

Estructura poblacional de la mara (*Swietenia macrophylla* King) en el Área Protegida Municipal – Parque Urbano Curichi La Madre, Santa Cruz de la Sierra – Bolivia

Yolanda García y Marisol Toledo*

Carrera de Biología, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno,
Km 8.5 al Norte, El Vallecito, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

*marisoltolledo@uagrm.edu.bo

RESUMEN

Las plantaciones de especies forestales maderables no solo tienen valor económico sino también ecológico. En este contexto, el presente estudio exploratorio y descriptivo se realizó en una plantación forestal de mara (*Swietenia macrophylla* King), establecida en los años 80 en el Área Protegida Municipal Curichi La Madre de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, con el objetivo de evaluar la estructura poblacional, incluyendo la estructura horizontal y vertical de esta población. Para ello se ubicaron todos los individuos de mara, encontrándose distribuidos en tres manchas, luego se midió el diámetro y la altura total, agrupándose en 5 categorías de tamaño, desde plantines a árboles adultos, distribuidos en 5 clases diamétricas y 3 clases de altura. Con el programa ArcGIS 10.2 se realizó el mapeo de distribución espacial de los individuos y con el programa Excel se analizaron todos los datos, incluyendo el índice de regeneración natural. La población de mara registró un total de 1534 individuos, presentando la típica curva en forma de "J" invertida, con individuos en todas las categorías de tamaño, pero con mayor porcentaje en la categoría de plantines. Cada mancha presentó diferente abundancia de individuos (891, 373 y 270), obteniendo la mancha 1 la mayor regeneración. En la estructura horizontal, la clase diamétrica 20-30 cm obtuvo la mayor abundancia de individuos de manera general y en cada mancha. En la estructura vertical, el estrato medio (12 a 16 m) obtuvo el mayor porcentaje de la población. En conclusión, esta plantación presentó una buena estructura poblacional, al registrarse individuos en todas las categorías de tamaños y tener un buen porcentaje de árboles adultos, convirtiendo al APM Curichi La Madre en un potencial banco de semillas de esta importante especie forestal.

Palabras clave: estructura horizontal y vertical, plantación forestal, regeneración.

Population structure of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Municipal Protected Area – Curichi La Madre Urban Park, Santa Cruz de la Sierra – Bolivia

ABSTRACT

Timber forest species plantations not only have economic but also ecological value. In this context, the present exploratory and descriptive study was carried out in a forest plantation of mara (*Swietenia macrophylla* King), established in the 80s in the Curichi La Madre Municipal Protected Area of the city of Santa Cruz de la Sierra, with the objective to evaluate the population structure, including the horizontal and vertical structure of this population. To do this, all the mara individuals were located, distributed in three spots, then the diameter and total height were measured, grouping them into 5 size categories, from seedlings to adult trees, distributed in 5 diameter classes and 3 height classes. With the ArcGIS 10.2 program, the mapping of the spatial distribution of the individuals was carried out and with the Excel program, all the data were analyzed, including the natural regeneration index. The mara population recorded a total of 1,534 individuals, presenting the typical inverted "J"-shaped curve, with individuals in all size categories, but with a higher percentage in the seedling category. Each spot presented a different abundance of individuals (891, 373 and 270), with spot 1 obtaining the greatest regeneration. In the horizontal structure, the 20-30 cm diameter class obtained the highest abundance of individuals in general and in each spot. In the vertical structure, the middle stratum (12 to 16 m) obtained the highest percentage of the population. In conclusion, this plantation presented a good population structure, with individuals recorded in all size categories and having a good percentage of adult trees, turning the APM Curichi La Madre into a potential seed bank for this important forest species.

Key words: horizontal and vertical structure, forest plantation, regeneration.

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento forestal en Bolivia, antes de la Ley 1700, fue una actividad extremadamente selectiva enfocada en pocas especies valiosas como la mara (*Swietenia macrophylla*), el cedro (*Cedrela* spp.) y el roble (*Amburana cearensis*) (Fredericksen 1998, Malky-Harb 2005). Esta práctica de extracción irracional ocasionó una importante disminución de las poblaciones e intensos cambios en su estructura poblacional y los más afectados fueron los árboles adultos y, por ende, el suministro de semillas. Por esto, la mara actualmente se considera económicamente extinta en su distribución natural, encontrándose en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), como un mecanismo para regular su aprovechamiento y conservar la especie (Toledo et al. 2011).

La industria forestal boliviana se basa principalmente en los bosques naturales, pero las plantaciones forestales han empezado a establecerse para contrarrestar la extracción en estos bosques (Sandoval 2008). Aunque existen varias plantaciones de mara en diversos lugares del país, no hay estudios sobre la ecología o dinámica de esta especie en estas condiciones. Los estudios han sido en bosques naturales de los departamentos de Santa Cruz y Beni, abordando temas relacionados a la regeneración natural o la aplicación de sistemas silviculturales

(Mostacedo y Fredericksen 2000). Específicamente, en Santa Cruz los estudios fueron ejecutados en los bosques de la Reserva Forestal El Choré (Jiménez-Saa *et al.* 1996), en la Concesión Forestal La Chonta (Pereira y Fredericksen 2002, Mostacedo *et al.* 2009) y en la región del Bajo Paraguá (Villegas *et al.* 2008). Por otro lado, en Beni los estudios sobre la mara fueron realizados en el bosque Chimanes (Gullison y Hubbell 1992, Saravia y Leaños 1999) y en los bosques cercanos a Riberalta (Hayashida-Oliver *et al.* 2001).

Es previsible que las plantaciones con especies de interés forestal se incrementen significativamente en los próximos años ya que generan diversos beneficios además del económico, como la búsqueda de nuevos usos para las tierras agotadas por la agricultura, abastecimiento de materia prima para la industria maderera, producción de biomasa para energía, disminución de la presión sobre los bosques naturales (Terán *et al.* 2005), y sobre todo como fuentes semilleras o de germoplasma forestal (García *et al.* 2011). Si bien la proyección es incrementar las plantaciones forestales, la incertidumbre acerca del éxito de adaptación y regeneración todavía es grande. Por lo tanto, los estudios poblacionales en plantaciones son importantes porque permiten tener una idea de cuál es la tendencia a futuro, información clave para un manejo sostenible y asegurar el reemplazo de individuos aprovechados para futuras cosechas.

