

Supervivencia y crecimiento de plántulas de caoba en aperturas creadas en la Selva Maya de Belice y México

Laura K. Snook

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

Patricia Negreros-Castillo

*Department of Natural Resource Ecology
and Management
Iowa State University, EUA.
Dirección actual: Centro de
Investigaciones Tropicales
Universidad Veracruzana, México
pnegreros@uv.mx*

Jennifer O'Connor

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

Los patrones de supervivencia y crecimiento mostrados por este estudio revelan que el crecimiento de la caoba responde de forma positiva a la cantidad de luz disponible y de forma negativa a la competencia, si los individuos de otras especies se establecen antes que las plántulas de caoba. Las plántulas de caoba pueden sobrevivir bajo un rango amplio de condiciones, pero no bajo el dosel.



Foto: Laura Snook.

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

Resumen

Con el fin de evaluar los tratamientos silviculturales que favorecen la regeneración de la caoba en la Selva Maya se establecieron dos experimentos: uno en Belice y otro en México. En Belice se evaluó la supervivencia y el crecimiento de plántulas de caoba en aperturas de cuatro tamaños (500 m², 1000 m², 2500 m² y 5000 m²) creadas mediante tumba con motosierra y extracción con arrastrador forestal. En la mitad de las parcelas de cada tamaño, se limpiaron las plántulas de caoba una vez a los 18 meses; para ello se cortó con machete toda la vegetación que se había establecido naturalmente. El experimento en México evaluó la supervivencia y crecimiento de plántulas de caoba en aperturas de 5000 m² creadas mediante tres diferentes técnicas: roza del sotobosque y tumba del arbolado, roza-tumba y quema del arbolado tumbado, y desarraigo y eliminación de los árboles con maquinaria. Se plantaron dos cohortes de plántulas, uno a los tres meses y otro un año después. En la mitad de las parcelas abiertas con cada técnica se hicieron dos limpiezas alrededor de las plántulas de caoba. En los dos estudios, se plantaron plántulas de caoba en parcelas bajo dosel como testigos. En Belice, a los cinco años, 47% de las plántulas de caoba sobrevivían en todas las aperturas. En México, un promedio de 50% de las plántulas sobrevivían en las aperturas creadas por quema o maquinaria, pero solamente 24% sobrevivieron en las parcelas tumbadas. En los dos experimentos, solamente 5% de las plántulas sobrevivieron en los testigos. El crecimiento de las plántulas de caoba aumentó con el tamaño de las aperturas, pero las diferencias en crecimiento entre las parcelas de diferentes tamaños no fueron estadísticamente significativas. En México, el crecimiento fue mayor en las parcelas quemadas y abiertas con maquinaria; allí, las plantas más altas alcanzaron 600 cm a los cinco años. La limpieza no aumentó de forma significativa el crecimiento en ninguno de los dos experimentos. Las plántulas plantadas a los tres meses de creada la apertura crecieron dos veces más rápido que las plantadas un año más tarde. La limpieza aumentó de forma significativa el nivel de ataque del barrenador de yemas (*Hypsipyla grandella*): 44% en comparación con 12% de las plántulas no limpiadas.

Palabras claves: Caoba; *Swietenia macrophylla*; regeneración; crecimiento; silvicultura; *Hypsipyla grandella*; plantación; Belice; México.

Summary

Survival and growth of mahogany seedlings on clearings in the Maya Forest of Belize and Mexico.

Two experiments were established to determine the best ways to favor mahogany regeneration. One, established in Belize, evaluated the survival and growth of mahogany seedlings planted in clearings of four different sizes (500 m², 1000 m², 2500 m² and 5000 m²). Eight clearings of each size were created by felling trees with chainsaws and skidding them out. On half of the clearings of each size, seedlings were cleaned once 18 months after planting, by cutting all the naturally regenerated vegetation from a 2 m radius around each planted seedling. The other experiment, established in Mexico, evaluated the survival and growth of mahogany seedlings in clearings of 5000 m² created using three different techniques: felling the understory and the trees; felling the understory and trees, and then burning them; and using a machine to uproot and push all the trees to the side of the opening. In Mexico, two cohorts of seedlings were planted, one within 3 months of creating the clearings and the other a year later. The seedlings on half of the clearings created using each technique were cleaned twice in the first 18 months after the initial planting. In both studies, additional seedlings were planted in plots under the forest canopy, as controls. At 5 years, 47% of the seedlings survived in all clearings in Belize. In Mexico, 50% of the seedlings survived in clearings that had been opened using burning or machines, but only 24% survived on clearings created using felling only. In both experiments, only 5% of the seedlings in control plots survived. The growth of the seedlings increased with the size of the clearings, but differences in growth among the four sizes of clearing were not statistically significant. In Mexico, growth was greater on clearings opened by machine or burning. On burned clearings, the tallest trees were 6 m tall at 5 years. Cleaning did not increase growth significantly in either experiment, but greatly increased the level of attack by the shootborer (*Hypsipyla grandella*), from an average of 12% on uncleaned seedlings to 44% on cleaned seedlings.

