



# Ecología y silvicultura de especies menos conocidas

mara macho, *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke  
LEGUMINOSAE-MIMOSACEAE





# Ecología y silvicultura de especies menos conocidas

mara macho, *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke  
LEGUMINOSAE-MIMOSACEAE



Ecología y silvicultura de especies menos conocidas - Mara  
macho, *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke  
LEGUMINOSAE-MIMOSACEAE

Cita bibliográfica: Mostacedo B., 2007.  
Proyecto BOLFOR / Instituto Boliviano de Investigación Forestal.  
Santa Cruz, Bolivia

*Primera edición*

Todos los derechos reservados

ISBN: 978 - 99905 - 948 - 6 - 7  
Depósito legal: 8 - 2 - 2388 - 07

Impreso en Bolivia  
Imprenta Sirena

**Realizado por:**



**Con el apoyo de:**



República de Bolivia



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

The Nature  
Conservancy   
Conservando la naturaleza.  
Protendiendo la vida.

Santa Cruz de la Sierra – Bolivia  
Marzo, 2007

## Presentación

Es una satisfacción para el Proyecto BOLFOR II presentar esta publicación que proporciona información sobre las características ecológicas y silviculturales de la especie *Cedrelinga catenaeformis*, comúnmente conocida en nuestro medio como **mara macho** resultado de la investigación que sobre la misma ha realizado el Instituto Boliviano de Investigación Forestal.

Esta publicación enriquece la información científica sobre especies maderables menos conocidas, y contribuye a ampliar las oportunidades para un aprovechamiento sostenible además de promover el conocimiento para la diversificación de la oferta maderable de los bosques bolivianos.

Muestra también, la importancia de contar con una institución dedicada a la investigación y a la generación de conocimiento que permita a los diferentes actores del sector forestal, ya sean públicos, privados o sociales, tomar decisiones orientadas a la conservación y al aprovechamiento sostenible de los recursos del bosque con base en información seria y confiable.

BOLFOR II tiene entre sus objetivos promover el conocimiento de especies maderables y no maderables menos conocidas para optimizar su manejo y aprovechamiento, así como fortalecer las capacidades de las organizaciones e instituciones nacionales para el manejo forestal sostenible.

A través de apoyo brindado para la elaboración del presente estudio y su publicación, avanzamos en el cumplimiento de ambos cometidos: promover mayor conocimiento científico y fortalecer el rol del IBIF como un referente clave para el sector forestal en términos de investigación y generación de conocimiento.

Entregamos este material como una contribución de BOLFOR II y del IBIF a todos los actores del sector forestal.

**Marianella Curi**  
Directora BOLFOR II





# Contenido

Introducción .....	1
Clasificación .....	2
Otros nombres comunes .....	2
Morfología .....	2
Porte .....	2
Hojas .....	3
Flores .....	3
Frutos .....	3
Semillas .....	4
Usos .....	4
Características ecológicas .....	4
Distribución geográfica y requerimientos ambientales .....	4
Fenología .....	5
Dispersión y reproducción de semillas .....	6
Germinación y establecimiento de plántulas .....	7
Distribuciones diamétricas .....	8
Crecimiento y desarrollo .....	8
Plagas y patógenos .....	10
Densidad de árboles .....	10
Implicaciones para el Manejo .....	10
Regeneración natural y requerimientos ambientales .....	10
Producción de semillas, árboles semilleros y diámetro mínimo de corta .....	11
Ciclo de corta basado en su crecimiento .....	12
Relación volumen y diámetro .....	13
Potencial para enriquecimiento y plantaciones .....	14
Agradecimientos .....	15
Bibliografía .....	17





# Introducción

La mara macho (*Cedrelinga catenaeformis*) es una especie de amplia distribución en América del Sur. Por tener características similares a la mara (*Swietenia macrophylla*) o cedro (*Cedrela odorata*) ha empezado a aprovecharse de manera intensiva. En el año 2005 el volumen total de madera extraída fue más de 30.000 m<sup>3</sup> rola. Con esta cantidad de volumen extraída la mara macho se encuentra entre las primeras siete especies más aprovechadas en Bolivia (Superintendencia Forestal 2005). La mara macho se caracteriza por tener una madera blanda (0,43-0,53 gr/cm<sup>3</sup>), de color rojizo, siendo muy fácil de trabajarla. Los árboles de esta especie son enormes y su uso en la agroforestería ha sido primordial por su capacidad de adaptación y crecimiento.

Este documento es una recopilación de las características ecológicas y forestales que tiene esta especie, describiéndose desde su clasificación taxonómica, las denominaciones de nombres comunes en otros sitios, además de las principales características morfológicas que permiten reconocer a esta especie. Asimismo, se detalla información sobre su distribución geográfica, usos y requerimientos ambientales, fenología y características de regeneración. Al final, se dan algunas pautas sobre el manejo de esta especie considerando sus características ecológicas. Esperamos que la información contenida en este documento contribuya al manejo adecuado de esta especie.



## Clasificación

La mara macho (*Cedrelinga catenaeformis*) pertenece a la familia Leguminosae y subfamilia Mimosoideae. Esta especie tiene los siguientes sinónimos: *Piptadenia catenaeformis* Ducke y *Pithecellobium catenaeformis* (Ducke) L. Cardenas.

## Otros nombres comunes

Debido a su amplia distribución en Sudamérica, recibe diferentes nombres en cada país, así tenemos: tornillo, pino peruano, cedro hasha y huayracaspi en Perú; cedrorana, lacaiaca, paric y yacayac en Brasil, don-cedar en Surinam; guaura y cachicana en Venezuela.



Corteza de mara macho.

Porte de mara macho.

© B. Mostacedo

## Morfología

### Porte

La mara macho es un árbol grande de dosel superior, y puede llegar a medir entre 20-40 m de altura (Reynel et al. 2003) y tiene diámetros hasta 2,2 m. En la Reserva El Tigre, Riberalta, Beni, el promedio de altura de los árboles encontrados fue de 32 m (van Rheenen 2005). Los árboles tienen fustes cilíndricos y rectos que pueden tener alturas comerciales entre 15-25 m, con grandes aletones y raíces superficiales. Las copas de los árboles generalmente son



Corteza de mara macho.

