



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS

**Supervivencia y crecimiento de estacas de tres especies  
de árboles como herramienta de restauración en el  
noreste de la península de Yucatán.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

**Tania Sofía Gómez López**

Director de Tesis: Dr. Diego Rafael Pérez Salicrup

MORELIA, MICHOACÁN

ABRIL - 2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Para mi esposo Juan Carlos  
y mi hijo Mariano.*

## **Agradecimientos**

Agradezco a la Dirección General de Apoyo al Personal Académico de la UNAM (DGAPA) por los fondos que financiaron este estudio y que fueron otorgados como parte del proyecto IN227802, *Evaluación del potencial de regeneración de cinco especies de árboles a partir de estacas como herramienta para facilitar la sucesión en un bosque tropical de la península de Yucatán*, a cargo de los Doctores Diego Rafael Pérez Salicrup y Julieta Benítez Malvido.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Dirección General de Estudios de Posgrado de la UNAM (DGEP) por el apoyo económico que me otorgaron durante mis estudios de maestría por medio de la beca no. 172620.

Agradezco al Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la UNAM (CIECO) por las facilidades otorgadas para utilizar su equipo de campo, su equipo de cómputo y sus instalaciones durante la elaboración de este estudio.

Así mismo, agradezco a la Reserva Ecológica El Edén, A.C., por permitirme desarrollar mi trabajo de campo dentro de la reserva del mismo nombre.

Agradezco a mi tutor, el Dr. Diego R. Pérez Salicrup, por el apoyo y comprensión que me brindó durante mis estudios de maestría, así como por su gran paciencia. De igual forma, agradezco a la Dra. Julieta Benítez Malvido y al Dr. Martín Ricker, quienes conformaron mi comité tutorial, por sus comentarios y apoyo para mejorar este trabajo. Agradezco también a los miembros del jurado, Dra. Eliane Ceccon y Dra. Irma Trejo por sus valiosas críticas y comentarios a este manuscrito.

También agradezco sinceramente a todos aquellos que me ayudaron a resolver gran parte de los problemas causados por la distancia, enviando y recibiendo documentos, entre ellos Valentina Islas Villanueva, Mercedes Baca, Georgina Méndez

García y Roberto Sáyago. Un agradecimiento muy especial a mis hermanos Melisa y Eloy y a mis padres.

Agradezco a Juan Castillo, Esther Martínez y en general a todo el personal de la Reserva El Edén por el apoyo que me brindaron durante mi estancia dentro de la reserva. En especial agradezco a Eduardo López por ayudarme con el trabajo pesado, a colocar las estacas, reparar el cerco que protegía mis parcelas y ser siempre tan amable.

Agradezco de todo corazón a mi hermana, Melisa Gómez López y su esposo, Sergio González, a Sonia Ramos, a Francisco Peraza, a Cecilia Deita, a Fernando Rosas, a Ileana Solares, a Pavka Patiño y a Antonio Reynoso, quienes me ayudaron con el trabajo de campo, soportando el calor, la insolación y las garrapatas, porque sin ellos este estudio no hubiera sido posible. Muchas gracias por brindarme su amistad.

Un agradecimiento especial al Dr. Jaime González Cano por su ayuda para analizar los datos de las encuestas.

También agradezco a los biólogos Pedro Aguirre Galván y Silvia Magañón Barajas por su comprensión, amistad y apoyo.

Agradezco a mi esposo, Juan Carlos Huitrón, por apoyarme siempre en todo lo que emprendo, por su paciencia y su empatía.

## **Índice General**

<b>Agradecimientos</b>	<b>ii</b>
<b>Resumen</b>	<b>iv</b>
<b>Abstract</b>	<b>vi</b>
<b>Índice General</b>	<b>1</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>3</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>4</b>
<b>Introducción</b>	<b>6</b>
<b>Antecedentes</b>	
Conocimiento tradicional sobre cercos vivos en la península de Yucatán	<b>9</b>
Supervivencia y crecimiento de estacas	<b>10</b>
Restauración de selvas en la península de Yucatán	<b>12</b>
Especies de estudio	<b>13</b>
<b>Objetivos</b>	<b>15</b>
<b>Sitio de estudio</b>	<b>16</b>
<b>Métodos de investigación</b>	
Conocimiento tradicional sobre cercos vivos	<b>17</b>
Método experimental	<b>19</b>
Análisis de datos	<b>21</b>
<b>Resultados</b>	
Conocimiento tradicional sobre cercos vivos	<b>23</b>

