

CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES
AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES



Decimoséptima reunión del Comité de Flora
Ginebra (Suiza), 15-19 de abril de 2008

Dictámenes de extracción no perjudicial

Especies maderables y plantas medicinales

INFORME FINAL SOBRE EL ESTUDIO DE LA ABUNDANCIA, DISTRIBUCIÓN
Y CONSERVACIÓN DE *GUAIAECUM SANCTUM* L. EN MÉXICO

1. Este documento ha sido presentado por la Autoridad Científica de México.
2. El informe fue preparado por la *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad* - CONABIO, Autoridad Científica CITES de México, con base en los informes del *Centro de Investigaciones en Ecosistemas* (CIECO) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), institución encargada de desarrollar el estudio denominado "Abundancia, distribución y estado de conservación de *Guaiaecum sanctum* L. en México".

Antecedentes

3. En la 12ª reunión de la Conferencia de las Partes (CoP12, Santiago, 2002), las Partes adoptaron una propuesta para incluir a *Guaiaecum* spp. en el Apéndice II de la Convención, y la Decisión 11.114 (Rev. CoP12) relativa a *Guaiaecum* spp. como sigue:

Dirigida al Comité de Flora

El Comité de Flora evaluará la situación en la naturaleza y el comercio, así como las amenazas que pesan sobre las especies.

4. Como consecuencia de la Decisión 11.114 (Rev. CoP12) y de los debates anteriores en las 11ª y 12ª reuniones del Comité de Flora, México preparó un proyecto para evaluar el estado de poblaciones silvestres de *G. sanctum* en México, a fin de determinar el estado de conservación y la disponibilidad de la especie. Esto habría de servir de base para determinar la viabilidad de la recolección de poblaciones silvestres en forma sostenible, de conformidad con el artículo IV de la Convención.
5. En las 13ª, 14ª y 15ª reuniones del Comité de Flora, México presentó informes sobre los progresos realizados en el estudio mexicano que incluían los resultados preliminares sobre distribución potencial, rápidas evaluaciones de la población de la especie en la península de Yucatán, diagnóstico de tipos de vegetación y hábitat, comparaciones alométricas entre *Guaiaecum sanctum* y *G. coulteri*, entrevistas de personas locales en las áreas estudiadas y recomendaciones preliminares. La información sobre las medidas adoptadas mediante un esfuerzo de colaboración entre personal científico, administrativo y autoridades encargadas de aplicar la ley en México se ha incluido también en los diferentes informes (documentos PC13 Inf. 2, PC14 Doc. 6.3, PC14 Inf. 1, PC15 Doc. 23).

6. El informe final (presentado como Anexo a este documento) representa un examen completo de las conclusiones y recomendaciones más relevantes derivadas del estudio, incluidas fuentes de financiación, y otras acciones pertinentes en relación con el estudio. Éstas se han compilado merced a un esfuerzo de colaboración entre personal científico, administrativo y autoridades encargadas de aplicar la ley en México.

Resumen de los principales resultados y recomendaciones del estudio

7. En el estudio se llegó a la conclusión de que *Guaiaicum sanctum*, conocido localmente como Guayacan, está ampliamente distribuido en el sureste de México, hallándose las poblaciones más abundantes y en los Estados de Campeche y Quintana Roo, aunque también puede encontrarse en Oaxaca y Chiapas.
8. *Guaiaicum sanctum* tiene una distribución discontinua en bosques tropicales de especies semicaducifolias, tanto en colinas como en llanuras, no sometidas a inundaciones periódicas, especialmente en el Estado de Campeche. Según Martínez y Galindo (2002), este tipo de bosque está ampliamente distribuido en una de las regiones de Campeche. En esos sitios, la densidad puede ser superior a 200 árboles/ha con un DAP (diámetro a la altura del pecho) de > 10 cm. Al parecer, un cambio significativo en el uso de la tierra en el Estado de Oaxaca, e incluso aun más en Chiapas, representa un elevado riesgo de extinción de esas poblaciones. Se deben considerar los estudios sobre el restablecimiento de la especie y el bosque.
9. Aparentemente, el riesgo más importante para las poblaciones de *G. sanctum* es el cambio de uso de la tierra, de bosques tropicales de especies caducifolias o sistemas agrícolas o ganaderos.
10. Los árboles de *Guaiaicum sanctum* crecen muy lentamente, a un promedio próximo a 8 cm de altura anualmente, cuando tienen una altura de < 150 cm, y 1,8 mm de diámetro del tronco para los árboles con un DAP de > 1 cm. La especie se considera longeva, con una esperanza de vida de más de 320 años.
11. La primera reproducción de Guayacan tiene lugar entre los 30 y 40 años de edad, y las probabilidades de reproducción y fecundidad aumentan considerablemente con el tamaño de los árboles.
12. Las tasas de mortalidad natural más altas de *G. sanctum* se dan durante las fases de siembra, plantación y árboles jóvenes (< 100 cm de altura), en tanto que las más bajas tienen lugar en la fase preadulta (DAP < 5 cm).
13. Los resultados de los estudios demográficos y de dinámica de la población indican que tanto la reserva de biosfera de Calakmul (RBC) (área no gestionada) como la reserva forestal de Ejido Pich (RFEP) (zona gestionada sujeta a tala con fines comerciales) representan áreas con poblaciones relativamente abundantes de la especie.
14. Se observaron importantes diferencias demográficas entre las poblaciones. La RBC mostró tasas inferiores de mortalidad, crecimiento y fecundidad que la RFEP. Los análisis de matrices indican que ambas poblaciones crecen y que, de mantenerse constantes las tasas vitales, la población de la RBC tendrá una tasa de crecimiento de la población considerablemente más alta que la de la RFEP. Estas diferencias muestran la flexibilidad de los atributos biológicos de *G. sanctum*. Esta flexibilidad puede deberse a diferentes condiciones ambientales locales, a propiedades intrínsecas de la población (atributos genéticos), a los efectos de gestión en la RFEP o a una combinación de estos factores.
15. Los análisis de elasticidad indican que la supervivencia del árbol adulto (DAP > 1 cm) es el factor más importante que influye en la tasa de crecimiento de la población, en tanto que los cambios en el crecimiento y la fecundidad individuales son relativamente marginales.
16. Las simulaciones por computador en la RFEP indican que la tala selectiva de árboles con fines comerciales tiene un efecto reducido o casi insignificante sobre la tasa de crecimiento de la población. Sin embargo, muestra que la población es muy sensible a la mortalidad de pequeños árboles adultos (DAP de 1-25 cm). Por esta razón, es fundamental reducir al mínimo la mortalidad de este tipo durante el proceso de extracción, con el fin de lograr una explotación sostenible de árboles con fines comerciales.

