de P indica las diferencias significativas entre las ecorregiones.

Clases de tamaño	ECORREGIONES					P
	Bosque Guarayos	Bosque Bajo Paragua	Pre-andino Amazónico	Amazónico	Nacional	

	N/ha	(EE)	N/ha	(EE)	N/ha	(EE)	N/ha	(EE)	N/ha	(EE)	
<b>Plantines</b>	15.40	(±5.51)	2.25	(±1.52)	0.60	(±0.44)	1.69	(±0.91)	4.96	(±1.45)	<0.0001
<b>Brinzales</b>	9.70	(±2.19)	0.31	(±0.20)	0.96	(±0.00)	0.81	(±0.38)	2.91	(±0.57)	<0.0001
<b>Latizales</b>	1.89	(±0.34)	0.09	(±0.05)	0.48	(±0.14)	0.07	(±0.05)	0.62	(±0.09)	<0.0001
<b>Fustales</b>	0.29	(±0.08)	0.03	(±0.02)	0.09	(±0.05)	0.00	(±0.00)	0.10	(±0.02)	<0.0001



#### b) Población por tipo de hábitat

El número de árboles adultos fue similar en los diferentes tipos de bosque entre bosques de altura, bajura y ladera ( $P = 0.89$ ), pero considerando el número de árboles/ha por ecorregiones y en las diferentes clases de tamaño, se observaron diferencias significativas en los árboles  $\geq 20$  cm DAP ( $P = 0.0036$ ) y entre 10 - 20 cm DAP ( $P = 0.0036$ ). Así, los resultados muestran que la densidad de mara es diferente en las ecorregiones al considerarse el hábitat y el tamaño de los individuos. La mayor densidad de los individuos, en las diferentes clases de tamaño y por hábitat, se presentó en el bosque de bajura de Guarayos (Tabla4).

#### c) Población por micro-sitios

Las condiciones específicas de los bosques, o micro-sitios, pueden ser factores determinantes para la distribución de la mara (Tabla 5). Los análisis no paramétricos para los diferentes clases de tamaño muestran diferencias significativas entre los diferentes micro-sitios ( $P = <0.0001$  para árboles  $\geq 20$  cm de DAP; y  $P = 0.0001$  para árboles entre 10

- 20 cm de DAP). Los resultados muestran que la mayor cantidad de árboles de mara se encontraron en el BAM y en el BASMQ con 0.51 y 0.53 árboles/ha, respectivamente, con una menor cantidad en el BAMQ y BN (0.0 a 0.23 árboles/ha).

Tabla 4. Densidad promedios (N/ha) de individuos de mara ( $\pm$ EE) para diferentes clases de tamaño por hábitat y por ecorregiones de Bolivia.

Hábitat	Ecorregiones								Total general	
	Amazónico		Bosque Bajo Paragua		Bosque Guarayos		Bosque Pre-Andino - Amazónico			
	N/ha	EE	N/ha	EE	N/ha	EE	N/ha	EE	N/ha	EE
<b>Árboles <math>\geq</math> 20 cm de DAP</b>										
Bosque de altura	0.12	( $\pm$ 0.09)	0.43	( $\pm$ 0.21)	0.83	( $\pm$ 0.21)	0.00	( $\pm$ 0.00)	0.46	( $\pm$ 0.10)
Bosque de ladera	0.00	( $\pm$ 0.00)	0.36	( $\pm$ 0.08)	0.58	( $\pm$ 0.11)	0.00	( $\pm$ 0.00)	0.44	( $\pm$ 0.06)
Bosque de bajura	0.31	( $\pm$ 0.09)	0.88	( $\pm$ 0.48)	1.00	( $\pm$ 0.37)	0.36	( $\pm$ 0.08)	0.39	( $\pm$ 0.06)
<b>Fustales de 10 a 19.9 cm de DAP</b>										
Bosque de altura	0.00	( $\pm$ 0.00)	0.11	( $\pm$ 0.11)	0.26	( $\pm$ 0.13)	0.00	( $\pm$ 0.00)	0.12	( $\pm$ 0.05)
Bosque de ladera	0.00	( $\pm$ 0.00)	0.02	( $\pm$ 0.02)	0.22	( $\pm$ 0.07)	0.00	( $\pm$ 0.00)	0.10	( $\pm$ 0.03)
Bosque de bajura	0.00	( $\pm$ 0.00)	0.00	( $\pm$ 0.00)	0.67	( $\pm$ 0.32)	0.09	( $\pm$ 0.04)	0.08	( $\pm$ 0.03)
<b>Regeneración <math>\leq</math> 10 cm de DAP</b>										
Bosque de altura	1.41	( $\pm$ 0.35)	0.00	( $\pm$ 0.00)	4.03	( $\pm$ 0.51)	0.00	( $\pm$ 0.00)	2.16	( $\pm$ 0.25)
Bosque de ladera	0.00	( $\pm$ 0.00)	1.05	( $\pm$ 0.17)	7.09	( $\pm$ 0.37)	0.00	( $\pm$ 0.00)	3.92	( $\pm$ 0.21)
Bosque de bajura	0.68	( $\pm$ 0.28)	0.00	( $\pm$ 0.00)	10.00	( $\pm$ 0.96)	0.67	( $\pm$ 0.12)	1.37	( $\pm$ 0.15)



Tabla 5. Densidad de individuos por micro-sitios y por clase de tamaño. Los datos son promedios (N/ha) y error estándar ( $\pm$ EE). BAM = bosque aprovechado con manejo,

BASM = bosque aprovechado sin manejo, bosque BQ = bosque quemado, BN = bosque natural, no aprovechado

Micro-sitios	Árboles		Fustales		Regeneración natural	
	N/ha	EE	N/ha	EE	N/ha	EE
BAM	0.51	(±0.07)	0.13	(±0.03)	2.32	(±0.16)
BAM/BQ	0.00	(±0.00)	0.00	(±0.00)	1.05	(±0.41)
BASM	0.41	(±0.11)	0.19	(±0.08)	2.24	(±0.41)
BASM/BQ	0.53	(±0.36)	0.26	(±0.26)	0.35	(±0.35)
BN	0.28	(±0.06)	0.01	(±0.01)	0.59	(±0.11)
BN/Q	2.31	(±0.72)	0.91	(±0.61)	1.33	(±0.79)
BQ	0.33	(±0.11)	0.00	(±0.00)	8.21	(±0.48)

### 3.2.3 Porcentaje de árboles por posición y forma de copa e infestación de bejucos

Con respecto a la posición de copa o exposición lumínica se observa que el mayor porcentaje de árboles (37.9%) recibe completa luz vertical y lateral (Tabla 6). Al agrupar los árboles en las categorías de mejor exposición a la luz (1, 2 y 3), da como resultado que el 92% recibirían luz de alguna manera.

Los árboles de mara con copas perfectas representan solo el 15.3%, mientras que los árboles con copa buena representan el 37.1% de la población, seguidos por los árboles con una copa tolerante. El menor porcentaje lo representan los árboles de copa muy pobres (Tabla 6). La gran cantidad de individuos que presentan copas tolerantes, se puede deber a que los individuos se encuentran entre las clases diamétricas menores, entre 10 a 30 cm.

Referente a la presencia de lianas, el 31.4% de la población de mara está constituida con árboles libres de bejucos y solo el 1.61 % de los árboles están infestados completamente por bejucos (Tabla 6). En general, el 68.5% de los individuos de mara están infestados con lianas en algún grado (categorías 2, 3 y 4).

Tabla 6. Porcentaje del número de árboles de mara según la posición de copa, forma de copa e infestación de bejucos en las diferentes ecorregiones de Bolivia.

Variables	Ecorregiones Boscasas				Nacional (%)
	Amazónico (%)	Bosque Bajo Paragua (%)	Bosque Guarayos (%)	Pre-andino Amazónico (%)	
<b>Posición de copa</b>					
Emergente (1)	50.00	37.50	16.67	80.77	37.90
Plena iluminación superior (2)	42.86	20.83	40.00	15.38	31.45
Alguna iluminación superior (3)	7.14	29.17	31.67	3.85	22.58

Alguna iluminación lateral (4)	0.00	4.17	10.00	0.00	5.65
Ausencia de luz (5)	0.00	8.33	1.67	0.00	2.42
<b>Forma de copa</b>					
Perfecta (1)	35.71	4.17	8.33	30.77	15.32
Buena (2)	28.57	37.50	38.33	38.46	37.10
Tolerable (3)	28.57	45.83	38.33	26.92	36.29
Mala (4)	7.14	4.17	11.67	3.85	8.06
Muy mala (5)	0.00	8.33	3.33	0.00	3.23
<b>Infestación de bejucos</b>					
Libre (sin bejucos) (1)	71.43	25.00	18.33	46.15	31.45
Presencia en el fuste (2)	7.14	4.17	6.67	26.92	10.48
Presencia leve en copa y fuste (3)	21.43	66.67	75.00	23.08	56.45
Presencia completa en fuste y copa (4)	0.00	4.17	0.00	3.85	1.61

### 3.3 Regeneración de la mara

#### 3.3.1 Regeneración natural bajo condiciones naturales

El crecimiento en altura de la regeneración natural de mara en bosques naturales, generalmente se incrementó al aumentar el tamaño de las plantas. El presente estudio muestra que el mayor crecimiento en altura, de manera significativa, lo presentaron las plantas en la clase latizales, con  $0.49 \pm 0.05\text{m/año}$  y el menor crecimiento en la clase brinzales ( $0.15 \pm 0.020\text{m/año}$ ) y plántulas ( $0.12 \pm 0.023\text{ m/año}$ ) (Fig. 8).

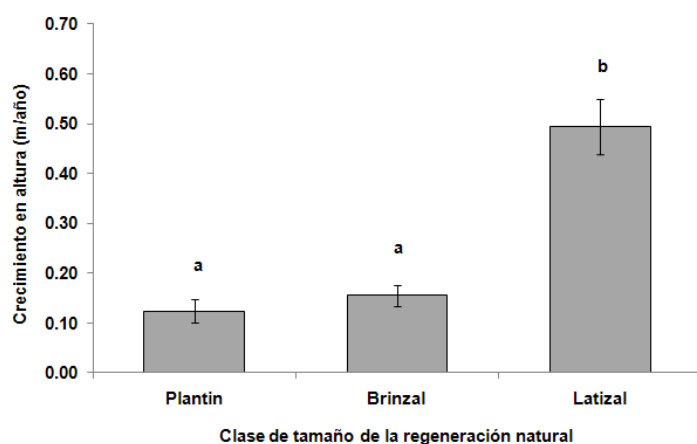


Figura 8. Crecimiento promedio en altura de la regeneración de mara según diferentes clases de tamaños: plantines (< 30 cm altura), brinzal (0.3 hasta 1.5 m altura), latizal (>1.5 m de altura y < 10 cm diámetro). Las barras indican los promedios y el error estándar ( $\pm$  EE).



### 3.3.2 Crecimiento bajo tratamientos silviculturales

El crecimiento en altura de la regeneración natural de la mara puede variar según las diferentes intensidades de aprovechamiento y la aplicación de tratamientos silviculturales (Fig. 9). De manera general, se observó que la regeneración crece más en áreas aprovechadas que en las áreas no aprovechadas, 0.35 y 0.14 m/año, respectivamente. El mayor crecimiento de la mara ocurrió en los tratamientos Mejorado e Intensivo, 0.36 y 0.33 m/año, respectivamente, mientras que en el tratamiento Normal se registraron valores intermedios y el tratamiento Testigo alcanzó el promedio más bajo de crecimiento.