En este contexto, el presente estudio se llevó a cabo en una plantación de mara presente en el Área Protegida Municipal - Parque Urbano Curichi la Madre, el único humedal urbano de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra que cuenta con una cantidad significativa de flora y fauna, además de otras funciones ecológicas importantes, el mismo que tiene una fuerte presión antrópica por asentamientos urbanos y construcciones de viviendas (Barahona y Quintanilla 2015). En esta área protegida se encuentran plantaciones de otras especies forestales como serebó, eucalipto, tajibo morado, cedro y ochoó, las que fueron realizadas con fines experimentales en los años 80' por la Cámara Forestal de Bolivia (CFB) y su brazo técnico PROMABOSQUE (Ronald Cossio Com. Pers. 2017). Sin embargo, hasta la fecha no hay información sobre cómo se encuentran estas poblaciones; por lo que se realizó la siguiente pregunta ¿Cuál es el estado actual de la población de mara, en términos de su estructura horizontal y vertical, presente en el Área Protegida Municipal - Parque Urbano Curichi la Madre?

MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El Área Protegida Municipal denominada Parque Urbano de Preservación Ecológica Curichi La Madre, ubicada en la Av. Piraí y 5^{to} anillo de circunvalación en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, provincia Andrés Ibáñez, está conformada por las unidades vecinales (UV) 112 y 113 según la Ordenanza Municipal 044/2007 (Figura 1). Actualmente abarca un espacio de 49,8 hectáreas, cubierto de diferentes tipos de vegetación y es considerado el único humedal de esta ciudad. Es uno de los pocos humedales que se encuentra aislado dentro de un contexto urbano, lo que le otorga mayor prioridad de conservación según criterios de la Convención RAMSAR creado el año 1971.

Clima.- El área tiene un bioclima pluvioestacional termotropical (Navarro y Maldonado 2002), con temperatura promedio anual de 23,9°C y precipitación anual promedio de 1251 mm; el mes más

seco es agosto, alcanzando 50 mm de lluvia y en enero las precipitaciones alcanzan su mayor promedio con 199 mm (CLIMATE-DATA.ORG 2018). En cuanto a la humedad relativa el promedio es del 60%, con una máxima de 94% y una mínima de 25%. La velocidad promedio del viento es de 15 km/hr con una dirección predominante de norte a sur (Weather Spark 2018).

Hidrología.- Forma parte del sistema fluvial perteneciente a la vertiente oriental y subsistema Ichilo-Mamoré, paralelo al cauce del río Piraí en la parte más sureña de la hidro-ecoregión de las llanuras aluviales pluviestacionales de Santa Cruz (Navarro y Maldonado 2002). El APM presenta áreas transicionales entre sistemas terrestres y acuáticos donde la tierra está cubierta por una lámina de agua dinámica, que impone perturbaciones naturales permanentes o estacionales originados por los rebalses pasados del río Piraí. Estas perturbaciones naturales implican cierta inestabilidad en el contenido hídrico y superficie con agua condicionada por efectos climáticos (Barahona y Quintanilla 2015).

Topografía y suelo.- El sitio de estudio tiene una topografía con leves ondulaciones, está constituida por gruesas capas de turba o materia orgánica aportadas por la vegetación ribereña adaptadas a suelos que van desde drenados hasta mal drenados de color marrón oscuro, textura suave y rico en nutrientes (Barahona y Quintanilla 2015).

Vegetación.- El Área Protegida Municipal se encuentra ubicado en la provincia biogeográfica del Cerrado, conformada por cuatro tipos de bosques o unidades de vegetación (bosque ribereño, bosque secundario, plantaciones forestales y vegetación acuática) y 15 unidades de paisajes (barbecho, bosque secundario maduro, bosque secundario con fuerte intervención antrópica, junquillar, vegetación acuática enraizada con presencia de vegetación flotante, bosque estacionalmente inundable, bosque permanentemente inundable, bosque inundable con presencia de palmeras, vegetación antropogénica con presencia de juncos, plantación forestal, bosque secundario con pastizal antropogénico, área urbanizada, plantación frutal, relichto de bosque ribereño y cinturón ecológico). Las unidades de paisaje que presentan mayor extensión son: el bosque secundario maduro que ocupa 10,18 has del área y el bosque permanentemente inundable con 5,71 has. Las unidades de paisaje consideradas prioritarias para su conservación son: la vegetación acuática enraizada con especies flotantes que tiene una extensión de 1,33 has, el bosque inundable con presencia de palmeras que cubre una superficie de 0,95 has, bosque estacionalmente inundable con 3,74 has de extensión y el bosque permanentemente inundable con 5,71 has. Actualmente alberga un total de 124 especies divididas en 49 familias, siendo las familias más frecuentes: Fabaceae con 16 géneros, Poaceae con 9 géneros y la familia Solanaceae con 7 géneros (Melgar 2008). Dentro del Área Protegida Municipal se distinguen 3 manchas de plantaciones forestales de mara (Figura 1), donde la distancia en metros desde el borde más cercano es: mancha 1 vs mancha 2 = 320 m y mancha 2 vs mancha 3 = 205 m., las que se describen a continuación:

Mancha 1: La más grande, con una superficie de 1,32 ha, y la más transcurrida por los senderos ubicados alrededor. Esta mancha se encuentra al lado de otra plantación forestal de serebó, tiene lagunas estacionales al norte y ondulaciones en su topografía.

Mancha 2: La más pequeña, con una superficie de 0,21 ha, ubicada a orilla del camino principal del Área Protegida, también tiene una laguna estacional al sureste de la mancha.

Mancha 3: La mancha de tamaño mediano, con una superficie de 0,25 ha, ubicada también a orillas del camino principal del Área Protegida, con una topografía plana.