Keywords: *Swietenia macrophylla*; regeneration; growth; silviculture; *Hypsipyla grandella*; planting; Mexico.

Lacaoba (*Swieteniamacrophylla*) se ha extraído de la Selva Maya desde hace siglos (Lamb 1966, Snook 1999, Weaver y Sabido 1997), y sigue siendo la especie maderable que genera las mayores ganancias para el Programa de Belice (Sills y Romero 2002) y para 36 ejidos mexicanos² que producen más de 8000 m³/año de madera de caoba en sus reservas forestales en Quintana Roo, México (Nolasco *et al.* –pag. 19– en este número). Hasta ahora, los aprovechamientos de caoba se han ido extendiendo hacia áreas de selva previamente no aprovechadas, facilitados por cambios progresivos en la tecnología de extracción y por la reducción sucesiva de los diámetros mínimos de corta, lo cual refleja cambios en el mercado para las trozas (Lamb 1966, Snook 1999). En esta región ya no quedan selvas sin aprovecharse; por ello, los productores forestales tienen que garantizar sus futuras cosechas de caoba asegurando que la regeneración se establezca en cada área de corta.

La caoba se regenera abundantemente después de perturbaciones catastróficas que destruyen la mayoría de las especies asociadas y crean espacios abiertos relativamente amplios. En la Selva Maya, estas condiciones se han dado tras huracanes seguidos de incendios (Lamb 1966; Snook 1996, 2000). Los árboles de caoba tienden así a presentarse en rodales coetáneos, con algunos ejemplares supervivientes de la perturbación que dio origen al rodal. Los rodales resultantes pueden tener densidades de hasta 50 árboles de caoba (>30 cm de diámetro) y 450 árboles de otras especies por hectárea (Snook 2000). Desafortunadamente, los aprovechamientos selectivos de pocas especies de árboles maderables impiden la regeneración de la caoba de dos maneras: elimi-

nan las fuentes de semilla y mantienen condiciones sombreadas adversas para la supervivencia de sus plántulas heliófitas (Dickinson y Whigham 1999). La extracción selectiva de hasta 15 especies crea claros que afectan menos del 3% del dosel forestal (Whitman *et al.* 1997, Robinson 1998). Este trabajo presenta los resultados de dos estudios experimentales para evaluar técnicas silviculturales que crean aperturas que favorecen la supervivencia y el crecimiento de plántulas de caoba.

Metodología

Áreas de estudio

En el noroeste de Belice, dentro del Área de Conservación y Manejo Río Bravo (Rio Bravo Conservation and Management Area –RBCMA, Fig. 1), se estableció un experimento para evaluar el tamaño de apertura ideal para el establecimiento y crecimiento de plántulas de caoba. El área se ubica aproximadamente a 17°37' latitud norte y 88°40' longitud oeste, y es manejada por el 'Programme for Belize' para la conservación de la biodiversidad y la demostración