© M. Toledo

frondosas y pueden llegar a medir en promedio  $103 (\pm 79) \text{ m}^2$  (van Rheenen 2005). Su corteza externa es agrietada de color marrón pardo a rojizo con placas de 3-5 x 8-13 cm. La corteza interna es de color crema a rosado blanquecino y no presenta secreciones. Su madera es de color marrón claro, lustroso, de grano recto, textura gruesa y brillo pronunciado (Vidaurre 1997).



Plántula de mara.

© M. Toledo



Hojas de mara macho.

© M. Toledo

## Hojas

Las hojas son compuestas bipinnadas, alternas y dispuestas en espiral, las cuales tienen unos 30-40 cm de longitud. El peciolo cilíndrico es de 6-30 cm de longitud, las hojas usualmente tienen 4 pinnas, y en las zonas de articulación presenta una glándula de 2-5 mm de diámetro. Las láminas foliares son enteras, ovadas, con el ápice acuminado y la base aguda, asimétricas, de unos 4-15 cm de longitud y de 2-9 cm de ancho.

## Flores

Las inflorescencias forman panículas de 12-30 cm de longitud conteniendo numerosas cabezuelas (capítulos) y agrupadas en manojos (Reynel et al. 2003). Las cabezuelas son de 2,5-3,5 cm de longitud con pedúnculo de 1-2 cm de longitud. Las flores son pequeñas, hermafroditas, de 1-1,5 cm de longitud, actinomorfas, con cáliz y corola presentes. La corola es blanquecina, de 4-5 mm de longitud, tubular, con 5 dientes. El androceo tiene numerosos estambres pequeños y el pistilo tiene un estilo largo y un estigma obsoleto.

## Frutos

Los frutos son legumbres samaroides (Figueiredo & Palmeira 2006), de forma muy largas y aplanadas, membranosas, muy estrechadas entre las semillas y reviradas en helicoide. Los puntos de inserción entre las legumbres son torcidos. Los frutos tienen una longitud de 30-70 cm y 2-3 cm de ancho. Las valvas son indehiscentes, con suturas evidentes y con las cavidades de las semillas muy visibles. Cada legumbre tiene entre 6-15 semillas. Los frutos generalmente maduran en 2-3 meses. Un kilogramo de frutos puede tener entre 1700 a 1900 semillas, mientras que cada fruto puede pesar de 6-15 gr (Arostegui & Díaz 1992, Vidaurre 1997).



## Semillas

Las semillas están bien adheridas a las paredes del fruto y tienen una cubierta muy delgada y casi transparente. Las semillas son oblongas a suborbicular, con base y ápice redondeados. La superficie cuando es hidratada es verde y lisa y cuando está seca tiende a ser rugosa y marrón. La testa de la semilla se desprende fácilmente cuando está hidratada. Los cotiledones son plano-convexos y carnosos. Las plántulas una vez que germinan tienen un sistema radicular pivotante, cilíndrico, subleñosa y de color crema. El hipocotilo es epigeo y los cotiledones, en general, son persistentes (Figueiredo & Palmeira 2006).

## Usos

La madera de la mara macho es de densidad media ( $0,44-0,53 \text{ gr/cm}^3$ ) (Fearnside 1997, Vidaurre 1997) y fácil de trabajar. Por lo tanto es usada en estructuras, carpintería, construcciones navales, carrocerías, muebles, ebanistería, puntales y juguetería (Vidaurre 1997). También en el Perú se han hecho ensayos para fabricar tableros de fibras de madera. En Bolivia la mara macho es una especie importante por sus volúmenes de extracción. Varias empresas forestales, especialmente en la zona este y centro de Pando, dependen de esta especie para su producción.

## Características ecológicas

### Distribución geográfica y requerimientos ambientales

La mara macho es una especie que se distribuye netamente en la región amazónica. Se encuentra tanto en la Amazonia de Bolivia, Perú, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana Francesa y en Surinam. En Bolivia se encuentra en los bosques altos del Beni, La Paz, Pando y norte de Santa Cruz (Figura 1). Aunque su distribución en el país generalmente corresponde al bosque amazónico, con variaciones, se la puede encontrar desde el bosque amazónico del escudo precámbrico (este de Pando), el bosque de tierra firme, hasta el bosque amazónico preandino en el norte de La Paz. También se la puede encontrar en bosques aluviales y bosques en colina. Sin embargo, la mayor densidad de árboles se ha encontrado en la zona este de Pando.

En cuanto a su distribución altitudinal es una especie de amplio rango, y se la puede encontrar en lugares desde 100 hasta 1050 m. La mayor frecuencia de árboles, tanto en Bolivia como en otros países, se ha registrado en altitudes de 200 a 500 m de altitud. En relación al suelo, esta especie se desarrolla generalmente en suelos arcillosos, arenosos, o arcillo arenosos usualmente ácidos y en zonas bien drenadas

y con pedregosidad baja o nula. Generalmente se encuentra en las terrazas altas en toda su área de distribución. Respecto al clima, la mara macho prefiere zonas con precipitaciones entre 1700 a 2000 mm/año. El área con mayor abundancia de mara macho es los alrededores y zona norte de Riberalta que tiene una precipitación promedio de 1780 mm/año. La especie puede soportar épocas secas hasta de cuatro meses en las cuales puede llegar hasta 20 mm/mes.

