

# Efectos de la dispersión de semillas y tratamientos silviculturales en la regeneración natural de caoba en Belice<sup>1</sup>

**Marcia Toledo-Sotillo**

*Office of Economic Growth and Environment, United States Agency for International Development  
Lima, Perú  
mtoledo@usaid.gov*

**Laura K. Snook**

*CIFOR, Bogor, Indonesia  
Dirección actual: IPGRI, Via dei Tre Denari  
472/a, 00057 Maccaresse, Roma, Italia.  
l.snook@cgiar.org*

Se ha comprobado también que dejar árboles semilleros no es suficiente para asegurar el establecimiento de la regeneración natural de caoba, sino que se requieren tratamientos silviculturales de apertura del dosel para garantizar las condiciones adecuadas para el establecimiento de las plántulas.



Foto: Laura Snook.

<sup>1</sup> Esta publicación representa los puntos de vista de los autores y no necesariamente los del CIFOR.

## Resumen

En el año 2000 se cuantificó la lluvia de semillas y la densidad de la regeneración natural de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en 20 áreas de regeneración de 2712 m<sup>2</sup> a sotavento de árboles semilleros de caoba en un área de corta de 100 ha en bosque natural del noroeste de Belice. En cada área de regeneración se realizó uno de los siguientes tratamientos silviculturales, con cinco réplicas por tratamiento: roza del sotobosque, anillamiento de los árboles residuales, roza y tumba de los árboles residuales y apertura total con tractor de oruga. Se contabilizó la producción de frutos de 57 árboles de caoba mediante el conteo del número de segmentos de las cápsulas que cayeron debajo de la copa en parcelas equivalente al 20% del área de proyección de la copa. La producción varió entre individuos; 47% de los árboles no produjeron frutos. Los árboles con dap >55 cm produjeron 405±90 semillas (9 ± 2 frutos/árbol); los árboles con dap <55 cm produjeron 180±45 semillas (4 ± 1 frutos/árbol). No hubo diferencias en la producción de semillas entre tratamientos silviculturales. Para calcular cuánta semilla cayó en cada área de regeneración, se multiplicó la producción semillera de cada árbol de caoba por la proporción de semillas (30%, 50% o 70%) que se estimaba caería en el área según su ubicación y se sumaron todas para cuantificar la "lluvia de semillas" por área. La regeneración natural de caoba se cuantificó contando el número de plántulas en nueve parcelas de muestreo de 14 m<sup>2</sup> c/u dentro de cada área de regeneración. La densidad de regeneración natural fue significativamente mayor donde se había abierto completamente el dosel por tumba o con maquinaria (p= 0,006). En estas áreas, 37 a 40% de las semillas dieron lugar a plántulas, en comparación con 10% en áreas con anillamiento de árboles residuales y 2% en áreas con roza del sotobosque.

**Palabras claves:** Caoba; *Swietenia macrophylla*; semillas; regeneración natural; producción de semillas; Belice.

## Summary

**Effects of seed dispersal and silvicultural treatments on the natural regeneration of mahogany in Belize.** Seed rain and natural regeneration of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the year 2000 were calculated for 20 natural regeneration areas of 2712 m<sup>2</sup> each downwind of mahogany seed trees in a 100 ha felling compartment in natural forest in the northwest of Belize. In each regeneration area, one of the following silvicultural treatments was performed, with five replicates per treatment: underbrushing, girdling, felling, and bulldozing. Fruit production for 57 mapped mahogany trees was calculated by counting the number of capsule segments that fell in 2 m<sup>2</sup> sample plots equivalent to 20% of the crown projection area underneath the tree crown. Fruit production varied between individuals, and 47% of sampled trees did not produce fruits. Trees of dbh ≥55 cm produced 405 ± 90 seeds (9± 2 fruits/tree) and trees of dbh <55 cm produced 180 ± 45 seeds (4± 1 fruits/tree). There was no significant difference in seed production among silvicultural treatments. To estimate the seed rain on each regeneration area, the seed production of each mapped sample tree was multiplied by the proportion of seeds considered likely, in light of the location of each tree, to fall in the nearby regeneration area (30%, 50% or 70%). These quantities were summed for all the seed sources likely to contribute seed to a particular area. Natural regeneration of mahogany was determined by counting the number of seedlings that became established in nine sample plots of 14 m<sup>2</sup> in each regeneration area. Seedling densities were significantly higher where the canopy had been completely opened (p= 0.006). In these areas, 37 to 40% of the seeds that fell in the area produced seedlings, as compared to 10% in areas that had been subjected to girdling of residual trees, and 2% in areas that had been underbrushed.