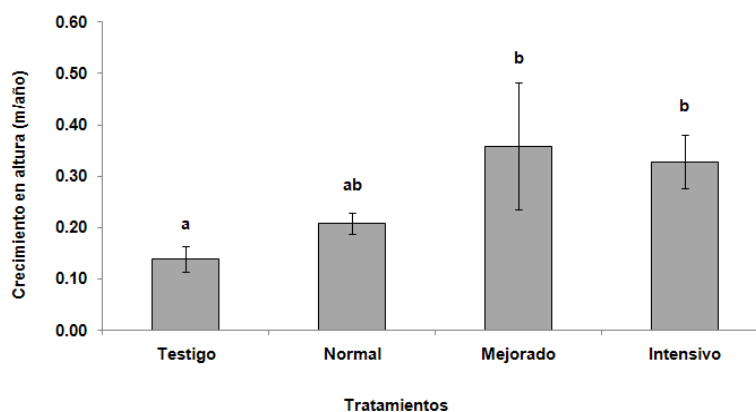


Figura 9. Tasa de crecimiento promedio en altura de la mara, según diferentes intensidades de aprovechamiento forestal. Las barras indican los promedios y el error estándar ( $\pm$  EE).

### 3.3.3 Respuesta de la regeneración a las perturbaciones del aprovechamiento forestal

El muestreo para conocer la respuesta de la mara en sitios creados por el aprovechamiento maderero fue realizado únicamente en la provincia Guarayos. En general, se encontró una respuesta del 9.2% en cuanto a la presencia de regeneración de mara en los diferentes sitios perturbados (Fig. 10). Al analizar la regeneración entre los cuatro tipos de sitio (pistas de

arrastre, rodeos, caminos y claros) se encontró que el mayor porcentaje ocurrió en los rodeos y en los caminos.

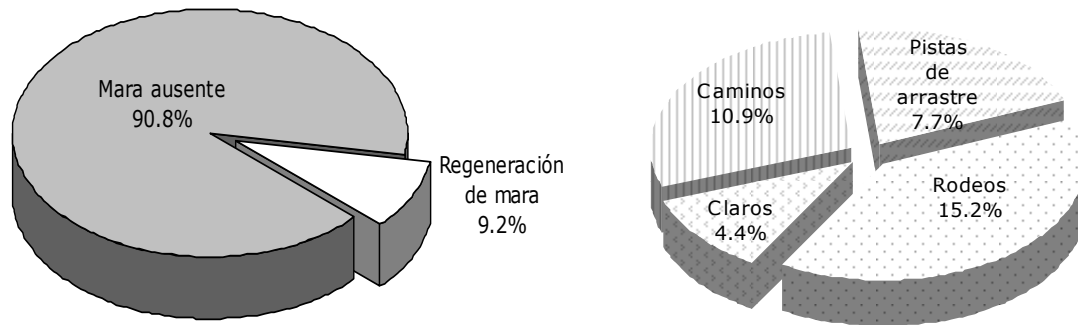


Figura 10. Porcentaje de la presencia de regeneración de mara en las áreas aprovechadas del bosque en Guarayos. a) Nivel general y b) según los cuatro tipos de sitios perturbados.

Los muestreos de parcelas en los diferentes sitios muestran una baja densidad de la regeneración. Estos resultados provienen del bosque sub-húmedo de Guarayos, habiéndose muestreado la siguiente cantidad de parcelas por micro-sitios: claros (81), caminos (213), pistas de arrastre (580) y rodeos (33). Para comparar con el interior del bosque se utilizaron también las 208 parcelas evaluadas durante los inventarios intensivos para esta región. Las densidades fueron extrapoladas a hectáreas para su análisis debido a que se utilizaron diferentes tamaños de muestreo en los diferentes sitios. Los resultados indican que existen diferencias significativas entre los promedios, habiéndose encontrado la mayor densidad de mara en los rodeos y en los caminos principales ( $K=19.79$ ,  $P=0.01$ ) (Fig. 11).

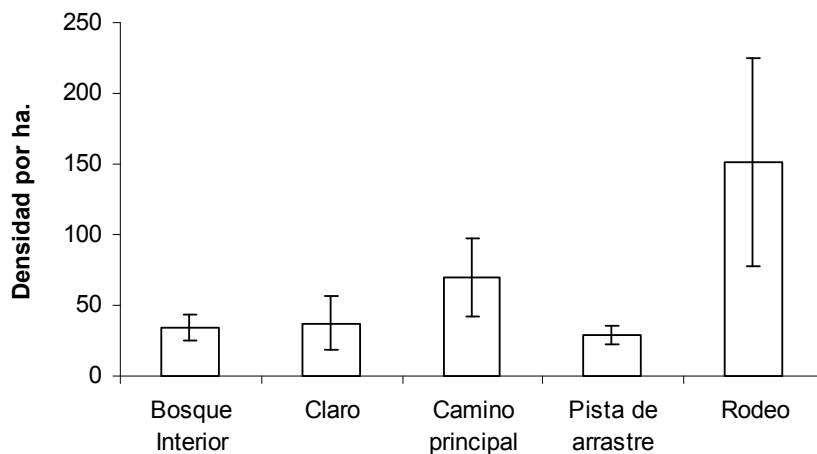


Figura 11. Comparación de la densidad promedio de regeneración de mara por tipo de sitios perturbados e interior del bosque.

Al analizar las diferentes clases de tamaño de la regeneración por micro-sitios de perturbación se observa que, el patrón de la distribución poblacional no es uniforme (Fig. 12). De manera general, se observa una reducida cantidad de latizales por sitio, excepto en

los rodeos, lo que podría significar que en algunos lugares es significativa la mortalidad en el tiempo de paso de plantín a latizal. Por otro lado, los patrones en las clases de tamaño pueden ser también producto de los diferentes momentos de establecimiento del micro-sitio o perturbación. Es importante mencionar que los muestreos fueron realizados en áreas de diferentes años de extracción (entre 1 – 4 años).

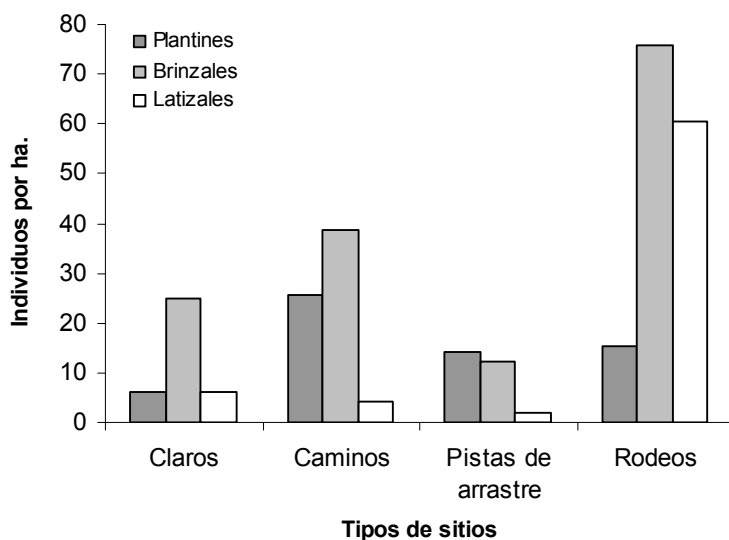


Figura 12. Densidad de la regeneración de mara (plantín, brinzal y latizal), extrapolada hacia hectárea para los cuatro sitios perturbados en La Chonta.

### 3.3.4 Factores que afectan la regeneración

Los diferentes factores evaluados, por tener influencia en las condiciones de los micro-sitios y por lo tanto afectar a la regeneración de la mara, fueron el porcentaje de hojarasca y cobertura vegetal que cubre el suelo, la compactación y pH del suelo, así como también la cobertura del dosel que influye en el ingreso de luz (Fig. 13). Mediante diferentes análisis de correlación se encontró indicios de que sólo la cobertura del dosel tuvo una leve relación con la densidad de la regeneración de mara ( $r=0.125$ ,  $P= 0.01$ ). Adicionalmente, observaciones de las plántulas de mara registradas en La Chonta, muestran que éstas pueden ser afectadas por insectos (herbivoría), resultando un 27% de regeneración afectada por ataques de insectos.



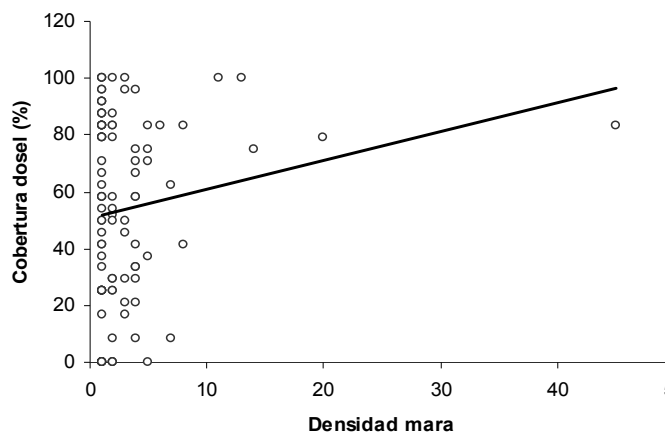


Figura 13. Correlación entre la cobertura del dosel y la densidad de la regeneración de mara.



### 3.4 Dinámica de la mara

#### 3.4.1 Crecimiento de árboles de mara en diferentes condiciones de manejo

El crecimiento diamétrico de individuos de mara  $\geq 10$  cm DAP, resultado proveniente de las parcelas permanentes experimentales de La Chonta, fue en promedio  $1.01 \pm 0.06$ cm/año (N=187). El crecimiento de la mara no fue afectado significativamente por los diferentes tratamientos silviculturales (ANDEVA;  $P = 0.097$ ). Sin embargo, se observó la tendencia de que la mara tiene un mejor incremento del diámetro en los tratamientos Mejorado e Intensivo (Fig.14).

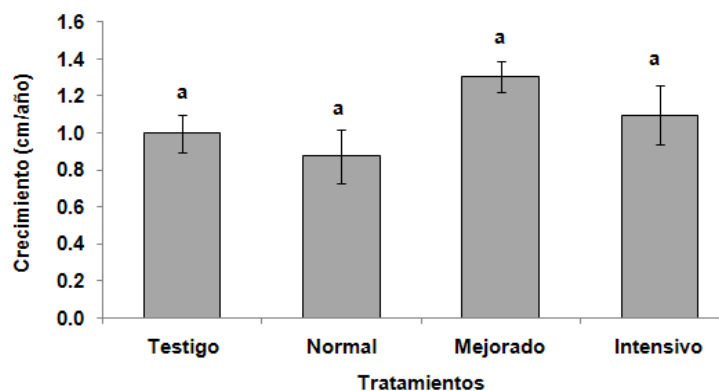


Figura 14. Crecimiento diámetro de la mara para cada tratamiento silvicultural en la Concesión forestal La Chonta. Los datos son promedios y error estándar.

El crecimiento de los árboles de mara varía según las diferentes clases diamétricas (ANDEVA;  $P = 0.02$ ). Se observa que la clase diamétrica con menor crecimiento está en la clase más pequeña de 10-20 cm con 0.55 cm/año y el mayor crecimiento diamétrico se registró en la clase  $> 60$  cm con 1.4 cm/año. Por otra parte, se observa que las demás clases alcanzan valores intermedios entre ambos valores (Fig.15).

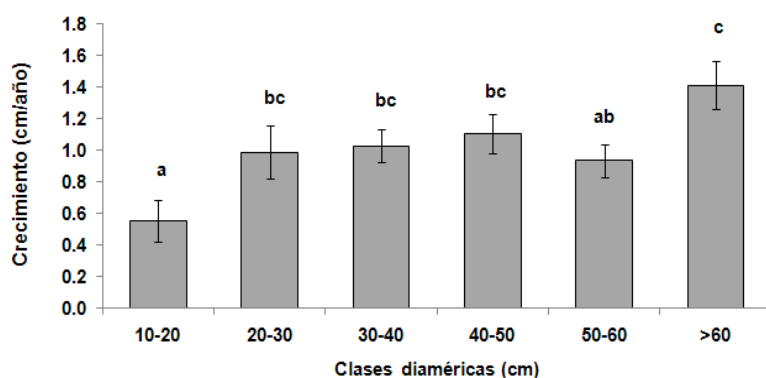


Figura 15. Crecimiento diamétrico anual de árboles de mara por clases diamétricas. Las barras indican los promedios y el error estándar ( $\pm$  EE).