Supervivencia de estacas	24
Crecimiento de estacas	25
<b>Discusión</b>	
Conocimiento tradicional sobre cercos vivos	26
Supervivencia	29
Crecimiento	32
Restauración de selvas en la península de Yucatán	35
<b>Bibliografía</b>	36
<b>Anexo</b>	58

## Índice de Tablas

- Tabla 1.** Porcentaje de la población masculina (según datos del Censo de Población y Vivienda 2000, INEGI) de dos comunidades rurales del noreste de la península de Yucatán, entrevistada en este estudio. **45**
- Tabla 2.** Listado de especies comúnmente utilizadas para construir cercos vivos de acuerdo con los resultados de los cuestionarios aplicados en dos comunidades rurales al noreste de la península de Yucatán, México. **46**
- Tabla 3.** Comparación de los resultados obtenidos en este estudio relativos a las especies comúnmente utilizadas para la construcción de cercos vivos en el noreste de la península de Yucatán, con los reportados en otros estudios. **47**

## Índice de Figuras

<b>Fig. 1.</b> Localización de la Reserva Ecológica El Edén, al noreste de la península de Yucatán, México.	<b>48</b>
<b>Fig. 2.</b> Número de menciones por especie usada para la construcción de cercos vivos en las comunidades rurales de Solferino y El Cedral, al NE de la península de Yucatán, México.	<b>49</b>
<b>Fig. 3.</b> Categorías de tamaño preferido de estacas para construir cercos vivos en las comunidades estudiadas.	<b>50</b>
<b>Fig. 4.</b> Porcentaje de menciones de las partes del árbol preferidas para obtener estacas para la elaboración de cercos vivos en las comunidades estudiadas.	<b>51</b>
<b>Fig. 5.</b> Supervivencia de estacas de <i>Bursera simaruba</i> , <i>Jatropha gaumeri</i> y <i>Thevetia gaumeri</i> , a lo largo de un año en el NE de la península de Yucatán, México.	<b>52</b>
<b>Fig. 6.</b> Altura promedio de estacas de <i>B. simaruba</i> y <i>J. gaumeri</i> registradas a lo largo de un año.	<b>53</b>
<b>Fig. 7.</b> Promedio de ramas por estaca de <i>B. simaruba</i> y <i>J. gaumeri</i> registradas a lo largo de un año.	<b>54</b>
<b>Fig. 8.</b> Longitud promedio de ramas por estaca de <i>B. simaruba</i> y <i>J. gaumeri</i> registrada a lo largo de un año.	<b>55</b>

**Fig. 9.** Promedio de hojas por rama registradas a lo largo de un año en estacas de *B. simaruba* y *J. gaumeri*.

**56**

**Fig. 10.** Área foliar y número de hojas producidas por estacas de *B. simaruba* y *J. gaumeri* a lo largo de un año.

**57**

# Supervivencia y crecimiento de estacas de tres especies de árboles como herramienta de restauración en el noreste de la península de Yucatán

Tania Sofía Gómez López

## Resumen

La superficie forestal de la península de Yucatán se ha reducido considerablemente durante las últimas décadas debido, principalmente, a actividades agrícolas. Actualmente el desarrollo de la industria turística en Quintana Roo ha fomentado el abandono de las actividades agrícolas y ha creado oportunidades de restauración ecológica. El uso de estacas de árboles como aceleradores de la sucesión ha sido poco abordado experimentalmente, pero estudios realizados en árboles aislados en potreros sugieren que las estacas  $\geq 1$  m de altura pueden ser útiles como herramienta de restauración. Además, el conocimiento tradicional de los campesinos de la región, relacionado con los cercos vivos, puede proporcionar información útil para el desarrollo de estrategias de restauración en la península de Yucatán. En este estudio se practicó un cuestionario en dos poblados del norte de Quintana Roo, relativo al conocimiento tradicional de los cercos vivos. *Bursera simaruba*, *Diphysa carthagenensis* y *Spondias mombin* fueron las especies consideradas más útiles para hacer cercos vivos; el final de la temporada de secas fue la época del año considerada más conveniente para asegurar el rebrote de las estacas; las partes gruesas de los árboles fueron consideradas las que tienen más posibilidades de rebrotar; y secar las estacas antes de plantarlas no fue una práctica común entre los habitantes de ambos poblados. Al parecer los poblados seleccionados están influenciados por costumbres agropecuarias y conocimientos etnobotánicos del estado de Veracruz. A partir de los resultados de los cuestionarios se eligieron las especies *B. simaruba*, *Jatropha gaumeri* y *Thevetia gaumeri* para propagarlas vegetativamente dentro de la Reserva Ecológica El Edén, siguiendo la técnica tradicional de los cercos vivos. Estas especies se seleccionaron por haber sido mencionadas en los cuestionarios y encontrarse abundantemente dentro de la reserva. Se evaluó la supervivencia y crecimiento de estacas  $\geq 1$  m de alto, a lo largo de un año. La supervivencia de *J. gaumeri* fue de 31.7%, la de *B. simaruba* de 25% y la de *T. gaumeri* de 0%. Las estacas sobrevivientes no mostraron diferencias entre especies en cuanto al crecimiento en diámetro, altura y número de ramas y hojas. El diámetro de las estacas no aumentó pero sí su altura. *J.*