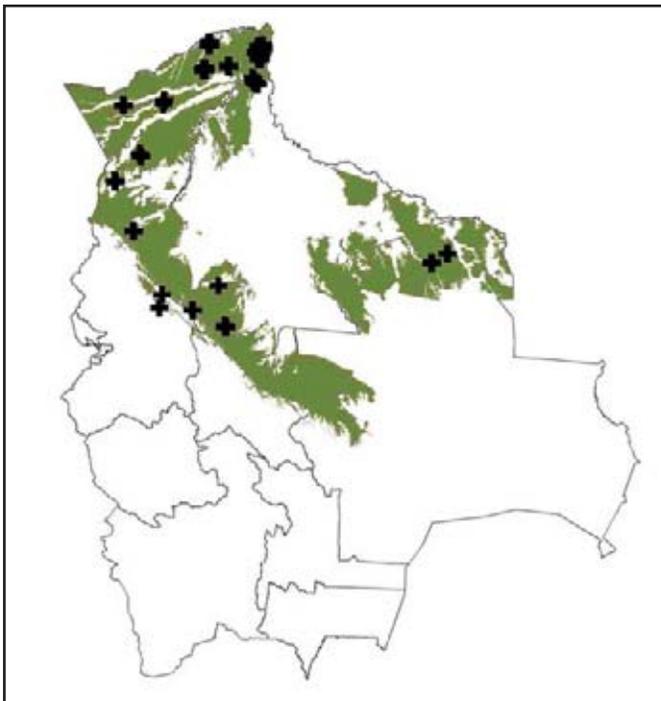
## Fenología

La mara macho es una especie que florece a fines de la estación seca, entre agosto a diciembre, siendo mas frecuente en octubre, a principios de la época de lluvias (Figura 2). La fructificación se inicia a inicios de la estación de lluvias. Quiere decir que a partir de noviembre hasta febrero se puede ver el desarrollo de los frutos. En otros lugares la fructificación puede ocurrir de enero a abril, o mayo (Brasil o Ecuador), pero su mayor frecuencia es en febrero (Figura 2). En ocasiones excepcionales, algunos árboles pueden diseminar sus semillas en otras épocas del año. El proceso desde la floración hasta la fructificación

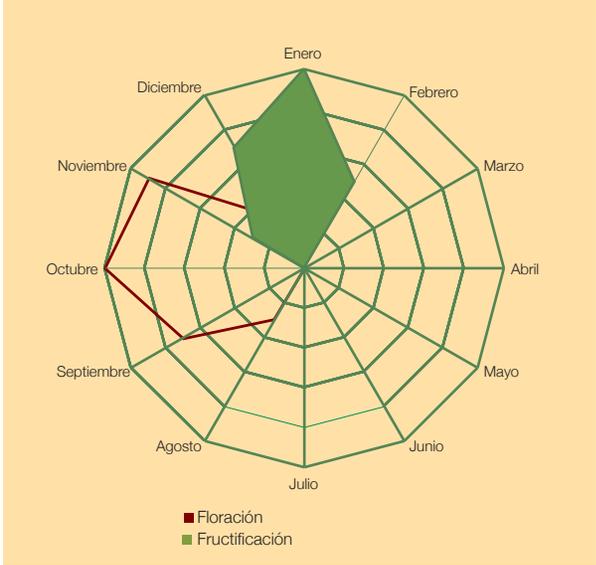
se estima que puede durar de 3 a 5 meses.

La producción de frutos al parecer es supra-anual, lo que quiere decir que en algunos años producen semillas mientras que en otros no hay producción de frutos. La producción de semillas se produce cada dos años (Pariona, Com. Pers.). Sin embargo, en los años de producción la cantidad de frutos y semillas producidas son abundantes.

Respecto a sus hojas esta especie es considerada brevidecdua, lo cual significa que el tiempo de caída de hojas se produce en corto tiempo y nunca pierden completamente el follaje. Este cambio de follaje generalmente coincide con el final de la época seca entre agosto-septiembre (Brienen 2005).



**Figura 1.** Distribución geográfica de la mara macho en Bolivia. Las cruces son puntos de censo, y la mancha verde es la distribución potencial donde puede encontrarse la especie.

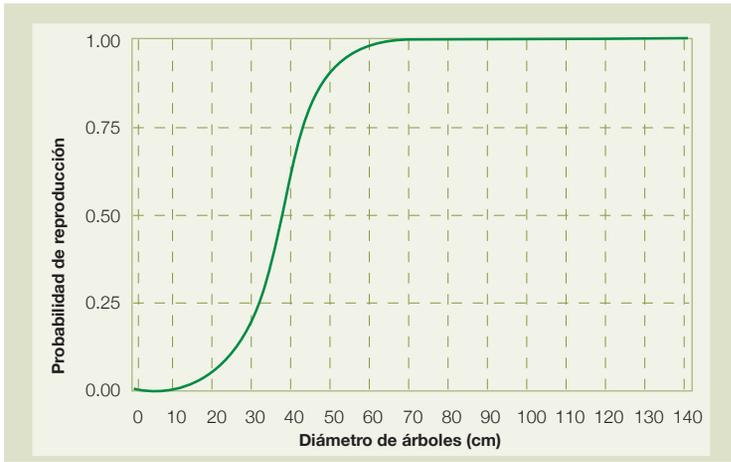


**Figura 2.** Diagrama de las épocas de floración y fructificación de la mara macho.

### Dispersión y reproducción de semillas

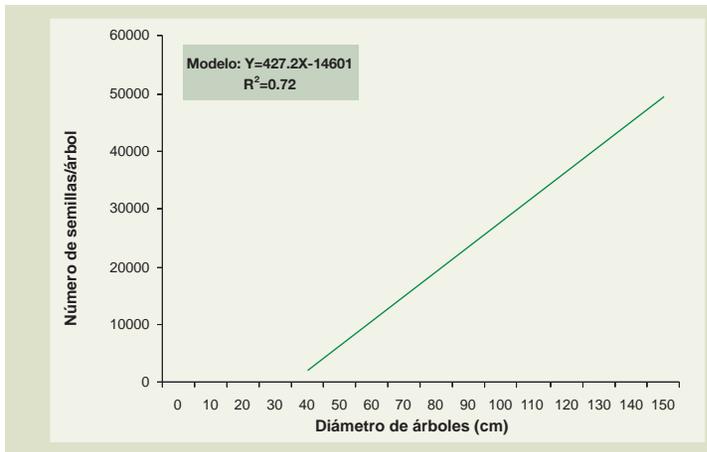
Los frutos y semillas de esta especie son dispersadas por el viento. No se tienen datos sobre la amplitud de dispersión pero por sus características se puede decir que tiene buena dispersión. Debido a que los árboles de mara macho son de dosel superior o emergentes, cuando los frutos y semillas están maduros y secos, éstos son dispersados con gran facilidad debido al poco peso de sus semillas (0.43 g peso seco) (van Rheenen 2005). El 99% de las semillas pueden dispersarse hasta 30 m de distancia fuera de la copa de los árboles (van Rheenen et al. 2003), aunque muy pocas semillas se han encontrado a los 50 m de distancia del centro de los árboles.

