

Supervivencia y crecimiento de caoba en claros post-extracción en Belice, a partir de semillas y plántulas¹

Laura K. Snook

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

Haris Iskandar

*CIFOR, Bogor, Indonesia
h.iskandar@cgiar.org*

Jeffrey Chow

*Resources for the Future, Washington, DC, EUA
Chow@rff.org*

Joshua Cohen

*Michigan Natural Heritage Program,
Michigan, EUA
cohenjo@michigan.gov*

Jennifer O'Connor

*Mt. Hood National Forest, USDA Forest
Service, Oregon, EUA
jmoconnor@fs.fed.us*

Para asegurar el aprovechamiento sostenible de árboles de caoba, hay que asegurar el establecimiento de nuevos árboles que replacen a los que se extraen. La caoba requiere de luz para sobrevivir, pero no se sabe hasta qué grado los claros producidos por la extracción podrían brindar esas condiciones.



Foto: Laura Snook.

¹ Esta publicación representa los puntos de vista de los autores y no necesariamente los del CIFOR

Resumen

Con el fin de evaluar la factibilidad de asegurar la regeneración de la caoba mediante el enriquecimiento de claros producidos por la extracción de árboles, se llevaron a cabo dos experimentos en 'Rio Bravo Conservation and Management Area', Belice. En uno, se sembraron 50 semillas de caoba en una parcela de 5 m x 5 m en el centro de cada uno de 30 claros unos meses después del aprovechamiento comercial. En el otro, se plantaron nueve plántulas de caoba en una parcela de 5 m x 5 m en el centro de cada uno de 60 claros a un año y unos meses después del aprovechamiento comercial. Se midieron las alturas de las plántulas de caoba a intervalos hasta 4 años después. Para los dos experimentos, se seleccionaron cinco claros en seis categorías de tamaño desde <math><100\text{ m}^2</math> hasta $>400\text{ m}^2$. El área de cada claro se calculó con base en mediciones de cuatro o más radios desde el centro hasta el borde. En 33 claros, las mediciones de área se hicieron en 1998, a pocos meses de su creación, y una segunda vez en 2002. Cuatro años después $15 \pm 2\%$ de las semillas sembradas estaban representadas por plántulas de caoba, y $41 \pm 4\%$ de las plántulas plantadas sobrevivían. La supervivencia no reflejaba el tamaño inicial del claro, pero el crecimiento sí ($p = 0,002$; $R^2 = 0,129$). En cuatro años, las plántulas derivadas de semilla en claros nuevos habían alcanzado un promedio de 96 ± 8 cm; las plántulas plantadas en claros de >1 año alcanzaron 97 ± 5 cm en claros <math><400\text{ m}^2</math> y 138 ± 17 cm en claros $>400\text{ m}^2$. A los cuatro años, el tamaño de los claros remedidos se había reducido en un $91 \pm 2\%$, debido al crecimiento de ramas, árboles quebrados y plantas en el centro del claro, los cuales crearon un nuevo dosel de $8 \pm 0,5$ m de altura. No es seguro que los arbolitos de caoba sobrevivan bajo estas condiciones.

Palabras claves: Caoba; *Swietenia macrophylla*; regeneración; crecimiento; claros; enriquecimiento; siembra; Belice.

Summary

Survival and growth of mahogany from seed and seedlings in post-harvest felling gaps. To evaluate the feasibility of ensuring the regeneration of mahogany through enrichment of felling gaps after logging, two experiments were carried out in the Rio Bravo Conservation and Management Area in Belize. In one, 50 mahogany seeds were sown in a 5m x 5m plot in the center of each of 30 gaps, four months after a commercial harvesting operation. In another, nine mahogany seedlings were planted in a 5m x 5m plot in the center of each of 60 gaps, 1 year and 4 months after a commercial harvest. The heights of the mahogany seedlings were measured periodically to four years later. In both experiments, five felling gaps had been selected within each of 6 size classes from <math><100\text{ m}^2</math> to $>400\text{ m}^2$. The areas of the gaps were determined from measurements of four or more radii from the center to the edge. In 33 felling gaps, measurements were made in 1998, immediately after the harvesting operation, and repeated in 2002. Four years after sowing, $15 \pm 2\%$ of the sown mahogany seed were represented by a mahogany seedling, while $41 \pm 4\%$ of the planted seedlings survived. Rates of survival did not reflect the initial size of felling gaps, but growth did ($p = 0.002$, $R^2 = 0.129$). In four years, the seedlings grown from seed in new felling gaps had achieved average heights of 96 ± 8 cm; seedlings planted in gaps >1 year old had achieved heights of 97 ± 5 cm in gaps <math><400\text{ m}^2</math> y 138 ± 17 cm in gaps $>400\text{ m}^2$. Over the four years, the size of re-measured clearings had been reduced by $91 \pm 2\%$ due to the growth of branches, broken trees, and seedlings in the center of the clearing, which created a new canopy averaging 8 ± 0.5 m in height. It is not clear that the mahogany seedlings will survive over the longer term under these conditions.