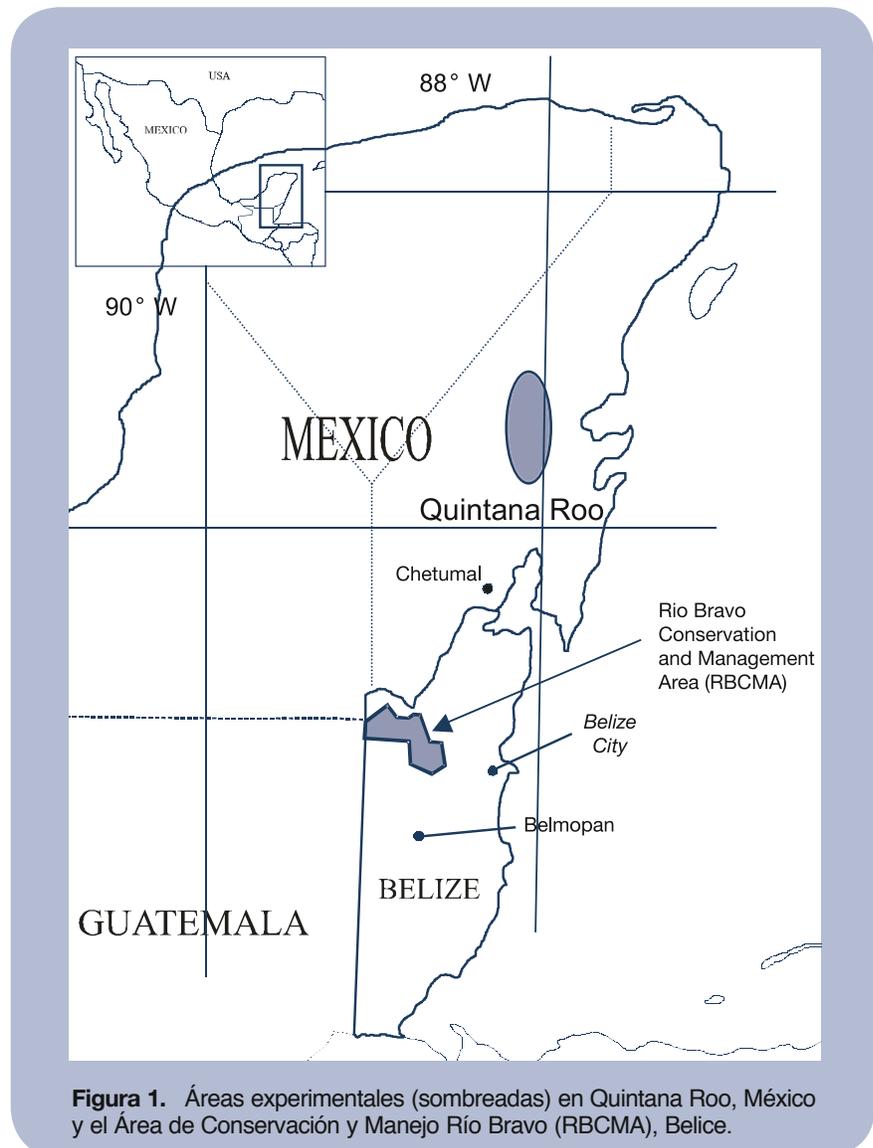


Figura 1. Áreas experimentales (sombreadas) en Quintana Roo, México y el Área de Conservación y Manejo Río Bravo (RBCMA), Belice.

² Los ejidos son sistemas de tenencia comunitaria, a través de los cuales grupos de personas adquieren derechos de uso sobre terrenos estatales.

de formas de manejo sostenibles. La precipitación es de 1600 mm, con una época seca de febrero a mayo. Los suelos son de origen calcáreo y la topografía es relativamente plana. Las especies dominantes incluyen *Manilkara chicle*, *Pouteria reticulata*, *Terminalia amazonia* y *Ampelocera hottlei* (Whitman *et al.* 1997).

El segundo experimento fue diseñado para evaluar cuál de tres técnicas sería la mejor para crear aperturas apropiadas para la regeneración de la caoba. Este se estableció en Quintana Roo, en la parte oriental de la Península de Yucatán, México (ver Fig. 1 y Snook y Negreros-Castillo 2004). El área de estudio se ubica en las reservas forestales de tres ejidos y una propiedad privada en la Zona Maya, entre 88°04' y 88°32' longitud oeste y 19°06' y 19°43' latitud norte. Estas selvas albergan más de 100 especies de árboles, pero las más abundantes actualmente son *Manilkara zapota*, *Brosimum alicastrum*, *Alseis yucatanenses*, *Dendropanax arboreus* y *Pouteria unilocularis* (Snook 1993, Argüelles *et al.* 1998, Cairns *et al.* 2003). La caoba es más frecuente en esta selva que en cualquier otra en México (Pennington y Sarukhán 1968), con una densidad promedio de alrededor de un árbol comercial por hectárea (Argüelles *et al.* 1998). Los suelos de la península de Yucatán son calcáreos y la topografía es relativamente plana (Wilson 1980). La precipitación anual varía de 1100 a 1500 mm/año, con una época seca entre mayo y octubre (CNA 2002).

Métodos

Para los dos experimentos se usó un diseño aleatorizado de bloques. En Belice, se definieron ocho bloques de bosque de aproximadamente 7,5 ha cada uno. Dentro de cada bloque, se estableció una parcela por cada uno de los cuatro tamaños ensayados (500 m², 1000 m², 2500 m² y 5000 m²) y una subparcela testigo de 10 m x 10 m. En las subparcelas testigo no se aplicó ningún tratamiento; en las parcelas experimentales se tumbó y



Figura 2. Fotos de parcelas de 5000 m² abiertas con cada uno de los tres tratamientos: arriba, roza y tumba; en el centro, roza, tumba y quema; abajo, apertura mecánica

Fotos: Laura Snook.

se extrajo con tractor forestal todo el arbolado en julio de 1996 y luego, en el centro de cada una se estableció una subparcela de 10 m x 10 m. Entre julio y diciembre de 1966, se plantaron 20 plántulas de caoba en cada subparcela. Desafortunadamente, no sobrevivieron suficientes plántulas de las producidas en el vivero para establecer este experimento y fue necesario completar con plántulas compradas. Como consecuencia, cinco de los bloques se plantaron con plántulas de cuatro meses de edad (altura media 16 cm) y tres se plantaron con plántulas mayores (altura media 63 cm). Antes de plantar las plántulas más grandes, se eliminaron las hojas y se

podaron las raíces. En marzo del 1998, se eliminó con machete toda la vegetación en un radio de 2 m en cuatro bloques escogidos al azar. Todas las plántulas se midieron al plantarse y a intervalos hasta julio 2001.