### 3.4.2 Factores que determinan el crecimiento de los árboles de mara

#### a) Posición de copa

La posición de la copa del árbol incidió significativamente en el crecimiento diamétrico de la mara, (ANDEVA;  $P = 0.008$ ). La mara crece en mayor proporción cuando la copa del árbol recibe la luz completamente, tanto vertical y lateral. Por otro lado, el menor incremento diamétrico se observó cuando las copas de los árboles no reciben luz directa, (Fig.16).

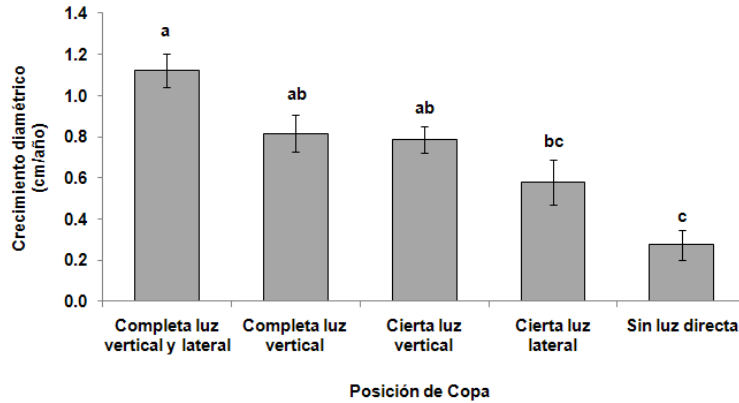


Figura 16. Crecimiento dimétrico por posición de copa de árboles de mara. Letras diferentes significan diferencias significativas a un nivel de error del 5 %. Las barras indican los promedios y el error estándar ( $\pm$  EE).

### b) Forma de copa

La forma de la copa del árbol incidió también significativamente en el crecimiento diamétrico de la mara, (ANDEVA;  $P = 0.003$ ). Individuos de mara crecen en mayor proporción cuando la copa del árbol es perfecta y buena. Por otro lado, el menor incremento diamétrico se observó cuando la copa de los árboles fue muy mala o cuando no tiene copa (Fig. 17).

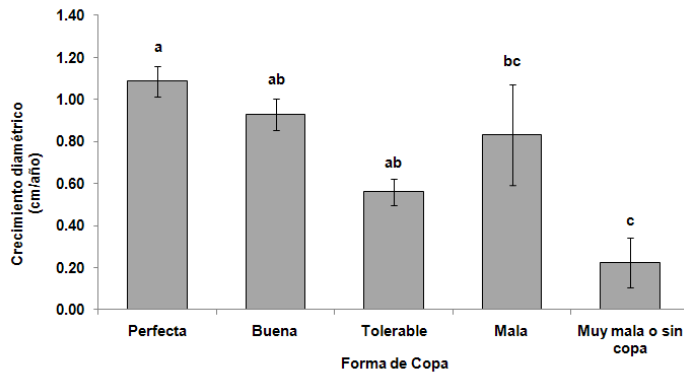


Figura 17. Crecimiento dimétrico de árboles de mara según su forma de. Las letras diferentes significan diferencias significativas a un nivel de error del 5 %. Las barras indican los promedios y el error estándar ( $\pm$  EE).

### c) Infestación de bejucos

El grado de infestación de bejucos es uno de los factores más importantes que afecta el crecimiento diamétrico de los árboles de mara (ANDEVA;  $P = 0.021$ ). El mayor crecimiento se registró en los árboles sin bejucos, entre tanto, árboles que presentaron

bejucos cubriendo completamente el fuste y la copa, lo que afecta el crecimiento terminal, presentaron el menor crecimiento diamétrico en la población de La Chonta.

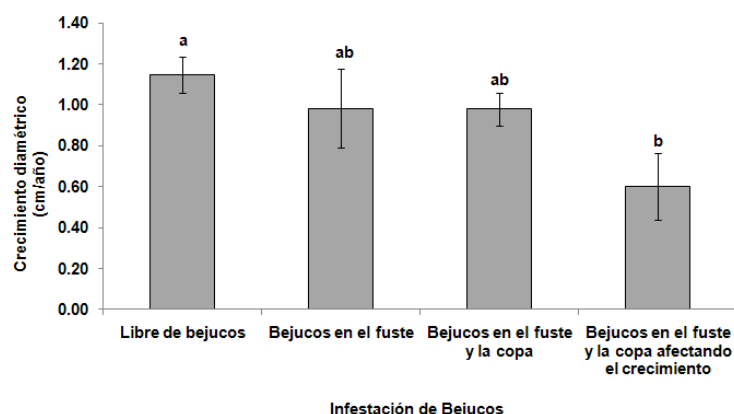


Figura 18. Crecimiento dimétrico por categoría de infestación de bejucos. Las barras indican los promedios y el error estándar ( $\pm$  EE).

#### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS Y RESULTADOS

##### 4.1 Distribución actual y potencial

La mara es una especie típica del trópico americano, desde México Central pasando por los bosques húmedos de la Amazonia hasta los bosques sub-húmedos de Bolivia (Pennington *et al.* 1981, Mostacedo *et al.* 2001). A pesar de su amplia distribución, la mara en Bolivia aparece más frecuente en las áreas forestales con climas estacionales, es decir con marcada diferencia en las precipitaciones entre las épocas húmedas y secas. Aparentemente la mara no tiene mayores requerimientos edáficos, porque crece tanto en suelos aluviales, arcillosos, lateríticos como en suelos superficiales; sin embargo, el desarrollo óptimo se puede producir en suelos profundos, fértiles y bien drenados, con un pH en un rango de 6.5 a 7.5 (Maldonado 2000). Se conoce que los individuos de mara no toleran el anegamiento (Quevedo 1986).

Estos resultados son confirmados con un estudio sobre factores ambientales que afectan la distribución de especies forestales a lo largo de gradientes ambientales en las tierras bajas de Bolivia (Toledo 2010). El estudio encontró que la estacionalidad de la lluvia y la fertilidad y textura de los suelos afectaron de diferente manera a la mara. Con un análisis de regresión logística, se demostró que la lluvia y la fertilidad de los suelos incrementan la probabilidad de encontrar individuos de mara, por lo que la mara tiende a no existir en bosques secos y suelos pobres. Adicionalmente, la textura de los suelos mostró que a mayor contenido de arena habrá mayor probabilidad de presencia de mara en los bosques de Bolivia.

La mara se distribuye en áreas boscosas estacionalmente secas, principalmente donde la época seca ocurre entre abril y agosto. Los resultados de la modelación de la distribución potencial pueden llevar a sugerir que la especie es sensible a esta época seca y que no soporta la sequía extrema (Anexo 1). Asimismo, áreas con precipitaciones muy altas

parecen ser desfavorables, al no encontrarse el rango de distribución potencial en estos lugares de alta precipitación como el Chapare. Las condiciones idóneas de precipitación en marzo para la presencia de mara son de al menos 50 mm en el mes. Idealmente se necesitan áreas con 250 y 350 mm por mes y no más de 400 mm por mes para encontrar a la especie. Sobre la temperatura, los datos muestran que variaciones de 2 grados, tanto para temperatura máxima como mínima, son de gran impacto en la presencia de mara. Nuestros resultados confirman la distribución de la mara entre 100 a 850 msnm en Bolivia (Mostacedo *et al.* 2001).

#### **4.2 Densidad y estructura poblacional**

Entre la gran diversidad de especies existentes en los bosques tropicales de Bolivia, se encuentra la mara (*Swietenia macrophylla*), la cual es una de las especies forestales más valiosas existentes en el país. Esta especie, antes de los años 90 fue objeto de una explotación irracional e intensiva, sin planificación necesaria, lo cual ocasionó una fuerte disminución de su población. En 1994, Vissinoni y Silva mencionaron que en menos de 20 años la especie ya no estaría disponible para el aprovechamiento comercial; sin embargo, resultados recientes indican que las poblaciones de la mara en ciertas regiones están en etapa de recuperación (Verwer *et al.* 2007). La densidad variable encontrada entre las diferentes ecorregiones se debe a que éstas fueron aprovechadas con diferente intensidad dando lugar a un bosque degradado, con grandes claros, que paradójicamente crea condiciones óptimas para la regeneración y establecimiento de la mara, al ser una especie heliófita. Pero por la falta de árboles semilleros, la abundancia de la regeneración no fue como se esperaba.

Comparando nuestros datos, con varios estudios realizados en Bolivia vemos que la densidad de individuos adultos (DAP > 20), reportados en diferentes tipos de bosques, fueron similares (Gullison y Hubbell 1992, Bascopé *et al.* 1995, SF 1999). Así por ejemplo, en el bosque del Bajo Paraguá se tiene reportado la mayor densidad de mara (0.53 árboles/ha) seguida por Guarayos (0.44 árboles/ha), en el bosque Pre-andino se tienen 0.35 árboles/ha y en el caso de los bosques amazónicos solo se cuenta con 0.07 árboles/ha (Mostacedo y Fredericksen 1999, SF 1999, Günter 2001). La región con mayor área basal de mara es el bosque Pre-andino con 0.07 m<sup>2</sup>/ha, luego los bosques del Bajo Paraguá con 0.06 m<sup>2</sup>/ha, en el bosque de Guarayos hay 0.05 m<sup>2</sup>/ha y en los bosques amazónicos se cuenta con 0.04 m<sup>2</sup>/ha (Mostacedo y Fredericksen 1999, SF 1999, Günter 2001). Al comparar nuestros datos de volúmenes comerciales de mara con los reportados por otros autores en áreas aprovechadas, se observan datos similares en diferentes tipos de bosques, así para el Pre-Andino se registra el mayor volumen (0.45 m<sup>3</sup>/ha) seguido por el Choré (0.37 m<sup>3</sup>/ha), el Bajo Paraguá (0.36 m<sup>3</sup>/ha), luego la Amazonia (0.34 m<sup>3</sup>/ha) y finalmente Guarayos (0.23 m<sup>3</sup>/ha) (SF 1999). Sin embargo, estos volúmenes son muy bajos comparados con otras regiones del Estado de Para, Brasil (Verissimo *et al.* 1995) y de la Península de Yucatán, México (Lamb 1996).

En general, los datos muestran que la estructura poblacional de la mara en los diferentes tipos de bosques es buena, ya que se encontraron individuos en todas las clases de tamaño, aunque no en gran abundancia. Estos bosques fueron aprovechados de manera selectiva hace décadas atrás, pero actualmente con la extracción de otras especies se está abriendo más el dosel del bosque, creando condiciones favorables para la regeneración natural de varias especies heliófitas, entre ellas la mara. Otros estudios realizados en los bosques de Bolivia mencionan que para la buena regeneración natural de la mara son necesarios grandes claros (Snook 1994, Gullison *et al.* 1996, Mostacedo y Fredericksen 2001), pero siempre y cuando existan árboles madres para tal efecto. A su vez, se ha observado que la regeneración natural en concesiones forestales de Bolivia con aprovechamiento forestal es más abundante que en bosques primarios o muy poco intervenidos (Marklund 1998).

Las condiciones de los árboles de mara difieren entre las diferentes ecorregiones en lo que respecta a la posición de la copa, forma de copa y la infestación de bejucos. Los resultados obtenidos en este estudio y los resultados provenientes de las parcelas permanentes del IBIF, muestran que hay una amplia variación en estas tres variables (Anexo 3). Por ejemplo, los resultados muestran que el mayor porcentaje de individuos que reciben completa luz lateral y vertical ocurre en el Pre-andino Amazónico con el 80% o sea en su mayoría son árboles emergentes, mientras en la ecorregión de Guarayos solo el 17% de los individuos se encuentran en esa categoría. Sin embargo, al comparar con la población de mara proveniente de las parcelas permanentes en el Bajo Paragua, La Chonta y el Pre-Andino, encontramos que el mayor porcentaje de árboles en el Pre-Andino tiene una posición co-dominante (Anexo 3).