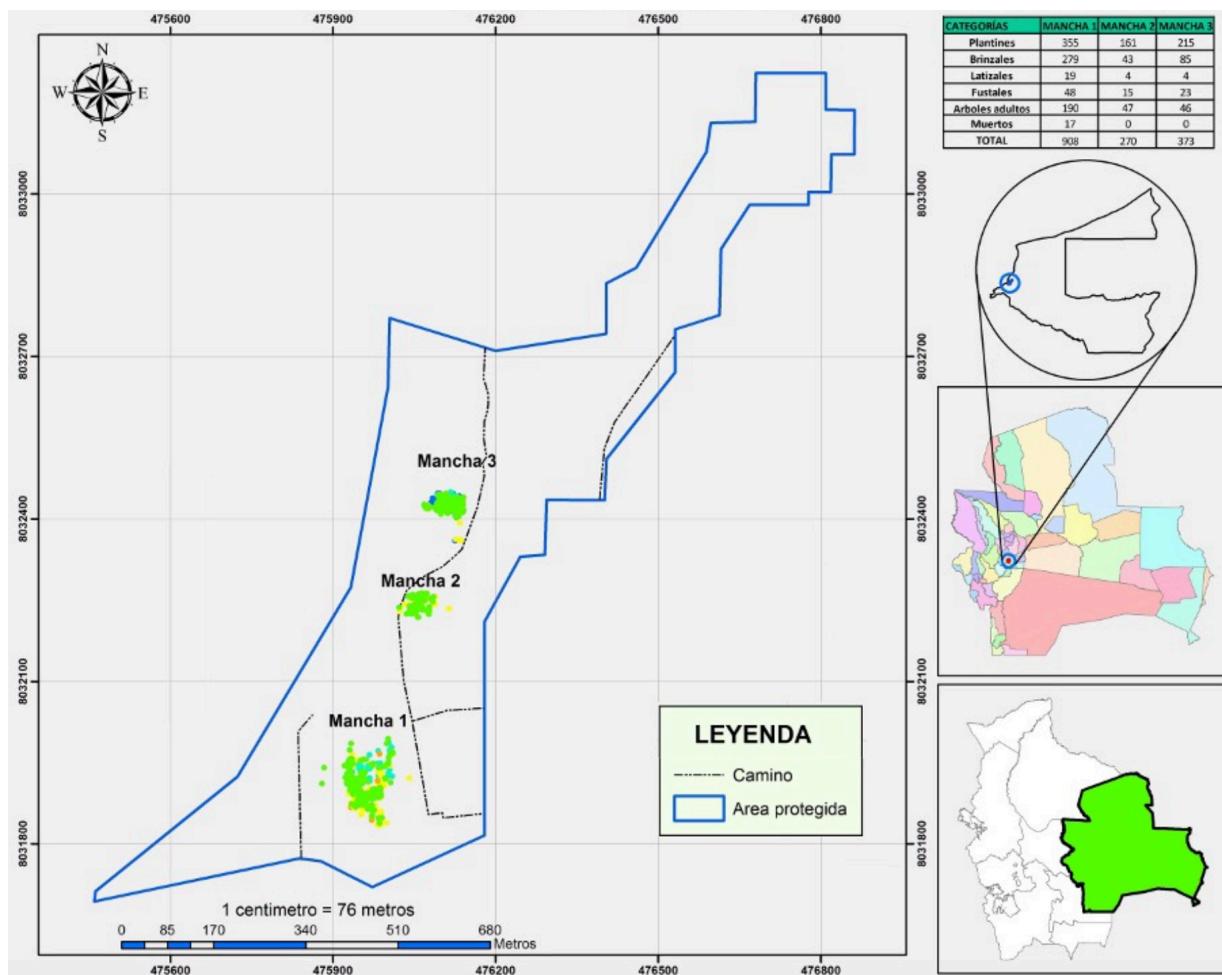


Figura 1. Ubicación de las tres manchas de *Swietenia macrophylla* en el Área Protegida Municipal Curichi La Madre, en el departamento de Santa Cruz, Bolivia.

Especie estudiada

La mara, perteneciente a la familia Meliaceae, es una especie forestal con rango de distribución natural muy amplia extendiéndose desde la región Atlántica del sureste de México pasando a través de América Central y América del Sur, en países como Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil y Bolivia. En Bolivia se distribuye en los departamentos de Pando, Beni, La Paz, Cochabamba y Santa Cruz (Toledo et al. 2011). Su distribución corresponde a los bosques neotropicales, creciendo en una gran variedad de condiciones climáticas y edáficas (Figueroa 1994). 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, tiene tronco recto, ligeramente acanalado en la base, con aletones pequeños; hojas dispuestas en espiral, pinnadas, de 3 a 5 pares de foliolos, opuestas; flores verdes amarillentas, pequeñas, con ambos sexos en la misma inflorescencia, tipo panículas grandes y ramificadas; frutos cápsulas leñosas, erectas, color café, que se abren por 5

valvas dejando salir las semillas aladas de color café-rojizo y sabor desagradable (Mostacedo *et al.* 2003). Las plántulas tienen sus primeras hojas simples con pecíolos largos; posteriormente antes de que sean pinnadas, éstas son trifolioladas, fácilmente reconocibles por los foliolos subalternos, lámina verde oscura y la nervadura amarillenta (Toledo *et al.* 2005).

Diseño del estudio

La presente investigación fue con un diseño exploratorio y descriptivo sobre la población de una especie forestal. Para los individuos mayores a 10 cm de diámetro se utilizó la metodología del censo forestal según el protocolo de Contreras *et al.* (1999). Para los individuos con diámetro menor a 10 cm se utilizó la metodología de Fredericksen y Mostacedo (2000). La toma de datos se realizó en la época seca, entre abril y junio de 2016.

Toma de datos

Se evaluaron todos los individuos de mara presentes en el Área Protegida Municipal (APM). Primeramente, se identificó el punto de inicio y se georreferenciaron con GPS en coordenadas UTM las tres manchas, luego se midió la ubicación de cada individuo con cinta métrica con base en coordenadas X-Y teniendo en cuenta el individuo referenciado más cercano. Posteriormente, a los árboles ≥ 10 cm se les midió la altura con hipsómetro y el diámetro a la altura del pecho (DAP) a 1,3 m del nivel del suelo con cinta diamétrica, colocando los datos en planillas elaboradas. La altura de los individuos menores fue medida con cinta métrica. Por último, se marcaron a todos los individuos con crayón rojo (adultos y fustales) y cinta flagging (plantines, brizales y latizales) para evitar censar a los mismos individuos (Anexo 1).

Análisis de datos

La abundancia de todos los individuos de mara registrados fue utilizada para elaborar curvas de distribución empleando la hoja electrónica Excel. Se determinó el tipo de curvas según la clasificación de Peters (1996; Figura 2):

Curva tipo I: Muestra que a medida que los individuos van adquiriendo mayor tamaño, su frecuencia disminuye; esta es una curva en forma de "J" invertida y es característica de especies con niveles constantes de regeneración.

.

Curva II: Representa a especies con niveles discontinuos de regeneración, donde existe alteración de las plantas en sus primeros estadios de desarrollo.

.