Entre abril y junio de 1996, en cuatro localidades en México se crearon dos aperturas de 5000 m² (100 m x 50 m) mediante cada una de tres técnicas: 1) Tumba: eliminación del sotobosque con machete y tumbado de los árboles; 2) Quema: eliminación del sotobosque, tumbado de los árboles y quema de la vegetación después de seca; 3) Mecánica: con máquinas Tree Farmer o tractores de oruga se desraizaron los árboles y se amontonaron

a los lados de la apertura (Fig. 2). En julio del mismo año, en subparcelas de 10 m x 10 m en el centro de cada una de las 24 aperturas y en subparcelas testigo cercanas a cada parcela de tratamiento se plantaron 20 plántulas de caoba (cohorte 0). Un año después, en julio de 1997, alrededor de las plantas originales se plantaron 20 plántulas más (cohorte 1) (Fig. 3). Además, en una de las dos parcelas abiertas por cada método en cada localidad, se cortó a ras de suelo con machete la vegetación que se había regenerado naturalmente alrededor de todas las plántulas de caoba. Seis meses después se repitió la limpieza. A intervalos, se midieron las alturas de todas las plántulas de caoba y se contó el número de ataques del barrenador de yemas *Hypsipyla grandella*.

Para los análisis se usaron Modelos Lineales Generales (GLM) para diseños aleatorizados de bloques en Systat 7.01 (SPSS 1997); como bloques se definieron los bloques de Belice y las diferentes localidades en México. Antes de analizarse, los datos de altura se transformaron a su logaritmo y los valores proporcionales (supervivencia y porcentaje atacado por *Hypsipyla*) al arco seno (Zar 1984). Al comparar los tratamientos de apertura con los testigos, se analizaron solamente las parcelas que no se habían limpiado. En el análisis del efecto de la limpieza se incluyeron solamente las parcelas abiertas, ya que los testigos no se habían limpiado. Para comparar las plántulas plantadas el mismo año de la apertura con las plántulas plantadas un año después, las alturas se dividieron entre el número de meses (58 para el cohorte 0 y 46 para el cohorte 1) y se multiplicaron por 12 para obtener tasas de crecimiento anual.

Resultados

Supervivencia

Tamaño de apertura.- Cinco años después de plantar las caobas en Belice, la supervivencia de plántulas en las aperturas (46%) fue significativamente mayor que su supervi-

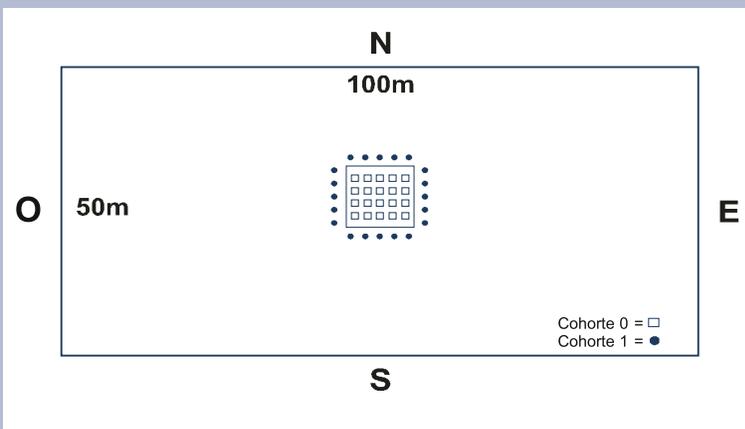


Figura 3. Parcela de apertura y distribución espacial de las plantas de caoba

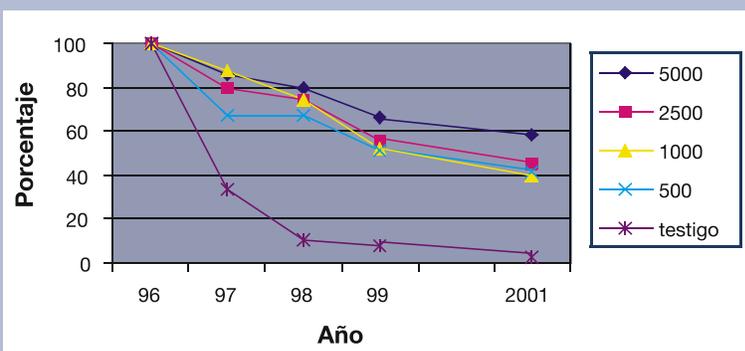


Figura 4. Supervivencia de plántulas de caoba en aperturas de diferentes tamaños (m²) y un testigo bajo el dosel

vencia en las parcelas testigo (5%; $p < 0,002$), pero las diferencias en supervivencia entre aperturas de diferentes tamaños no fue significativa ($p > 0,30$; $R^2 = 0,676$) (Fig. 4).