**Keywords:** Mahogany; *Swietenia macrophylla*; fruiting; natural regeneration; seed production; Belize.

La caoba (*Swietenia macrophylla* King) es un árbol emergente de los bosques tropicales húmedos desde la Península de Yucatán en México hasta la Región Amazónica (Lamb 1966). Su madera es muy valiosa y reconocida en el mercado internacional; no obstante, el actual nivel de extracción está agotando las poblaciones comerciales de la especie (Blundell y Gullison 2003). Varios estudios indican que en Centroamérica la caoba se regenera naturalmente como respuesta a disturbios catastróficos (Snook 1996) como huracanes (Lamb 1966), seguidos por incendios (Snook 2000, 2003). En la Región Amazónica se han documentado patrones semejantes de regeneración a partir de disturbios catastróficos hidrológicos (Gullison *et al.* 1996). La extracción selectiva de árboles de caoba de rodales donde la mayoría de las especies no son comerciales, impide la regeneración de esta especie porque, por un lado, se extraen las fuentes de semilla y por el otro, no se producen las condiciones de apertura necesarias para la supervivencia de las plántulas (Snook 1996, Fearnside 1997). Como consecuencia, la especie pudiera estar amenazada por la extracción comercial (Rodan y Campbell 1996). En noviembre del 2002 la caoba fue enlistada en el Apéndice II de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (Rodan y Blundell 2003). Según los términos del CITES, a partir de noviembre de 2003 se requiere que los países productores de caoba implementen formas de manejo que aseguren la sostenibilidad de la especie en los bosques de los cuales forma parte. Este estudio sobre la producción de semillas y establecimiento de la regeneración natural de caoba como respuesta a tratamientos silviculturales, es una contribución al proceso que busca desarrollar sistemas sostenibles de manejo para esta especie.

La extracción selectiva de árboles de caoba de rodales donde la mayoría de las especies no son comerciales, impide la regeneración de esta especie porque, por un lado, se extraen las fuentes de semilla y por el otro, no se producen las condiciones de apertura necesarias para la supervivencia de las plántulas.

La caoba es un árbol monoico, de inflorescencias ramificadas unisexuales y florecimiento estacional y simultáneo, que varía con la región. Después de la fertilización (por mecanismos de polinización aun no conocidos), el fruto requiere 9-11 meses para madurar (Pennington *et al.* 1981, Gullison *et al.* 1996). Los frutos de caoba están conformados por cápsulas erguidas de 12-18 cm de largo, compuestos de cinco segmentos. Al madurar el fruto (entre febrero y marzo en Belice), estos segmentos caen directamente al suelo. Las semillas (45/fruto en promedio, según Rodríguez *et al.* 1994) quedan pegadas a la columela del fruto, en la copa del árbol, de donde son dispersadas gradualmente por el viento. El peso promedio de una semilla de caoba (sin alas) en Belice, es de 0,46 g (Whitmore e Hinojosa 1977). Los pocos estudios sobre dispersión de la semilla han documentado que en la selva, la mayoría caen alrededor de 36 m del árbol madre (Gullison *et al.* 1996), pero en áreas abiertas se esparcen a más de 60 m. En el vecino estado de Quintana Roo, México, más del 80% de las semillas cayeron en los cuadrantes NO y SO, a sotavento del árbol madre (Rodríguez *et al.* 1994). Las semillas de la caoba son amargas, pero son comidas por loros

en el árbol (Lamb 1966, Rodríguez *et al.* 1994) y en el suelo por insectos (Wolffsohn 1961, Lamb 1966).