Curva III: Es de especies cuyo nivel de regeneración se ve limitado. Estas tres curvas al encontrarse muy relacionadas con el estado de regeneración de las poblaciones, son sensibles frente a cambios en las condiciones ambientales; de manera que se pueda pasar fácilmente de curva tipo I al III ó al II

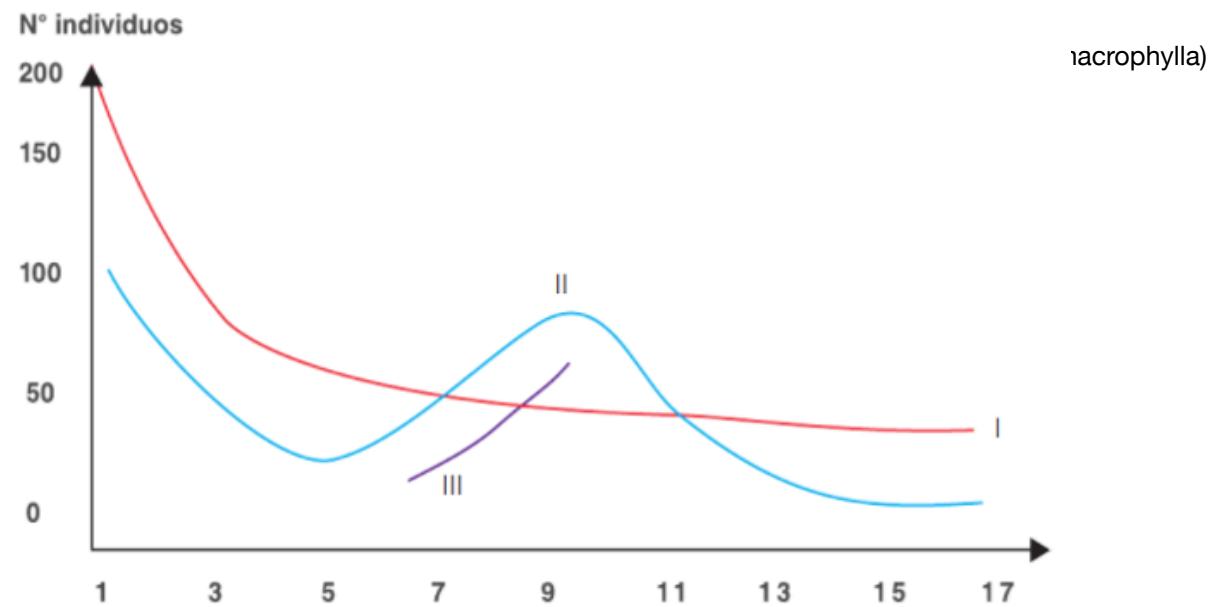


Figura 2. Curvas de distribución por categoría de edad en árboles tropicales (Peters 1996).

Para evaluar el estado poblacional, incluyendo la regeneración natural, se clasificó según las siguientes cinco categorías descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Tamaño de las plantas clasificadas en categorías

Categoría	Tamaño de la vegetación
Plantines	< 0,30 cm altura
Brinal	> 30 cm – 1,5 m altura
Latinal	>1,5 m altura <10 cm de diámetro
Fustal	≥ 10 y < 20 cm de diámetro
Árbol adulto	≥20 cm de DAP

El índice de regeneración permite calcular el número de individuos adultos sobre el número de plantines, dentro de una población, ya sea en plantaciones o en bosques naturales.

$$\text{Índice de regeneración} = \text{Nº de individuos adultos/Nº de individuos plántulas}$$

Para el análisis de la estructura horizontal el diámetro de los árboles se clasificó en 5 clases, cada 10 cm y para la estructura vertical la altura de los árboles adultos se clasificó en 3 estratos, siendo el bajo de 8 a 12 m, el medio de 12,1 a 16 m y el estrato alto mayor a 16 m. Todos los análisis de los datos obtenidos fueron realizados con el programa Excel. El mapa de distribución espacial de todos los individuos fue realizado con el programa ArcGIS 10.2.

RESULTADOS

Estructura poblacional de la población de mara

En total se registraron 1534 individuos vivos de mara en las tres manchas dentro del APM. Al considerar las categorías de tamaños se observa que los plantines obtuvieron más del 45% del total de individuos, en cambio los latizales no llegaron ni al 2%, volviendo a incrementar el porcentaje en la categoría adulta. A nivel general, tomando en cuenta toda la población de esta especie se observa la forma de J invertida (Figura 3).

Los plantines fueron la categoría con más abundancia de individuos en todas las manchas, aunque las manchas 2 y 3 obtuvieron el mayor porcentaje con más del 50% del total. Asimismo, el patrón observado de manera general se repite en cada mancha, observándose que los latizales continúan siendo la categoría con menor abundancia, formando la J invertida, aunque en diferentes proporciones (Figura 4).

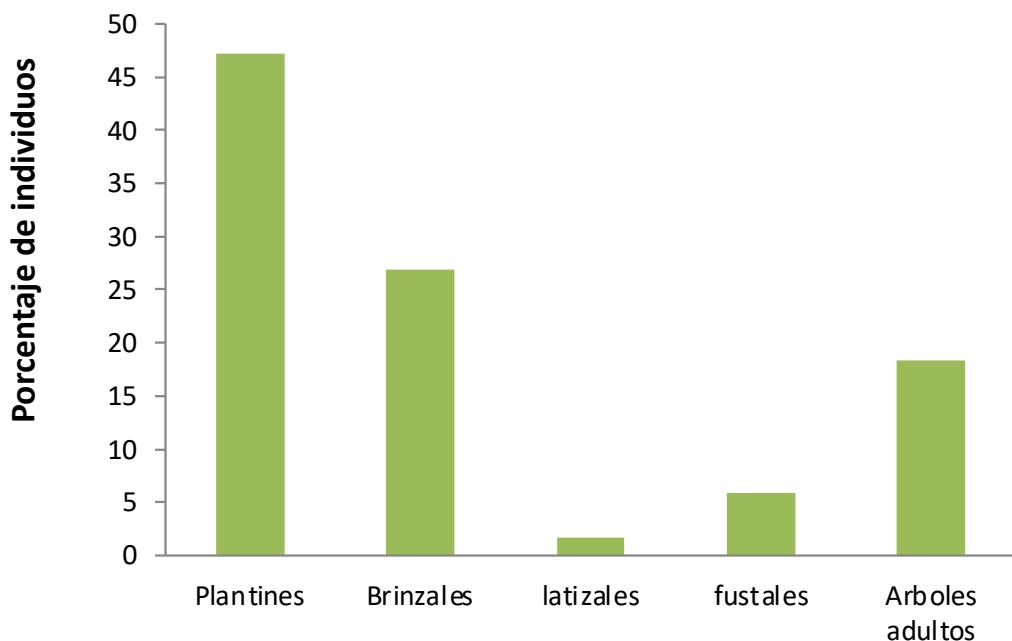


Figura 3. Porcentaje general de las diferentes categorías de tamaño de la población de mara