Tipo de tratamiento.- El porcentaje de plántulas que sobrevivieron hasta el momento de la última medición fue variable entre tratamientos de apertura ($p < 0,001$), pero no entre cohortes ($p = 0,092$; $R^2 = 0,772$; Fig. 5). Al igual que en el experimento en Belice, la supervivencia en subparcelas testigo (5%) fue significativamente menor que en las aperturas ($p < 0,003$). Asimismo, la supervivencia en aperturas creadas por tumba (24%) fue menor que en aperturas creadas por maquinaria (53%). En aperturas quemadas, 40% de las plántulas sobrevivieron hasta la última medición. Cuando se analizaron los dos cohortes combinados, la supervivencia variaba solamente con el tratamiento de apertura ($p = 0,024$). Cuando se analizaron las cohortes por separado, se encontró que la limpieza había afectado la supervivencia de las plántulas del cohorte 1 ($p = 0,031$), pero no del cohorte 0 ($p = 0,986$).

Crecimiento

Tamaño de apertura.- El crecimiento de las plántulas de caoba (diferencia entre altura al plantarse y altura en la última medición) variaba de forma significativa entre las aperturas y los testigos ($p < 0,005$; $R^2 = 0,777$). Las pocas plántulas que sobrevivían a los cinco años en parcelas testigo habían crecido apenas 37 cm. Si bien el crecimiento aumentó con el tamaño de la apertura (Fig. 6), al excluirse los testigos, las diferencias en las tasas de crecimiento en aperturas de diferentes tamaños no fueron estadísticamente significativas ($p = 0,250$; $R^2 = 0,633$). Esto tal vez refleja una diferencia significativa entre los dos grupos de plántulas ($p = 0,040$), ya que las plántulas pequeñas crecieron 290 cm durante los cinco años, mientras que las plántulas mayores crecieron

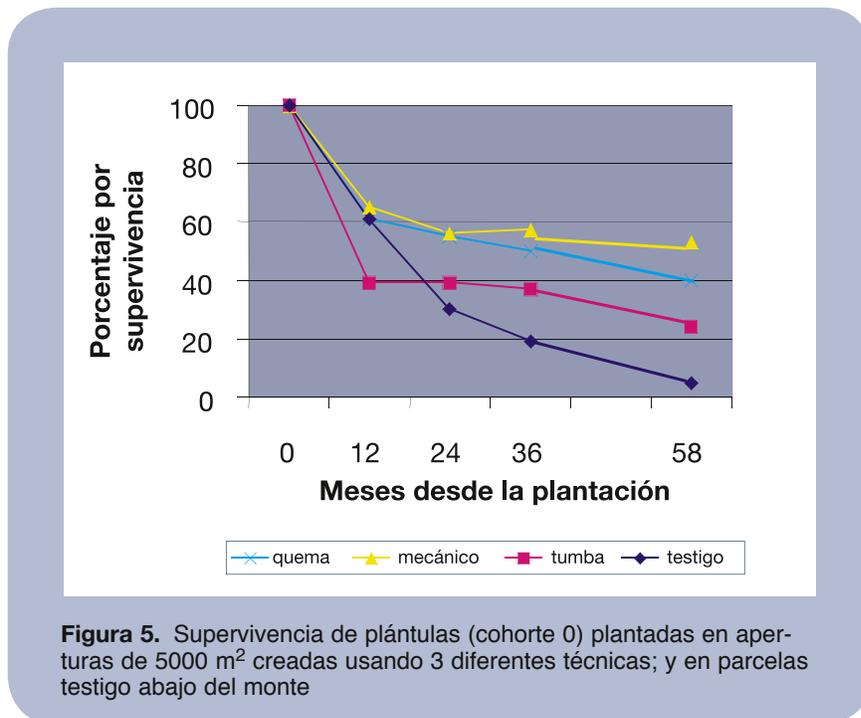


Figura 5. Supervivencia de plántulas (cohorte 0) plantadas en aperturas de 5000 m² creadas usando 3 diferentes técnicas; y en parcelas testigo abajo del monte