Keywords: Mahogany; *Swietenia macrophylla*; regeneration; growth; enrichment; seedling; gaps; Belize.

Para asegurar el aprovechamiento sostenible de árboles de caoba, hay que asegurar el establecimiento de nuevos árboles que replacen a los que se extraen. La forma más económica de asegurar la regeneración de la caoba es sembrar semillas o plantar plántulas en los claros que se abren al tumar y extraer árboles durante un aprovechamiento comercial, aunque típicamente estas aperturas no cubren más del 2-3% del área aprovechada (Whitman *et al.* 1997, Dickinson *et al.* 2000). En Quintana Roo, México, este tipo de plantación de enriquecimiento se ha llevado a cabo en las áreas de aprovechamiento desde décadas (ver Argüelles *et al.* -pag. 45-, Santos *et al.* -pag. 27-, Chan -pag. 37- en este número; además, Negreros-Castillo y Mize 2003). Los resultados de estas inversiones no se han monitoreado de forma sistemática; el único estudio que se conoce evaluó, unos años después de su plantación, la supervivencia de plántulas en áreas enriquecidas unos años antes. Los autores estimaron una tasa de supervivencia de 22% de las plántulas de caoba que calcularon, se habían plantado en estos sitios previamente (Negreros-Castillo y Mize 2003). Otras observaciones llevadas a cabo 10-15 años después de las plantaciones de enriquecimiento, se mencionan en Argüelles *et al.* -pag. 45- en este número.

Se reconoce que la caoba requiere de luz para sobrevivir (ver Snook, Negreros-Castillo y O'Connor -pag. 91-, en este número), pero no se sabe hasta qué grado los claros producidos por la extracción podrían brindar esas condiciones. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de sembrar semillas o plantar plántulas de caoba en los claros que resultan de la extracción comercial de árboles. Un segundo objetivo era ver si la supervivencia y crecimiento de la caoba variaba según el tamaño del claro.

Métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en dos áreas de aprovechamiento cerca de la estación de Hill Bank (88°2' O, 17°36' N) en la zona de aprovechamiento maderero de 'Rio Bravo Conservation and Management Area' (Área de Manejo y Conservación Río Bravo (RBCMA), Belice), la cual es manejada por el 'Programme for Belize' (Pfb) (ver Fig. 1 en Sabido y Novelo -pag. 53- en este número y Brokaw *et al.* 1999). En el área conocida como "West Botes -20 and Extension" (WB-20), durante los primeros meses de 1998 se aprovecharon 520 árboles de diez especies, los cuales se tumbaron y extrajeron con tractor (arrastradora) forestal de llantas. En el área conocida como "West Botes 01" (WB-01), a principios de 1999 se aprovecharon cinco especies; los troncos fueron arrastrados con tractor agrícola, o con caballos.

Establecimiento de los experimentos

Después del aprovechamiento de 1998 en WB-20, se midieron 39 claros con

el método de Brokaw (1982; ver adelante). Se escogieron seis claros experimentales en cada una de cinco categorías de tamaño (<100 m², 100-199 m², 200-299 m², 300-399 m² y ≥400 m²; Fig. 1). En agosto de 1998 se sembraron dos semillas cerca de la base de 25 estacas establecidas a intervalos de 1 m x 1 m en una parcela de 5 m x 5 m en el centro de cada claro. En junio de 1999 se visitaron los claros, pero no había salido ninguna plántula de caoba debido, probablemente, a que las semillas ya habían perdido su viabilidad cuando se sembraron (Morris *et al.* 2000).

Para el segundo intento se usaron plántulas de caoba producidas en 1999 de semillas caídas ese mismo año y sembradas en bolsas en vivero entre marzo y abril. Ese mismo año se aumentó a 60 el número de claros experimentales, pero se mantuvieron las mismas categorías de tamaño. Entre junio y julio 1999, se plantaron nueve plántulas en el centro de cada uno de los 60 claros en WB-20, en tres líneas de tres plántulas, a 2,5 m de distancia una de la otra, dentro de un cuadro de 5 m x 5 m. Después del transplante,