*gaumeri* produjo ramas más largas y mayor área foliar que *B. simaruba*. La supervivencia de las estacas puede estar relacionada con características anatómicas y fenológicas de las especies así como con factores ambientales que afecten su estrés hídrico. En conclusión, un número reducido de especies de la selva puede ser propagado exitosamente a partir de estacas mayores a un metro de altura para desarrollar cercos vivos.

# **Survival and growth of cuttings of three tree species as a restoration tool at northeast Yucatan peninsula.**

Tania Sofía Gómez López

## **Abstract**

The forest cover in the Yucatan peninsula has been severely reduced during the last decades mostly because of agricultural activities. In present days the tourism industry in Quintana Roo has promoted the abandonment of agricultural activities and led an opportunity for ecological restoration in the northeast Yucatan peninsula. Cuttings of woody species as a succession accelerator has been scarcely studied experimentally, but investigations about isolated trees in pastures suggest that  $\geq 1\text{m}$  tall cuttings could be useful as a restoration tool. The traditional knowledge of the local countrymen about living fences could also provide useful information for the development of restoration strategies in the Yucatan peninsula. We applied a questionnaire to male residents of two small villages at north Quintana Roo about the way they build living fences and the species they use. *Bursera simaruba*, *Diphysa carthagenensis* and *Spondias mombin* were the species mostly used by the villagers to build living fences. According to the answers of the villagers, the end of the dry season is the best time of the year to build a living fence, the thickest parts of the trees have the highest probabilities of resprouting, and to let the cuttings dry before planting them is not a common practice. Our results suggest that the villagers interviewed are strongly influenced by cultural practices from Veracruz. After analyzing the results of the questionnaires, we selected tree species *Bursera simaruba*, *Jatropha gaumeri* and *Thevetia gaumeri* to propagate them by  $\geq 1\text{m}$  tall cuttings in the El Edén Ecological Reserve, following the traditional living fence building technique. This species were selected because they were frequently mentioned by the villagers and because they were abundant in the reserve. We evaluated the growth and survival of the cuttings during one year. 31.7% of *J. gaumeri* cuttings and 25% of *B. simaruba* cuttings survived by the end of the experiment. All of *T. gaumeri* cuttings died. The growth in diameter, height and number of branches and leafs of *J. gaumeri* cuttings was similar to those of *B. simaruba* cuttings. The cuttings of both species didn't grow in diameter by the end of the experiment, but they did in height. *J. gaumeri* cuttings produced longer branches and more leaf area than *B. simaruba*. Anatomical and phenological

characteristics of the species used and environmental factors related to water stress could have affected cuttings survival. A small number of species of tropical forest trees can be propagated successfully by  $\geq 1\text{m}$  tall cuttings.

## **Supervivencia y crecimiento de estacas de tres especies de árboles como herramienta de restauración en el noreste de la península de Yucatán.**

### **Introducción**

La Península de Yucatán ha perdido más del 75% de su superficie forestal original (Sánchez y Rebollar 1999) y, a pesar de que durante los últimos años grandes extensiones de tierra ocupadas para actividades agropecuarias se han abandonado en dicha zona, hasta ahora no se han realizado esfuerzos importantes para restaurarlas y recuperar los ecosistemas degradados. Este estudio pretende aprovechar el conocimiento tradicional de los campesinos de la región para generar información útil en el desarrollo de estrategias de restauración de selvas en Quintana Roo, con el empleo de estacas de árboles de manera análoga a la construcción de cercos vivos, pero con el fin de crear un dosel arbóreo y acelerar el proceso de sucesión secundaria.