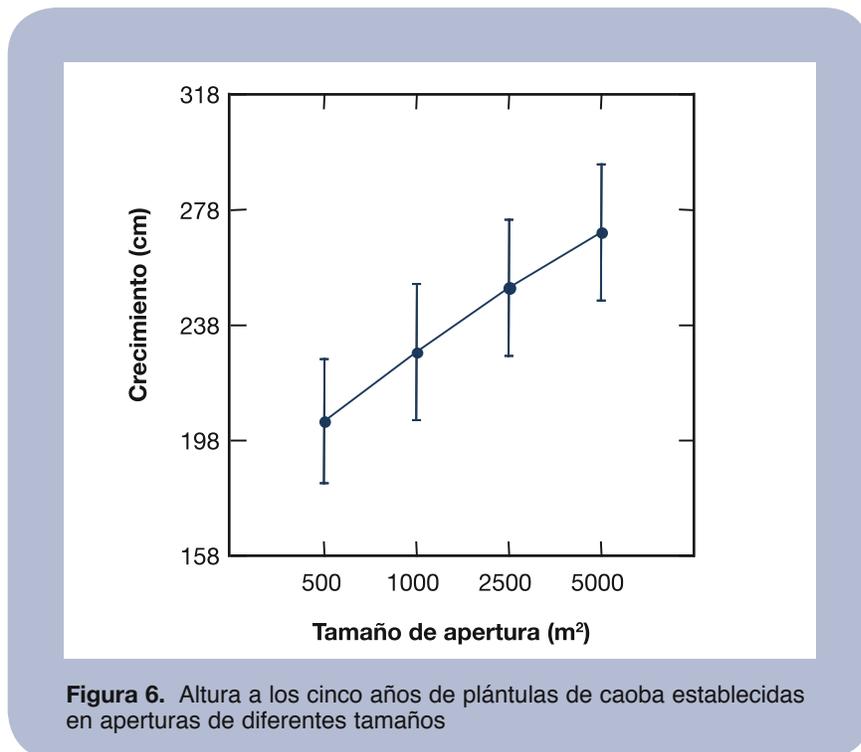


Figura 6. Altura a los cinco años de plántulas de caoba establecidas en aperturas de diferentes tamaños

solamente 171 cm. Esta diferencia aumentó la variación en las respuestas a los tratamientos experimentales; si las plántulas hubieran sido de tamaño uniforme, quizás se hubieran visto patrones de crecimiento más

claros. Las limpiezas a las plántulas de caoba no afectaron de forma significativa su crecimiento ($p = 0,685$).

Tratamiento de apertura.- El crecimiento anual varió significativamente según el cohorte y el

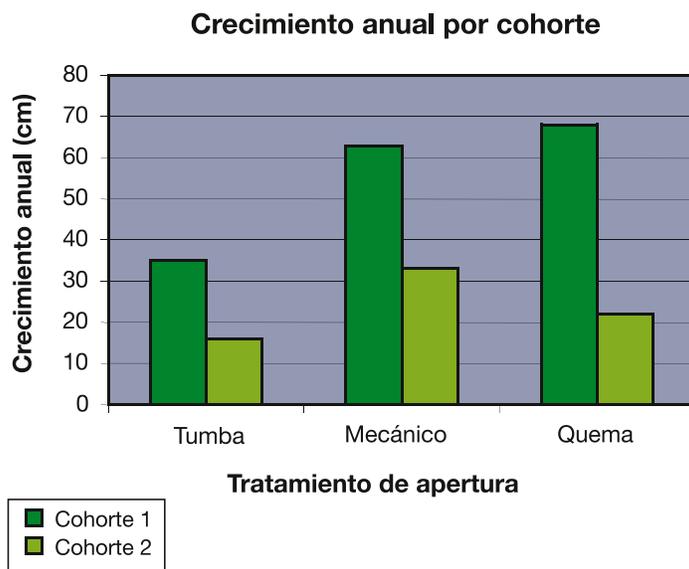


Figura 7. Las plántulas de caoba plantadas a menos de tres meses de haberse creado la apertura (cohorte 0) crecieron mucho mejor que las plantadas un año más tarde (cohorte 1). Esto se debe a la competencia de la vegetación que se regeneró naturalmente en las aperturas. En el tratamiento tumba, gran parte de la competencia fue provocada por rebrotes de los tocones de los árboles tumbados para crear la apertura (foto: plántula de caoba del cohorte 1 frente a un tocón con rebrotes)

tratamiento de apertura (Fig. 7). El crecimiento de plántulas en las parcelas testigo (30 cm) fue significativamente menor que en las aperturas ($p = 0,011$). Cuando se analizaron solamente las plántulas en aperturas, se encontró que su crecimiento varió con el cohorte, el tratamiento y la limpieza ($p < 0,005$; $R^2 = 0,679$). Las caobas plantadas a los pocos meses de crear las aperturas crecieron 91-209% más rápido en parcelas sin limpiarse y 32-75% más rápido en parcelas limpiadas, que las plántulas plantadas un año más tarde.

El crecimiento en parcelas abiertas por quema fue significativamente más rápido que en parcelas abiertas por tumba ($p = 0,015$). Las plántulas del cohorte 0 en parcelas quemadas crecieron 328 cm en 58 meses, con alturas promedio de 352 cm, y hasta 600 cm; en aperturas mecánicas y creadas por tumba se alcanzaron alturas promedio de 324 cm y 195 cm, respectivamente. La limpieza

aumentó de forma significativa el crecimiento en el cohorte 0 (por 120%) solamente en parcelas tumbadas. Para plántulas del cohorte 1, solamente la limpieza -y no el tratamiento de apertura- afectó significativamente el crecimiento ($p = 0,003$ y $p = 0,291$, respectivamente), que aumentó hasta 180% en parcelas quemadas y tumbadas.

Los resultados confirman que las plántulas de caoba pueden sobrevivir bajo un rango amplio de condiciones pero no bajo el dosel, donde 95% murieron en cinco años.