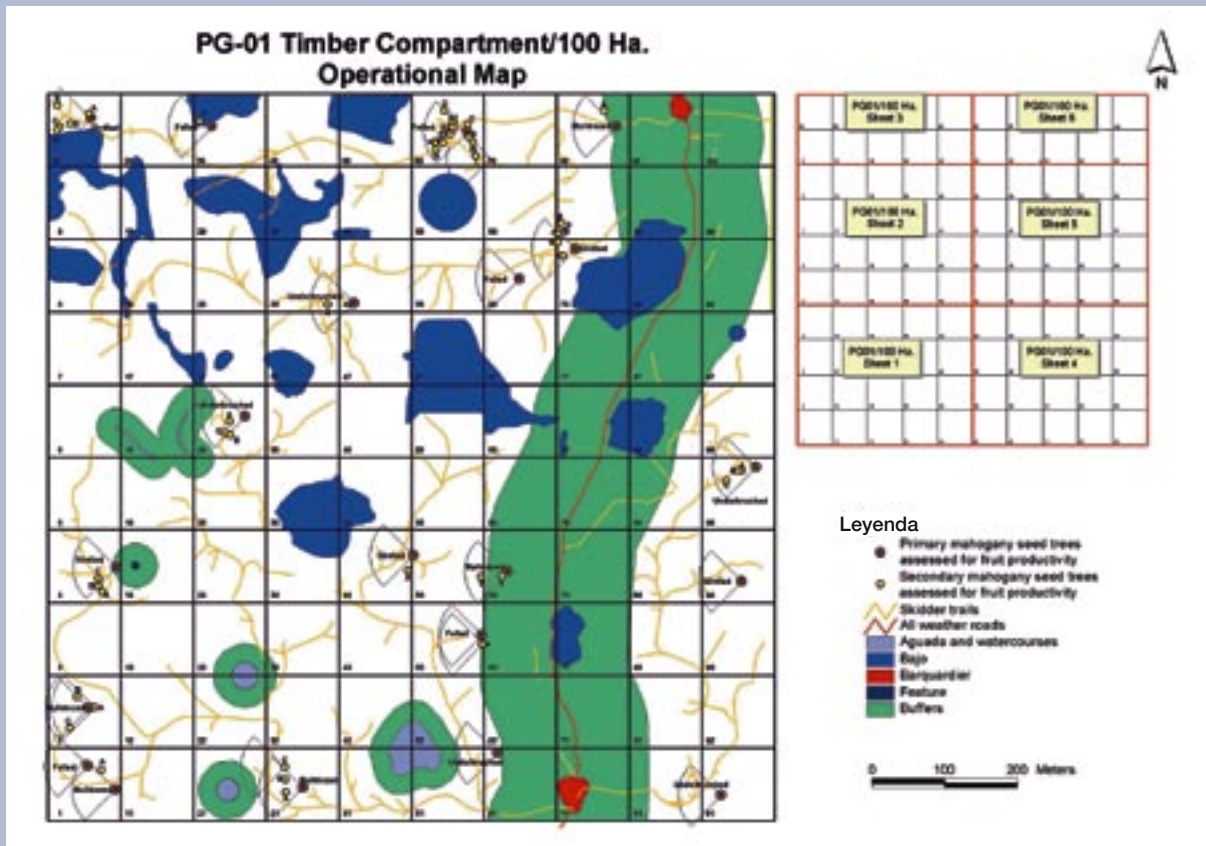
El objetivo de este estudio fue evaluar formas de favorecer el establecimiento de la regeneración natural de caoba, comparando cuatro diferentes tratamientos silviculturales para preparar áreas a sotavento de árboles semilleros. El estudio amplía y complementa estudios previos sobre regeneración natural alrededor de un árbol en México (Rodríguez *et al.* 1994) y a sotavento de diez árboles en Belice (Wolffsohn 1961).

## Métodos

### Área y establecimiento del estudio

El estudio se realizó dentro de la Selva Maya, cerca de la Estación Hill Bank (88°42'O, 17°36'N), en el Área de Conservación y Manejo Río Bravo (RBCMA), Belice (ver Fig. 1 de Sabido y Novelo –pag. 53- en este número). La precipitación es de aproximadamente 1600 mm/año, aunque varía de un año a otro, con una época seca de enero o febrero a mayo. Es una zona donde los huracanes, los incendios y la agricultura han afectado a los bosques durante siglos (Weaver y Sabido 1997), lo que crea condiciones que favorecen la regeneración de la caoba (Lamb 1966, Snook 2003). Los suelos se derivan de materia calcárea y la elevación promedio es de unos 20 msnm. La selva en esta zona es clasificada como 'subtropical', dominada por especies como *Pouteria reticulata*, *Aspidosperma cruenta*, *Manilkara chicle*, *Sabal mauritiformis*, *Atalea cohune*, *Ampelocera hottlei* y *Terminalia amazonia*. La caoba es relativamente abundante, a pesar de una larga historia de aprovechamiento (Whitman *et al.* 1997, Brokaw *et al.* 1999, Weaver y Sabido 1997, Sabido y Novelo –pag. 53- en este número).

Los experimentos se establecieron en el área de corta llamada "Punta Gorda 01", dentro del área de manejo y extracción forestal de la RBCMA (Sabido y Novelo, –pag.



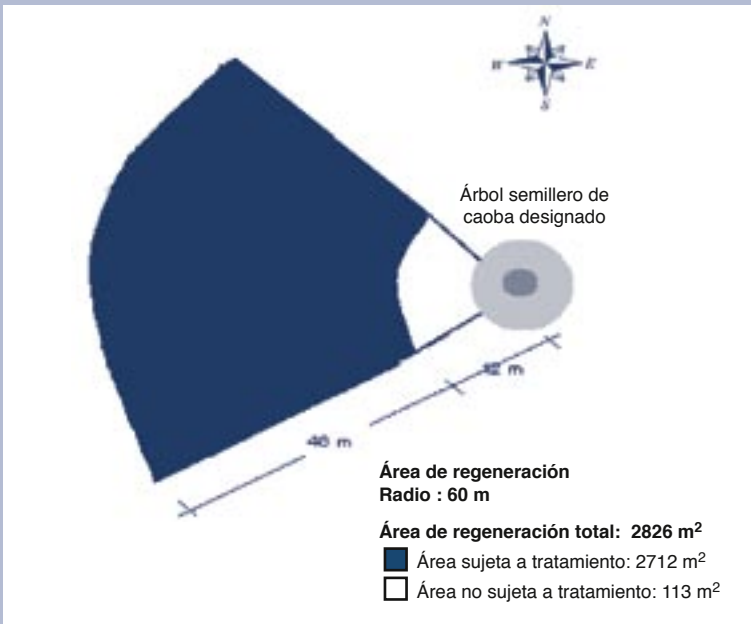
**Figura 1.** Porción del área de corta experimental Punta Gorda 01, Área de Conservación y Manejo Río Bravo, Belice. Los puntos rojos son árboles semilleros de caoba. Los cuartos de círculo representan las áreas de regeneración a sotavento de los árboles, donde se calculaba que iba a caer la mayor parte de la semilla. Los puntos amarillos son árboles de caoba cuyas semillas podrían caer en el área de regeneración. Los tratamientos representados en este mapa son: “bulldozed” (apertura mecánica con tractor de oruga), “felled” (tumbado), y “girdled” (anillamiento). Las líneas amarillentas son pistas de extracción. Las áreas verdes son áreas de protección.