En la península de Yucatán las áreas que aún presentan condiciones cercanas a su estado natural cubren una superficie de 31,465 km<sup>2</sup> (23.1%) y corresponden en su mayoría a áreas naturales protegidas. Las zonas entre parcial y moderadamente modificadas cubren 83,772 km<sup>2</sup> (61.6%) y están representadas por áreas de vegetación secundaria afectadas por la agricultura nómada, el uso forestal de tipo doméstico y el pastoreo extensivo. Las áreas fuertemente modificadas cubren 19,149 km<sup>2</sup> (14.1%) y son producto de la expansión de la frontera agrícola y pecuaria; y por último, las áreas modificadas drásticamente y los paisajes antropogénicos se extienden, en conjunto, 1,624 km<sup>2</sup> (1.2%) y son causados por la urbanización, la industrialización y la actividad turística (Chiappy *et al.* 1999).

En Quintana Roo las actividades del sector terciario de la economía, como la urbanización y el turismo, han atraído a gran parte de la población del estado hacia los centros urbanos durante la última década. En 1990 el 20.9% de la población total de

Quintana Roo se dedicaba al sector primario, mientras que para el año 2000 esta cifra había disminuido al 9.9%; en cambio el sector terciario pasó de ocupar al 62.6% de la población en 1990 al 72.7% en 2000 (INEGI 2001). Esto ha redundado en el abandono de las actividades agropecuarias y ha abierto oportunidades para la regeneración de algunos de los ecosistemas degradados en la entidad.

A pesar de esto, se han documentado pocos esfuerzos por restaurar las selvas tanto en la península completa como en Quintana Roo (Allen *et al.* 2003). Los experimentos realizados en este estado, y en otras zonas de México y del mundo, se han enfocado en recuperar la diversidad y estructura original de las selvas por medio de plántulas y semillas, sin embargo estas técnicas han mostrado ser de alto costo y pobres resultados (Kellman 1985, Aide y Cavelier, 1994, Ray y Brown 1994, 1995, Allen *et al.* 2003). La reforestación a partir de plántulas y semillas como método de restauración encuentra otra desventaja en la península de Yucatán, debido a que los suelos son muy diferentes de los de otras áreas con selvas caducifolias y subcaducifolias. La roca madre es piedra caliza muy porosa que retiene el agua por muy poco tiempo, lo cual disminuye el porcentaje de éxito de estos esfuerzos (Allen *et al.* 2003).

Una alternativa a estas técnicas consiste en la propagación de especies nativas a partir de estacas mayores a 1m de altura, ya que al regenerar pueden cumplir con funciones ecológicas muy similares a los árboles aislados en potreros, que se ha demostrado aceleran la sucesión secundaria y la recuperación de las selvas (Guevara *et al.* 1986, 1992, Guevara y Laborde 1993, Guevara *et al.* 1998). Entre éstas funciones se encuentran el atraer aves frugívoras, lo que aumenta la dispersión de semillas en el sitio y el producir sombra, lo que disminuye la temperatura bajo la copa y mejora las condiciones microclimáticas, facilitando el establecimiento de plántulas de otras especies arbóreas (Guevara *et al.* 1986, 1992, Guevara y Laborde 1993, Guevara *et al.* 1998, Rhoades 1998).

El conocimiento actual sobre el uso de estacas con fines de restauración es pobre (Acosta y Lerch 1983, Di Stefano y Fournier 1996, Orika *et al.* 1997, Zahawi 2005). Existe poca información en cuanto al tamaño conveniente de las estacas en distintos ambientes y sobre las épocas más adecuadas para su colecta y plantación (Orika *et al.* 1997). Tampoco se conocen los efectos de distintos tratamientos antes de plantarlas (Acosta y Lerch 1983, Pérez 1987), ni las diferencias en el desempeño de las estacas de distintas especies (Acevedo 1984, Peña 1995), ni su respuesta a diferentes tratamientos hormonales (García 2002). En el ramo de la horticultura y la agronomía se han llevado a cabo varios trabajos con estacas de especies de árboles frutales, desarrolladas bajo condiciones muy controladas (Garner 1976, Hartmann *et al.* 1997); sin embargo, se han realizados pocos estudios en campo, con especies no comerciales y enfocados a generar información útil en restauración ecológica (Zahawi 2005).