Ataque por el barrenador.- La limpieza fue la única variable que afectó la proporción de plántulas de

caoba en las parcelas de México que fueron atacadas por el barrenador por lo menos una vez durante los cinco años del estudio ($p = 0,013$). El 44% de las plántulas que recibieron limpias de la vegetación circundante fueron atacadas, en comparación con 12% de las plántulas en las parcelas sin limpiarse (Fig. 8 y foto). En aperturas creadas por maquinaria o tumba, el número de ataques por plántula fue hasta diez veces mayor en las parcelas limpiadas.

Discusión y conclusiones

Los resultados confirman que las plántulas de caoba pueden sobrevivir bajo un rango amplio de condiciones pero no bajo el dosel, donde 95% murieron en cinco años. Aproximadamente la mitad de las plántulas de caoba sobrevivieron cinco años en aperturas de 500 m² o más. Cabe notar que las aperturas creadas por el aprovechamiento comercial de madera suelen ser menores a 300 m² (Robinson

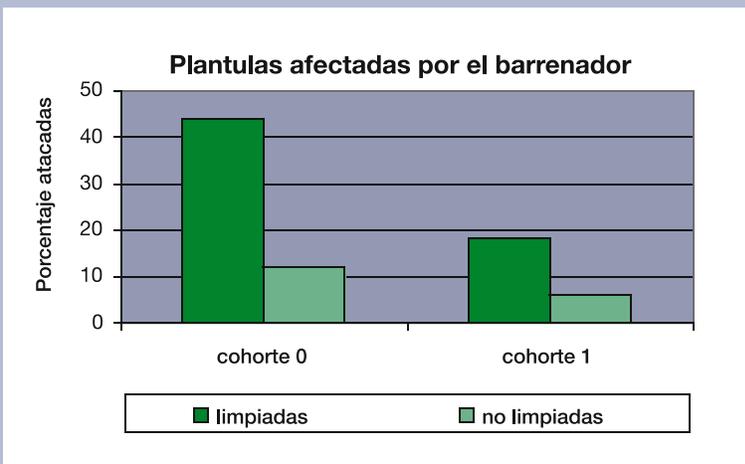


Figura. 8. El ataque por el barrenador de las Meliaceae (*Hypsipyla grandella*) fue 370% mayor en parcelas donde la vegetación se había limpiado alrededor de las plántulas de caoba, pero no fue significativo en las parcelas no limpiadas

1998). Las condiciones creadas por el tratamiento de tumba en México impidieron la supervivencia de las plántulas de caoba, debido a la alta competencia provocada por la abundancia de rebrotes de los tocones de los árboles tumbados (Fig. 7). En Belice, donde los árboles tumbados fueron extraídos con maquinaria, los rebrotes no fueron tan problemáticos.

El crecimiento de la caoba fue más variable, según las condiciones, que su supervivencia. Las plántulas crecieron más en aperturas más grandes, y crecieron el doble cuando

se plantaron poco después de crear la apertura, en comparación con las que se plantaron un año después. En áreas abiertas por quema el crecimiento fue mayor que en áreas abiertas por tumba. Estos patrones revelan que el crecimiento de la caoba responde de forma positiva a la cantidad de luz disponible y de forma negativa a la competencia, si los individuos de otras especies se establecen antes que las plántulas de caoba. La competencia más fuerte provino de plantas originadas en rebrotes, ya que éstas tienen raíces bien desarrolladas. Si las

plántulas de caoba se establecen a los pocos meses de un tratamiento de apertura que logra impedir la regeneración de otras especies por rebrotes (tratamiento mecánico y de quema), éstas compiten bien con la regeneración de otras especies que logran establecerse a partir de semillas. Bajo estas condiciones experimentales, limpiar las plántulas no aumentó su crecimiento. Esto implica que no es necesario hacer inversiones en tratamientos de limpieza, por lo menos durante los primeros cinco años, si los tratamientos de apertura son los adecuados. De hecho, limpiar la vegetación competidora alrededor de las plántulas de caoba tuvo un impacto negativo, ya que aumentó fuertemente el ataque del barrenador de yemas (*Hypsipyla grandella*). Esto puede deberse a que la vegetación alrededor de las plántulas de caoba las protege de alguna forma. Cuando se deja crecer alrededor de las plántulas de caoba la vegetación que resulta de la regeneración natural de otras especies, el nivel de ataque por este insecto (12%) no representa un problema.

Estos estudios confirman que los tratamientos actualmente utilizados en la zona para crear patios de concentración de trozas (bacadillas) producen condiciones favorables para la supervivencia y el crecimiento de la caoba. Conviene seguir plantándolas (ver Argüelles *et al.* pag. 45- en este mismo número). Las miles de hectáreas de campos de cultivo, creados fuera de las áreas forestales permanentes por medio de la técnica de roza-tumba-quema, son áreas muy favorables para la regeneración de la caoba. Podría valer la pena plantar caoba entre los cultivos y evaluar cómo integrar el uso de estas técnicas en el manejo forestal. Pareciera que las aperturas de 5000 m² ofrecen mejores condiciones de crecimiento que las aperturas menores. 🌱

Reconocimientos

El estudio en Belice fue realizado con la ayuda del Programme for Belize. El financiamiento para realizar los tratamientos silviculturales fue proporcionado por la Unión Europea a través de una donación al Programme for Belize. Los datos de 2001 fueron colectados por Jeffrey Chow con apoyo financiero del Programa en Estudios Latinoamericanos, la Fundación Lazar, el Grupo Estudiantil de Discusiones Internacionales y la oficina de apoyo profesional de la Escuela Ambiental Nicholas, Universidad de Duke, USA. Para los dos experimentos, la compañía Caterpillar Inc. aportó el tiempo de la maquinaria.