Acerca de la reproducción de semillas de mara macho, se ha visto que los árboles necesitan tener cierto tamaño para empezar a producir semillas.

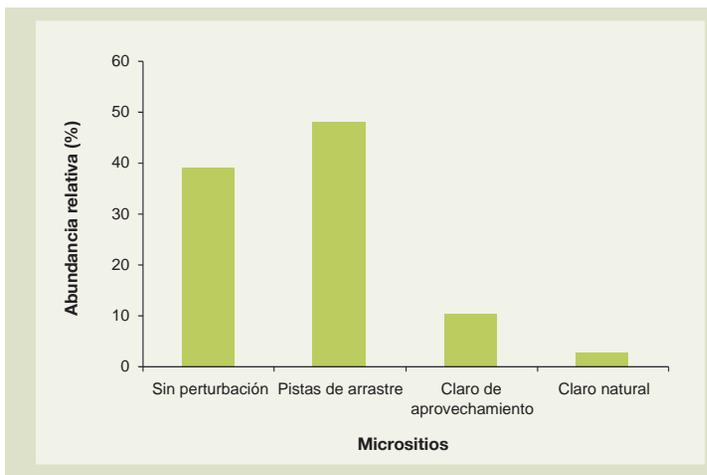


**Figura 3.** Relación entre el Diámetro de los Árboles a la altura del Pecho (DAP) de *Cedrelinga catenaeformis* y su probabilidad de reproducción. Curva obtenida mediante un análisis de regresión logística utilizando la formula  $Y=e(c+bX)/(1+e(c+bX))$ , (Van Rheenen 2005).

En un estudio realizado en uno de los sitios que esta especie presenta mayor abundancia (van Rheenen 2005), con datos de presencia y ausencia de flores y/o frutos y mediante un análisis de regresión logística se determinó que para tener un 50% de probabilidad de encontrar árboles reproduciéndose, los individuos tienen que tener cerca de 40 cm de DAP. Con 50 cm de DAP se puede tener una probabilidad del 90%, lo que significa que de 10 árboles de este



**Figura 4.** Estimación del número de semillas por árbol según el tamaño de los árboles de mara macho. Extraído y modificado de Van Rheenen et al. 2003.



**Figura 5.** Abundancia relativa de plántulas de mara macho (menores a 1 m de altura) en diferentes micrositios en la localidad de Los Indios (este de Pando).

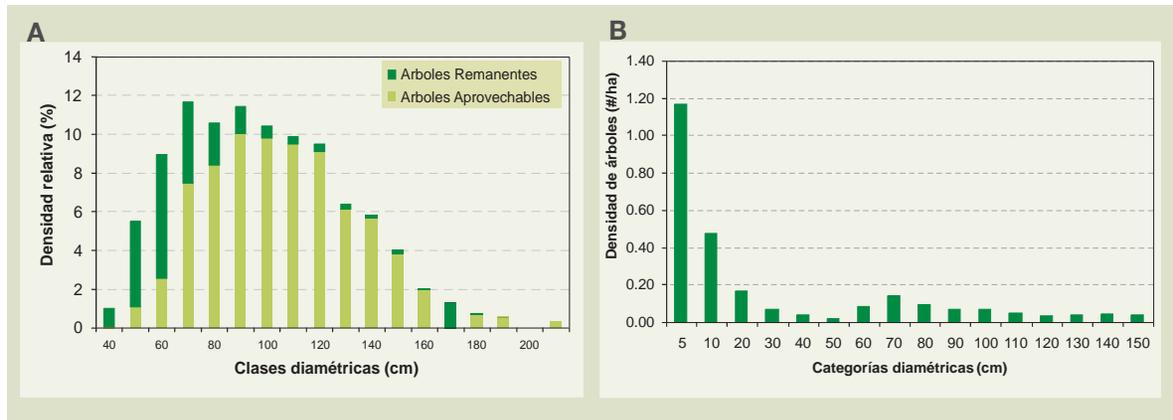
semillas (Poorter 1999). Sus semillas germinan en áreas poco perturbadas tales como las pistas de arrastre; sin embargo, en sitios no perturbados se ha registrado una alta germinación (Figura 5). Respecto al establecimiento, las plántulas de mara macho pueden tener alta mortalidad como efecto de la competencia por la luz con otras plantas (Poorter & Hayashida-Oliver 2000).

tamaño se puede encontrar 9 con flores/frutos (Figura 3).

La producción de semillas está más relacionada con el tamaño de los árboles, es decir que a medida que los árboles van creciendo la cantidad de semillas producidas será mayor (van Rheenen 2005). Árboles de 40 cm de DAP pueden producir entre 1.000-5.000 semillas/árbol, mientras que árboles de 140 cm de DAP pueden tener hasta 40.000 semillas/árbol (Figura 4).

## Germinación y establecimiento de plántulas

Las semillas recién colectadas tienen aproximadamente 61% de humedad. Bajo condiciones controladas, los mejores resultados se obtienen sembrando las semillas inmediatamente una vez colectadas y sin ningún tratamiento germinativo. Su poder germinativo puede llegar hasta un 95% (Arostegui & Díaz 1992). Cualquier método de escarificación no incrementa el porcentaje de germinación (Reynel et al. 2003). En condiciones naturales la mara macho es una especie que tiene banco de

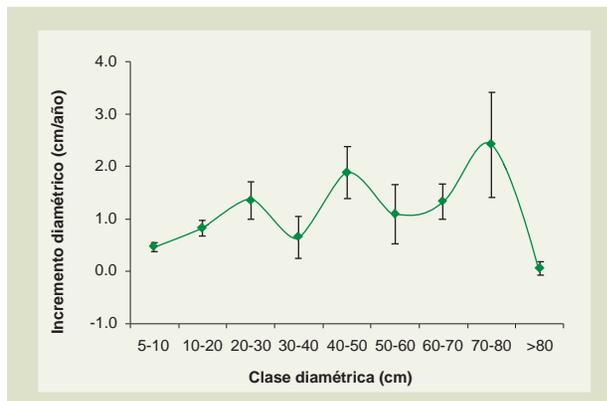


**Figura 6.** Densidad de árboles de mara macho en sus áreas de distribución. La figura 6A muestra datos de densidad relativa para árboles aprovechables y potenciales a partir de 40 cm DAP. (Superintendencia Forestal). La figura 6B muestra los datos de densidad (#/ha) existentes en el departamento de Pando. (Parcelas permanentes y no permanentes).