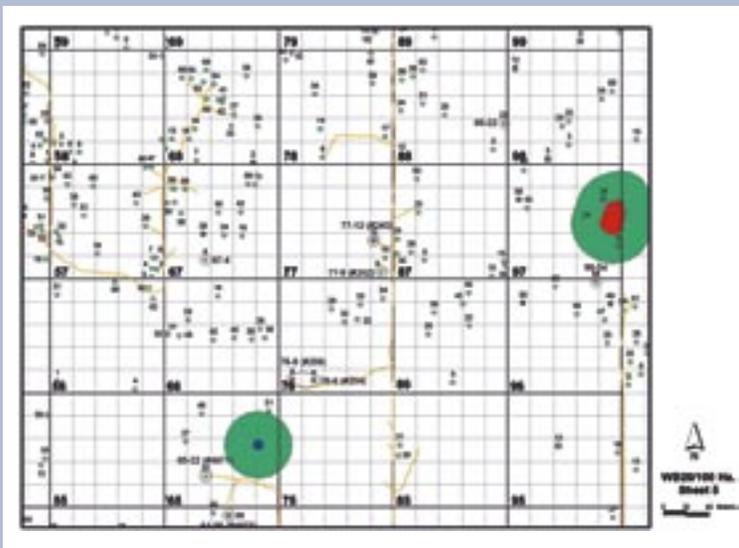


Figura 1. Parte del compartimiento WB-20 donde se aprecian los claros de uno o varios árboles extraídos (rodeados de líneas negras). Los puntos rojos son árboles de caoba. Círculos alrededor de los puntos rojos indican árboles semilleros.

cada plántula fue numerada y se midió con cinta métrica la altura hasta la base de la hoja más alta. Las plántulas tenían entre 6 cm y 30 cm de altura, con un promedio de 16 cm. No se hizo ningún tratamiento del sitio antes de plantarlas.

El mismo año, en el compartimiento WB-01 se midieron y seleccionaron 30 claros de los que se crearon con el aprovechamiento de 1999, seis en cada categoría de tamaño. En el centro de cada claro se estableció una parcela de 5 m x 5 m con 25 estacas a intervalos de 1 m x 1 m. Cerca de la base de cada estaca se sembraron dos semillas de caoba en junio de 1999 (Cuadro 1). No se hizo ningún tratamiento del sitio antes de sembrarlas.

Las alturas de todas las plántulas, hasta la base de la hoja más alta, se volvieron a medir con cinta métrica entre mayo y julio del 2000, 2001, 2002 y 2003.

Medición del tamaño de los claros

En 1998 se midió el tamaño de 39 claros en WB-20 mediante la técnica descrita por Brokaw (1982). Desde un punto central en cada claro se midieron 16 radios, empezando hacia el norte, uno a cada 22,5 grados de brújula, alrededor del claro, con un *'laser range finder'* Impulse®. Para asegurarse de medir hasta el borde mismo del claro, se ubicó una persona justo debajo del follaje que marcaba el fin del claro. Para calcular el área del claro, se dibujó cada uno a escala en papel gráfico con base en los 16 radios, conectando los puntos terminales de cada radio con el siguiente mediante líneas rectas (Fig. 2). Cada polígono de papel se recortó con una hoja de afeitar y se pesó en una escala con precisión de 1/100 g. Al conocer el área y el peso de una hoja de papel completa, se pudo calcular el área del polígono como una proporción del peso del polígono al peso de la

Cuadro 1.
Claros post-extracción enriquecidos con caoba

Área de aprovechamiento	West Botes 1	West Botes 20
Fecha de aprovechamiento	1-2/1999	1-2/1998
Fecha de enriquecimiento	6-7/1999	6-7/1999
Tipo de enriquecimiento	50 semillas en 25 m ²	9 plántulas en 25 m ²
Categoría de tamaño (m ²)	Número de claros	
0 - 100	6	11
100 - 200	6	13
200 - 300	6	13
300 - 400	8	11
400+	4*	12
Total	30	60

* La extracción selectiva en esta área produjo pocos claros grandes.