53- en este número). En esta área de 100 ha, se registraron todos los árboles >30 cm (Sabido y Novelo –pag. 53- en este número). Además, mediante el SIG se registró el “área de regeneración” de todos los árboles de caoba en el área (Fig. 1). Estas son áreas de un cuarto de círculo de 60 m de radio (2826 m<sup>2</sup>) a sotavento (oeste) de cada árbol, en donde se espera que caigan las semillas, por ser esa la dirección de los vientos predominantes. Se seleccionaron 20 árboles de caoba comerciales como semilleros y se delimitaron en el bosque sus sombras de semillas (Fig. 2). En 1997, un aprovechamiento comercial que extrajo 183 árboles de 15 especies

logró abrir solamente 6%, en promedio, de estas áreas (Robinson 1998), lo que se consideraba inadecuado para favorecer la regeneración de la caoba. Para crear condiciones más favorables, en 1998 se aplicaron cuatro diferentes tratamientos silviculturales (cinco áreas por tratamiento). Los tratamientos se aplicaron solamente a 2712 m<sup>2</sup> de cada área, y se iniciaron a un radio de 12 m del árbol semillero para evitar dañarlo (Fig. 2). Tales tratamientos fueron:

- 1) Roza del sotobosque: se cortaron a la base y con machete, todas las plantas de <10 cm dap; todos los árboles de mayores dimensiones quedaron en pie.

- 2) Anillamiento: se removió la corteza, cortando el cambium en una banda de 25 cm de ancho, para causar la muerte gradual de todos los árboles residuales de ≥10 cm dap. No se dio tratamiento a las plantas menores.
- 3) Tumba: se rozaron las plantas del sotobosque (igual que en el tratamiento 1) y se tumbaron los árboles residuales: se extrajeron algunos y se amontonaron los demás (por ejemplo las palmas *Atelea*).
- 4) Mecánico: se realizó una limpieza total del área utilizando un tractor oruga para desenraizar todos los árboles residuales y empujarlos fuera del área (Fig. 3).



**Figura 2.** Representación esquemática del área de regeneración con 60 m de radio a sotavento del árbol semillero de caoba (no a escala).



Foto: Laura Snook.

**Figura 3.** La apertura con maquinaria desenraizó los árboles residuales; el suelo quedó completamente limpio. Las hojas que se ven en la foto son de una caoba plantada, parte de otro experimento en la misma área.

### Colecta de datos

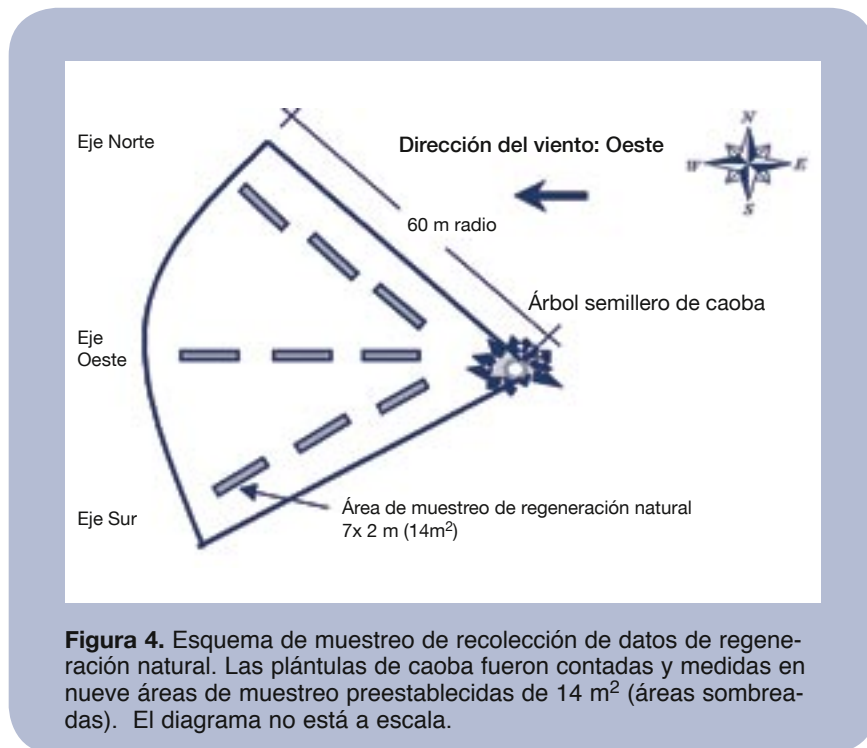
Uno de los árboles semilleros murió antes de la colecta de datos. En junio de 2000 se midieron y se cuantificó la producción de semillas a los 19 árboles semilleros restantes y de 38 árboles de caoba vecinos que se consideraba podrían dispersar semilla en alguna de las áreas de regeneración. Con cinta diamétrica se midió el diámetro del árbol, y con un clinómetro y cinta de medición se midió, desde una distancia de 30 m, la altura total y la altura de la base de la copa. Se midieron dos diámetros de la copa (ver Cámara-Cabrales y Snook –pag. 60- en este número, Snook *et al.* 2005) para calcular el área de proyección de la copa (APC) usando la fórmula de la elipse  $(L/2+W/2)^2 * \pi$ . La producción de frutos se calculó con base al número de segmentos de cápsulas encontrados debajo del árbol, en parcelas de muestreo de 2 x 1 m, sumando un área total equivalente al 15-20% del APC. Las parcelas se ubicaron dentro del APC mediante estratificación al azar. En agosto del 2000, dos meses después de iniciada la temporada de lluvias, se contabilizó la regeneración natural de caoba en nueve parcelas de muestreo preestablecidas de 7 m x 2 m ubicadas a lo largo de tres ejes (norte, oeste y sur) en cada área de regeneración (Fig. 4). Fue posible identificar las plántulas del año 2000 porque las del año anterior ya se habían marcado.