La península de Yucatán ofrece una ventaja sobre esta falta de información científica relativa a la restauración de sus ambientes degradados, la cual consiste en el conocimiento tradicional de los campesinos indígenas mayas, que han vivido en esta zona durante más de dos mil años (Turner II *et al.* 2003). Este grupo desarrolló sistemas de producción basados en el aprovechamiento diversificado de los recursos (Vázquez-Yañez *et al.* 1997, Gómez-Pompa *et al.* 1987) como el “solar”, que consiste en un patio situado junto o en la parte trasera de la casa, en donde se disponen las plantas utilizadas con mayor frecuencia, desde aromáticas hasta medicinales, incluyendo comestibles y forrajeras (Ortega *et al.* 1993).

Entre las especies comunes en los solares se encuentran las que se utilizan como cercos vivos (Ortega *et al.* 1993, Salinas 1999), es decir, plantaciones de arbustos o árboles que forman una línea alrededor del solar. Los cercos vivos se construyen, generalmente, a partir de estacas de por lo menos 1 m de altura y su función es delimitar propiedades y proteger a los cultivos del solar de daños causados por animales o

elementos climáticos adversos (Ortega *et al.* 1993, Salinas 1999). Aprovechar el conocimiento tradicional de los pobladores de la región para seleccionar las especies y prácticas que conlleven el mayor porcentaje de supervivencia al usar la técnica de los cercos vivos puede enriquecer y acelerar la generación de estrategias de restauración de ecosistemas degradados en la península de Yucatán y otras áreas tropicales del mundo.

## **Antecedentes**

### Conocimiento tradicional sobre cercos vivos en la península de Yucatán

Existen varios estudios sobre el conocimiento y uso tradicional de las selvas por los mayas en la península de Yucatán, relacionados con la práctica de los cercos vivos. Barrera *et al.* (1977) encontraron que la construcción de cercos vivos es una de las tradiciones de manejo de las selvas por los mayas de Cobá, Quintana Roo. Diversas especies de las selvas caducifolias y subcaducifolias de la región son utilizadas para crear cercos vivos cortando estacas de por lo menos un metro de altura (Cabrera *et al.* 1982).

Ortega *et al.* (1993) reportan que entre los mayas del estado de Yucatán se practica la construcción de cercos vivos, con la intención de proteger al solar de diversos animales. Para su construcción utilizan principalmente árboles, arbustos y bejucos de follaje denso y espinoso. Entre las especies más comúnmente utilizadas se encuentran *Bursera simaruba* (chakah), *Ehretia tinifolia* (beek), *Crataeva tapia* (xbokanche'), *Pithecellobium platylobum* (litol kook'), *Gymnopodium floribundum* (ts'its'ilche) y *Zanthoxylum caribaeum* (xiina'anche). Los cercos vivos pueden construirse a partir de estacas rectas y gruesas que funcionen como una cerca, o a partir de plántulas colocadas en sitios adecuados para que al crecer protejan el solar u otra área determinada.

Salinas (1999) realizó un inventario florístico y etnobotánico de los cercos vivos en el municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, y reportó un total de 113 especies, desde

árboles hasta hierbas, distribuidas a lo largo del cerco. Del total de especies registradas, el 71.7% fueron especies nativas y el resto fueron especies introducidas. Los árboles constituyeron las especies dominantes (51.3%), seguidas de los arbustos (29.2%), las hierbas (11.5%), las enredaderas (5.3%) y las palmas (2.7%). Las cuatro especies que presentaron mayor frecuencia en los cercos vivos de Othón P. Blanco fueron *Annona reticulata* (anona morada), *B. simaruba* (chakah), *Cedrela odorata* (cedro) y *Gliricidia sepium* (cocoite). Al comparar sus resultados con otros listados no publicados, Salinas (1999) encontró que la única especie compartida entre Othón P. Blanco y el estado de Yucatán fue *B. simaruba*; y las especies compartidas entre el primero y Campeche fueron *B. simaruba*, *C. mexicana* y *G. sepium*.