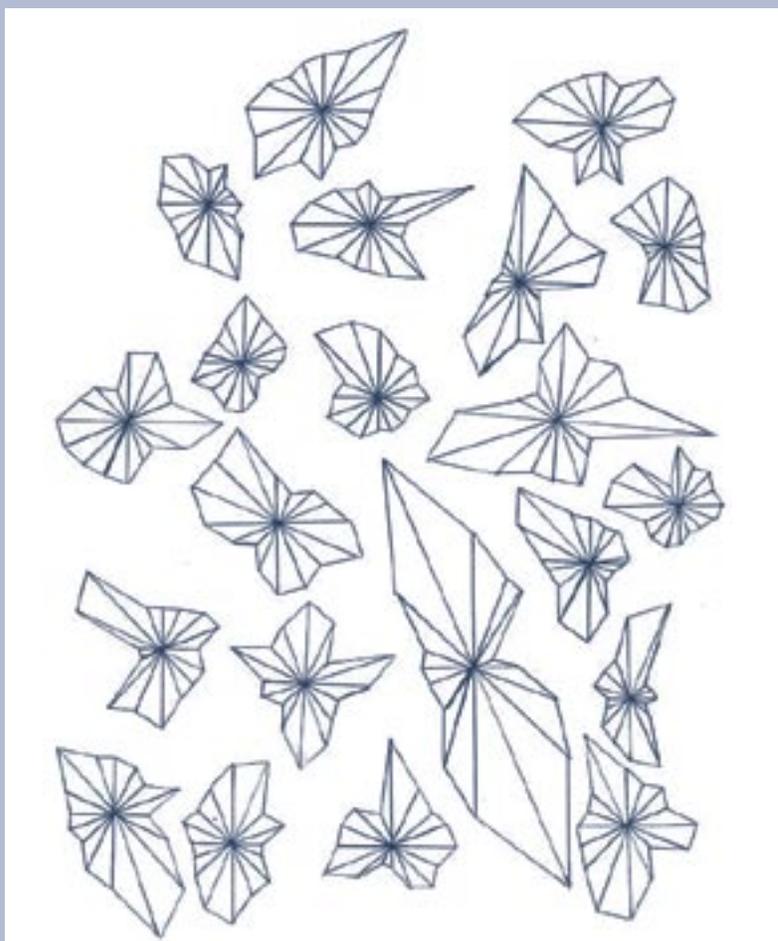


Figura 2. Diagramas de claros post-extracción, dibujados a partir de 16 radios medidos en el campo.
Fuente: Cohen (1999)



Figura 3. Claro post-extracción tres años después. La vegetación es más alta que las plántulas de caoba, por lo que éstas no se aprecian

hoja completa. En la medición de 1998 se usó el mismo aparato para medir, además, la altura del dosel alrededor del claro hacia el norte, sur, este y oeste. Los 30 claros seleccionados en 1998 para sembrar y los 30 claros adicionales seleccionados en 1999 se remidieron en 1999, a un año del aprovechamiento y antes de la plantación.

Mediante análisis estadísticos para comparar las estimaciones de área derivadas de los 16 radios, con estimaciones de área derivadas de 4 radios y usando la fórmula para una elipse ($\text{Radio}_1 + \text{Radio}_2/2 * \pi$), se determinó que las diferencias en las estimaciones obtenidas con ambas metodologías no eran estadísticamente significativas a $\alpha = 0,05$. En consecuencia, en 1999

y en 2002, cuando se volvieron a medir los claros, se midieron solamente cuatro radios. Los claros de WB-01 se midieron solamente en 1999, unos cuatro meses después del aprovechamiento y antes de sembrarlos; se usaron cuatro radios y se calculó el área mediante la fórmula de la elipse. En las mediciones de 1998 y 1999 se siguió la definición de Brokaw (1982), quien describió un claro como un “hueco” en el dosel, que se extiende, en promedio, hasta 2 m por encima del suelo. En 2002, cuando los claros tenían cuatro años, la vegetación en el centro del claro había crecido tanto que decidimos levantar la base del “hueco” en el dosel principal hasta un promedio de 3 m sobre el suelo (Fig. 3).

Análisis

Para las semillas, la tasa de establecimiento fue el porcentaje de semillas que dieron lugar a plántulas a los 11 meses de la siembra. La supervivencia fue el porcentaje de las plántulas establecidas que vivían a la última fecha de medición, mientras que el rendimiento fue la proporción de semillas sembradas representada por una plántula en la última medición. Para las plántulas, la supervivencia fue el porcentaje de plántulas plantadas que sobrevivían a la última medición y era equivalente al rendimiento para las semillas. Los porcentajes de supervivencia fueron transformados al arco seno antes de analizarse (Zar 1984).

Para las plántulas derivadas de semillas, el crecimiento se analizó a

partir de la altura. Para las plántulas plantadas, el crecimiento fue la diferencia entre la altura al momento de la plantación y la altura a la última fecha de medición. Alturas y crecimiento fueron transformados al logaritmo antes de analizarlas.

Para entender la dinámica de los claros, se compararon las áreas de los claros de WB-20 de 1998, con las áreas calculadas con base a una remediación de 33 de estos claros cuatro años después. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante procedimientos 'General Linear Models' usando Systat 7.01 (SPSS 1997).