Referente a la infestación de bejucos se encontraron que los árboles de mara, en ambos bosques Amazónicos, presentaron el mayor porcentaje libre de bejucos. Sin embargo, en los bosques de la ecorregión Transición Amazónico-Chiquitana (Guarayos y Bajo Paragua), los árboles de mara presentaron una mayor infestación de bejucos. Estos resultados son muy similares a los obtenidos en los árboles presentes en las parcelas permanentes del IBIF, lo que permite concluir que los bosques en las ecorregiones de menor precipitación tienden a tener mayor infestación de bejucos (Toledo *et al.* 2008). Similarmente, en un estudio realizado en el Bajo Paragua se encontró aproximadamente que el 86.3 % de los árboles presentaron bejucos (Pérez, *et al.*, 2001), en cambio en los bosques amazónicos se reportaron entre 20 a 53% de árboles infestados por bejucos (Balcázar 2003, Licona *et al.* 2007).

Análisis recientes, con datos del 2001 al 2008 provenientes de la ABT, demuestran que la mayor densidad de individuos ocurre en los departamentos de Santa Cruz y Beni (Figs. 19, 20), similares a los resultados obtenidos en el campo. Los individuos de mara crecen generalmente aislados o en pequeños grupos, raras veces se encuentran más de 4 a 8 ind/ha (Visinoni y Silva 1994). Se han dado casos excepcionales en el pasado donde la mara se encontró en “manchones” formados por 12 a 27 ind/ha (Irmay 1949 citado en Quevedo 1986). En los bosques de la Concesión Forestal La Chonta se cuantificaron, en promedio,

0.75 ind/ha de mara (Quevedo 1986). Recientemente, en las parcelas experimentales del IBIF en La Chonta se cuantificó una densidad de 0.81 ind/ha (Mostacedo *et al.* 2009). Un estudio reciente, considerando individuos > 10 cm diámetro en 220 parcelas permanentes de 1 ha en Bolivia, encontró entre 1 a 5 individuos, con un promedio de 1.8 ind/ha. Adicionalmente la especie presentó baja frecuencia y baja abundancia; con más individuos ocurriendo en la región de Guarayos y Bajo Paraguá, norte de Santa Cruz que en la región de Ixiamas, norte de La Paz (Toledo 2010). Estos resultados pueden haber ocurrido por la poca cantidad de parcelas establecidas en los bosques de Ixiamas. En el bosque de Chimanes, al oeste de Beni, la especie se encuentra especialmente en meandros viejos, los mismos que se encuentran en diferentes etapas de sucesión ecológica (Gullison *et al.* 1996). Muchas veces la mara se distribuye espacialmente formando grupos de varios individuos (Jiménez-Saa *et al.* 1996); esta distribución agregada se debe probablemente a grandes perturbaciones (cambio de cauce de ríos, huracanes, incendios) que sufre el bosque en los cuales la mara se establece (Gullison *et al.* 1996; Rodan y Campbell 1996).

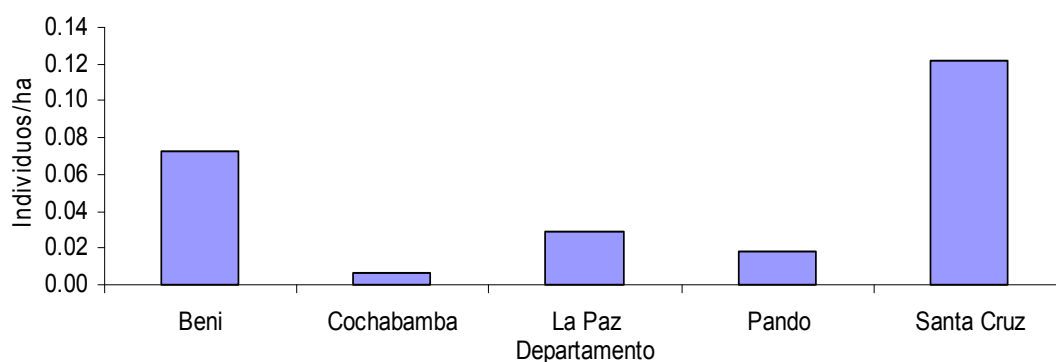


Figura 19. Densidad de individuos por hectárea en las áreas anuales de aprovechamiento con registros de mara. Fuente: Datos de los POAF, gestiones 2001-2008 en ABT.

El análisis de los datos provenientes de los POAF (2001-2008) sobre la presencia de la mara en los diferentes departamentos, muestra a Pando con la mayor superficie total de áreas con registros de mara (Fig. 20a). En contraste, Santa Cruz es el departamento con mayor abundancia de individuos de un total de 10,000 individuos de mara en todo el país (Fig. 20b); con el departamento de Beni en el segundo lugar para ambos resultados.

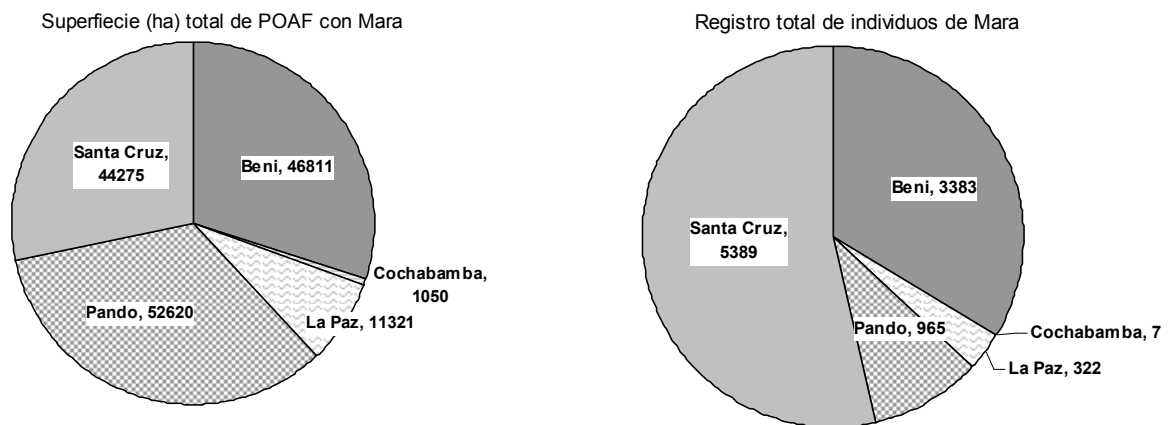


Figura 20. Datos provenientes de la ABT durante el periodo 2001-2008: a) Superficie total de POAF, por departamento, con registros de mara; b) Total de individuos de mara por departamento.

En general, la distribución de la mara por clases diamétricas es unimodal, donde los individuos entre 70 a 80 cm de diámetro son la mayoría, existiendo pocos individuos en los extremos de las clases, es decir en las clases menor a 40 y mayor a 150 cm (datos no publicados de ABT). Estos resultados son similares a los obtenidos en los bosques de La Chonta, donde 99% de los individuos tenían 40 cm de diámetro o más (Quevedo 1986). Se puede concluir que la poca regeneración avanzada en los bosques puede ser debido a que la especie tiene ciertos requerimientos específicos y que la poca cantidad de individuos en las clases de diámetros mayores es debida a la extracción forestal intensiva realizada en el pasado.

Diversos factores pueden afectar la estructura poblacional de la mara. El área basal, como indicador de la estructura poblacional, puede ser afectada por la precipitación, la intensidad de extracción forestal, el estado de sucesión del bosque, básicamente de la composición florística, y de condiciones edáficas (Günter 2001). Un estudio, considerando 47 concesiones forestales con mara, mostró la relación entre el área basal de individuos de mara y la precipitación anual. Los resultados demostraron que la precipitación anual entre 1000 y 1750 mm no tuvo efectos en el área basal pero entre 1750 a 2750 mm existió una relación positiva y precipitaciones mayores a 2750 mm tuvieron una relación negativa (Günter 2001).

#### 4.3 Regeneración poblacional

La regeneración del bosque es un proceso complejo, que depende entre otros factores, del sustrato de germinación y de crecimiento sobre el cual se desarrollan los futuros árboles. Para el manejo sostenible, el conocimiento de la regeneración es muy importante, ya que aquel solo es posible si existe una regeneración, tanto cuantitativa como cualitativa,



suficiente para reemplazar los árboles aprovechados. Algunas evaluaciones han podido notar que las poblaciones de mara están recuperándose, habiéndose encontrado suficiente regeneración natural favorecida por las aperturas en el bosque (Gullison *et al.* 1996). En Chimanes, por ejemplo, se encontraron brinzales hasta 300 ind/ha, ubicados alrededor de árboles grandes (Gullison y Hubbell 1992). En el Choré, sin embargo, la regeneración fue muy escasa (Jiménez-Saa 1996). Un reciente estudio en el Parque Nacional Carrasco encontró seis manchas de mara con una superficie total de 607 has, dentro de las cuales la regeneración mostró una densidad de 2 a 19 brinzales/ha, 0.4 latizales/ha, 4 fustales/ha y 2 tocones/ha (Choque 2006).

La regeneración natural en concesiones forestales de Bolivia es más abundante que en bosques primarios o muy poco intervenidos (Marklund 1998). Las actividades de aprovechamiento forestal crean condiciones de mayor luz, lo que favorece la regeneración y desarrollo de esta especie. En el norte de Bolivia, en los bosques amazónicos de Beni, un estudio consideró diferentes micro-sitios del aprovechamiento (sotobosque, camino de skidder, claro del tronco, claro de la copa, pista de arrastre) y encontró que la germinación de mara no fue diferente en los micro sitios pero que la sobrevivencia fue significativamente más alta en áreas afectadas por el aprovechamiento que en el sotobosque. Asimismo, se encontró que, durante dos años de investigación de este estudio, el crecimiento fue positivo en relación a la apertura del bosque (van Rheenen *et al.* 2004). La mara forma parte de las especies heliófitas durables, condición que beneficia su regeneración en áreas perturbadas, ya sea por claros naturales o antropogénicos. Estas circunstancias de apertura también ocurren cuando los inestables ríos amazónicos cambian su curso formando nuevos meandros y dejando grandes espacios descubiertos de vegetación (Visinoni y Silva 1994, Gullison *et al.* 1996).

Debido a la preocupación por la falta de regeneración, de las especies forestales en Bolivia, se han realizado algunas experiencias silviculturales con la mara. En el bosque Chimanes dos tipos de tratamientos silviculturales han sido utilizados para promover la regeneración de la mara (Panfil *et al.* 2001). El primer tratamiento silvicultural utilizó la limpieza de la vegetación competidora en claros aprovechados; se utilizaron 20 claros de aprovechamiento donde se contabilizó, por 4 años, las plántulas de mara. Los resultados indican que la limpieza de la vegetación competidora incrementó la sobrevivencia y el crecimiento de las plántulas de mara. Se encontró también que el crecimiento de las plántulas fue mayor en los claros grandes. El segundo experimento utilizó diferentes tamaños de fajas y el desbroce parcial o tala rasa en estas fajas; se cortaron fajas de diferente extensión (1, 5, 10, 15, 20 m), las cuales fueron divididas en áreas con desbroce a tala rasa y áreas con desbroce parcial del bosque, en cada faja se colocaron plántulas para evaluar el crecimiento y la sobrevivencia. Los autores encontraron que el crecimiento fue mayor en aquellos lugares donde se hizo el desbroce a tala rasa. También encontraron que el ancho de faja para el crecimiento óptimo de plántulas fue de 15 m; las fajas más anchas podrían reducir el crecimiento.