17. El modelo indica que, de mantenerse las actuales prácticas de tala constantes a lo largo del tiempo, la tasa de crecimiento de la población se acercaría al equilibrio demográfico ($\lambda = 1,007$). Desde una perspectiva demográfica, este tipo de ordenación forestal es sostenible. Sin embargo, es preciso asegurar la reducción del impacto sobre los árboles pequeños mediante la apertura de brechas (planificación de vías de extracción óptimas) así como la frecuencia de explotación óptima.
18. La simulación mostró que los períodos de reposo (de una estación de recolección a otra) de 15 años o más son fundamentales para la ordenación sostenible de las poblaciones de *Guaiaicum sanctum* en la RFEP.
19. Es conveniente vigilar durante largos períodos las poblaciones estudiadas y evaluar localidades adicionales. Habida cuenta de que *G. sanctum* es una especie longeva y de que la tendencia y las pautas observadas en este estudio están sujetas a modificaciones debidas a la variabilidad del clima y otros factores bióticos, también es importante considerar las variaciones en el tiempo y en el espacio.

Otros estudios

20. Además de un estudio sobre dinámica de la población, CONABIO está coordinando un proyecto relacionado con las estimaciones de diversidad genética, las tasas de cruzamiento, la consanguinidad y el flujo de genes entre poblaciones de áreas con diferentes condiciones de conservación. Los resultados de este proyecto serán relevantes para identificar importantes áreas de conservación de la especie.

Ordenación de la especie en México

21. Las conclusiones confirman que la especie no está en peligro de extinción, y que la especie puede explotarse en forma sostenible si se basa en procedimientos de extracción favorables a la repoblación de árboles jóvenes y se mantienen reducidos niveles de extracción con períodos relativamente amplios.
22. Sobre la base de los resultados del estudio, CONABIO organizó un taller nacional (para más información, véase el Anexo) con la participación de organismos estatales, científicos y representantes de la industria, para examinar el estado de las poblaciones silvestres, y relevantes aspectos de ordenación y comerciales, a fin de formular recomendaciones para una ordenación sostenible de la especie en México.
23. Los actuales dictámenes de extracción no perjudicial de *Guaiaicum sanctum* se formulan sobre la base de la información y de las recomendaciones del estudio. Esto significa que los programas de ordenación requeridos para la extracción de la especie han de ser analizados por la Autoridad Científica, teniendo en cuenta esas recomendaciones. CONABIO ha evaluado recientemente los programas de ordenación.

Conclusión

24. Con el fin de cumplir la Decisión 11.114 (Rev. CoP12), México presenta este informe al Comité de Flora de la CITES, como contribución a su tarea de evaluar el estado de la especie *Guaiaicum* en el medio silvestre, el estado en el comercio y las amenazas para la especie. El informe ofrece los elementos necesarios para formular dictámenes de extracción no perjudicial sobre la exportación de *Guaiaicum sanctum* de México, y se pueden utilizar como referencia para estudios y dictámenes de extracción no perjudicial en otros países exportadores. México concluye con este informe la evaluación de la especie en relación con la Decisión 11.114 (Rev. CoP12).
25. México desea expresar su agradecimiento al Servicio Forestal de Estados Unidos, al Gobierno alemán y a la Secretaría de la CITES por la financiación y el apoyo que tan amablemente han ofrecido para este estudio.

INFORME FINAL SOBRE EL ESTUDIO DE LA ABUNDANCIA, DISTRIBUCIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE *GUAIAECUM SANCTUM* L. EN MÉXICO

Objetivos

En el estudio se trataba de determinar la distribución, la abundancia y la dinámica de la población actuales de *Guaiaecum sanctum* en México, a fin de conocer su estado de conservación y disponibilidad. Por lo tanto, la finalidad era ofrecer la base para determinar la viabilidad de utilizar las poblaciones silvestres en forma sostenible, habida cuenta del grado de alteración del hábitat. También, producir la información necesaria con objeto de definir recomendaciones adecuadas sobre la ordenación y garantizar la exportación sostenible con fines comerciales de la especie desde México. El proyecto abarcaba también la identificación de las áreas de conservación prioritarias. Además, en la evaluación se consideraban algunos aspectos de la historia natural y las condiciones de hábitat (debidamente preservado, fragmentado, degradado). Toda esta información se utilizaría para elaborar indicadores adecuados con miras a evaluar el estado de conservación y la viabilidad de las poblaciones silvestres en México.

Equipo de investigación y colaboradores

El estudio fue desarrollado por un grupo de científicos del *Centro de Investigaciones en Ecosistemas* (CIECO) de la Universidad Nacional de México (UNAM) Campus Morelia, dirigido por el Dr. Miguel Martínez Ramos, y con el apoyo de CONABIO, encargado de la coordinación y administración del proyecto, así como de cofinanciar parte de él y, por lo tanto, mantener una comunicación periódica con los investigadores y hacer evaluaciones regulares de los informes, ayudándoles con los recursos disponibles (a saber, sistemas de información: base de datos sobre localidades de especies).