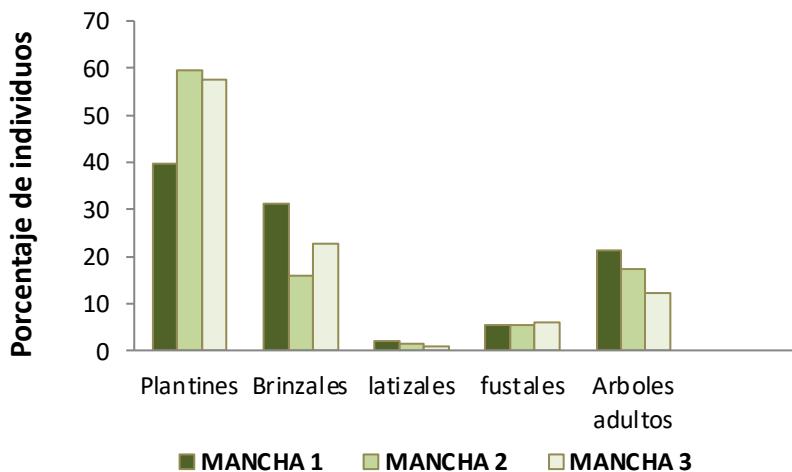


Figura 4. Porcentaje de individuos de mara para cada categoría de tamaño en las tres manchas del APM Curichi La Madre

El índice de regeneración, que toma en cuenta la relación entre adultos y plantines, fue de 0,38 a nivel general. En el caso grupal, la mancha 1 registró un índice de 0,53 siendo el mejor resultado de regeneración al comparar las tres manchas de mara (Tabla 2).

Tabla 2. Índice de regeneración a nivel general y por manchas de la mara en el Área Protegida Municipal Curichi La Madre.

General y por manchas	Nro adultos / Nro de plantines	Total
General	283 / 731	0,38
Mancha 1	190 / 355	0,53
Mancha 2	47 / 161	0,29
Mancha 3	46 / 215	0,21

Estructura horizontal de la población de mara

Se definieron cinco clases diamétricas para la población con DAP ≥ 10 cm, donde los árboles entre 20,1 a 30 cm de diámetro fueron los más abundantes, registrándose pocos individuos con un diámetro mayor a 50 cm (Figura 5). Se observó también que la clase diamétrica $\geq 20-30$ registró el mayor porcentaje de individuos adultos en todas las manchas del APM. La mancha 3 registró el más alto porcentaje de individuos (44%), sin embargo, no registró ni un solo individuo en la clase mayor a 50 cm (Figura 6).

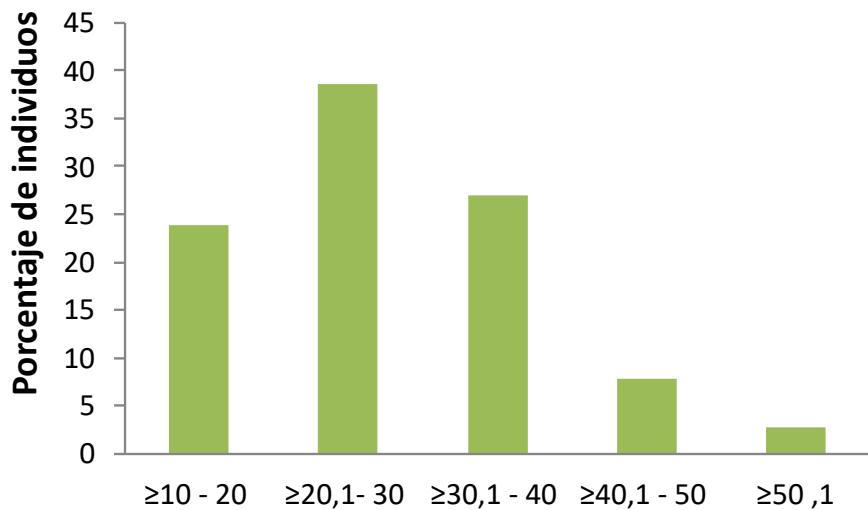


Figura 5. Porcentaje de individuos (≥ 10 cm DAP) según clases diamétricas de mara a nivel general en el APM Curichi La Madre

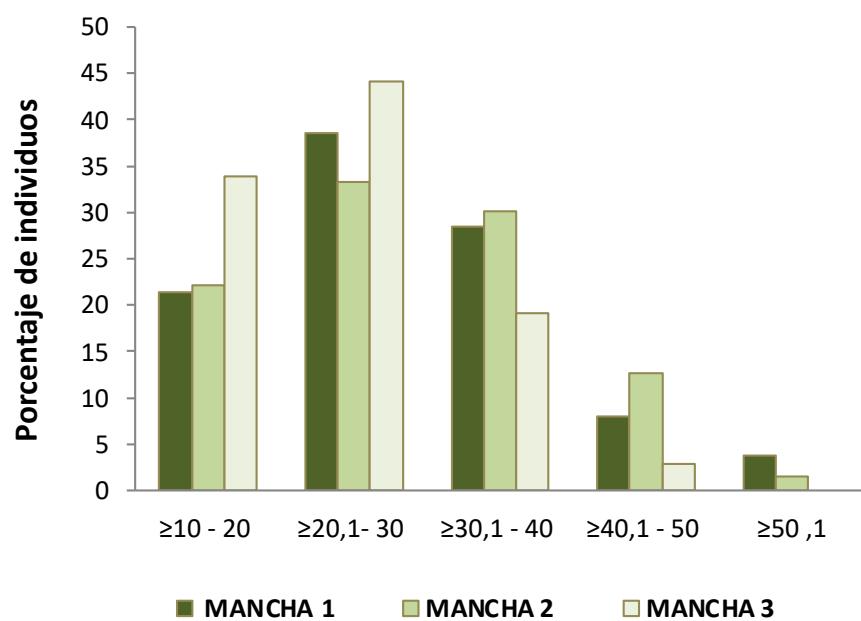


Figura 6. Porcentaje de individuos de mara con DAP ≥ 10 cm según las clases diamétricas, en las tres manchas del APM Curichi La Madre

Estructura vertical de la población de mara

La plantación de mara en el APM presentó individuos con alturas de hasta 21,5 m donde el estrato medio obtuvo el mayor porcentaje (55,39%) de la población (Figura 7). Al analizar los registros por manchas en el APM, se observó que el estrato medio obtuvo el mayor porcentaje en cada una de las tres manchas, siendo la mancha 3 la que obtuvo el mayor porcentaje de este estrato (65,63%), pero también el menor porcentaje de individuos en el estrato alto (7,81%) al igual que en las otras manchas (Figura 8).