Reportes muestran que el periodo de fructificación de la mara en Santa Cruz ocurre entre los meses de julio a agosto (Mostacedo *et al.* 2003). Los frutos son cápsulas con 5 lóculos, en cada lóculo se alojan de 10 a 12 semillas, sin embargo las semillas localizadas en los extremos de cada hilera se encuentran abortadas, por lo que el número de semillas bien formadas en cada fruto alcanzan a un promedio de 46 (Magne y Sandoval 2009). De acuerdo a Magne y Sandoval (2009), el fruto de la mara tiene un promedio de 46 semillas, con un coeficiente de variación del 14%, significando un mínimo de 40 semillas por fruto, por lo que se necesitaría unos 25 frutos para obtener 1000 semillas que producirían plantines.

El interés por recuperar la mara, ha llevado a varios experimentos y estudios tanto de regeneración natural como plantaciones. Al ser la semilla el material más importante para la regeneración y consecuentemente para la reforestación, es necesario conocer sus características para cada especie. La viabilidad germinativa de las semillas varía según las especies, en algunas especies esta viabilidad se puede conservar por largo periodo (semillas ortodoxas) y en otras por poco tiempo (semillas recalcitrantes). La semilla de mara tiene la particularidad de perder su poder germinativo a las dos o tres semanas de la cosecha, sin embargo, si el almacenamiento ocurre bajo ciertas condiciones, se puede mantener su viabilidad por varios meses. Un estudio experimental realizado con semillas de diferente contenido de humedad (de 20 a 39%), obtuvo un 62% de germinación en condiciones naturales con las semillas conteniendo 35% de humedad después de un almacenamiento de 6 meses a una temperatura de 8°C (Magne y Sandoval 2009). La tasa de germinación de la semilla fresca es del 60 al 90% y mediante almacenamiento en recipientes herméticos y en lugar frío (2 a 5°C) se puede conservar hasta por un año, pero bajo condiciones naturales la capacidad de germinación se pierde en pocos meses (Visinoni y Silva 1994).

Los ensayos de germinación son necesarios ya que las especies tienen sus características propias y algún tratamiento específico tendrá éxito con una determinada especie pero no con otras. Por lo tanto, la búsqueda de mejores métodos muy importante desde el punto de vista económico, pues una germinación uniforme y en el menor tiempo posible favorece la disminución de los costos de producción (Sandoval y Alejo 2009).

Afortunadamente la mara es una especie que no presenta dificultades para germinar ya que no requiere tratamientos pre-germinativos (Sandoval y Alejo 2009). Una investigación sobre el efecto de la posición de la semilla en la almáciguera fue realizada con 4 tratamientos representando diferente posición (Fig. 21; Camacho 1995). Las semillas de mara germinaron de manera uniforme a los 45 días después de sembradas, siendo las semillas sembradas en ambas posiciones verticales las que obtuvieron el mayor porcentaje de germinación. Según Camacho (1995), las semillas de mara deben ser sembradas de forma vertical, en caso contrario el porcentaje de germinación será menor.

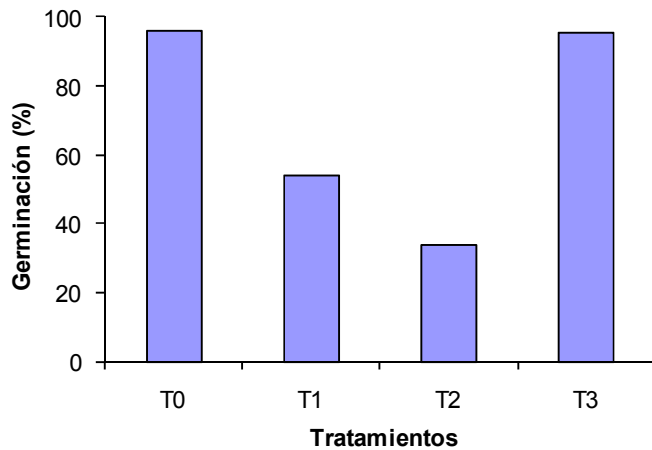


Figura 21. Porcentaje de germinación de mara en 4 diferentes posiciones de la semilla.

T0 = vertical, T1 = inclinada, T2 = horizontal y T3 = vertical-semilla tegumento.

Fuente: Camacho 1995.

En La Chonta se realizó una investigación para relacionar los patrones de germinación, depredación, sobrevivencia, y crecimiento de las plántulas en diferentes micro-sitios creados por el aprovechamiento forestal. Para el estudio se sembró 100 semillas en condiciones naturales y en vivero, notándose que después de 15 meses la germinación de la mara tuvo un porcentaje mayor (70%) en áreas no-perturbadas aunque también hubo germinación en bordes de claros. En general, la germinación de la mara ocurrió 109 días después de ser sembradas en el bosque de La Chonta. Del mismo modo, se observó alta tasa de germinación en invernadero (90%), pero después de 28 días de su sembrado (Pereira y Fredericksen 2002). Si bien la mara es una especie que necesita claros grandes y suelo alterado para germinar y sobrevivir (Gullison *et al.* 1996), este estudio brindó evidencia que la mara puede sobrevivir durante un tiempo prudente debajo del dosel y puede germinar en sustratos de hojarasca, así como en espacios abiertos. La capacidad para germinar y sobrevivir en la hojarasca del sotobosque podría relacionarse con los requerimientos de humedad de las plántulas de esta especie (Mayhew y Newton 1998).

Actualmente existen plantaciones de mara en toda la zona tropical (Jamaica, Trinidad, Sierra Leone, Nigeria, India, Sri Lanka, Malasia, Filipinas e Indonesia). En Bolivia, sin embargo, las plantaciones de mara son insignificantes en superficie y principalmente están en áreas de pequeños agricultores y sistemas agroforestales (Villagra 1995, Bascopé 2005). Al respecto, existen algunos ejemplos de estudios en plantaciones. Una plantación de mara, ubicada en la propiedad El Recreo a 25 km N de Santa Rosa de la provincia Sara, con 3 hectáreas y establecida en los meses de mayo a agosto en 1994 obtuvo mejores resultados, en crecimiento promedio de altura y diámetro, cuando estuvo en combinación con serebó (*Schizolobium parahyba*). La sobrevivencia de la mara, en esta plantación, fue 66% y del serebó 28% (Justiniano 2002).

Uno de los problemas que presenta la mara para su desarrollo es el ataque a los brotes de los árboles jóvenes por los barrenadores (*Hypsiphyla grandella*), tanto en plantaciones de alta densidad como en la repoblación natural (Panfil *et al.* 2001). Hasta el momento, sin

embargo, no se conoce un estudio sobre el efecto de los barrenadores en plantaciones o poblaciones naturales de la mara en Bolivia. En adición, se ha observado que hormigas del género *Atta* pueden producir daño a las hojas de los brinzales (Larrea 1999, Choque 2006).

#### **4.4 Dinámica poblacional**

La información sobre el crecimiento de la mara, sea de plántulas o árboles, es incompleta para los diferentes tipos de bosques que ocurren en Bolivia y tienen distribución natural de la especie. Los resultados presentados en este informe están basados en estudios puntuales y provienen principalmente del monitoreo de las parcelas permanentes del IBIF.

El crecimiento de la mara resultó mayor con respecto al crecimiento promedio de las demás especies. El crecimiento diamétrico de la mara (1.01 cm/año) se encuentra entre las especies de mayor crecimiento, junto al serebó (*Schizolobium amazonicum*) con 1.3 a 1.5 cm/año y el momoqui (*Caesalpinia pluviosa*) con 1.35 cm/año (Mostacedo *et al.* 2009). En las mismas parcelas experimentales de La Chonta, 106 individuos mayores a 10 cm diámetro presentaron un crecimiento diamétrico anual promedio mayor en el tratamiento intensivo (0.67 cm/año) que en el mejorado (0.27 cm/año) pero crecimientos muy similares en el tratamiento normal (0.45 cm/año) y testigo (0.43 cm/año) (Mostacedo *et al.* 2009). La diferencia del crecimiento encontrado en este estudio se debe básicamente a los tratamientos silviculturales aplicados en las parcelas, ya que promueven mejor el incremento diamétrico en esta especie. Nuestros resultados muestran un mayor crecimiento debido a que se consideró una mayor cantidad de individuos (187) y una nueva remediación obteniendo así un valor de crecimiento después de 10 años, desde el 2000, año en que fueron inicialmente medidos los árboles de mara en La Chonta.

Entre los principales tratamientos silviculturales se destaca la liberación de bejucos en gran parte de los individuos evaluados, siendo estos los que alcanzaron el mayor crecimiento. Estos resultados son similares a los encontrados por otros autores, que evaluaron el efecto de este tratamiento (Alarcón *et al.* 2007, Licona 2007, Mostacedo *et al.* 2009), Asimismo, el tratamiento de liberación promueve una mejor entrada de luz para estos individuos de mara liberados (la copa del árbol liberado está más expuesta a la luz del sol), y por lo tanto, se genera un aumento en el crecimiento del árbol tanto en diámetro como en altura. Por ello, aplicar este tratamiento y la liberación de bejucos, son buenas prácticas para mejorar la calidad y el crecimiento de los árboles en comparación a los bosques no intervenidos (Testigo).

Similar patrón de crecimiento se observó a nivel general de los demás árboles en el bosque de La Chonta (Mostacedo *et al.* 2009). Siendo así, la forma de la copa del árbol en definitiva es una característica para que los árboles puedan crecer más. En este sentido, el marcado de AFC's de mara u otras especies, evita que se ocasionen daños a la copa de los árboles al momento del aprovechamiento forestal, por lo tanto, intensificar este tratamiento, promoverá que los árboles con buenas características sigan creciendo en el tiempo, además

de reducir la probabilidad de que dichos árboles mueran a causa del aprovechamiento forestal. En general, varios estudios muestran que a mayor grado de iluminación de luz de la copa de los árboles, mayores son las tasas de crecimiento diamétrico (Dauber *et al.*, 2003, Alarcón *et al.* 2007, Licona 2007)

Se menciona que existe mayor crecimiento diamétrico en árboles con copas perfectas y buenas ya que tienen una mayor área fotosintética, lo que resulta en un crecimiento rápido en el diámetro del tronco (Licona *et al.* 2007). Similares patrones también fueron encontrados otros estudios en diferentes ecorregiones del país (Dauber *et al.*, 2003, Licona *et al.* 2007, Alarcón *et al.* 2007).

Similares resultados se encontraron respecto al grado de infestación de bejucos, donde el crecimiento diamétrico se va reduciendo a medida que va aumentando el grado de infestación de bejucos (Evans *et al.* 2003, Dauber *et al.* 2003, Licona *et al.* 2007, Licona *et al.* 2007, Alarcón *et al.* 2007). Por lo tanto, la liberación de bejucos es un tratamiento silvicultural que favorece el crecimiento diamétrico, además que disminuye el riesgo de accidentes al momento de realizar la corta de los árboles en el aprovechamiento forestal.

En los bosques naturales de Chimanes, la tasa de crecimiento promedio en altura de las plántulas fue el doble en claros (1.47 m/año) comparado con el sotobosque no intervenido (0.74 m/año); con algunas plántulas creciendo en los claros hasta 10 m en un año! (Gullison y Hubbell 1992). En los bosques de la Reserva Forestal El Chore, específicamente en las estaciones experimentales Pulpito y Joaquín Carvajal Chapaco, se procedió a analizar el crecimiento de la mara con semillas de cinco diferentes procedencias (San Buenaventura e Ixiamas, provincia Iturralde; río Tarbo, Espejos y Florida, zona del Bajo Paragua) en una plantación asociada con serebó (Escalante 1997). El incremento en altura fue mejor en los plantines de mara procedentes del río Tarbo de Santa Cruz (1.35 m/año) y San Buenaventura de La Paz (1.24 m/año). En el mismo bosque de El Choré, resultados de otra plantación, en combinación con el serebó, muestra que la mara puede crecer en diámetro 1.13 cm/año y en altura 1.02 m/año. En promedio, los individuos de mara crecieron 7.16 m en altura y 7.93 cm en diámetro, después de 8 años de iniciada la plantación (Justiniano 2002).