### Análisis de datos

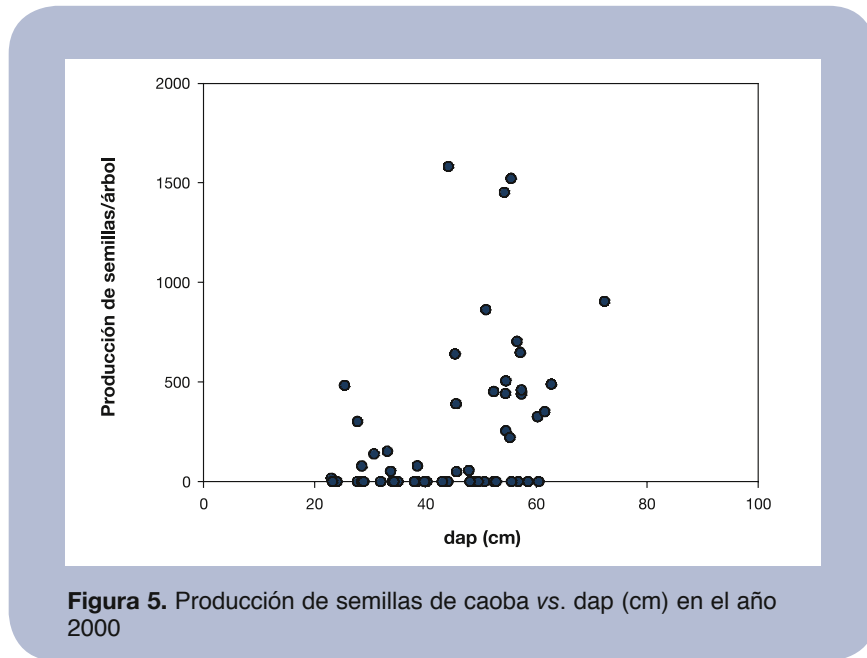
El número de segmentos por metro cuadrado muestreado se multiplicó por el APC para calcular el número total debajo de cada árbol. El número de frutos por árbol se calculó dividiendo el número total de segmentos entre los cinco segmentos por fruto; se estimó un promedio de 45 semillas por fruto (Rodríguez *et al.* 1994). Para estimar la lluvia de semillas que cayó en cada área de regeneración, se sumaron las cantidades de semillas producidas por el árbol semillero y los árboles vecinos

que probablemente arrojaron semilla en el área. Con base en estudios existentes sobre la dispersión de semillas de caoba (Rodríguez *et al.* 1994, Gullison *et al.* 1996, Grogan *et al.* 2003), se estimó que en el área de regeneración ubicada a sotavento del árbol muestreado caerían 70% de las semillas del árbol semillero designado, 50% de las semillas de árboles vecinos ubicados al norte o al sur del área hasta 30 m al oeste del árbol semillero y solamente 30% de las semillas de árboles vecinos ubicados más hacia el oeste del área. En cinco áreas de regeneración no se registró lluvia de semillas; por lo tanto no hubo distribución normal de los datos. Se aplicaron análisis de Kruskal-Wallis para evaluar posibles diferencias en la lluvia de semillas según los tratamientos silviculturales.