El apoyo financiero para llevar a cabo los experimentos en México se obtuvo de las siguientes fuentes: US Forest Service/US Dept. of Agricultura mediante el acuerdo USDA-95-CA-118 con el Fondo Mundial para la Vida Silvestre (WWF-US). Apoyos adicionales se obtuvieron del Biodiversity Support Program (BSP), un consorcio del WWF, the Nature Conservancy y World Resources Institute, con fondos de USAID. Las opiniones expresadas son de las autoras y no del Dpto. de Agricultura de EU, del BSP, ni del USAID. Se recibieron otros apoyos del Dpto. de Educación de los EU, de la Universidad de Duke, de la Fundación Rockefeller México, de Iowa State University, de la Fundación Interamericana y del CIFOR. Los estu-

dios no se pudieron haber ejecutado sin la colaboración de la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya (OEPFZM). Agradecemos en particular a sus directores técnicos, Victoria Santos Jiménez, Marcelo Carreón Mundo y Rosa Ledesma Santos y a los ejidos de Cafetal/Limonos, Naranjal Poniente y Xpichil. Agradecemos, además, a los dueños de "Rancho Grande", al finado Don Antonio Uh y su familia.

Los resultados de uno de los estudios fueron originalmente publicados en inglés en *Forest Ecology and Management* (Snook y Negreros-Castillo 2004). Agradecemos a Elsevier por el permiso otorgado para sintetizar los resultados en español en este artículo.

Literatura citada

- Argüelles-S, LA; Sánchez, FR; Caballero-R, A; Ramírez, S. 1998. Programa de Manejo Forestal para el Bosque Tropical del Ejido Noh Bec. Quintana Roo, México.
- Argüelles, LA; Synnott, T; Gutiérrez, S; Angel, B de. 2005. Regeneración y silvicultura de la caoba en la selva Maya Mexicana, Ejido de Noh Bec. *Recursos Naturales y Ambiente* no. 44:45-52.
- Cairns, MA; Olmsted, I; Granados, J; Argaez, J. 2003. Composition and above-ground tree biomass of a dry semi-evergreen forest on Mexico's Yucatan peninsula. *Forest Ecology and Management* 186:125-132.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2002. Datos meteorológicos de las estaciones Vallehermoso, Reforma, Limones y Xpichil. Quintana Roo, Coordinación Regional Chetumal.
- Dickinson, MB; Whigham, DF. 1999. Regeneration of mahogany in the Yucatan. *International Forestry Review* 1(1):35-39.
- Lamb, FB. 1966. Mahogany of Tropical America: its ecology and management. Ann Arbor, University of Michigan Press. 220 p.
- Nolasco Morales, A; Carreón Mundo, M; Hernández Hernández, C; Ibarra, E; Snook, L. 2005. El manejo de la caoba en Quintana Roo, México: Legislación, responsabilidades y apoyo gubernamental. *Recursos Naturales y Ambiente* 44:19-26.
- Pennington, TD; Sarukhán, J. 1968. Árboles tropicales de México. México, INIF/FAO. 413 p.
- 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.
- Sills, E; Romero, E. 2002. Financing conservation with certified timber: Lessons from Belize. *Sylvanet* 15(1):7-9.
- Snook, L. 1993. Stand dynamics of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) and associated species after fire and hurricane in the tropical forests of the Yucatan peninsula. Ph. D Thesis. New Haven, CT. USA, Yale School of Forestry & Environmental Studies.
- Snook, LK. 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 Veintiuno. p. 89-119.
- Snook, L. 2000. Regeneración y crecimiento de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en las selvas naturales de Quintana Roo, México. *Ciencia Forestal en México* 25(87):59-76.
- 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.
- SPSS. 1997. *Systat for Windows 7.01*. Chicago, USA.
- Weaver, P; Sabido, O. 1997. Mahogany in Belize: A historical perspective. Asheville, NC, US. Department of Agriculture. Forest Service, Southern Research Station. 31p. (General Technical Report IITF-2).
- 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.
- Wilson, EM. 1980. Physical geography of the Yucatan peninsula. In Mosley, EH; Terry, ED. eds. *Yucatan: A world apart*. Tuscaloosa, University of Alabama Press. p. 5-40.
- Zar, JH. 1984. *Biostatistical analysis*. 2 ed. Ed. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall. 718 p.