Las tasas de crecimiento diamétrico de los árboles de mara en individuos  $\geq 10$  cm DAP, en poblaciones naturales, varían por ecorregión forestal. En la región Pre-andino-Amazónica la tasa de crecimiento fue de 0.46 cm/año, mientras que en la Transición Chiquitano-Amazónica la tasa puede ser entre 0.9-1.0 cm/año y en la eco-región Amazónica fue de 0.34 cm (Dauber *et al.* 2003). En el bosque de La Chonta, los individuos  $> 10$  cm DAP presentaron una tasa de crecimiento promedio de 1.20 cm/año, mientras que en las categorías menores a 10 cm DAP fue 0.25 cm/año (Bongers 2003). Según Bongers (2003), los árboles dominantes y emergentes de mara tienen una mayor tasa de crecimiento que los árboles suprimidos. Por otro lado, se determinó, por medio de análisis de anillos de crecimiento, que la mayor tasa de crecimiento ocurre a los 59 años de edad (0.7-0.8

cm/año); árboles mayores a esta edad tienen un crecimiento más lento, aunque los árboles de 140 años pueden todavía crecer (Günter 2001).

Bajo la hipótesis que el manejo intensivo, como tratamiento silvicultural, puede estimular la tasa de crecimiento de la mara se analizaron datos de crecimiento provenientes de 4 años (2002-2006) en las parcelas experimentales de La Chonta (Verwer *et al.* 2008). Las plantas > 1.3 m de altura fueron identificadas y monitoreadas en las parcelas, mientras los plantines y brinzales (< 1.3 m) fueron registrados y medidos alrededor de 58 árboles adultos de mara. Los tratamientos silviculturales solo tuvieron efecto en los plantines y brinzales con la sobrevivencia más baja en el bosque no aprovechado y la más alta a niveles intermedios de la aplicación de los tratamientos. El crecimiento de los árboles más grandes tendió a incrementar con la intensidad del manejo y fue dependiente de la posición de copa y la infestación de lianas. El estudio encontró también que la remoción de lianas y otros árboles competidores tuvieron un positivo efecto en el crecimiento diamétrico de la mara (Verwer *et al.* 2008).

## 5. CONCLUSIONES

La revisión de fuentes primaria y secundaria permitió obtener información de la distribución de la mara en áreas donde existía o existen individuos de la especie así como también información ecológica. La mayoría de los estudios ha sido realizada en los departamentos de Santa Cruz y Beni. En Santa Cruz las áreas de estudio más comunes fueron, de mayor a menor proporción, la región de Guarayos, específicamente en la Concesión Forestal La Chonta (Quevedo 1986, Pereira y Fredericksen 2002, Plazas 2005, Verwer *et al.* 2008, Mostacedo *et al.* 2009), en los bosques de la Reserva Forestal El Chore (Jiménez-Saa *et al.* 1996) y en los bosques de la región del Bajo Paraguá (Barker y Pérez-Salicrup 2000). En Beni se realizaron estudios tanto descriptivos como experimentales principalmente en el bosque Chimanes (Gullison y Hubbell 1992, Howard *et al.* 1996, Gullison *et al.* 1996, 1997, Panfil *et al.* 2001) y en los bosques cercanos a Riberalta (Hayashida-Oliver *et al.* 2001, van Rheenen *et al.* 2004). Se observa que los estudios cubrieron una amplia gama de temas, siendo los temas más frecuentes la regeneración y el efecto de los tratamientos silviculturales. Los estudios incluyen también una variedad de tipo, entre artículos científicos publicados en revistas nacionales e internacionales, algunos libros o informes técnicos pero la mayoría de los estudios fueron a través de tesis de grado.

### 5.1 Distribución

La mara es una especie de amplia distribución, encontrándose en diferentes tipos de bosques en Bolivia. Al parecer las manchas de mara existían en el pasado, pero ahora éstas han disminuido en cantidad de individuos probablemente debido a la extracción selectiva y el comercio ilegal. Es muy probable que aún existan estos manchones pero en lugares de poco o difícil acceso. La modelación sobre la distribución potencial de la mara cubre las

áreas de distribución natural y concluye que las variables climáticas y la altitud son importantes indicadores de su distribución. Por otro lado, aunque la mara crece bien en una variedad de suelos, no soporta inundaciones prolongadas. Con los análisis se ha podido confirmar que la especie requiere de ciertas condiciones climáticas, especialmente del régimen de lluvias. El conocer los diferentes factores que afectan la distribución de la mara permitirá recomendar pautas de manejo adecuadas para cada tipo de bosque o requerimientos de la especie. Ciertamente, estos resultados también serán de mucha utilidad si se quiere hacer plantaciones con la especie.

Este informe presenta no sólo un análisis de datos primarios y secundarios sobre la distribución, estructura poblacional y dinámica de la mara sino también de los potenciales factores que pueden afectarlos. En este sentido, el clima es un factor muy importante en la distribución de la especie.

## **5.2 Densidad y estructura poblacional**

Los resultados de este estudio comparados con otros estudios, muestran que la mara a través del tiempo ha disminuido drásticamente su población, posiblemente por la extracción legal pero es más probable que por la extracción ilegal. Lamentablemente es imposible medir los efectos de la extracción ilegal pero se tiene conocimiento que esta ocurriendo en todas las ecorregiones. Teóricamente, el aprovechamiento de la mara ha disminuido en los últimos años, estando totalmente restringido en los parques nacionales como el Parque Noel Kempff, Madidi, Pílon Lajas, e Itenez (mayormente bosque de pie de monte) y en las concesiones forestales, TCOs y ASLs es mediante autorizaciones por la ABT.

Muchos forestales o manejadores del bosque han estado preocupados por la regeneración natural de la mara, debido a que la densidad poblacional es baja en toda el área de distribución en el país. Para promover la regeneración de la mara además de conservar árboles semilleros, se necesita realizar tratamientos silviculturales, tales como la limpieza y apertura de claros (Panfil *et al.* 2001).

## **5.3 Dinámica**

El conocimiento sobre la dinámica poblacional de la mara en Bolivia, incluyendo el crecimiento, mortalidad y reclutamiento, es aún incompleto debido a que muy pocas áreas de su distribución natural tienen parcelas permanentes. Se conoce solo un estudio dendrocronológico, sobre anillos de crecimiento, de la especie (Günter 2001). La mara tiene un crecimiento de intermedio a rápido, sin embargo varía de acuerdo a los tipos de bosques, pero puede aumentar a través de la aplicación de tratamientos silviculturales, como la corta de bejucos o liberación de árboles supresores (Villegas *et al.* 2008).

Ante la deforestación y degradación de los bosques en Bolivia, la única estrategia viable es la reforestación y restauración de áreas degradadas para recuperar la cubierta vegetal y continuar con el manejo de los recursos forestales para beneficio económico y sobre todo el ecológico. Sin embargo, los programas de reforestación o plantaciones implican una alta

demanda de semillas y el entendimiento de los principales factores que afectan la regeneración. Para la reforestación y restauración es imprescindible tener conocimientos sobre las condiciones para la germinación y el desarrollo exitoso de la especie ya sea en viveros o en el entorno natural. Este contexto de la problemática en general también se aplica a la regeneración y manejo sustentable de la mara. La falta de regeneración es un gran problema para el manejo, porque la falta de ésta imposibilita el manejo sostenible de cualquier especie. También hay una gran preocupación sobre la susceptibilidad de las poblaciones a la erosión genética debido a la actual disminución de la población de mara.

## **6. RECOMENDACIONES**

Dada la importancia ecológica y económica de la mara se puede constatar, a través de los estudios realizados en el país, que ha recibido atención de los investigadores y manejadores. Sin embargo, a pesar que existe una buena proporción de investigaciones realizadas sobre la mara a nivel de Bolivia, éstas han sido realizadas en pocas ecorregiones, las investigaciones han cubierto sólo determinados temas y la mayoría de ellas se han realizado en las dos décadas pasadas.

Asegurar la regeneración de la mara es tan importante como asegurar el crecimiento y el desarrollo de las plantas hacia el estado adulto, lo que permitirá el logro de la sostenibilidad de la especie. Para lograr esto, es indispensable considerar la calidad y la cantidad de los árboles semilleros. En los sitios que aún tienen árboles semilleros se debería promover la apertura del dosel para incrementar la regeneración de la mara, dado que la especie requiere de una buena cantidad de luz. En este estudio, se determinaron factores que podrían afectar a la regeneración además de la falta de árboles semilleros. Es imperativo diagnosticar otros problemas que afectan la regeneración y el desarrollo natural de la especie, en lo posible relacionados con los efectos del aprovechamiento y las diferentes plagas que suelen atacar a la especie, principalmente en su fase inicial. Sólo conociendo estas relaciones y efectos se podrán realizar ajustes a las prácticas de aprovechamiento o aplicar tratamientos silviculturales, controles biológicos para garantizar la regeneración y el crecimiento de la mara. Es indudable que la regeneración y las causas que la afectan ameritan mayores estudios específicos en el país.

Se considera importante continuar con el monitoreo en las parcelas permanentes, especialmente para evaluar y entender la ecología y la dinámica de la especie ante el cambio climático. Por lo tanto, se recomienda continuar con el monitoreo de la dinámica de la mara en Guarayos y en lo posible relacionar los diferentes parámetros de la población con datos climáticos, dado que el clima fue uno de los factores determinantes para la presencia de la mara. Asimismo, sería adecuado establecer parcelas permanentes en otros tipos de bosque como el Pre-Andino.

Se recomienda realizar estudios sobre el impacto del aprovechamiento forestal en la población de mara en las diferentes ecorregiones. También es necesario realizar estudios de las poblaciones de mara en las áreas protegidas, ya que este estudio consideró solo la



distribución en áreas de producción forestal. Evaluar la resiliencia de la especie frente a disturbios como los incendios forestales y su comportamiento ante el cambio climático son otros temas de actual interés. Debido a la baja densidad poblacional encontrada sería necesario restablecer la especie o enriquecer en áreas degradadas y/o deforestadas. Finalmente, es necesario elaborar los dictámenes de extracción no perjudicial para lograr los niveles de aprovechamiento que permitan mantener la existencia de la especie.

## **7 IMPLICACIONES**

La obtención de la información primaria y secundaria junto a los datos obtenidos en los diferentes viajes de campo ha permitido un análisis holístico de la situación actual de la mara en el país. Este análisis integrador de los diferentes componentes de la ecología y manejo de la especie nos indica que la densidad de los individuos, tanto de plantines como árboles adultos, es muy baja y difiere mucho entre los diferentes bosques del país. Respecto a la densidad baja de la mara en algunos bosques surge la preocupación de una posible extinción genética de la especie, debido a que puede desarrollarse altos niveles de endogamia. Por otro lado, la diferente densidad de la mara, en las diferentes clases diamétricas, en las cuatro ecorregiones estudiadas implica que debemos profundizar el estudio de la mara por ecorregión, toda vez que las condiciones ambientales, la composición florística y la intensidad de aprovechamiento son también diferentes en estas ecorregiones.

El presente proyecto evaluó, de manera extensa, la distribución natural de la mara en las diferentes ecorregiones. Este enfoque de inventarios intensivos a nivel regional permitió conocer y verificar la distribución, densidad y estructura poblacional en los diferentes tipos de bosque. Esta baja densidad de individuos amerita, de manera urgente, la realización de los dictámenes de extracción no perjudicial, y posiblemente determinar un periodo de recuperación de la especie, si se quiere seguir con la extracción comercial de la mara en un futuro. Asimismo, acciones para la recuperación de la especie son aconsejables, por lo que habrá que diseñar tareas de colecta y certificación de semillas, viveros, actividades de enriquecimiento y cuidado de la regeneración.