Resultados

Establecimiento y supervivencia

En mayo del 2000, 11 meses después de la siembra de 50 semillas/parcela, $26 \pm 3\%$ de las semillas habían nacido (un promedio de $13 \pm 1,5$ plántulas/parcela). Tres años más tarde, $57 \pm 6\%$ de estas plántulas aun sobrevivían. Análisis estadísticos revelaron que ni la variabilidad en la tasa de establecimiento observada en el 2000, ni la variabilidad en la tasa de supervivencia hasta el 2003 reflejaba diferencias entre los tamaños de claros en 1999, cuando se sembraron las semillas ($p = 0,694$; $p = 0,856$, respectivamente). En otras palabras, cuatro años después de la siembra, $15 \pm 2\%$ de las semillas sembradas estaban representadas por una plántula: de una densidad de siembra de 50 semillas por parcela, había una densidad promedio de 7,5 plántulas. De los 25 sitios/parcela donde en 1999 se habían sembrado dos semillas por sitio, un promedio de $26 \pm 3\%$ (5 sitios) tenían por lo menos una plántula en el 2003.

La tasa de supervivencia de las plántulas del 2000 al 2003 fue de $57 \pm 3\%$; exactamente la misma que la de las plántulas derivadas de semillas durante el mismo periodo. A cuatro años de la plantación de plántulas, sobrevivían en promedio

$41 \pm 4\%$ de las plántulas plantadas en 1999 (4 de 9). Al igual que sucedió con las plántulas derivadas de semillas sembradas, un análisis estadístico reveló que el tamaño del claro en 1999 no afectó de forma significativa la supervivencia de las plántulas ($p = 0,722$).

Crecimiento

El crecimiento en altura durante los cuatro años de medición de las plántulas derivadas de semillas sembradas en claros del mismo año fue más sensible al tamaño inicial del claro que la supervivencia ($p = 0,052$; $R^2 = 0,148$). A los cuatro años de la siembra, la altura promedio de las plántulas derivadas de semillas fue de 96 ± 8 cm, pero en claros $<300 \text{ m}^2$, la altura promedio fue de 81 ± 7 cm, mientras que en claros $>300 \text{ m}^2$ la altura promedio fue de 119 ± 14 cm.

El efecto del tamaño del claro en el crecimiento en altura durante los primeros 11 meses después de la plantación de las plántulas en claros abiertos el año anterior fue significativo ($p < 0,0001$, $R^2 = 0,254$). Cuatro años después de la plantación, el

efecto del tamaño inicial del claro seguía significativo, aunque menos fuerte ($p = 0,020$; $R^2 = 0,108$). Durante los cuatro años, las plántulas crecieron, en promedio, 88 ± 6 cm y alcanzaron alturas de 105 ± 6 cm. En claros $<400 \text{ m}^2$, el crecimiento promedio fue de 81 ± 5 cm, y la altura promedio fue de 97 ± 5 cm; en claros $>400 \text{ m}^2$, el crecimiento fue de 121 ± 17 cm, y la altura promedio fue de 138 ± 17 cm. Cuando se combinaron los datos de crecimiento en altura a través de los cuatro años para los dos tipos de plántulas (derivadas de semillas y plantadas), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre estos dos grupos, pero las diferencias en altura sí variaron de forma significativa en relación al tamaño del claro en el momento de la siembra o plantación ($p = 0,230$, $p = 0,002$, respectivamente; $R^2 = 0,129$) (Fig. 4).

Tamaño y dinámica de los claros

El tamaño promedio de los 39 claros medidos en 1998 fue de $332 \pm 38 \text{ m}^2$, pero los claros derivados de la tumba de un solo árbol medían $225 \pm 24 \text{ m}^2$, mientras que los claros