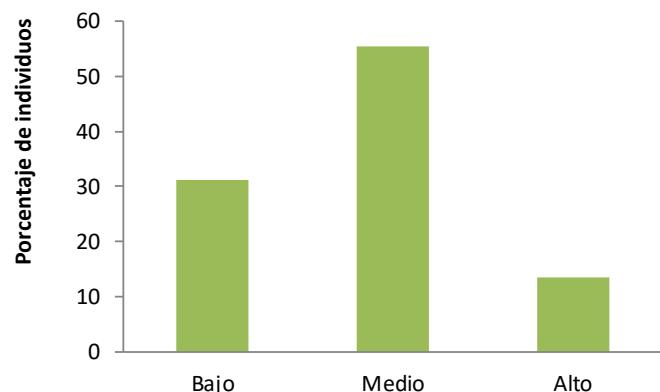


Figura 7. Porcentaje general de individuos según los diferentes estratos de altura, de la mara, en el APM Curichi La Madre

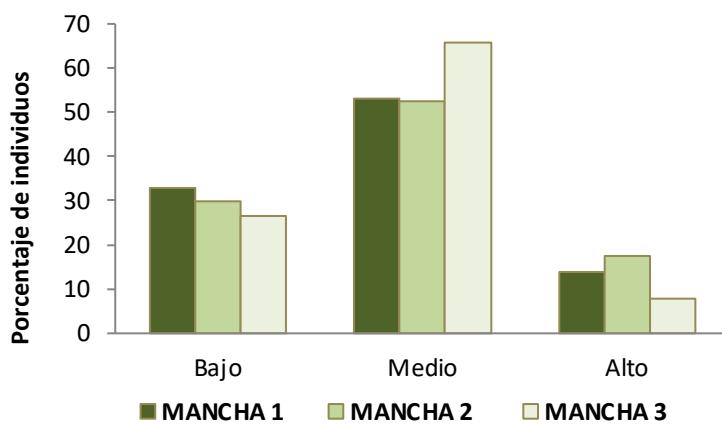


Figura 8. Porcentaje de individuos en los diferentes estratos de altura de la mara, en las manchas en el APM Curichi La Madre

DISCUSIÓN

Estructura poblacional

La plantación forestal de mara estudiada, con más de 30 años de existencia, está distribuida en tres manchas separadas, cada una con superficie diferente y ubicadas a lo largo del camino principal del área protegida municipal. Dentro del APM no está permitido cortar árboles y es por esta razón que no se realizan aperturas de claros; lo cual podría resultar beneficioso para esta especie al ser pionera y requerir luz en sus fases iniciales. Pese a esto, la especie mara ha logrado desarrollar su regeneración natural y tiene individuos en todas las categorías de tamaños llegando a medir algunos individuos hasta 21 m de altura. Asimismo, la categoría menor (plantines), presentó una abundancia mayor comparada con las otras categorías de tamaños en las tres manchas evaluadas, sin embargo, el porcentaje fue disminuyendo conforme van creciendo y es así como la categoría latizal registró el porcentaje más bajo, aunque luego la abundancia de individuos volvió a incrementar hacia la categoría adulta.

Para esta especie se ha reportado una gran variabilidad en la estructura de tamaños (Brown et al. 2003, Synnott 2009). En muchos casos muestra una distribución irregular, resultante de una acumulación de individuos coetáneos, como es el caso de plantaciones forestales (Rodríguez et al. 1994). Por otra parte, Navarro (2015), menciona que las distribuciones de tamaño irregulares son comunes y pueden ser causadas por factores diversos, los cuales han sido atribuidos a la ocurrencia de disturbios periódicos por la necesidad de grandes aperturas del dosel para la regeneración de la especie.

En cuanto a la regeneración en el APM Curichi La Madre, la mancha 1 obtuvo el mejor resultado, con un índice de 0,53 a comparación de las otras manchas. Esto puede deberse también a que esta mancha registró un alto porcentaje de árboles entre 20-40 cm DAP, que son los árboles productivos en acción. En la mancha 1 la mayor cantidad de plantines estaba situada al sur de la plantación, favorecidos por los vientos que soplan en esa dirección en la época de producción de semillas. En la mancha 2 la concentración de plantines se situó en el centro y este de la plantación, esto se puede deducir porque había una laguna estacional en forma de meandro por la parte sur de la plantación, dificultando la germinación de las semillas en dichas áreas. Por otro lado, los plantines de la mancha 3 estaban en el interior de la plantación, sin ser dispersadas muy lejos de los semilleros, y a un lado del camino siendo un lugar con claros y con sotobosque bajo.

Según Günter (2001), existen indicios de que el factor que impulsa la regeneración natural de la mara en Bolivia, especialmente en los bosques del Bajo Paraguá y Guarayos, es la dinámica de claros naturales y el equilibrio hídrico, aunque en bosques secos la luz pierde su importancia como factor limitante a favor del factor sequía. Igualmente, Medina et al. (2003), afirman que la mara requiere de luz solar, aunque también puede germinar dentro del bosque sin depender totalmente de la luz solar, pero para la supervivencia como plántula y su crecimiento, necesita luz, la cual suele ser demasiado escasa en estratos inferiores densos. Otros estudios realizados en los bosques de Bolivia mencionan que para el éxito de la regeneración natural de la mara son necesarios grandes claros (Mostacedo y Fredericksen 2001).

En el análisis de las categorías de tamaños, donde se toma en cuenta altura y diámetro, la población total de mara formó una curva de "J" invertida, al igual que en los bosques naturales.

Esta situación se corrobora con un estudio sobre densidad poblacional y efecto del aprovechamiento forestal en la regeneración natural y el crecimiento diamétrico de la mara a nivel nacional, donde la población adulta (104 individuos ≥ 20 cm diámetro) presentó la distribución típica de una "J" invertida (Toledo *et al.* 2011). Al igual que Günter (2001), en un estudio realizado en tres concesiones forestales (La Chonta, Lago Rey y Mataracú) las poblaciones de mara mostraron una distribución diamétrica de "J" invertida, conforme van teniendo mayor diámetro menor es la cantidad de individuos, resultados similares a los encontradas por Gullison (1995), en el bosque Chimanes del Beni.