## Distribuciones diamétricas

La distribución diamétrica de la mara macho varía entre poblaciones. Por ejemplo, en la zona este de Pando la distribución diamétrica tiende a tener forma de “J” invertida, aunque hay una baja densidad de individuos entre 40 a 50 cm. Considerando individuos mayores a 50 cm de diámetro (> al diámetro mínimo de corta) se puede ver que hay muchos individuos entre 70 a 80 cm de diámetro. Se han podido registrar individuos hasta más de 2 m de diámetro. Este patrón se ha podido observar también en los

datos de censos realizados por las empresas forestales en toda el área de distribución de la mara macho (Figura 6). Sin embargo, en los censos realizados por las empresas se han registrado diámetros mayores a los registrados en las áreas de muestreo de parcelas permanentes.



**Figura 7.** Incremento diamétrico de árboles de mara macho según clases diamétricas.

## Crecimiento y desarrollo

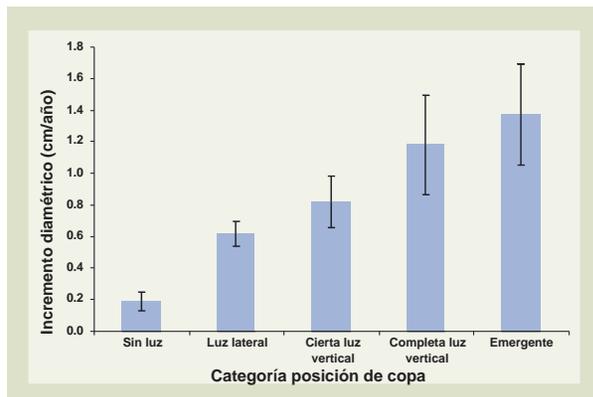
El crecimiento de las plantas de mara macho es rápido y tienen incrementos medios anuales de 1,5 cm en diámetro. Sin embargo,

el potencial de crecimiento de los árboles de mara macho es de 3,7 cm/año (Brienen 2005). El incremento diamétrico varía mucho en relación al tamaño de los árboles. Se puede ver que individuos pequeños son los que tienen menor incremento diamétrico comparado a los individuos grandes, aunque individuos muy gruesos realmente crecen muy poco (Figura 7). Este patrón también fue percibido por Brienen et al. (2003). Según algunos estudios en anillos de crecimiento para que un árbol de mara macho pueda

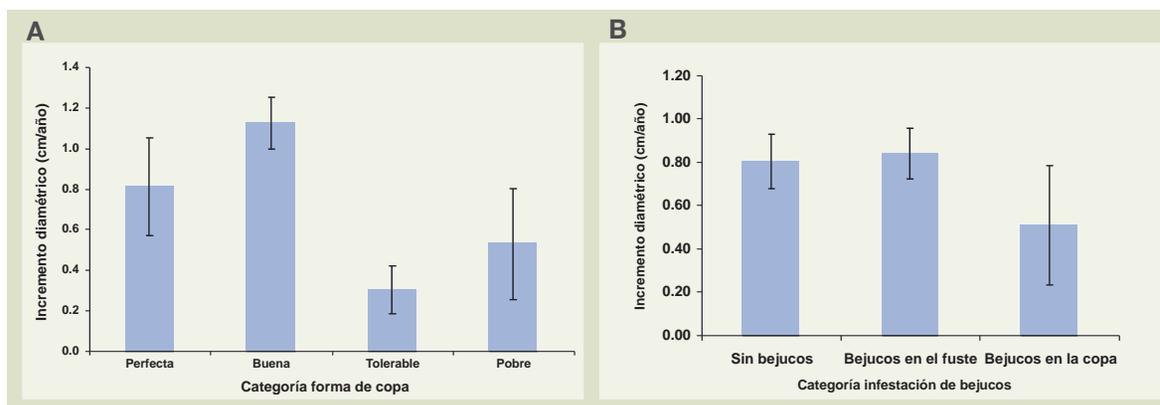
llegar a un diámetro de 60 cm, el cual es el diámetro mínimo de corta, necesita en promedio 68 años (Brienen 2005).

Según las categorías de copa, los árboles emergentes o que están recibiendo suficiente luz vertical son los que tienen mayor incremento diamétrico, con un promedio de 1,2 cm/año. En cambio, los que están suprimidos y reciben muy poca luz son los que crecen muy poco, < 0,2 cm/año (Figura 8). De igual manera, el incremento diamétrico está relacionado con la forma y calidad de las copas de los árboles. Los individuos con copa perfecta o buena tienen alto incremento diamétrico en relación a árboles con copa de pobre calidad (Figura 9A). En

relación a la infestación de bejucos, *Cedrelinga* crece mejor cuando los árboles están libres de bejucos o sólo tienen en el fuste, comparado a los árboles que tienen bejucos en la copa (Figura 9B).



**Figura 8.** Incremento diamétrico de árboles de mara macho agrupados por posición de copa, según clasificación de Dawkins.



**Figura 9.** Incremento diamétrico de árboles de mara macho según su forma de copa (A) y según grado de infestación de bejucos (B).





En cuanto a las condiciones para su desarrollo, las plantas de mara macho crecen mejor en las laderas de las montañas. En zonas planas el crecimiento es más lento y peor aún si son suelos anegadizos o compactados. En relación a la disponibilidad de luz esta especie crece mejor cuando tiene cierta cantidad de luz. Un estudio realizado en la Amazonia boliviana indica que las plántulas crecen mejor cuando hay un 25% de luz (Poorter 1999).

### **Plagas y patógenos**

Las semillas de mara macho generalmente no tienen problemas de depredación. Sin embargo, algunas aves de la familia Citacidae pueden ser perjudiciales al depredar sus semillas antes de la dispersión.