Para estimar la densidad promedio de plántulas de caoba por metro cuadrado en cada área de regeneración se calculó, entre las nueve parcelas en cada área de regeneración, el promedio del número de plántulas por parcela de 14 m<sup>2</sup> y se extrapoló a la densidad por 100 m<sup>2</sup> multiplicándolo por 7,14. Luego se calculó la densidad media de regeneración natural de plántulas/100 m<sup>2</sup> entre las cinco áreas de regeneración de cada tratamiento. En siete áreas de regeneración no se encontraron plántulas de regeneración natural; como resultado, los datos no presentaron una distribución normal. Por lo tanto, se realizaron pruebas de Kruskal-Wallis para comparar la regeneración natural a partir de los diferentes tratamientos silviculturales. Todos los datos fueron transformados a sus logaritmos antes de analizarse, para igualar sus varianzas. Los análisis fueron realizados usando Systat 7.01 (SPSS 1997); Sigma Stat para Windows versión 2.03 SPSS Inc. 1992-1997; Sigma Plot para Windows versión 4.01 SPSS Inc. 2002; S-Plus 2000 de MathSoft Inc. y Microsoft Excel 2000.



**Figura 4.** Esquema de muestreo de recolección de datos de regeneración natural. Las plántulas de caoba fueron contadas y medidas en nueve áreas de muestreo preestablecidas de 14 m<sup>2</sup> (áreas sombreadas). El diagrama no está a escala.



**Figura 5.** Producción de semillas de caoba vs. dap (cm) en el año 2000

## Resultados

### Tamaño del árbol y producción de frutos

La altura media de los árboles de caoba muestreados fue de  $22 \pm 0,6$  m con un rango de 12 a 38 m. El rango del dap fue de 23 a 72 cm, con un promedio de  $45 \pm 2$  cm. Las copas presentaron un

área promedio de proyección de  $87 \pm 6$  m<sup>2</sup>. En el año 2000, la producción de frutos de los 57 árboles varió entre 0 y 35 (0 a 1575 semillas/árbol). Aunque los árboles desde 23 cm dap (0,04 m<sup>2</sup> área basal) ya producían semillas, casi la mitad de los árboles muestreados (47%) no produjeron ningún fruto. Los 19 árboles designados como semi-

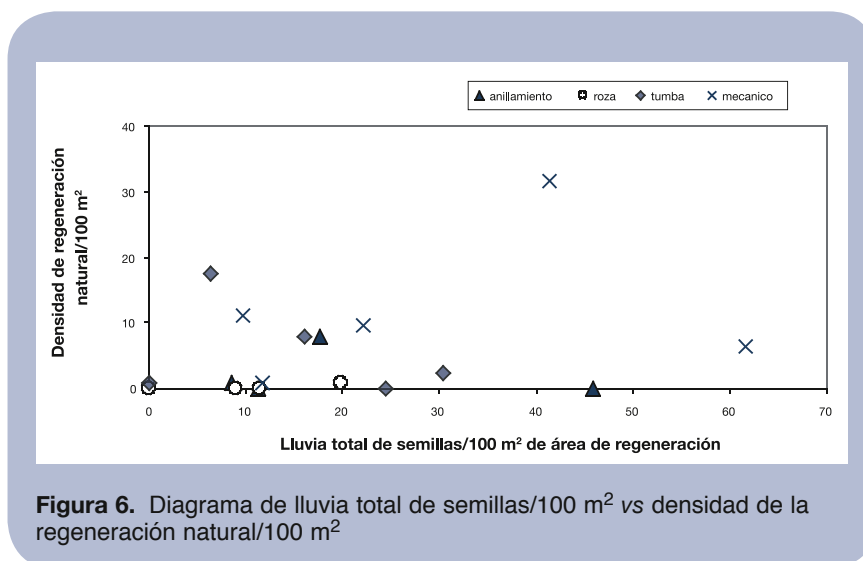
**Cuadro 1.**

Lluvia de semillas promedio y densidad de regeneración natural por tratamiento en el año 2000

Tratamiento	Lluvia total de semillas /100 m <sup>2</sup> (árbol semillero + árboles de caoba vecinos)	Lluvia de semillas del árbol semillero designado /100 m <sup>2</sup>	Promedio de la regeneración natural /100 m <sup>2</sup>	Proporción de semillas que rindieron plántulas (regeneración natural/lluvia total)
Roza del sotobosque	8 ± 4	6 ± 3	0 ± 0	2%
Anillamiento	21 ± 9	9 ± 3	2 ± 2	10%
Tumba	15 ± 6	7 ± 3	6 ± 3	37%
Mecánico	29 ± 10	18 ± 6	12 ± 5	41%

llos tenían un promedio de  $55 \pm 1$  cm dap, y produjeron en promedio  $391 \pm 87$  semillas en el 2000; los 38 árboles de caoba vecinos medían, en promedio,  $40 \pm 2$  cm dap, y produjeron  $177 \pm 61$  semillas. Las diferencias en productividad entre estos dos grupos fueron estadísticamente significativas ( $p= 0,014$ ). Sin embargo, cuando se excluyeron del análisis los árboles que no produjeron frutos, se encontró que la diferencia en el número de frutos por árbol entre las dos clases de tamaño no era significativa ( $p= 0,063$ ). La diferencia entre los dos grupos se debía más bien a una diferencia significativa ( $p=0,012$ ) entre las dos clases en la proporción de árboles que produjeron 0 frutos en el 2000 (59% de árboles  $<55$  cm dap en comparación con el 25% de árboles  $\geq 55$  cm).