- a) Principal investigador y coordinador general: Dr. Miguel Martínez Ramos.
- b) GARP y SIG: Dr. Gerardo Bocco, Dr. Alfredo Cuarón y M. en C. Leonel López Toledo, Dr. Enrique Martínez-Meyer (IB-UNAM).
- c) Demografía y dinámica de la población: Dr. Miguel Martínez y M. en C. Leonel López Toledo.
- d) Comunidades de plantas: Dr. Guillermo Ibarra y Dr. Diego Pérez.
- e) Genética poblacional: Dr. Ken Oyama.
- f) Biología reproductiva: Dr. Mauricio Quesada.

Financiación

El costo total del proyecto fue de 35.518 USD (cerca de 382.500 pesos mexicanos) y fue sufragado por instituciones nacionales y extranjeras: CONABIO: 11.000 USD (cerca de 120.085 pesos mexicanos); el Servicio Forestal de Estados Unidos: 15.000,00 USD (cerca de 155.250 pesos mexicanos); el Gobierno de Alemania (a través de la Secretaría de la CITES): 9.518,00 USD (cerca de 107.165,00 pesos mexicanos).

Área de estudio

Sobre la base de los mapas de distribución potencial producidos por la CONABIO se seleccionaron las siguientes áreas de muestreo, caracterizadas por una elevada probabilidad de hallar poblaciones de *Guaiaecum sanctum*: Tehuantepec Isthmus (Oaxaca); La Angostura (Chiapas); Reserva de Biosfera de Calakmul, Bosque Modelo, Cobá, y localidades próximas a Escárcega (Campeche); la región de Puerto Morelos y la reserva natural de Dzibilchaltum (Yucatán); así como la Reserva de Biosfera de Sian Ka'an (Quintana Roo).

Tras el rápido estudio de evaluación sobre el terreno en esas localidades, se seleccionaron otras dos áreas en Campeche: Reserva de Biosfera de Calakmul (RBC) y Reserva Forestal de Ejido Pich (RFEP), para analizar la demografía y la dinámica de poblaciones gestionadas y no gestionadas. La RBC comprende unos 17 tipos de vegetación, de los cuales el bosque de *Guaiaecum* representa un importante porcentaje de toda el área (Martínez y Galindo, 2002). La RFEP es una zona relativamente forestal, adyacente a la Reserva Forestal de Ejido Chencoh, la Reserva de Balam-Kin (anteriormente Ejido Dzibalchen) y la Reserva de Balam-Ku.

Métodos

Modelos de distribución actual y abundancia: Utilizando información de registros de especímenes de herbario proporcionada por la base de datos de colecciones científicas del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de la CONABIO, publicaciones regionales, expertos, informadores locales y material cartográfico, se construyó un mapa potencial de la distribución actual utilizando Desktop GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Production, Stockwell y Noble, 1992).

En octubre de 2003 y mayo de 2004 se realizaron once evaluaciones rápidas sobre el terreno a lo largo del área de distribución. Para cada localidad elegida se efectuó un estudio de la población con arreglo al siguiente protocolo: se muestrearon diez parcelas de 50 x 2 m con un total de 0,1 ha en cada sitio. La primera parcela es estableció aleatoriamente, y las otras nueve eran paralelas a una distancia de 50 m. Se registraron la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los individuos *G. sanctum* > 150 cm y > 1 cm DAP arraigados en la parcela. El número de individuos < 150 cm se registró en tres categorías de altura diferentes: i) 5-50 cm 2) 50,1-100 cm y iii) 100,1-149,9 cm. Se registraron la apertura de la cubierta de las copas (medida con un densitómetro) y la inclinación cada diez metros en cada parcela, y también se registró la profundidad del terreno en el centro de cada una. Con esta información se estimaron la estructura de la población y la densidad en cada localidad. Se registró igualmente la perturbación antropogénica, como la presencia de ganado, la agricultura y la silvicultura. Se describió la comunidad de árboles > 10 cm DAP en cada sitio en cuanto a composición, diversidad de especies y zona basal. En el interior de las parcelas se registraron la identidad taxonómica, la altura y las mediciones del DAP respecto a cada árbol ≥ 10 cm de DAP. La identidad taxonómica se completó con la ayuda de expertos y especímenes de herbario.

Sobre la base de rápidas evaluaciones sobre el terreno, entrevistas y observaciones directas se estimó la abundancia de cada sitio visitado. Esta estimación de la abundancia se utilizó en una interpolación de "media móvil" para calcular zonas de diferente abundancia a lo largo del área de distribución. Debido a la distribución natural no homogénea de la especie se perfeccionó el mapa utilizando un mapa de vegetación modificado por la CONABIO, limitando la distribución potencial de la especie a bosques secos y semisecos.

Demografía y dinámica de la población: El estudio de demografía y dinámica de la población se realizó en dos localidades de Campeche en parcelas permanentes de 1 ha, subdivididas en parcelas de ½ ha separadas entre sí por 500 m. Esas poblaciones eran una población protegida en la RBC y una población gestionada recientemente (estación de cosecha: 2003) en la RFEP. En cada población se siguieron las características demográficas (tasas de supervivencia, crecimiento y fecundidad) y la dinámica de la población (tasa de crecimiento de la población y análisis de elasticidad) con arreglo a los criterios establecidos por Caswell (2000). Se identificaron, señalaron y etiquetaron en las parcelas todos los individuos de *G. sanctum* de una altura igual o inferior a 1,5 m y un DAP ≥ 1 cm, y se registró su altura y/o diámetro a la altura del pecho (DAP). Esta medición se marcó con pintura permanente para poder repetir mediciones a la misma altura para la estimación del crecimiento. Todos los individuos de altura inferior a 1,5 m se señalaron y etiquetaron, registrándose su altura y su diámetro a nivel del suelo en subparcelas de 2 x 2, extendidos aleatoriamente en la parcela. Todos los individuos etiquetados se censaron con fines de supervivencia, altura y crecimiento del DAP un año después del censo inicial, y se etiquetaron y midieron nuevos árboles en las parcelas y subparcelas. Respecto a los individuos reproductivos se estimaron la fenología floral y del fruto y la producción de semillas por árbol.