### **Densidad de árboles**

La mara macho es una especie considerada común en algunas zonas aunque en otras es rara encontrarla. Según los censos realizados en las áreas de mayor densidad (este de Pando) la densidad de individuos es de 0,4 árboles/ha. Sin embargo, Brienen (2005), determinó que la densidad de individuos fue de 0,8 árboles/ha en un bosque cerca de Riberalta. Densidades un poco más bajas se han encontrado en la zona de Ixiamas. En cambio en la zona oeste de Pando y norte de Santa Cruz la especie es muy rara.

## **Implicaciones para el manejo**

### **Regeneración natural y requerimientos ambientales**

Según los análisis de la distribución diamétrica de *Cedrelinga*, esta es una especie que tiene una distribución deseable y que muestra tener buena regeneración natural. Sin embargo, los resultados de la Figura 6 muestran una distribución bimodal, con una curva con dos picos en la abundancia de individuos; el primero en individuos de 5 a 10 cm de diámetro y el segundo en individuos de 70 a 80 cm de diámetro, siendo este segundo pico menor. El que la especie muestre una distribución bimodal puede indicar que algún factor en el pasado provocó una disminución y por esta razón hay pocos individuos de 40 a 50 cm de diámetro.

Algunos datos recientes mencionan que la mara macho tiene buena germinación en condiciones naturales. Cuando hay muchas semillas y las condiciones de humedad son buenas, éstas empiezan a germinar ya sea en sitios no perturbados o poco perturbados. Cuando no hay suficiente humedad éstas tienden a mantenerse latentes.

La mara macho es una especie con tendencia a ser esciofita, presente en bosques primarios. Sin embargo, experimentos en plantaciones de esta especie indican que la mayor sobrevivencia se produce en sitios abiertos (Vidaurre 1997). De todas maneras, la sobrevivencia es mucho menor cuando hay una época de sequía prolongada (Poorter & Hayashida-Oliver 2000).

### **Producción de semillas, árboles semilleros y diámetro mínimo de corta**

La relación que se muestra en la Figura 4 indica que a medida que los árboles son más viejos éstos tienden a tener una mayor producción de semillas. Igualmente la Figura 3 nos indica que hay un 90% o más de probabilidad de encontrar árboles reproductivos a partir de los 50 cm de diámetro. Entonces la pregunta que uno se hace es: ¿cuáles son los árboles semilleros que se deben dejar y en que porcentaje? Antes de responder estas preguntas es importante mencionar que la viabilidad de semillas provenientes de individuos de diferentes tamaños puede ser diferente. Generalmente hay una tendencia que los árboles muy viejos tengan una viabilidad baja comparados a los árboles de tamaños intermedios.

Tomando en cuenta estas consideraciones, se puede decir que en esta especie no hay razón para dejar como árboles semilleros alrededor del límite inferior del diámetro mínimo de corta (50 cm). Los árboles semilleros a dejarse deberían ser aquellos que tienen entre 60 a 100 cm de diámetro. Sin embargo, aunque los árboles más viejos pueden tener muchas más semillas probablemente su viabilidad sea baja.

Sobre el porcentaje de árboles semilleros a dejar, algunos estudios mencionan que para definir esta proporción hay que considerar la rareza de la especie, modo de dispersión, capacidad de regeneración y gremio ecológico (Fredericksen et al. 2001, van Rheenen 2005). Bajo estos criterios, Fredericksen et al. (2001), definen que para la mara macho se debería dejar un 30% de árboles aprovechables como semilleros. Además, otro estudio realizado por Van Rheenen indica que es mejor dejar un 20% del volumen de árboles aprovechables como semilleros.

Esto hace que el porcentaje de árboles en términos de abundancia sea mayor. Sin embargo, hay que considerar la practicidad de aplicar esta práctica silvicultural. Primero hay que conocer el volumen existente en el área a aprovecharse y después aplicar el porcentaje en relación al volumen. Esto significa que habría que hacer primero un censo y posteriormente una vez conocido el volumen hay que marcar y mapear los árboles a seleccionarse. De esta manera, los costos operativos para su manejo podrían incrementarse al aplicarse esta práctica. Quizás sea más práctico incrementar a un 25 o 30% y realizar el marcado y mapeo de los árboles semilleros al momento de ejecutar el censo forestal.

En relación al diámetro mínimo de corta (DMC), analizando la distribución diamétrica de los árboles se puede ver que existe una alta proporción de árboles por encima de los 100 cm de diámetro. Inclusive,



en los análisis de los censos forestales realizados por las empresas forestales se reportan árboles de hasta 220 cm de diámetro. La alta proporción de árboles gruesos permitiría subir el DMC de esta especie sin perjudicar la economía de los que se benefician por el aprovechamiento de esta especie.

### Ciclo de corta basado en su crecimiento



Troncos de mara macho.

© B. Mostacedo

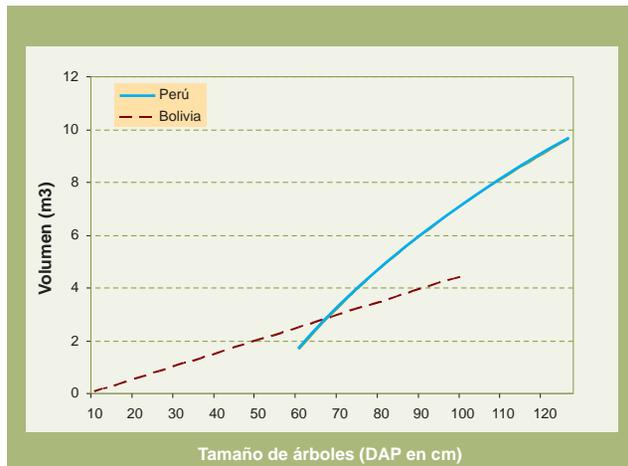
La mara macho es una de las especies que tiene un alto incremento diamétrico por lo tanto la recuperación de su volumen es rápida. Actualmente el diámetro mínimo de corta es de 50 cm y para llegar a este tamaño se necesita por lo menos 60 años (Brienen et al. 2003). Esto indica que hay la necesidad de incrementar el ciclo de corta si se piensa continuar aprovechando esta especie. En simulaciones hechas por Brienen et al. (2003) se puede ver que inclusive un ciclo de corta de 40 años no es suficiente para