El Cuadro 1 y la Fig. 6 indican la lluvia de semillas por 100 m<sup>2</sup> de área de regeneración tratada y la densidad de regeneración natural por tratamiento. La lluvia de semillas varió entre 0 y 62 semillas/100 m<sup>2</sup>. Cinco de los árboles semilleros no produjeron semillas; tres de las áreas de regeneración (dos áreas rozadas, un área tumbada) no recibieron semilla ni de los árboles semilleros designados, ni de árboles vecinos. Aunque se nota que la lluvia de semillas promedio fue mayor en las áreas sujetas al tratamiento más intensivo (apertura con tractor de orugas) y menor en áreas sujetas al tratamiento menos intensivo (roza del sotobosque), las pruebas Kruskal Wallis revelaron que las diferencias en lluvia de semillas entre tratamientos silviculturales

**Figura 6.** Diagrama de lluvia total de semillas/100 m<sup>2</sup> vs densidad de la regeneración natural/100 m<sup>2</sup>

no eran estadísticamente significativas ( $p= 0,248$ ,  $p= 0,506$ , respectivamente), ni entre árboles semilleros designados o considerando todos los árboles fuente de semilla.

La densidad de plántulas de caoba en cada área de regeneración varió entre 0 y 32 plántulas/100 m<sup>2</sup>. No se encontró regeneración natural en siete (37%) de las 19 áreas de regeneración (incluyendo cuatro de las cinco que recibieron el tratamiento de roza del sotobosque, dos de las cuatro áreas donde se aplicó anillamiento, y una de las cinco donde se aplicó tumba), aunque habían caído semillas en el 84% de estas áreas (Fig. 6). La densidad de la regeneración natural varió de forma significativa entre las áreas de regeneración sujetas a los distintos tratamientos silviculturales ( $p= 0,029$ ). La densidad de plántulas en áreas abiertas completamente mediante tumba y apertura mecánica fue significativa-

mente mayor a las densidades encontradas en áreas donde solo se aplicó anillamiento de los árboles residuales, o roza del sotobosque ( $p= 0,006$ ). En áreas abiertas completamente, se calculó que 37-40% de las semillas dieron lugar a plántulas, en comparación con 10% en las áreas abiertas por anillamiento del arbolado residual y 2% en áreas sujetas solamente a la roza del sotobosque (Cuadro 1).

### Discusión y conclusiones

Al igual como se ha documentado en otros estudios (Snook *et al.* 2005, Cámara-Cabrales y Snook –pag. 60- en este número), es probable que los árboles con diámetros mayores sean los que produzcan más semillas al año. Esto revela lo positivo de la práctica actual del Programa para Belice, de dejar 20 árboles de caoba de tamaño comercial como semilleros en cada área de corta de 100 ha. Sin embargo,

se requieren más estudios para saber si esta densidad de árboles semilleros provee las semillas suficientes para asegurar la regeneración natural en un área de este tamaño. Por otra parte, la variabilidad entre árboles y

la proporción relativamente alta de árboles que no produjeron semillas en el año del estudio revela que no se puede estar seguro de la producción semillera de un árbol dado en un año en particular.