Resultados

Distribución: Se elaboraron mapas de distribución potencial (para definir nichos ecológicos) utilizando Desktop GARP, sobre la base de 200 registros (que comprenden 137 puntos de presencia y 63 de ausencia de la especie) y 11 capas ambientales, que comprenden elevación, temperatura (máx. y mín.), precipitación, inclinación, suelo y vegetación potencial. Los mapas de distribución de nichos probables fueron el resultado de 30 iteraciones del algoritmo, que se perfeccionaron luego utilizando mapas de probabilidades de distribución, regiones ecológicas, provincias biogeográficas y tipo de vegetación reciente (véase la Figura 1).

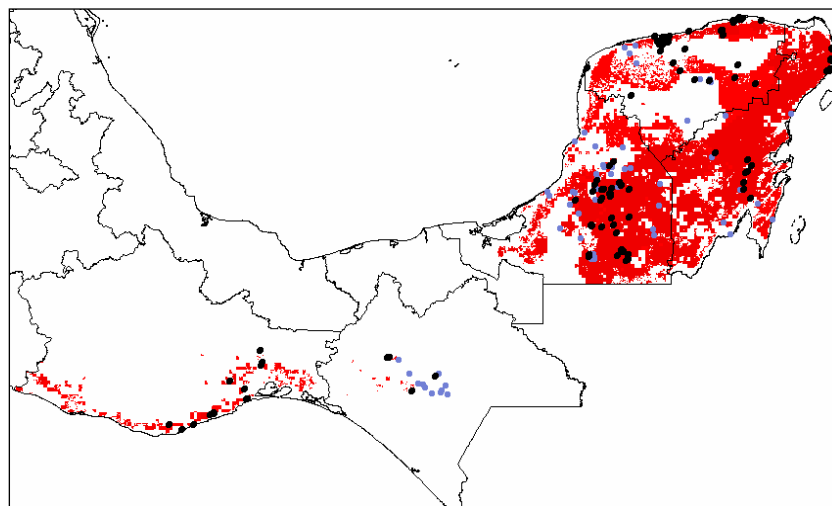


Figura 1. Registros de especímenes de herbario de *Guaiacum sanctum* y mapa de distribución potencial utilizando GARP. Los puntos azul claro representan la falta de la especie, en tanto que los puntos negros representan su presencia.

La determinación de los sitios de muestreo en el terreno de ambas especies se basó en estos mapas, y se establecieron varias vías de estudio para acceder a los lugares donde es mayor la probabilidad de hallar poblaciones de *Guaiacum sanctum*.

Modelo de abundancia: El área de distribución más importante de la especie se encuentra en la región central y septentrional de Campeche. Otras áreas donde se puede encontrar la especie son las partes septentrional y central de la península de Yucatán, Quintana Roo central (en particular en la Reserva de Biosfera de Sian Ka'an) y en el istmo de Tehuantepec. En la Depresión Central de Chiapas se observó muy poca abundancia, y las poblaciones pueden estar en peligro de extinción (Figura 2). Se identificaron áreas en que la ordenación y los niveles de protección son diferentes (Figuras 3 y 4).

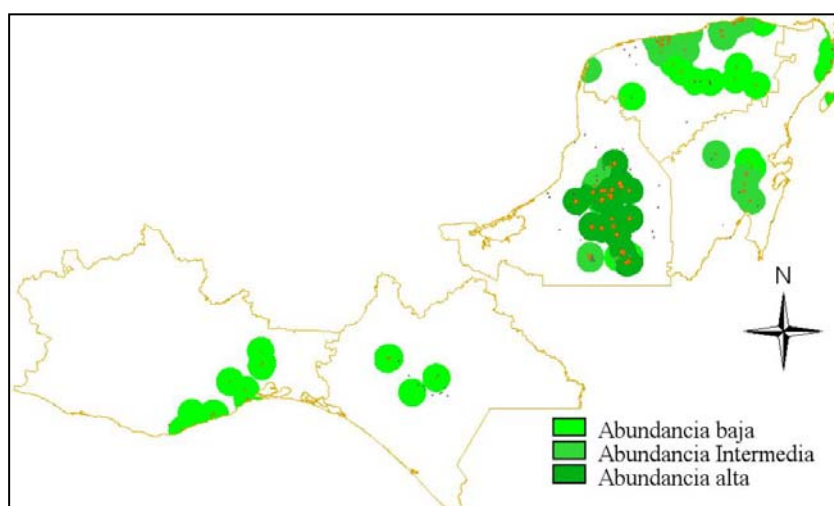


Figura 2. Modelo de abundancia de *Guaiacum sanctum*. Abundancia baja: < 30 individuos/ha; abundancia intermedia: < 200 individuos/ha; abundancia alta: > 200 individuos/ha (sólo se consideran aquí los individuos de ≥ 10 cm DAP).