recuperar el volumen total que pudiera existir en condiciones no aprovechadas. Por ejemplo, en condiciones de no-aprovechamiento el volumen aprovechable de madera puede ser mas de 5 m<sup>3</sup>/ha. En cambio, con la intervención se reduce a 1 m<sup>3</sup>/ha, con un ciclo de 20 años el volumen a obtenerse puede ser de 1,2 m<sup>3</sup>/ha, mientras que con un ciclo de corta de 40 años el volumen puede llegar hasta 2 m<sup>3</sup>/ha. En términos porcentuales la recuperación de volumen aprovechable, con un ciclo de corta de 20 años, es sólo del 20%, y esto es probablemente debido a la estructura poblacional de la especie, en la que hay muchos individuos gruesos y la mayoría de éstos han sido cortados. Para recuperar el 50% del volumen inicial de la mara macho se necesitan por lo menos 50 años; en cambio, si se quisiera recuperar el 100% del volumen sería necesario esperar más de 80 años (Brienen et al. 2003).

En árboles provenientes de plantaciones, el crecimiento puede ser un poco más rápido, debido a la asistencia que se daría, tanto en la etapa de regeneración como en la de crecimiento. Se prevé que

en 30 años de plantación se puede obtener un volumen de más de 2 m<sup>3</sup>/ha, lo cual es mucho más de lo que se puede obtener en bosque natural (Vidaurre 1997).

El aprovechamiento sostenible de la mara macho depende no sólo del ciclo de corta y su diámetro mínimo de corta, sino de la intensidad de aprovechamiento. Si este fuera más bajo, las posibilidades de tener un aprovechamiento sostenible serían mayores teniendo un ciclo de corta como el actual (Dauber et al. 2003).



**Figura 10.** Relaciones lineales entre DAP y volumen aprovechable de la mara macho en bosques tropicales húmedos en dos países de alta abundancia. **Perú:**  $Y = -42,372 + 24,749(\text{Log } X)$ . **Bolivia:**  $Y = -0,4343 + 0,0488X$ .

y de Perú (Figura 10). En Bolivia, los volúmenes aprovechables son más bajos inclusive al mismo diámetro que el ejemplo de Perú. Esto puede deberse a que los árboles son más pequeños. De todas maneras, en el ejemplo del Perú se pueden encontrar árboles más gruesos, los que dan en resultado volúmenes aprovechables más altos.

Es importante también analizar los resultados de la base de datos de los censos forestales emitidos por las empresas y que se encuentran en la Superintendencia Forestal. En general, los volúmenes y los diámetros registrados son más altos de lo normal, habiéndose encontrado varios árboles de 200 cm, pero también datos donde un solo árbol presentó 40 m<sup>3</sup>. Murakami et al. (2003), mencionan que el máximo volumen que puede tener un árbol de mara macho es de 8 m<sup>3</sup>. Al parecer existe una sobre-estimación tanto de los diámetros como de las alturas comerciales en los censos emitidos por las empresas forestales. Es recomendable utilizar instrumentos adecuados y realizar el trabajo con cuidado y precisión para tener datos más exactos.

De todas maneras, se conoce que el incremento diamétrico de esta especie es uno de los más altos comparado con el resto de las especies de rápido crecimiento, que en general llegan hasta 0,5 cm/año.

### Relación volumen y diámetro

El análisis de relación entre el volumen aprovechable y el diámetro es muy útil para determinar rendimientos permisibles en la extracción de la madera. En este documento se presentan relaciones de volumen y diámetro para árboles de un sector de Bolivia





## Potencial para enriquecimiento y plantaciones

La especie mara macho es una especie muy utilizada para fines de enriquecimiento de bosques naturales y plantaciones en la amazonía peruana. La mara macho es considerada como una de las especies más promisorias debido a su rápido crecimiento y a la calidad de madera que produce. Bajo un sistema de plantaciones el incremento de la mara macho se duplica en volumen. Por ejemplo, los árboles de mara macho en Tingo María, Perú, alcanzaron una altura de 14 a 16 m en seis años (Wadsworth 2000). Con estos resultados las proyecciones de volumen en 30 años son de  $2,18 \text{ m}^3/\text{ha}$ , lo cual es el doble a lo que generalmente se obtiene en condiciones naturales ( $0,75 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) (Vidaurre 1997).

En los sistemas agroforestales esta especie tiene la capacidad de fijar nitrógeno, presenta un rápido crecimiento, un buen sistema radicular y una copa medianamente amplia. Es recomendable hacer transplante de plántones de 3-5 meses de edad, siendo una especie que soporta el transporte a raíz desnuda, aunque mientras más viejos los plántones la supervivencia tiende a bajar.



## Agradecimientos

Esta compilación se hizo gracias al apoyo de BOLFOR II, un proyecto financiado por USAID y ejecutado por TNC. Se agradece también a la Superintendencia Forestal que sin ningún condicionamiento ofreció la información de los censos de las empresas donde se distribuye esta especie. Un especial agradecimiento a Guido Vasquez por tomar parte de la información de campo y a Marisol Toledo por la revisión y sus comentarios al presente documento.