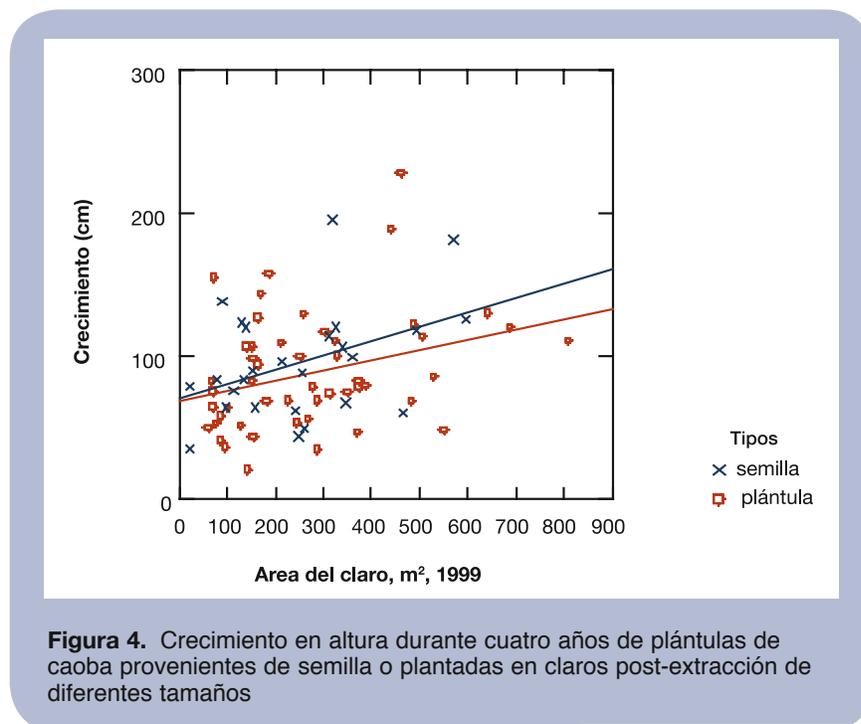


Figura 4. Crecimiento en altura durante cuatro años de plántulas de caoba provenientes de semilla o plantadas en claros post-extracción de diferentes tamaños

derivados de la tumba de múltiples árboles medían $497 \pm 68 \text{ m}^2$. La altura del dosel fue de $20,5 \pm 4 \text{ m}$. Cuatro años después, 80% de los 33 claros remedidos tenían $<40 \text{ m}^2$, en tanto que 18% de los claros ya se habían cerrado (en promedio su dosel era $\geq 3 \text{ m}$ de altura). En promedio, los claros medidos en el 2002 tenían un área de $26 \pm 4 \text{ m}^2$ (sus áreas iniciales se habían reducido en un $91 \pm 2\%$, Fig. 5). No había diferencia significativa entre el tamaño de claros derivados de la tumba de un solo árbol y los derivados de la tumba de varios árboles. La mayoría de los claros más grandes en 1998 ($>600 \text{ m}^2$) se definieron como cerrados cuatro años después, mientras que la mayoría de los claros pequeños seguían abiertos, aunque de mucho menor tamaño que 4 años antes. En promedio, el nuevo dosel desarrollado en los claros tenía una altura de $8,0 \pm 0,5 \text{ m}$.

Discusión y conclusiones

Este estudio confirmó que el establecimiento de plántulas de caoba a partir de semillas sembradas puede ser inseguro: en el primer intento ninguna semilla germinó; lo mismo ocurrió con el primer intento de siembra en grandes aperturas (Negreros-Castillo *et al.* -pag. 84-, en este número). Después de cuatro años, solamente 15% de las semillas sembradas en claros estaban representadas por una plántula, una cifra parecida a la tasa de 11-12% después del mismo intervalo en las aperturas grandes creadas por roza-tumba-quema y maquinaria (Negreros-Castillo *et al.*, -pag. 84-en este número). El mayor rendimiento de plántulas vivas después de cuatro años (41%) a partir de plántulas plantadas sugiere que si hay limitaciones en la disponibilidad de semillas, vale la pena considerar seriamente hacer las inversiones necesarias para producir en vivero y plantar plántulas. Al igual que en un experimento de aperturas de dife-