Estructura horizontal y vertical

Al ser una plantación con más de 30 años de edad, la estructura horizontal y vertical es variable lo que se refleja en los resultados obtenidos con individuos de diámetros que van desde los 10 hasta los 57 cm. En un estudio realizado en plantaciones de *Schizolobium parahyba* y *Centrolobium tomentosum* en Bolivia, Sandoval (2008), ratifica que las plantaciones no siguen un patrón de desarrollo, sino que difieren grandemente en diámetro y altura a pesar de tener la misma edad, lo cual puede atribuirse a la calidad del sitio, al manejo forestal y la procedencia de la semilla, entre otros factores.

La estructura horizontal en el área protegida mostró altos porcentajes de individuos para la clase 20 a 30 cm, pero el porcentaje disminuye conforme va aumentando el diámetro en los individuos, similar al estudio realizado por Villegas *et al.* (2008), en los bosques del Bajo Paraguá donde el mayor porcentaje de individuos de mara se encontró en las clases diamétricas más pequeñas (10-20 cm). Asimismo, Vargas *et al.* (1994) confirma resultados similares en Guarayos, donde el 67% de individuos se encontró en la clase 10-20 cm y Cabrera (2000) encontró el 95% de los individuos de mara en los diámetros menores a 60 cm en el departamento del Beni. En el caso de la mara se afirma que, en todos los tipos de bosques en Bolivia, la cantidad de individuos tiende a disminuir conforme aumenta su diámetro (Villegas *et al.* 2008).

En cuanto a la estructura vertical se registraron individuos en tres estratos, con la mayor cantidad de individuos en el estrato medio (12-16 m) y el porcentaje bajó a medida que la altura aumentó. Resultado similar a un estudio de dos plantaciones mixtas de Costa Rica, en el cual los porcentajes más altos se encontraron en los estratos de menor tamaños y conforme aumentó la altura, el porcentaje de individuos disminuyó (Torrez 2007). La heterogeneidad en altura es atribuible al hecho de tener individuos con diferentes ritmos de crecimiento, que son afectados por las condiciones del sitio y la calidad del material plantado, también puede deberse a la competencia intraespecífica de los individuos coetáneos (Louman *et al.* 2001).

CONCLUSIONES

Se puede considerar que la población de mara (*Swietenia macrophylla*) en el Área Protegida Municipal Curichi La Madre se encuentra en buen estado, ya que se registraron individuos en todas las categorías de tamaños, siendo los plantines la categoría con mayor porcentaje de individuos. A lo largo del tiempo, los individuos de esta población han logrado mantenerse, imitando su desarrollo a la de un bosque natural, lo cual es importante desde el punto de vista ecológico y sostenible. De manera que, resulta evidente la importancia de valorizar el área como un patrimonio natural municipal, procurando la conservación de la misma.

En las tres manchas de mara, la estructura vertical de la plantación, expresada por la distribución altimétrica, presentó el mismo patrón de desarrollo que la estructura horizontal o diamétrica, donde el mayor porcentaje de individuos presentaron diámetros entre 20-30 cm y un gran porcentaje de la población se registró en el estrato medio (12-16 m), porcentajes que disminuyeron conforme se aumentó el diámetro y la altura. Estos resultados nos indican que la plantación de mara tiene un buen porcentaje de individuos adultos con el potencial de ser reproductivos y garantizar así la continuidad de la población.

Para lograr esta continuidad, se podrían establecer algunas prácticas silviculturales, como un tratamiento de limpieza, principalmente para la regeneración que está afectada por la vegetación competitiva, esto con el fin de promover el crecimiento y la sobrevivencia en las primeras etapas del ciclo de vida de la especie, ya que son las más vulnerables. Así también, es importante continuar con la investigación, dando atención a los factores biológicos y ambientales considerando el suelo, la humedad o la depredación por la fauna, factores que pueden afectar la producción de frutos, germinación o crecimiento de las nuevas plántulas de mara, así como a procesos ecológicos (fenología, dispersión). Finalmente, es importante elaborar un plan de manejo, que tome en cuenta la ecología y silvicultura de esta especie, para mejorar sus condiciones específicas, así como realizar un monitoreo con la línea base obtenida en este estudio, para contar con mayor información sobre los cambios del estado poblacional, incluyendo tasas de crecimiento, reclutamiento y mortalidad de la mara.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la Secretaría Municipal de Medio Ambiente del Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz de la Sierra y al personal del Área Protegida Municipal Parque Urbano Curichi La Madre, por la autorización para realizar y difundir esta investigación, así como el apoyo brindado durante su ejecución. Un sincero agradecimiento al Dr. Daniel Villarroel por las sugerencias en el análisis de datos. Así mismo, gracias a Zenón García, Fabiola Moreno y Nelson Gutiérrez por su valioso apoyo en el trabajo de campo. Esta investigación es parte de la tesis de grado de la primera autora presentada a la carrera de Biología-UAGRM.

LITERATURA CITADA

- Barahona, Z. y Quintanilla, M. 2015. Siete razones para conservar el Área Protegida Municipal Curichi la Madre. Boletín Informativo INFOFAN. 4: 10-11.
- Brown, N.; Jennings, S. Y Clements, T. 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.
- Cabrera, O. L. T. 2000. Impacto del aprovechamiento forestal en un bosque húmedo subtropical del Bajo Paraguá en el departamento del Beni. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia.
- Clima-Data.org. 2018. Clima: Santa Cruz de la Sierra. Consultado el 10/03/2018. Disponible en <https://es.climate-data.org/location/4439/>
- Contreras, F.; Leaños, C.; Licona, J. C.; Dauber, E.; Gunnar, L.; Hager, N. y Caba, C. 1999. Guía para la instalación y evaluación de parcelas permanentes de muestreo (PPMs). BOLFOR. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 51 p.