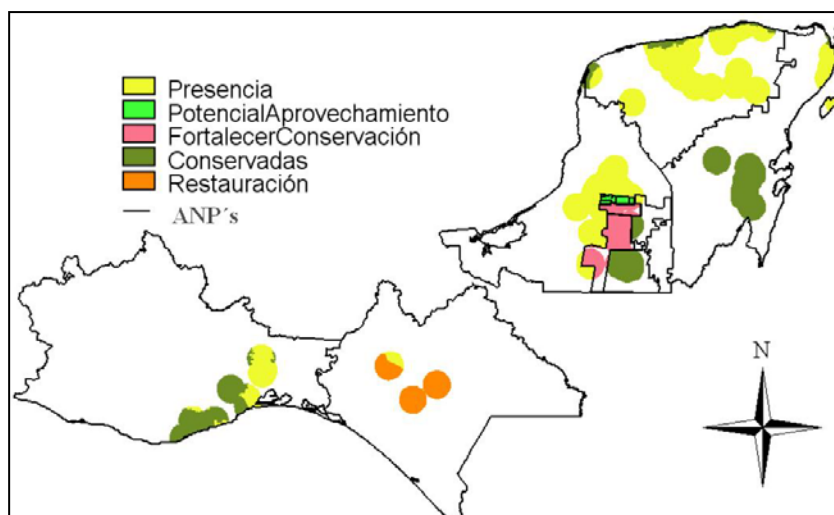


Figura 3. Áreas identificadas con diferentes usos de la tierra y niveles de protección y gestión. Las áreas en amarillo representan las regiones donde puede hallarse la especie, en verde claro las áreas de uso potencial, en rosa las áreas que se beneficiarían de medidas de conservación adicionales, en naranja las áreas donde la especie puede estar en peligro de extinción y se beneficiaría de algunas medidas de restauración y, por último, las líneas indican los polígonos de las áreas protegidas naturales actuales.

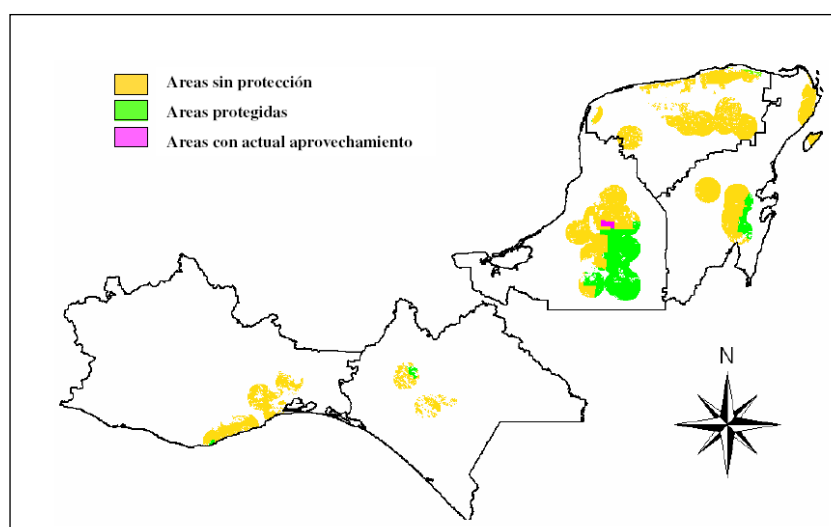


Figura 4. Áreas protegidas y en las que hay aprovechamiento actual (tala con fines comerciales) de *Guaiacum sanctum*.

Demografía y dinámica de la población

Estructura de la población: Para cada población se marcó una muestra de 50 individuos (mínimo) en cada fase de ciclo vital. Los resultados muestran una abundante cantidad de plántulas y árboles jóvenes, lo cual indica que ambas poblaciones tienen un buen potencial de regeneración, y que la germinación y las necesidades de desarrollo en las primeras fases de vida no son muy estrictas, si bien la transición a fases posteriores parece caracterizarse por importantes casos de mortalidad (véanse el Cuadro 1 y la Figura 5).

Cuadro 2. Densidad (individuos/hectárea)

Fase de vida/clases	RBC	%	RFEP	%
Plántulas (< 50 cm altura)	2.266 (207)	65,28	53.058 (1.475)	94,49
Árboles pequeños (51-150 cm altura)	930 (85)	26,79	1.942 (54)	3,45
Árboles 1 (DAP 1-10 cm)	(246)	7,08	(860)	1,53
Árboles 2 (DAP > 10 cm)	(29)	0,83	(287)	0,51
TOTAL	3.471 (567)		56.147 (2.676)	

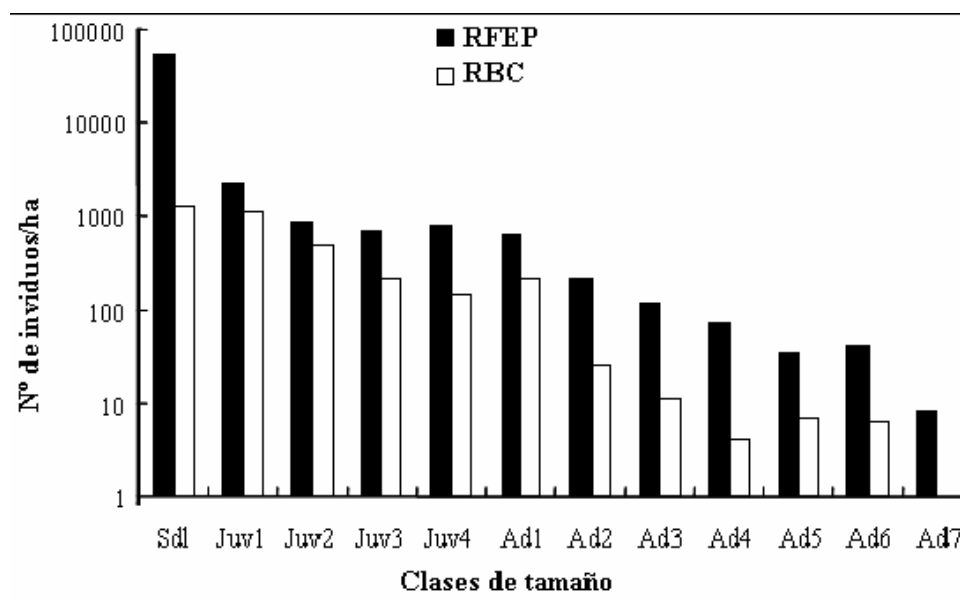


Figura 5. Estructura de la población de *Guaiacum sanctum* en dos áreas de muestreo permanentes en la RBC y en la RFEP; sólo se indican los árboles con DAP ≥ 1 cm.