## Bibliografía

- Alarcón, A., M. Peña-Claros y B. Mostacedo. 2007. Estructura poblacional y efectos de tratamientos silviculturales en la tasa de crecimiento de especies comerciales en un bosque amazónico de Bolivia. Proyecto Bolfor II/IBIF, Santa Cruz Bolivia.
- Balcázar, R. J., J. C. Montero y B. Mostacedo. 2001. Estructura y Composición Florística de los Bosque en el Sector Este de Pando. Proyecto PANFOR. Documento Técnico 3, Pando, Bolivia.
- Balcázar, R. J. 2003. Estructura y composición florística de los tipos de bosques e instalación de parcelas permanentes en agrupaciones sociales del lugar (ASL) del municipio de Ixiamas – La Paz. Doc. Téc. 122. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Barker, M. G. y D. Pérez-Salicrup. 2000. Comparative water relations of mature mahogany (*Swietenia macrophylla*) trees with and without lianas in a sub-humid, seasonally dry forest in Bolivia. *Tree Physiology* 20: 1167–1174
- Bascopé, F. 1992. Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in Bolivia: its sites, industrial development and actual situation. *In* Mahogany Workshop: Review and Implications of CITES. Tropical Forest Foundation, Washington, DC, USA.
- Bascopé, F., P. Saravia, J. Iturralde, J. C. Centeno, y P. Rodríguez. 1995. Regeneración natural de mara y algunas experiencias forestales en los departamentos Santa Cruz y Cochabamba, Bolivia; una breve evaluación de casos. PROMABOSQUE, Santa Cruz Bolivia.
- Bascopé, F. 2005. Plantaciones de mara para producción de madera: establecimiento, manejo sostenible e incentivos para su establecimiento y desarrollo. SIFT/CFB. Santa Cruz, Bolivia.
- BOLFOR, CIFOR y IUFRO. 1998. Memorias del Simposio Internacional sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical. 60 p.
- Bongers, L. 2003. Population structure and dynamics for mahogany (*Swietenia macrophylla*) and the influence of four silvicultural treatments in a logged-over forest in Bolivia. Tesis de maestría. Universidad de Wageningen, Holanda.
- Bojanic, A. O. 2007. Rendimiento y rentabilidad en la producción de madera aserrada bajo la aplicación del aserradero portátil de sierra circular Lucas Mill® para tres especies. Tesis de Licenciatura. Carrera de Ingeniería Forestal. UAGRM. Santa Cruz, Bolivia.
- Brown, N., S. Jennings y T. Clements. 2003. The ecology, silviculture and biogeography of mahogany (*Swietenia macrophylla*): a critical review of the evidence. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 6:37–49.
- Camacho, V. M. 1995. Ensayo de germinación de la *Swietenia macrophylla* (mara). Tesis de Ingeniería Forestal. UAGRM, Santa Cruz, Bolivia.
- Catari, M., E. Armijo, C. Ibsch, A. Torrico, I. Vargas y P. L. Ibsch. 1998. Bases para un plan de manejo de los recursos naturales de la franja del Bajo Paraguá Oeste. Fundación Amigos de la Naturaleza, Santa Cruz, Bolivia.
- Choque, J. V. 2006. Localización de poblaciones de mara (*Swietenia macrophylla*) y estudio de su regeneración natural en el distrito I del Parque Nacional Carrasco. Tesis de Licenciatura. UMSS, Cochabamba, Bolivia.
- Copa, D. 1998. Efectos de la Inseguridad en la Tenencia de la Tierra Sobre la Conservación de los Recursos Naturales en Comunidades Tacanas en el Norte de La Paz. Tesis de Maestría. Universidad Católica Boliviana. La Paz.
- Dauber, E., T. Fredericksen, M. Peña-Claros, C. Leño, J. C. Licona y F. Contreras. 2003. Tasas de incremento diamétrico, mortalidad y reclutamiento con base en las parcelas permanentes instaladas en diferentes regiones de Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

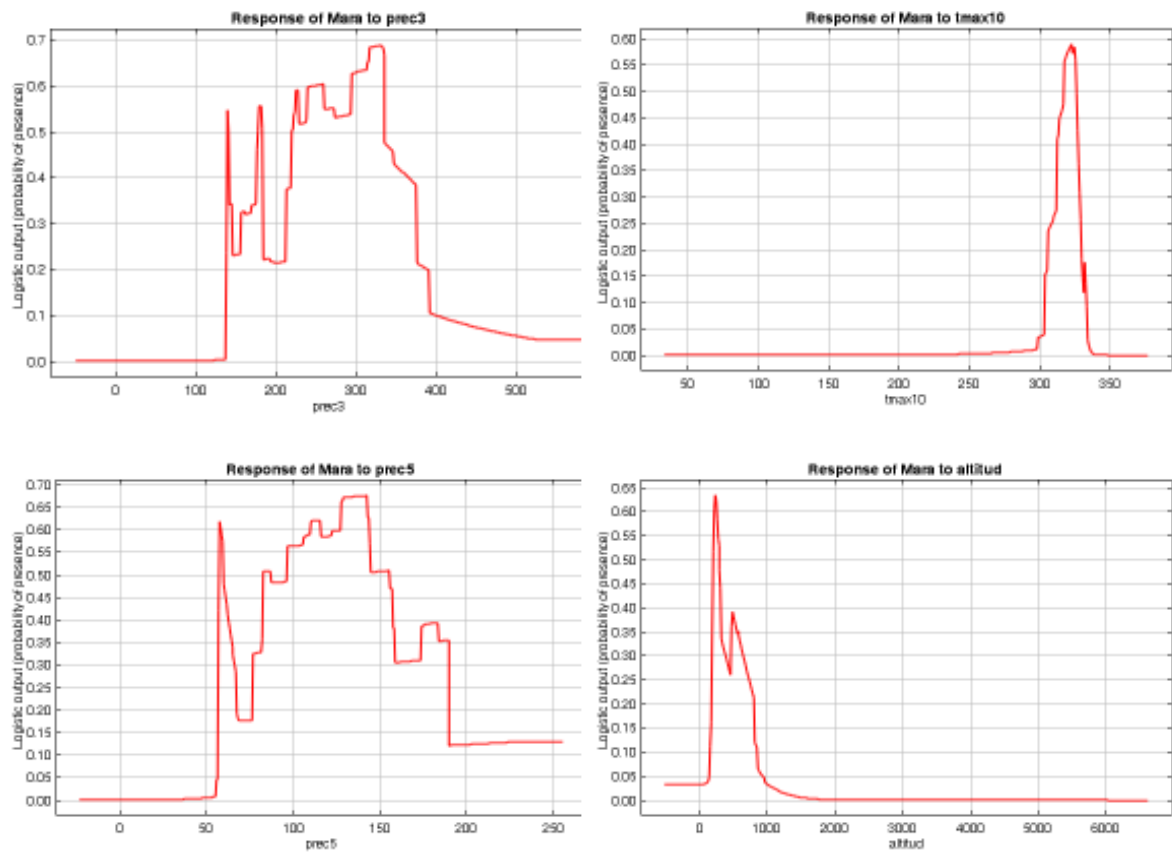
- Escalante, E. 1997. Ensayo de procedencias de mara *Swietenia macrophylla* King en la Reserva Forestal de producción Chore. Tesis de Licenciatura. Carrera de Ingeniería Forestal. UAGRM. Santa Cruz, Bolivia.
- Evans, K., M. Peña-Claros, y W. Pariona. 2003. Costo y beneficio de dos prácticas silviculturales en la zona de Guarayos. Documento Técnico # 131. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Fessy, G. N. 2005. Dinámica de árboles en el bosque pre-andino amazónico a través de parcelas permanentes de muestreo. Tesis de grado. UMSS, Cochabamba. Bolivia.
- Guaman, A. 1996. Estudio de suelos en tierra prometida Oquiriquia, Bajo Paraguá. Documento Técnico 47, Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Gullison, R. E. y S. P. Hubbell. 1992. Regeneración natural de la mara (*Swietenia macrophylla*) en el Bosque Chimanes, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 19:43–56.
- Gullison, R.E., S. N., Panfil, J. J. Strouse, y S. P. Hubbell. 1996. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanes Forest, Beni, Bolivia. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 9–34.
- Gullison, R. E., J. J. Hardner y A. Shauer. 1997. The percentage utilization of felled mahogany trees in the Chimanes forest, Beni, Bolivia. *Journal of Tropical Forest Science* 10: 94–100.
- Günter, S. 2001. Impacto de los factores ecológicos en la regeneración de la mara (*Swietenia macrophylla* King) en bosques naturales de Bolivia. Pp. 99–118 in Mostacedo, B. y Fredericksen, T.S. (Eds.), *Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia*. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Hayashida-Oliver, Y., R. G. A. Boot y L. Poorter. 2001. Influencia de la disponibilidad de agua y luz en el crecimiento y la morfología de plantines de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Bertholletia excelsa*. *Ecología en Bolivia* 35: 51–60.
- Howard, A. F., R. E. Rice y R. E. Gullison. 1996. Simulated financial returns and selected environmental impacts from four alternative silvicultural prescriptions applied in the Neotropics: a case study of the Chimanes Forest, Bolivia. *Forest Ecology and Management* 82:43–57.
- Ibisch, P. L. y G. Mérida (Eds.). 2003. Biodiversidad: la riqueza de Bolivia. Editorial FAN, Santa Cruz, Bolivia.
- Jiménez-Saa, H., E. Alpízar, J. Ledezma, J. Tosi, R. Bolanos, R. Solórzano, J. Echeverría, P. Onoro, M. Castillo y R. Mancilla. 1996. Estudio sobre el estado de regeneración natural de *Swietenia macrophylla* King, “mara” en Santa Cruz, Bolivia. CCT/WWF/BMZ. 98 p.
- Jong de, W. 2004. Retos y perspectivas del nuevo régimen forestal en el norte amazónico de Bolivia. CIFOR, Jakarta, Indonesia.
- Justiniano, O. N. 2002. Determinación del estado actual de una plantación de mara asociada con serebó, gmelina y paraíso. Tesis de Licenciatura. Carrera de Ingeniería Forestal. UAGRM. Santa Cruz, Bolivia.
- Killeen, T., E. García y S. G. Beck. 1993. Guía de Árboles de Bolivia. Quipus SRL, Missouri Botanical Garden, La Paz, Bolivia.
- Knight, D. H. 1975. A Phytosociological Analysis of Species Rich Tropical Forest on Barro Colorado Island, Panama. *Ecol. Monogr.* 45: 259–284.
- Kometter, R. F., M. Martínez, A. G. Blundell, R. E. Gullison, M. K. Steininger y R. E. Rice. 2004. Impacts of unsustainable mahogany logging in Bolivia and Peru. *Ecology and Society* 9: 12–18.
- Lamb, F. 1996. Mahogany of tropical America: its ecology and management. University of Michigan Press.