- Dauber, E., Fredericksen, T.; Peña-Claros, M.; Leaños, C.; Licona, J. C. y Contreras, F. 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.
- Figueroa, C. J. 1994. An assessment of the distribution and status of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). Puerto Rico. Conservation Foundation and International Institute of Tropical Forestry. 40 p.
- Fredericksen, T. S. 1998. Limitaciones del aprovechamiento selectivo de baja intensidad para el manejo forestal sostenible en el trópico. Documento técnico 68. BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Fredericksen, T. S. y Mostacedo, B. 2000. Diagnósticos rápidos de la regeneración forestal. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz. Bolivia. 33 p.
- García, Y.; Ramos, J. M. y Becerra, J. 2011. Semillas forestales nativas para la restauración ecológica. CONABIO. Biodiversidad. 94: 12-15.
- Gullison, R.E. 1995. Conservation of Tropical Forests through the Sustainable Production of Forest Products: the Case of Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanés forest, Beni, Bolivia. Tesis Doctoral, Departamento de Ecología y Biología Evolutiva. Universidad de Princeton. 172 p.
- Gullison, R. E. y Hubbell, S. P. 1992. Regeneración natural de la mara (*Swietenia macrophylla*) en el Bosque Chamanes, Bolivia. Ecología en Bolivia 19:43-56.
- 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. En: Mostacedo, B. & T. S. Fredericksen (Eds). Regeneración y silvicultura de bosques tropicales en Bolivia. Edit. El País. Santa Cruz, Bolivia.
- Hayashida-Oliver, Y.; Boot, R. G. y Poorter, L. 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.
- Jiménez-Saa, H.; Alpízar, E.; Ledezma, J.; Tosi, J.; Bolanos, R.; Solórzano, R.; Echeverría- Onoro P.; Castillo, M. y Mancilla, R. 1996. Estudio sobre el estado de regeneración natural de *Swietenia macrophylla* King, en Santa Cruz, Bolivia. CCT/WWF/BMZ. 98 p.
- Louman, B.; Quirós, D. y Nilsson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 p.
- Malky-Harb, A. 2005. Sector Forestal en Bolivia. Diagnósticos Sectoriales. Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas. Documento técnico. 49 p.
- Medina, E. H.; Wang, H.; Lugo, A. Y Popper, N. 2003. Growth, water and nutrient related plasticity in hybrid mahogany leaf development under contrasting light regimes. Pp. 146-168. In: Lugo A. J. C. & M. Alayón (Eds.). Big-leaf mahogany. Genetics, ecology and management. New York. E.E.U.U.
- Melgar, M. L. 2008. Diagnóstico florístico realizado en el Área Protegida Municipal - Parque Urbano Curichi "La Madre". Fundación Noel Kempff M. Santa Cruz, Bolivia. 70 p.
- Mostacedo, C. B. y Fredericksen. T. S. 2000. Estado de regeneración de especies forestales importantes en Bolivia: evaluación y recomendaciones. Santa Cruz, Bolivia. Documento Técnico 88. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Mostacedo, C. B. y Fredericksen. T. S. 2001. Regeneración y silvicultura de bosques tropicales en Bolivia. El País. Santa Cruz, Bolivia. 221 p.
- Mostacedo, C. B.; Justiniano, J.; Toledo, M. y Fredericksen, T. S. 2003. Guía dendrológica de especies forestales de Bolivia. Vol. 1. 2^{da} edición. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia. 215 p.

- Mostacedo, C. B.; Villegas, Z.; Licona, J. C.; Alarcón, A.; Villarroel, D.; Peña-Claros, M. y Fredericksen, T. S. 2009. Ecología y silvicultura de los principales bosques tropicales de Bolivia. IBIF. Santa Cruz, Bolivia.
- Navarro, M. A. 2015. Diagnóstico del estado actual de *Swietenia macrophylla* King (caoba) en los bosques manejados de Quintana Roo, México: perspectivas para su manejo. Tesis de doctorado en Ecología Tropical, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 132 p.
- Navarro, C. 1999. Silvicultura-Genética: Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica. Centro Científico Tropical PROARCA/CAPAS. 25 p.
- Navarro, G. y Maldonado, M. 2002. Geografía ecológica de Bolivia: Vegetación y ambientes acuáticos. Centro de ecología Simón I Patiño -Departamento de difusión. Cochabamba, Bolivia. 713 p.
- Pereira, M. M. y Fredericksen, T. S. 2002. Regeneración por semilla de especies maderables en áreas de aprovechamiento forestal en un bosque húmedo tropical en Bolivia. Documento Técnico 110. BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Peters, C. 1996. The ecology and management of non-timber forest resources. World Bank. Technical Paper Number 322:1-157.
- Rodríguez, S.B.; Chavelas, P. J. y García, C. X. 1994. Dispersión de semillas y establecimiento de caoba (*Swietenia macrophylla*) después de un tratamiento mecánico del sitio. Pp. 81-90. En: Snook L. K. & A. Barrera (Eds.). Memorias del taller Madera, chicle, caza y milpa. Contribuciones al Manejo Integral de las Selvas de Quintana Roo, México.
- Sandoval, E. 2008. El potencial económico de las plantaciones forestales en el Trópico de Bolivia. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad de Copenhagen Dinamarca. 113 p.
- Saravia, P. y Leaños, C. 1999. Muestreo diagnostico en tres sitios del bosque Chimanes. Documento Técnico 75. BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Synott, T.J. 2009. La caoba en la península de Yucatán: ecología y regeneración. CBM- México. CONABIO, México. 154 p.
- Terán, J.; Flores, G.; Zapata, J. y Conchari, V. 2005. Política de plantaciones forestales. Ministerio de Desarrollo Sostenible. VRNMA-DGDF. Bolivia.
- Toledo, M.; Villegas, Z.; Licona, J. C.; Alarcón, A.; Soriano, M.; Bustamante, Y. y Vroomans, V. 2011. Densidad poblacional y efecto del aprovechamiento forestal en la regeneración natural y el crecimiento diamétrico de la mara (*Swietenia macrophylla* King). Documento Técnico. No publicado. IBIF. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Toledo, M.; Cruz, M.; Pariona, W. y Mostacedo, B. 2005. Plántulas de 60 especies forestales de Bolivia: Guía ilustrada. WWF/ IBIF/CIFOR. 72 p.
- Torrez, M. 2007. Evaluación de plantaciones forestales mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 51 p.
- Vargas, I. G., Centurión, T. R. y Saldías, M. 1994. Parcelas permanentes de investigación en la reserva de vida silvestre Rio Blanco y Negro. Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica 1: 9-32
- Villegas, Z.; Mostacedo, B.; Toledo, M.; Leaños, C.; Licona, J. C.; Alarcón, A.; Vroomans, V. y Peña-Claros, M. 2008. Ecología y manejo de los bosques de producción forestal del Bajo Paraguá, Bolivia. IBIF. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 159 p.

Weather Spark. 2018. El clima promedio en Santa Cruz de la Sierra Bolivia. Consultado en 10/03/2018. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/28372/Clima-promedio-en-Santa-Cruz-de-la-Sierra-Bolivia-durante-todo-el-a%C3%B1o>.

Anexo 1. Individuos de mara en sus diferentes estadios o categorías en el Área Protegida Municipal Curichi La Madre. © Fotos: Yolanda García.



Plantín de mara censado, con flaging



Brizal de mara en la Mancha 2



Árbol de mara censado en la Mancha 1



Árbol de mara censado en la Mancha 3