#### Supervivencia y crecimiento de estacas

Se han realizado pocos estudios sobre la capacidad de rebrote de especies comúnmente usadas en los cercos vivos y su potencial para utilizarse en proyectos de restauración. Granzow de la Cerda (1999) probó la capacidad de rebrote de estacas pequeñas (25-50 cm de altura) de *Cedrela odorata*, *Gliricidia sepium*, *Albizia saman* y *Pachyrhizus aquatica* bajo condiciones de invernadero; así como de estacas grandes (1-1.5 m de altura) obtenidas de zonas apicales, medias y basales de otras 12 especies de árboles tropicales plantadas en pastizales de Nicaragua. Encontró que, pasados dos meses de plantadas, la supervivencia de las estacas grandes era mucho mayor que la de las estacas pequeñas. Así mismo, identificó que la aplicación de hormonas de crecimiento (auxinas) es un factor que aumenta la supervivencia de las estacas de la mayoría de las especies probadas. Por último, detectó que la zona del árbol de donde provengan las estacas no influye en su capacidad de rebrote ni en su supervivencia.

Clavo y de la Torre (2002) probaron la capacidad de rebrote de estacas de 80 cm de altura y de dos rangos de diámetro (3-5 cm y 6-8 cm), utilizando cinco especies

arbóreas en Perú, de las cuales solo una, *Jatropha curcas*, presentó brotes y raíces. Las estacas de esta especie produjeron gran cantidad de raíces de más de 20 cm de largo después de seis meses de haberse plantado, sin importar su grosor.

Peñaloza (2004) evaluó la supervivencia y crecimiento de estacas de *B. simaruba*, de entre 2 y 3 m de altura, en zonas invadidas por el helecho *Pteridium aquilinum* en un bosque estacionalmente seco del noreste de la Península de Yucatán. La supervivencia de las estacas después de un año de ser plantadas en sitios con presencia del helecho fue de alrededor del 62% y su tasa de crecimiento en diámetro fue de entre 0.1 a 3.3 cm. La profundidad de copa observada en el mismo periodo fue de entre 0.52 y 0.82 cm y el número de ramas producidas por estaca fue en promedio de 6. El área foliar fue de alrededor de los 670 cm<sup>2</sup>.

El potencial de establecimiento de *B. simaruba* a partir de estacas fue evaluado también por Carvajal (2005) en dos tipos de suelos: cambisol y rendzina, en el oriente de Yucatán. En su estudio plantó estacas de esta especie en tres categorías diamétricas (delgadas, de 4 a 6 cm; medianas, de 7 a 10 cm; y gruesas, de 11 a 15 cm) y evaluó su supervivencia, biomasa del follaje, número y longitud de ramas y número y longitud de raíces, después de seis meses. Encontró que la supervivencia, el número de ramas y la biomasa del follaje aumentaban con relación al grosor de la estaca. Las estacas plantadas en suelos tipo rendzina produjeron menos raíces que las plantadas en cambisoles.

El estudio más reciente relacionado con la capacidad de rebrote a partir de estacas de especies de árboles tropicales es el de Zahawi (2005). Él evaluó el potencial de regeneración de estacas de once especies de árboles tropicales durante cinco meses y encontró que solo cuatro tuvieron un buen porcentaje de supervivencia, entre ellas *J. curcas*. También comparó el establecimiento y supervivencia de estacas de *B. simaruba* y *G. sepium* durante 2 años y obtuvo como resultado que la primera especie tiene un porcentaje de supervivencia considerablemente menor que la segunda. Por último,

encontró que la supervivencia y vigor de *G. sepium* aumenta con relación al incremento en el diámetro y la altura iniciales de las estacas.

### Restauración de selvas en la península de Yucatán

Holl *et al.* (2000) determinaron que, para recuperar la vegetación característica de las selvas que originalmente ocupaban los espacios donde ahora existen potreros, se deben cumplir varias condiciones: 1) que las semillas de especies de selva lleguen a los pastizales (dispersión de semillas); 2) que la depredación de estas semillas sea baja; 3) que las semillas sean viables y germinen en el pastizal; 4) que las condiciones ambientales y microclimáticas permitan el establecimiento y crecimiento de las plántulas; y 5) que la herbivoría no elimine gran parte de estas plántulas.

Una de las estrategias de restauración más comúnmente utilizadas es la de plantar plántulas de diversas especies de selva en pastizales. Sin embargo esto generalmente no tiene muy buenos resultados debido a que no supera la mayoría de los puntos citados anteriormente, además de que su costo es relativamente alto (Kellman 1985, Aide y Cavelier 1994, Ray y Brown 1994, 1995).