Mortalidad: En general, las tasas de mortalidad disminuyen con el aumento del tamaño del árbol (Figura 6). En un año, la mortalidad de árboles adultos de ambas poblaciones fue muy baja y no varió entre ellas ni entre las clases de tamaño. En cambio, las plántulas de los árboles jóvenes presentaron tasas de mortalidad más altas en el sitio explotado, pero las "plántulas" fueron la clase de tamaño con la mortalidad más alta en ambas poblaciones (Figura 6).

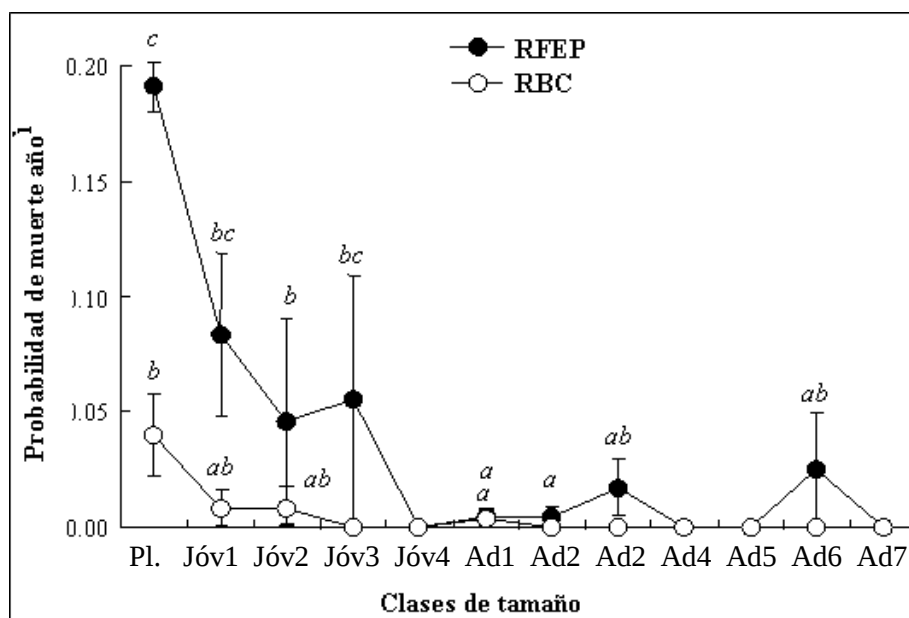


Figura 6. Tasas de mortalidad de *Guaiacum sanctum* en ambas poblaciones.

Crecimiento: El crecimiento en altura fue en general mayor para los árboles jóvenes que para las plántulas en ambos sitios, con excepción de Jónv-1 y Jónv-2 en la RBC. Las plántulas crecieron por igual en todos los sitios explotados y sin explotados, pero los árboles jóvenes más pequeños (Jónv-3 y Jónv-4) crecieron más rápidamente en el sitio explotado. En general, las tasas de crecimiento de DAP en los árboles adultos fueron muy lentas en ambos sitios, si bien las tasas de crecimiento medias fueron considerablemente mayores en la RFEP que en la RBC en el caso de los árboles de 1-4,9 cm (Ad1) y 25-34,9 cm (Ad6) DAP.

Estimaciones del crecimiento-edad: En las trayectorias de crecimiento de *Guaiacum sanctum* sobre la base de un aumento anual de DAP en las diferentes fases de vida (Lieberman y Lieberman, 1985), se estimó que se necesitan por término medio 70 años en ambos sitios para que una plántula alcance 1 cm DAP. Además, se necesitan 320 años en la RFEP y 210 años en la RBC para que un individuo de 1 cm DAP alcance el mayor DAP. Por lo tanto, si se agregan los 70 años desde 1 cm DAP se obtiene una longevidad estimada de entre 280 y 390 años en la península de Yucatán central (Figura 7).

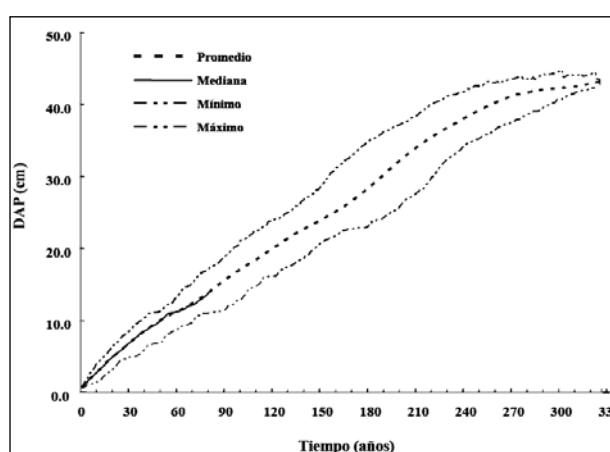


Figura 7. Estimaciones de crecimiento- edad de *Guaiacum sanctum*.

Reproducción: La floración tiene lugar entre febrero y abril, con un máximo antes de febrero, en tanto que la producción de fruto tiene lugar entre abril y mayo, con un máximo de individuos que dan fruto en mayo; los frutos maduros se obtienen en junio. El 35% de los árboles florecieron en la RFEP, en comparación con menos del 8% en la RBC.