- Larrea, D. M. 1999. Efecto de la etapa de crecimiento y la concentración de nitrógeno y carbono en la folivoría por insectos en plántulas de *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae). *Ecología en Bolivia* 32: 29–35.
- Licona, J. C., M. Peña-Claros y B. Mostacedo. 2007. Composición florística, estructura y dinámica de un bosque amazónico aprovechado a diferentes intensidades en Pando. IBIF, Santa Cruz. Bolivia.
- Losos, E. y S. Loo. 2004. Forest Dynamics Plots. Losos, C. E. y E. G. Leigh. Tropical Forest Diversity and Dynamism. The University of Chicago Press.
- Magne, J. y E. Sandoval. 2009. Prueba de germinación de semillas de mara (*Swietenia macrophylla* King) con diferente contenido de humedad y almacenada por 3 y 6 meses. Documento científico 2. Proyecto FOMABO/UMSS/UAGRM/KU. Santa Cruz, Bolivia.
- Maldonado, I. R. 2000. Evaluación de tratamientos silviculturales de la regeneración natural de mara (*Swietenia macrophylla* King) (brinzal y latizal) en un bosque intervenido del Bajo Paraguá. Tesis de Licenciatura. Carrera de Ingeniería Forestal. UAGRM. Santa Cruz, Bolivia.
- Marklund, L. G. 1998. Study of natural regeneration of mahogany in Bolivia. Preliminary results. Scandia consult. ASDI-Cámara Forestal de Bolivia. Promabosque.
- Mayhew, J.E. y A. C. Newton. 1998. The silviculture of Mahogany. CABI, Wallingford. 226 Pp.
- Mejía, S. C. 1994. Distribución física internacional de la madera aserrada de *Swietenia macrophylla* y *Amburanas*p. Proveniente del departamento de Santa Cruz con destino a Estados Unidos y Argentina. Tesis de licenciatura. Carrera de Ingeniería Forestal. UAGRM. Santa Cruz, Bolivia.
- Merry, F. D. y D. R. Carter. 2001. Factors affecting Bolivian mahogany exports with policy implications for the forest sector. *Forest Policy and Economics* 2: 281–291.
- Montes de Oca, I. 1997. Geografía y Recursos Naturales de Bolivia. 3ra. Edición. La Paz –Bolivia.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 1999. Regeneration status of important tropical forest tree species in Bolivia: assessment and recommendations. *Forest Ecology and Management* 124: 263–273.
- Mostacedo, B., J. Justiniano, M. Toledo & T. S. Fredericksen. 2003. Guía dendrológica de especies forestales de Bolivia. Vol. 1, segunda edición. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Mostacedo, B., Z. Villegas, J. C. Licona, A. Alarcón, D. Villarroel, M. Peña-Claros y T. S. Fredericksen. 2009. Ecología y silvicultura de los principales bosques tropicales de Bolivia. IBIF. Santa Cruz, Bolivia.
- Mostacedo, B., y T. S. Fredericksen, editors. 2001. Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales de Bolivia, 1ra. edición. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Navarro G., y M. Maldonado. 2002. Geografía Ecológica de Bolivia: Vegetación y Ambientes Acuáticos. Centro de Ecología Simón I. Patiño – Cochabamba - Bolivia.
- Navarro, G. y W. Ferreira. 2007. Mapa de vegetación de Bolivia: CD-ROM interactivo. The Nature Conservancy / Rumbol, Cochabamba, Bolivia.
- Nebel, G., L. P. Kvist, J. K. Vanclay y H. Vidaurre. 2001. Forest dynamics in flood plain forests in the Peruvian Amazon: effects of disturbance and implications for management. *Forest Ecology and Management* 150(1-2): 79-92.
- Ohlson-Kiehn, K. 2003. A mahogany population examined decades after selective harvesting in a humid tropical forest in lowland Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Panfil, S. N., R. E. Gullison y C. Leño. 2001. Dos experimentos silviculturales para enriquecer poblaciones de mara (*Swietenia macrophylla* King) en el bosque Chimanes, Beni, Bolivia. pp. 173–183. En: Mostacedo C., B. & T. S. Fredericksen (eds.). Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

- Pariona, W., K. Ohlson, J. C. Licona y T. S. Fredericksen. 2003. Ensayos silviculturales para el establecimiento de mara (*Swietenia macrophylla*) en claros después del aprovechamiento en un bosque tropical boliviano. Documento Técnico. Proyecto BOLFOR/CIFOR / The Forest Management Trust / Yale School of Forestry and Environmental Studies. Santa Cruz, Bolivia.
- Pennington, T.D., Styles, B.T. y Taylor, D.A.H. 1981. Meliaceae. Flora Neotropica Monograph 28: 1–472.
- Pennington, T.D. (2002) Mahogany carving a future. *Biologist* 49: 204–208.
- Pereira, M. M. y T. S. Fredericksen. 2002. Regeneración por semilla de especies maderables en áreas de aprovechamiento forestal en un bosque húmedo tropical en Bolivia. Documento Técnico 110. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Pérez, S. D., V. L. Sork y F. E. Putz. 2001. Liana and trees in a liana forest of Amazonian Bolivia. *BIOTROPICA* 33(1): 34-47.
- Pinto, C. y V. Vroomans. 2007. Chaqueos e incendios forestales en Bolivia. Experiencias comunitarias sobre uso de fuego en Guarayos. IBIF. Santa Cruz, Bolivia. 53 p.
- Plazas, J. G. 2005. Contribución a la evaluación de la regeneración natural de la mara (*Swietenia macrophylla* King) en la Concesión La Chonta de la Empresa Planet La Chonta Investment Ltda. Trabajo dirigido para Especialista en Manejo Sostenible de Bosques Tropicales. UMSS, Cochabamba, Bolivia.
- PNUD. 2008. Informe temático sobre desarrollo humano: la otra frontera, usos alternativos de recursos naturales en Bolivia. PNUD, La Paz, Bolivia.
- Poorter, L., R. Boot, Y. Hayashida, J. Leigue, M. Peña y P. Zuidema. 2001. Estructura y dinámica de un bosque húmedo tropical en el Norte de la Amazonia Boliviana. PROMAB, Informe Técnico # 2, Riberalta, Bolivia.
- Putz, F. E. 1983. Liana Biomass and Leaf Area of a ‘Tierra Firme’ Forest in the Río Negro Basin, Venezuela. *Biotropica* 15:185-189.
- Putz, F. E. 1984. The Natural History of Lianas on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology* 65: 1713-1724.
- Quevedo, L. H. 1986. Evaluación del efecto de la tala selectiva sobre la renovación de un bosque húmedo subtropical en Santa Cruz, Bolivia. Tesis de Maestría. Universidad de Costa Rica y CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Roldan, B. D. y F. T. Campbell. 1996. CITES and the sustainable management of *Swietenia macrophylla* King. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 83–87.
- Sandoval, E. y E. Alejo. A. 2009. Resultados de ensayos de germinación de 13 especies forestales. Informe Técnico 1. Proyecto FOMABO/UMSS/UAGRM/KU. Santa Cruz, Bolivia.
- SENAMHI. 2007. Datos meteorológicos en Bolivia. SENAMHI. <http://www.senamhi.gov.bo>.
- SF. 1999. Potencial de los bosques naturales de Bolivia para producción forestal permanente. Superintendencia Forestal, Santa Cruz, Bolivia.
- Snook, L. K. 1994. Regeneration and growth of mahogany (*Swietenia macrophylla*) after fire and hurricane in the tropical forests of the Yucatan peninsula, Mexico. *American Journal of Botany* 81:75.
- Soria, Q. 1999. Estudio ecológico y análisis de la estructura horizontal de *Swietenia macrophylla* King como fuente semillero, en la zona de Guarayos. Santa Cruz, Bolivia.
- Toledo, M. 2010. Neotropical lowland forests along environmental gradients. PhD tesis. Wageningen University, the Netherlands.
- Toledo, M., L. Poorter, M. Peña-Claros, C. Leñaño & F. Bongers. 2008. Diferencias, en las características edáficas y la estructura del bosque, de cuatro ecorregiones forestales de Bolivia.

- ReBECA 24:11–26.
- Toledo, M. M. Cruz, W. Pariona & B. Mostacedo. 2005. Plántulas de 60 especies forestales de Bolivia: Guía ilustrada. WWF, IBIF, CIFOR. 72 p.
- Uslar, I., B. Mostacedo y M. Saldias. 2004. Composición, Estructura y Dinámica de un Bosque Seco Semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 39(1):25-43.
- Van Rheenen, H.M.P.J.B., R. G. A. Boot, M. J. A. Werger y M. Ulloa-Ulloa. 2004. Regeneration of timber trees in a logged tropical forest in North Bolivia. *Forest Ecology and Management*. 200:39–48.
- Verissimo, A., P. Barreto, R. Tarifa, y C. Uhl. 1995. Extraction of a high-value natural-resource in Amazonia - the case of Mahogany. *Forest Ecology and Management* 72:39-60.
- Verwer, C., M. Peña-Claros, D. van der Staak, K. Ohlson-Kiehn y F. J. Sterck. 2008. Silviculture enhances the recovery of overexploitation mahogany *Swietenia macrophylla* . *Journal of Applied Ecology* 45:1770–1779.
- Villagra, C. 1995. Establecimiento de ensayo de plantaciones de mara “*Swietenia macrophylla* ” con diferentes tratamientos. Cochabamba, Bolivia.
- Villegas, Z., B. Mostacedo, M. Toledo, C. Leño, J.C. Licona, A. Alarcón, V. Vroomans & M. Peña. 2008. Ecología y manejo de los bosques tropicales del Bajo Paraguá, Bolivia. IBIF/WWF/BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
- Visinoni, A. y C. Silva. 1994. Manual para la conservación de la mara o caoba. Santa Cruz, Bolivia. Foro Boliviano sobre medio ambiente y desarrollo. 76 p.
- ZONISIG, 1997. Zonificación agroecológica y socioeconómica y perfil ambiental del departamento de Pando. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, La Paz, Bolivia.

**Anexo 1.** Variables climáticas y altitudinales más importantes incluidas en la modelación (uso de MAXENT) de la distribución potencial de la mara en Bolivia.



**Anexo 2.** Lugares visitados y el número de parcelas establecidas por departamento.

<b>Ecorregión</b>	<b>Depto.</b>	<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Total</b>
Amazónico	Pando	Concesión CIMAGRO	50
		Comunidad Curichón (Reserva Manuripi)	30
		Comunidad Nuevo Belén	6
		Comunidad Sacrificio (Reserva Manuripi)	20
		Comunidad San Antonio (Reserva Manuripi)	30
		Comunidad San Miguel (TCOYaminagua)	40
		Concesión Los Indios	54
		Concesión MABET	14
		Concesión Romano	11
		Concesión San Joaquín	40
Bosque Bajo Paraguá	Beni	Comunidad Palermo	18
		Comunidad Palestina	5
		Concesión San Luis	16
	Santa Cruz	Concesión CINMA-San Martin	52
		Comunidad Cachuela (TCO Cachuela)	94
		Comunidad Piso Firme (TCO)	35
		Concesión San Luis	102
Bosque Guarayos	Santa Cruz	TCO Cururú	84
		Concesión La Chonta	213
Bosque Pre-andino - Amazónico	Beni	Concesión Bosque del norte	30
		Comunidad El Triunfo (TCOThisman)	29
		Concesión Fátima	30
	La Paz	Concesión Bosque del norte	60
		ASL Caoba	40
		ASL Copacabana	40
		Comunidad Macahua (TCOMacahua)	21
Comunidad San Pedro (TCO Tacana)	41		
Total Parcelas			1205



**Anexo 3.**Datos en porcentaje sobre las categorías de posición y forma de copa e infestación de bejucos de individuos de mara registrados en las parcelas permanentes del IBIF.

<b>Posición de copa (%)</b>	<b>Categorías</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Bajo Paraguá	12.5	56.3	31.3	0.0	0.0
La Chonta	30.6	25.9	25.9	12.9	4.7
Pre-andino (Ixiamas)	21.4	17.9	50.0	7.1	3.6
Total general	26.4	27.9	31.8	10.1	3.9
<b>Forma de copa (%)</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Bajo Paraguá	12.5	68.8	18.8	0.0	0.0
La Chonta	36.5	34.1	23.5	2.4	3.5
Pre-andino (Ixiamas)	35.7	32.1	25.0	7.1	0.0
Total general	33.3	38.0	23.3	3.1	2.3
<b>Infestación de bejucos (%)</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
Bajo Paraguá	25.0	25.0	50.0	0.0	
La Chonta	40.0	9.4	35.3	15.3	
Pre-andino (Ixiamas)	60.7	14.3	25.0	0.0	
Total general	42.6	12.4	34.9	10.1	