Otra estrategia recomendada es la de plantar especies arbóreas o arbustivas de rápido crecimiento que sirvan como árboles nodriza para las plántulas (Aide *et al.* 1995). Bajo esta misma idea, se ha estudiado el papel que tienen los árboles aislados en los potreros, ya sean remanentes de la vegetación original o cercos vivos, como facilitadores de la sucesión en los pastizales (Guevara *et al.* 1986, 1992, Guevara y Laborde 1993). Kellman (1985) encontró mayor supervivencia y crecimiento de plántulas de *Xylopia frutescens* y *Callophyllum brasiliense* bajo árboles aislados que en el pastizal abierto. Así mismo, Esquivel y Calle (2002) reportaron mayor regeneración natural bajo árboles aislados que en potreros.

La función de los árboles aislados como facilitadores de la sucesión secundaria en los pastizales, radica en que ayudan a que se cumplan gran parte de las condiciones necesarias para la regeneración natural. Aparentemente atraen aves dispersoras de semillas, especialmente si los árboles producen frutos comestibles para estos animales (Guevara y Laborde 1993, Guevara *et al.* 1998) y mejoran las condiciones microclimáticas y del suelo para la germinación y establecimiento de las plántulas (Kellman 1985, Guevara *et al.* 1992, Rhoades *et al.* 1998, Holl 1999).

Los cercos vivos pueden ser una alternativa de restauración de selvas en pastizales donde no se cuente con árboles aislados o estos sean muy escasos (Zahawi 2005). Por ser desde un inicio más altos que la vegetación herbácea circundante, pueden presentar ventajas competitivas sobre los pastos y hierbas, y aumentar sus efectos de mejoramiento microclimático. La facultad de utilizar especies cuyos frutos sean comestibles para las aves también les confiere la ventaja de ser mejores atractores de estas especies que perchas artificiales, lo cual puede redundar en una mayor dispersión de semillas en sus alrededores (Holl 1998). Por otra parte, al poder obtenerse de diversas especies cercanas al pastizal su costo puede ser relativamente bajo.

### Especies de estudio

*B. simaruba* (L.) Sarg es un árbol de la familia Burseraceae ubicado dentro de la tribu Bursereae y cuyo género se distribuye ampliamente en América tropical, en zonas con precipitación media anual de entre 500 y 1,400 hasta 3000 mm y temperatura entre 18 y 27°C (Gentry 1993, Pennington y Sarukhán 1998, Rzedowski *et al.* 2005). En México se le encuentra en toda la vertiente del Golfo, desde el sur de Tamaulipas hasta Quintana Roo; y en el Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas. En Quintana Roo su distribución es muy amplia ya que es componente primario y secundario de las selvas subperennifolias y subcaducifolias (Cabrera *et al.* 1982). Puede desarrollarse en suelos muy diversos, desde

rocas calizas de origen biológico hasta vertisoles y oxisoles con pH entre 5.5 y 8.5. Es un árbol dioico, monopódico, caducifolio, que puede llegar a medir hasta 30 m de altura y alcanzar 1 m de DAP (diámetro a la altura del pecho). Su corteza es brillante, de color café-rojizo, escamosa y exfoliante. Sus hojas son compuestas, imparipinadas, de 15 a 30 cm de largo y con 7 a 13 folíolos opuestos, ovalo-lanceolados u oblongos, con márgenes enteros. Florece entre febrero y agosto y sus flores son color crema, actinomorfas, de 6-7 mm de diámetro, distribuidas a lo largo de las ramas laterales en cimas paniculiformes cortas. Las flores masculinas tienen de 8 a 10 estambres glabros, filamentos blancos y anteras amarillas, con el disco más desarrollado que en las femeninas; éstas tienen ovario súpero, trilobular, con dos óvulos en cada lóculo de los cuales sólo uno es funcional. El estilo es corto y grueso y el estigma trilobado. Los frutos son drupas trivalvadas dehiscentes del exocarpo, de 10-15 mm de largo, con infrutescencias de hasta 15 cm que maduran de mayo a noviembre. Las semillas tienen en promedio 8 mm de largo, son triangulares y de color pardo rojizo (Cabrera *et al.* 1982, Pennington y Sarukhán 1998). Los endocarpios son alimento para diversas especies de aves, las cuales escarifican químicamente a las semillas al pasar por su tracto digestivo, favoreciendo su germinación (Cabrera *et al.* 1982).