La fecundidad (número de semillas producidas por cada árbol) mostró un aumento exponencial en el tamaño de los árboles, comenzando con aproximadamente 10 semillas/árbol en individuos de 1 a 4,9 cm DAP, hasta 10.000 en árboles con DAP > 35 cm. En ambas poblaciones, los árboles con DAP $\geq$ 25 cm contribuyeron con más del 60% de la producción de semillas. Se estimó que la primera reproducción tiene lugar entre 30 y 40 años de edad, pero con una producción de semillas muy baja. En la RBC, la edad de primera reproducción se estimó en 50 años, 20 más que en el caso de la RFEP (Figura 8).

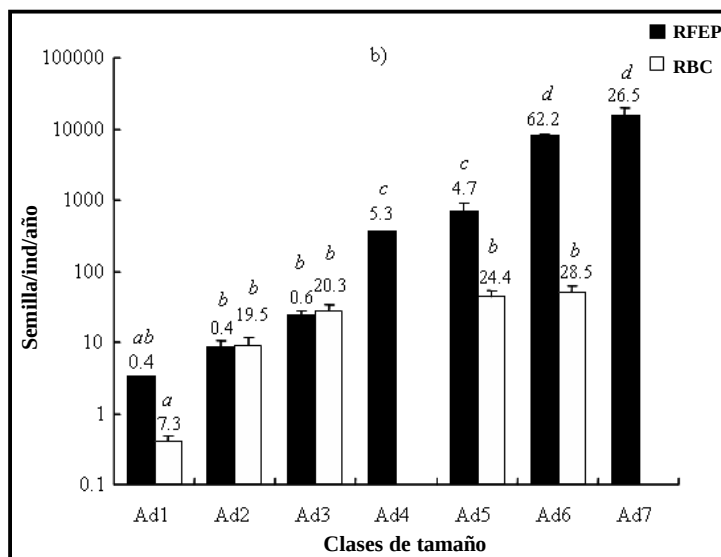


Figura 8. Variación de la fecundidad (producción de semillas media anual de los individuos) en relación con las clases de DAP (cm) para las dos poblaciones estudiadas. Los números representan el número medio de semillas producidas por los individuos en cada una de las siete clases de tamaño.

Ciclo vital: Las tasas de mortalidad en la RBC por cada fase de vida son notablemente más bajas que en la RFEP; esto es particularmente evidente en las primeras fases de vida, como las plántulas y los árboles jóvenes. La mortalidad en las plántulas parece guardar una correlación positiva con la apertura de la cubierta de las copas. Sin embargo, se observó que las elevadas intensidades de luz (p. ej., grandes claros) pueden impedir el crecimiento de las plántulas. Aparentemente, hay una incidencia de luz óptima (media), entre 8% y 12% de apertura de la cubierta de las copas, que parece favorecer la germinación de semillas y/o el establecimiento, así como la supervivencia y el crecimiento de las plántulas. También existe una clara relación de topografía y anegación con la presencia de *G. sanctum*. En el estudio se llegó a la conclusión de que la especie no se desarrolla debidamente en áreas llanas (muy probablemente porque están inundadas la mayor parte del año); ambas localidades muestran inclinaciones de entre 5,6° y 5,8° por término medio.

Una población de la RFEP presentó valores de densidad considerablemente más elevados en la mayoría de las fases de vida. La probabilidad anual de mantener la misma fase de vida fue más alta también en la RBC, lo que refleja tasas de mortalidad menores. La transición de la semilla a la plántula fue de un orden de magnitud superior en la RBC, en tanto que en la RFEP se perdió más del 90% de las semillas por diversas razones. Las probabilidades de transición de plántula a árbol joven eran cuatro veces más rápidas en la RBC también, en tanto que las probabilidades de transición entre fases de vida adultas eran en general más lentas que las registradas en la población de la RFEP. Sobre la base de toda la información presentada anteriormente, se elaboraron diagramas de ciclo vital (Figuras 9 y 10). Esos diagramas muestran el flujo de individuos a lo largo de las diferentes fases de vida. Los círculos representan las diversas fases de vida, y su tamaño está relacionado con la densidad observada en cada sitio por hectárea. Los rectángulos representan el porcentaje de la producción de semillas anual por árbol en cada fase de vida.

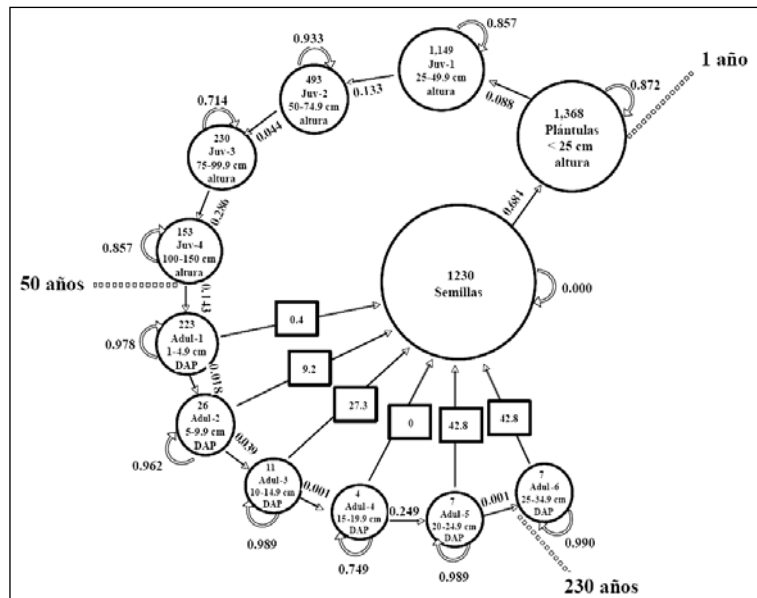


Figura 9. Diagrama del ciclo vital en la RBC (los números de las flechas y entre los círculos representan la probabilidad de transición anual entre fases de vida/clases).