## Literatura citada

- Blundell, AG; Gullison; RE. 2003. Poor regulatory capacity limits the ability of science to influence the management of mahogany. *Forest Policy & Economics*. 5:395-405.
- Brokaw, NVL; Whitman, A; Wilson, R; Hagan, JM; Bird, N; Mallory, EL; Snook, LK; Martins, PJ; Novelo, D; White, D; Losos, E. 1999. Hacia una silvicultura sustentable en Belice. *In* Primack, RB; Bray, D; Galletti, HA; Ponciano, I. eds. *La Selva Maya: conservación y desarrollo*. México, DF., Siglo XXI. p. 267-284.
- Cámara-Cabrales, L; Snook, LK. 2005. Producción de semillas de caoba. Patrones de variación e implicaciones para la sostenibilidad. *Recursos Naturales y Ambiente* no. 44:60-67.
- Fearnside, P. 1997. Protection of mahogany: A catalytic species in the destruction of rain forests in the American tropics. *Environmental Conservation* 24(4): 303-306.
- Grogan, J; Galvao, J; Simoes, L; Verissimo, A. 2003. Regeneration of big-leaf mahogany in closed and logged forests of southeastern Para, Brazil. *In* Lugo, A; Figueroa-Colon, J; Alayon, M. eds. *Big-leaf mahogany ecology, genetics and management*. New York, Springer-Verlag. p. 193-208. (Ecological Studies 159).
- Gullison, RE; Panfil, SS; Strouse, JJ; Hubbell, SP. 1996. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanes Forest, Beni, Bolivia. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 9-34.
- Lamb, FB. 1966. *Mahogany of Tropical America: its ecology and management*. Ann Arbor, University of Michigan Press.
- Pennington, TD; Styles, BT; Taylor, DAH. 1981. Meliaceae. *Flora Neotropica*. Monograph 28:472.
- Robinson, C. 1998. Selective logging and sustainable silviculture at the Rio Bravo Conservation and Management Area in Northwestern Belize. Master's project. Durham, NC., Duke University, Nicholas School of the Environment. 37 p.
- Rodríguez S, B; Chavelas P, J; García C, X. 1994. Dispersión de semillas y establecimiento de caoba (*Swietenia macrophylla*) después de un tratamiento mecánico del sitio. *In* Snook, L; Barrera de Jorgenson, A. eds. *Madera, chicle, caza y milpa: contribuciones al manejo integral de las selvas de Quintana Roo, México*. p. 81-90.
- Rodan, B; Campbell, F. 1996. CITES and the sustainable management of *Swietenia macrophylla* King. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 83-87.
- Rodan, B; Blundell, A. 2003. Can sustainable mahogany stem from CITES science? *Bioscience* 53(7): 619.
- Sabido, W; Novelo, D. La caoba y el manejo forestal sostenible en Belice. *Recursos Naturales y Ambiente* no. 44:53-59.
- Snook, L. 1996. Catastrophic disturbance, logging and the ecology of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) grounds for listing a major tropical timber species in CITES. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 35-46.
- Snook, L. 1999. Aprovechamiento sostenido de caoba (*Swietenia macrophylla* King) de las selvas de la península de Yucatán, México: pasado, presente y futuro. *In* Primack, RB; Bray, D; Galletti, HA; Ponciano, I. eds. *La Selva Maya: conservación y desarrollo*. México, DF., Siglo XXI. p. 89-119.
- Snook, L. 2000. Regeneración y crecimiento de la caoba en las selvas naturales de Quintana Roo. *Ciencia Forestal en México* 86: 59-76.
- Snook, L. 2003. Regeneration, growth and sustainability of mahogany in Mexico's Yucatan forests. *In* Lugo, A; Figueroa-Colon, J; Alayon, M. eds. *Big-leaf mahogany ecology, genetics and management*. New York, Springer-Verlag. p. 169-192. (Ecological Studies 159).
- Snook, L; Cámara-Cabrales, L; Keltly, M. 2005. Six years of fruit production by mahogany trees (*Swietenia macrophylla* King): Patterns of variation and implications for sustainability. *Forest Ecology and Management* 206:221-235.
- Snook, LK; Negreros-Castillo, P; O'Connor, J. 2005. Supervivencia y crecimiento de plántulas de caoba en aperturas creadas en la Selva Maya de Belice y México. *Recursos Naturales y Ambiente* no.44:91-99.
- Weaver, P; Sabido, O. 1997. *Mahogany in Belize: A historical perspective*. Asheville, NC, US. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. General Technical Report IITF-2. 31p.
- Whitman, A; Brokaw, N; Hagan, JM. 1997. Forest damage caused by selection logging of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in northern Belize. *Forest Ecology and Management* 92: 87-96.
- Whitmore, J; Hinojosa, E. 1977. Mahogany (*Swietenia*) hybrids. *Forest Service Research Paper ITF* 23. 8 p.
- Wolffsohn, A. L. A. 1961. An experiment concerning mahogany germination. *Empire Forestry Review* 40(1): 71-72.

Se ha comprobado también que dejar árboles semilleros no es suficiente para asegurar el establecimiento de la regeneración natural de caoba, sino que se requieren tratamientos silviculturales de apertura del dosel para garantizar las condiciones adecuadas para el establecimiento de las plántulas. Estos resultados corresponden a observaciones previas de la abundante regeneración natural en áreas abiertas (Snook 2003). Cerca del 40% de las semillas lograron germinar y establecerse en áreas completamente abiertas aun dos años después de los tratamientos, cuando se había establecido una alta densidad de plántulas de regeneración natural de otras especies. En Belice, la limpieza con tractor de oruga es la manera más barata de crear aperturas, aunque se pueden generar condiciones similares con la roza-tumba-quema, que es más barata que el uso de maquinaria en los bosques de México (ver Snook *et al.* –pag. 91- en este número).

## Agradecimientos

Este estudio se realizó con la ayuda del Programme for Belize (Pfb). El financiamiento para realizar los tratamientos silviculturales se obtuvo de una donación al Pfb de la Unión Europea. Muchas gracias a Joshua Cohen por supervisar el establecimiento de los tratamientos; y a Ram Oren y Dan Richter de la Nicholas School of the Environment, Duke University por su apoyo. El financiamiento para la recolección de los datos fue generosamente proporcionado por el Centro Internacional de Investigaciones Forestales (CIFOR), el Banco Interamericano de Desarrollo, Duke Latin American Studies Travel Award y Environmental Internship Fund de la Nicholas School of the Environment, Duke University. Muchas gracias a toda la gente del Pfb que ayudó con la recolección de datos, especialmente a Annel Matus e Indalecio Vallejos. Agradecemos también a Manuel Guariguata por sus valiosos comentarios y sugerencias.