## Bibliografía

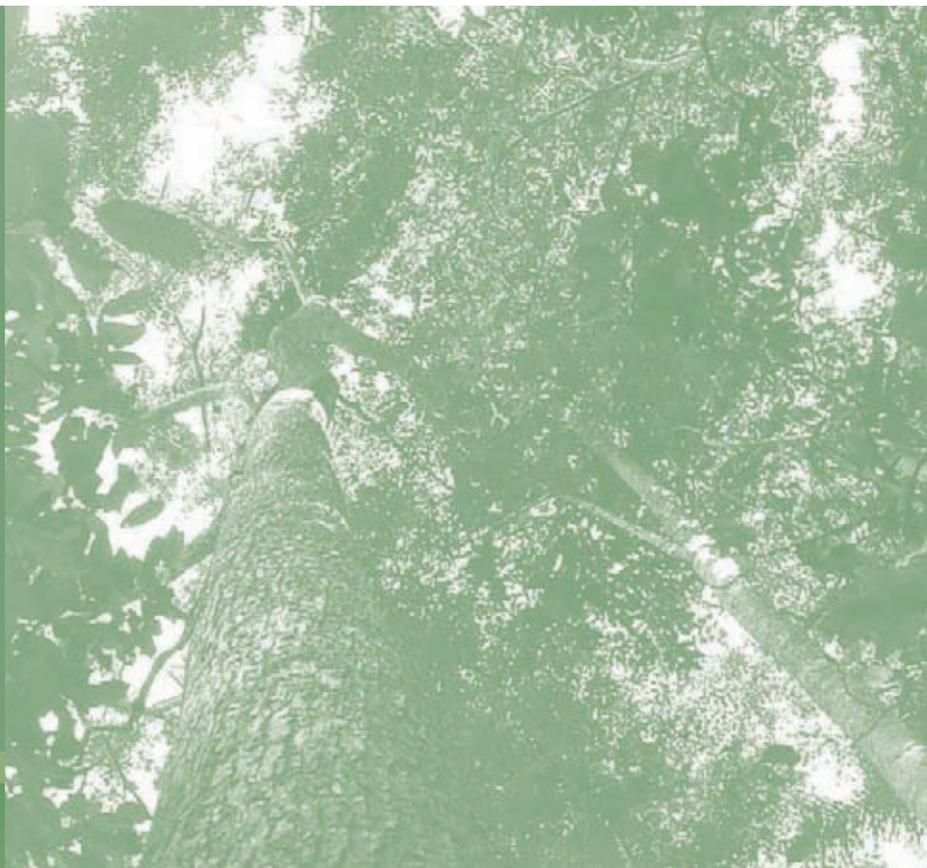
- Arostegui, A. & M. Díaz. 1992. Propagación de especies forestales nativas promisorias en Jenaro Herrera. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú.
- Brienen, R., P. Zuidema & J. Leigue. 2003. Recuperación del volumen de madera bajo diferentes ciclos de corta: resultados de simulaciones para seis especies maderables en el norte de Bolivia. Programa de Manejo de Bosques de la Amazonía Boliviana (PROMAB), Riberalta, Beni, Bolivia.
- Brienen, R. 2005. Tree Rings in the Tropics: A study on growth and ages of Bolivian rain forest trees. PROMAB, Riberalta, Bolivia.
- Dauber, E., T. S. Fredericksen, M. Peña-Claros, C. Leño, J. C. Licona & F. Contreras. 2003. Tasas de incremento diamétrico, mortalidad y reclutamiento con base en las parcelas permanentes instaladas en diferentes regiones de Bolivia. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible, BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Fearnside, P. M. 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 90: 59-87.
- Figueiredo, M. & V. Palmeira. 2006. Aspectos morfológicos de frutos, semillas, germinación e plántulas de duas espécies florestais da amazonia. I. *Dinizia excelsa* Ducke (Angelim-Pedra). II *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (Cedrorana) - Leguminosae: Mimosoideae. *Revista Brasileira de Sementes* 28: 54-62.
- Fredericksen, T. S., B. Mostacedo, J. Justiniano & J. Ledezma. 2001. Seed tree retention considerations for uneven-aged management in Bolivian tropical forests. *Journal of Tropical Forest Science* 13: 352-363.
- Murakami, S., O. Llanque & P. Zuidema. 2003. Madera residual en un bosque aprovechado en el norte de Bolivia: evaluación de 6 especies. Programa de Manejo de Bosques de la Amazonia Boliviana (PROMAB), Riberalta, Beni, Bolivia.

- Poorter, L. 1999. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: The relative importance of morphological and physiological traits. *Functional Ecology* 13: 396-410.
- Poorter, L. & Y. Hayashida-Oliver. 2000. Effects of seasonal drought on gap and understorey seedlings in a Bolivian moist forest. *Journal of Tropical Ecology* 16: 481-498.
- Reynel, C., R. T. Pennington, T. D. Pennington, C. Flores & A. Daza. 2003. Árboles Útiles de la Amazonía Peruana: un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. Darwin Initiative y ICRAF, Lima, Perú.
- Superintendencia Forestal. 2005. Informe Anual 2005. Superintendencia Forestal, Santa Cruz, Bolivia.
- Van Rheenen, J., R. Boot, P. Zuidema, M. Werger, M. Ulloa, N. Wieringa, V. Vos & S. Guardia. 2003. Regeneración natural de árboles maderables en un bosque aprovechado en la Amazonía Boliviana: Resultados de estudios y sus implicancias para el manejo sostenible. PROMAB Informe Técnico 6, Riberalta, Beni, Bolivia.
- Van Rheenen, J. 2005. The role of seed trees and seedling regeneration for species maintenance in logged-over forests- a study in the Bolivian Amazon rainforests. PROMAB Scientific Series 9, Riberalta, Bolivia.
- Vidaurre, H. E. 1997. Balance de experiencias silviculturales con *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (Mimosoideae) en la región de Pucallpa, Amazonía Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Iquitos, Perú.

### Socios y beneficiarios - Proyecto BOLFOR II



El Proyecto de manejo forestal sostenible BOLFOR II se desarrolla en el marco de un convenio entre el Gobierno de Bolivia y USAID. Se implementa bajo el liderazgo de The Nature Conservancy (TNC) con las siguientes organizaciones: Centro Amazónico de Desarrollo Forestal (CADEFOR), Tropical Forest Trust (TFT), Consejo Boliviano para la Certificación Forestal Voluntaria (CFV), el Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) y Fundación José Manuel Pando (FJMPando)



República de Bolivia



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

The Nature  
Conservancy 

Conservando la naturaleza.  
Protegiendo la vida.

El Proyecto de manejo forestal sostenible **BOLFOR II** es un esfuerzo conjunto del Gobierno de Bolivia y USAID, ejecutado por TNC.

Este documento ha sido producida gracias al apoyo proporcionado por la Oficina de Medio Ambiente de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional/Bolivia (USAID/Bolivia), bajo los términos del Acuerdo Cooperativo No. 511-A-00-03-00200-00.

Las opiniones expresadas pertenecen a las personas e instituciones que implementan el Proyecto BOLFOR II y no representan necesariamente la opinión de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).