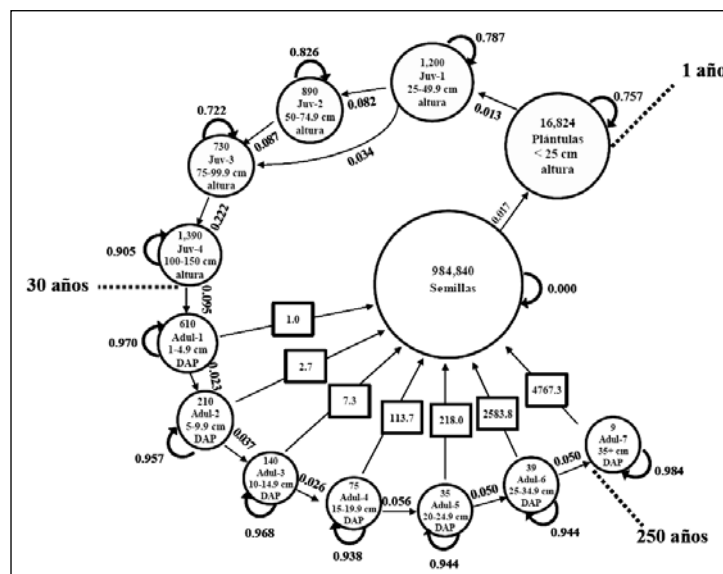


Figura 10. Diagrama del ciclo vital en la RFEP (los números de las flechas y entre los círculos representan la probabilidad de transición anual entre fases de vida/clases).

Dinámica de la población y modelos de los escenarios de explotación: Se preparó un modelo matricial para la especie suponiendo que las poblaciones sean estables (crecimiento, mortalidad y fecundidad constantes en el tiempo). Tras un número definido de iteraciones del modelo, se proyectó la futura estructura de tamaño, con diferentes porcentajes de extracción y valores de reclutamiento. El modelo indica que con una tasa de tala (cosecha) del 50% de los árboles con un DAP ≥ 35 cm una vez cada 10 años se puede mantener el equilibrio de la población si se garantiza el reclutamiento.

Se realizó una simulación por ordenador para explorar los posibles resultados de los diferentes escenarios de tala selectiva (hipotéticos) de las poblaciones de Guaiacum. Sobre la base del análisis de la elasticidad, se determinó que las fases de vida más importantes para la tasa de crecimiento de la población (λ) son los adultos entre 1-25 cm DAP, incluso más importantes que los adultos > 35 cm DAP. En esta simulación no

se consideran aspectos como años de sequía, fuertes tormentas, plagas y enfermedades, y especialmente la germinación de semillas y la supervivencia de árboles preadultos y adultos.

Sobre la base de estas simulaciones, puede llegarse a la conclusión de que la extracción de árboles comerciales puede no tener un impacto considerable sobre la tasa de crecimiento de la población. Por ejemplo, para todo porcentaje de extracción de árboles comerciales (20%-100%), si quedan en pie árboles pequeños, el modelo sugiere que λ reducirá solamente en torno al 0,7% y el 1,1% con respecto a su valor original, a falta de tala comercial. Por otra parte, si no se extraen árboles comerciales, pero se realiza una extracción anual sostenida de pequeños árboles (por encima de 9%), λ sería inferior a 1, y la población podría disminuir hasta extinguirse a largo plazo. Esto significa que en la tala comercial de la especie hay que tomar en consideración una extracción máxima (es decir, para apertura de brechas) de no más de 4% de árboles pequeños (DAP). Por término medio, para una explotación sostenible de 40% de árboles comerciales, el porcentaje de extracción máximo de pequeños árboles sería del orden del 7,3% anual. Se pueden planificar detenidamente programas de extracción para no causar daño a las clases pequeñas.

Como conclusión general, cabe decir que las simulaciones basadas en poblaciones de la RFEP mostraron que los períodos de reposo (de una estación de cosecha a otra) de 15 años o más es fundamental para la ordenación sostenible de *Guaiaacum sanctum*. Sin embargo, esto debe analizarse y definirse caso por caso, y en relación con el porcentaje de extracción propuesto, y los resultados de los estudios de población de los sitios que han de explotarse.

Otros aspectos pertinentes relacionados con el estudio

Taller nacional: La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), con el apoyo de las Autoridades mexicanas CITES, organizaron un taller nacional sobre conservación, ordenación y uso sostenible de Lignum Vitae (*Guaiaacum sanctum*) en México (Ciudad de México; 11-12 de octubre de 2006). El principal objetivo del taller era establecer las directrices y los mecanismos de coordinación para fomentar la conservación y el uso sostenible de *G. sanctum* en México. Para ello, los participantes se centraron en: la obtención de un primer diagnóstico de la especie a nivel nacional, con el fin de definir áreas prioritarias para la conservación, la restauración y el uso sostenible. Definir directrices generales que sirvan de referencia para la elaboración de planes de ordenación, y mecanismos para la coordinación institucional que puedan servir para el seguimiento de los programas nacionales sobre la conservación, el uso y la vigilancia de las poblaciones silvestres de Lignum Vitae y su hábitat. Entre otras cosas, se discutieron, aportando posibles soluciones, las dificultades con que se puede tropezar en las autorizaciones de ordenación y uso.

Referencias

- Caswell, H. 2000. *Matrix Population Models*, 2nd edition. Sunderland, MA, Sinauer Associates
- Lieberman, M. and D. Lieberman. 1985. Simulation of growth curves from periodic increment data. *Ecology*, 66: 32-635.
- Martínez, E. and L. C. Galindo. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: Clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 71, 7-32.
- Stockwell, D. R. B. and I. R. Noble. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of data analysis. *Mathematics and Computers in Simulation* 33, 385-390.