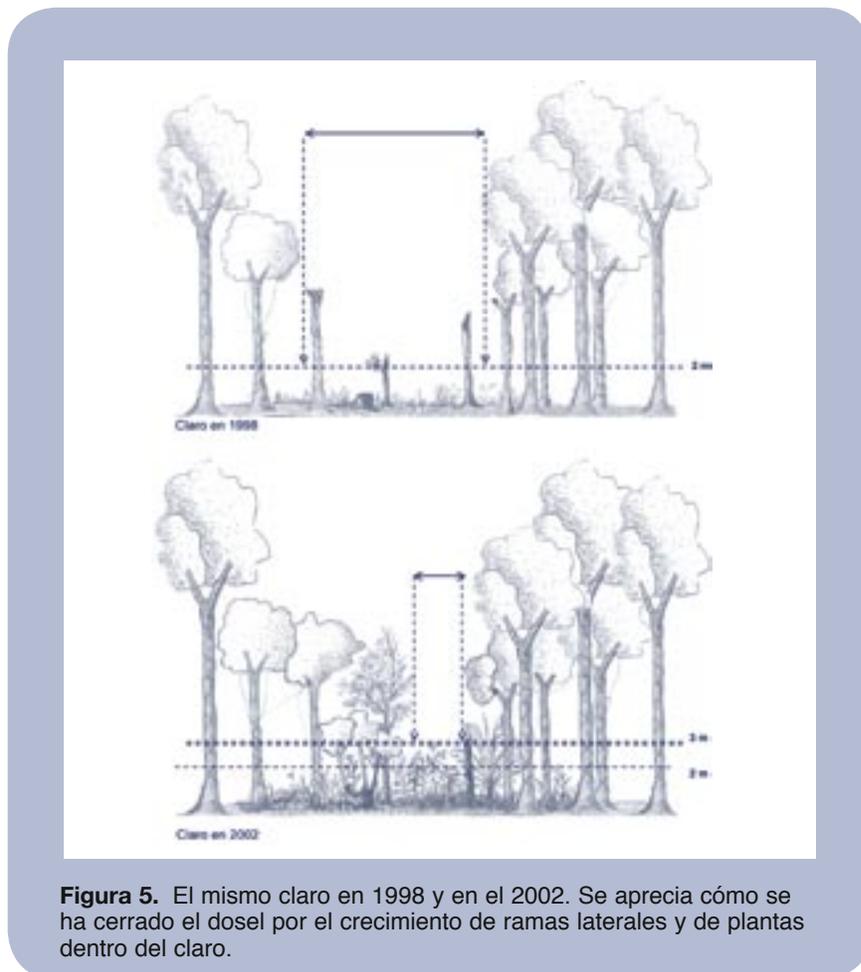


Figura 5. El mismo claro en 1998 y en el 2002. Se aprecia cómo se ha cerrado el dosel por el crecimiento de ramas laterales y de plantas dentro del claro.

Dibujo: Harris Iskandar.

rentes tamaños en Belice (Snook, Negreros-Castillo y O'Connor, -pag. 91- en este número), la supervivencia no varió de forma significativa entre claros de diferentes tamaños.

El crecimiento, sin embargo, sí fue más sensible a la disponibilidad de luz y otros recursos que la supervivencia: tanto las plántulas plantadas como las de semilla crecieron más rápidamente en claros grandes. Las plántulas derivadas de semillas crecieron a casi la misma tasa ($96 \pm 8 \text{ cm}$ en cuatro años) que las plántulas plantadas ($88 \pm 6 \text{ cm}$ en el mismo periodo). Esta semejanza contrasta marcadamente con los resultados en aperturas grandes, donde las semillas de caoba sembradas un año después de crear las aperturas crecieron 74 cm en cuatro años, en comparación con los 146 cm de crecimiento de las plántulas plantadas al mismo tiempo

en las mismas aperturas (Negreros-Castillo *et al.* 2003, Snook y Negreros-Castillo 2004). Esto probablemente se debe a que las semillas en este experimento fueron sembradas en los claros de extracción unos cuatro meses después de la apertura, en tanto que las plántulas fueron plantadas un año y 4 meses después de la apertura de los claros. La competencia por parte de plántulas y rebrotes de otras especies, que aprovecharon de la luz y otros recursos liberados por la tumba durante más de un año antes de la plantación de las plántulas de caoba, probablemente impidió su desarrollo. En el experimento de aperturas grandes, las plántulas plantadas a unos 2 - 3 meses después de la apertura del área crecieron 91% - 209% más rápidamente que las plántulas plantadas un año más tarde en las mismas aperturas experi-

mentales (Snook, Negreros-Castillo y O'Connor, -pag. 91- en este número). Este patrón demuestra la importancia de sembrar o plantar lo más pronto posible después de la creación de una apertura para favorecer el crecimiento de la caoba. Es probable que si las plántulas se hubieran plantado en el mismo año en que se abrieron los claros, su crecimiento hubiera sido mayor (tal vez el doble o más) de lo que se observó.

La rapidez del cierre de los claros, por el crecimiento de otras plantas presentes (ver Figs. 3 y 5), fue inesperada. Ya a los cuatro años, los claros estaban casi cerrados. Esta probablemente es la razón por la cual la relación entre el crecimiento de las plántulas de caoba y el tamaño del claro fue más fuerte durante el primer año que después de cuatro años. Es notable que los claros grandes se cerraron con la misma o mayor rapidez que los menores. Esto puede deberse a la

mayor disponibilidad de luz en los primeros, lo cual favorece el rápido crecimiento de árboles y plántulas ya presentes dentro o alrededor del claro. Algunos de estos eran ramas o árboles quebrados o dañados por la tumba, que rebrotaron y crearon un nuevo dosel. Aunque este nuevo dosel era menos alto que el dosel original, impedía la llegada de luz a las plántulas de caoba. Es importante que las plántulas se vuelvan a medir en el futuro para confirmar su trayectoria, porque podría ser que la dinámica del cierre de estos claros lleve al estancamiento o muerte de las plántulas de caoba en los años venideros, como fue observado por Argüelles *et al.* -pag. 45- en este número. Convendría monitorear a través de más de 5 años una muestra de las plantaciones de enriquecimiento en cualquier bosque de producción, para averiguar si la inversión está asegurando el remplazo de los árboles extraídos. 🌱

Reconocimientos

Este estudio se llevó a cabo a través de una colaboración entre el CIFOR y el Programme for Belize. Se agradece particularmente a las siguientes personas del Pfb: Darrell Novelo, Alfredo Leal, Ariseldo Awayo, Olegario Natividad, Henry Longworth, Víctor Alegría y Wilber Sabido. Los datos fueron colectados por los autores, junto con Ronadale Adolphus, Roger Arana, Nathaniel Alvaro, Greg Buppert, Susan Minnemeyer, Raquel Pernil, Andrew Spees, Ken Shono, Marcia Toledo y Carissa Wong. Se agradece también a Charles Robinson. Se recibieron apoyos financieros del CIFOR, del Gobierno de Japón, del Instituto para Recursos Tropicales de la Universidad de Yale, del Programa Hombre y la Biosfera (USMAB), del Programa para Estudios de Latinoamérica y el Caribe de Duke University y su Nicholas School of the Environment a través de la Fundación Lazar, el Fondo Kulzmier-Lee-Nikitine, la Fundación Mellon, la Fundación Tinker y el Centro de Estudios Internacionales.

Literatura citada

- Argüelles, LA; Synnott, T; Gutiérrez, S; Del Angel, B. 2005. Regeneración y silvicultura de la caoba en la Selva Maya Mexicana, Ejido de Noh Bec. Recursos Naturales y Ambiente no. 44:45-52.
- Brokaw, NVL. 1982. The definition of treefall gap and its effect on measures of forest dynamics. *Biotropica* 14(2): 158-160.
- Brokaw, NVL; Whitman, AA; Wilson, R; Hagan, JM; Bird, N; El Mallory; 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 Editores. p. 267-284.
- Cohen, J.G. 1999. Silvicultural strides towards the sustainable management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Rio Bravo Conservation and Management Area of Belize. Master's Project. North Carolina, Duke University's Nicholas School of the Environment. 81 p.
- Chan Rivas, CV. 2005. El manejo forestal y la caoba en los ejidos de la SPFEQR, Quintana Roo, México. Recursos Naturales y Ambiente no. 44:37-44.
- Dickinson, M.B., Whigham, D.F., Herman, S.M., 2000. Tree regeneration in felling and natural treefall disturbances in a semideciduous tropical forest in Mexico. *Forest Ecology and Management* 134:137-151.
- Morris, M; Negreros-Castillo, P; Mize, CW. 2000. Sowing date, shade, and irrigation affect big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). *Forest Ecology and Management* 132:173-181.
- Negreros-Castillo, P; Mize, C. 2003. Enrichment planting of *Swietenia macrophylla* (big leaf mahogany) and *Cedrela odorata* (Spanish cedar) in Quintana Roo, Mexico. *In* Lugo, AE; Figueroa Colón, JC; Alayon, M. Eds. *Big-Leaf Mahogany Ecology, Genetics and Management*. New York, Springer-Verlag. Ecological Studies vol. 159.
- Negreros-Castillo, P; Snook, LK; Mize, CW. 2003. Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla*) from seed in Quintana Roo, Mexico: the effects of sowing method and clearing treatment. *Forest Ecology and Management* 183(1-3):351-362.
- Negreros-Castillo, P; Snook, LK; Mize, CW. 2005. Regeneración de caoba a partir de siembra directa en aperturas creadas en un bosque natural en México. Recursos Naturales y Ambiente no.44:84-90.
- Sabido, W; Novelo, D. 2005. La caoba y el manejo forestal sostenible en Belice. Recursos Naturales y Ambiente no. 44:53-59.
- Santos Jiménez, V; Mas Kantún, P; López, C; Snook, LK. 2005. El manejo forestal y la caoba en los ejidos de la Zona Maya, México. Desarrollo histórico, condiciones actuales y perspectivas. Recursos Naturales y Ambiente no. 44:27-36.
- Snook, LK; Negreros-Castillo, P. 2004. Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla* King) on clearings in Mexico's Maya Forest: the effects of clearing treatment and cleaning on seedling survival and growth. *Forest Ecology and Management* 189:143-160.
- 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.
- SPSS. 1997. Systat for Windows 7.01. Chicago, USA.
- 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.
- Zar, JH. 1984. Biostatistical analysis. 2 ed. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall. 718 p.