El género *Jatropha* pertenece a la familia Euphorbiaceae, subfamilia Crotonidae y presenta un 77.7% de endemismos en México (Martínez *et al.* 2002, Martínez-Gordillo y Morrone 2005). La especie *Jatropha gaumeri* Grenm es un árbol pequeño con látex lechoso, hojas alternas, simples, ovadas, base cordadas, con margen entero, ápice acuminado o apiculado y nervadura palmada. Las inflorescencias surgen de las axilas de las hojas, son pediceladas, cimosas y con flores amarillo-verdosas. El fruto es una cápsula dehiscente explosiva. La especie es conocida localmente como “pomolché” y su látex es utilizado en medicina tradicional para curar úlceras de la boca y encías (Hayden 2006), aliviar el prurito y tratar la fiebre y fracturas (Comerford 1996, citado en Can-Aké *et*

*al.* 2004). Crece a nivel del mar en las selvas de Guatemala y Belice y en los estados de Quintana Roo y Yucatán (Villamar 1994, citado en Can-Aké *et al.* 2004).

*Thevetia gaumeri* Hemsley perteneciente a la familia Apocynaceae y es un árbol pequeño, de hasta 7 m de altura. Su tronco es recto, muy ramificado, con la corteza lisa a escamosa y todas las partes de la planta exudan un látex blanco. Sus hojas son largas (de 7 a 20 cm), angostas, oblanceoladas, de margen entero y ápice agudo, gruesas y succulentas. Sus flores son amarillo pálido, en forma de campana y se originan entre las hojas, cerca de la punta de las ramas. Florece durante todo el año. Sus frutos son bayas verde-parduzcas a negras, semiglobosas, con abundante pulpa blanca (Cabrera *et al.* 1982, Hayden 2006). En Quintana Roo es un elemento común en las asociaciones secundarias, aunque también se le encuentra en selvas subperennifolias, subcaducifolias y caducifolias de la Península (Cabrera *et al.* 1982). Esta especie se ha reportado como una fuente importante de polen y néctar para insectos polinizadores (Souza 1981).

## **Objetivos**

- Vincular el conocimiento tradicional de dos poblaciones cercanas a la Reserva Ecológica El Edén, en Quintana Roo, con la técnica de restauración de potreros abandonados a partir de estacas.
- Evaluar la supervivencia y crecimiento de tres especies de árboles propagadas siguiendo la técnica de los cercos vivos, seleccionadas a partir del conocimiento tradicional de los habitantes del noreste de la península de Yucatán.
- Contribuir a generar información científica necesaria para el desarrollo de estrategias de restauración de las selvas en la península de Yucatán.

## Sitio de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la Reserva Ecológica El Edén, ubicada en el municipio de Lázaro Cárdenas, en la región denominada Yalahau, al norte del estado de Quintana Roo, México. Esta reserva fue creada en 1990, por iniciativa de la organización no gubernamental Reserva Ecológica El Edén, A.C. y ocupa una extensión aproximada de 1,492 hectáreas, localizadas entre los 21°12' de latitud norte y los 87°11' longitud oeste, a una altitud de entre los 5 y 10 msnm (Schultz 2003; Fig. 1). Los centros de población más cercanos a la estación son Leona Vicario, a 28 km al sur-suroeste, el poblado de Kantunilkín, aproximadamente a 40 km al oeste y la ciudad de Cancún, a 38 km al sureste.

El clima reportado por García (1981) para la estación más cercana a la Reserva El Edén, número 006 Kantunilkín Quintana Roo, es del tipo  $Aw''_2(i')$ , cálido subhúmedo con lluvias en verano y temperatura media anual de 24.7°C, con oscilaciones de 5 a 6 °C. La precipitación promedio anual es de 1,200 mm y se concentra en la época de lluvias, que comienza en junio y culmina en diciembre, después de la cual existe un intenso periodo de sequía. Los meses más cálidos son mayo, junio y julio con temperaturas promedio entre los 25° y 29° C, y el más frío es enero con temperaturas promedio entre los 21° y 24° C. Los suelos son gleysoles y rendzinas y se desarrollan sobre una base de piedra caliza sobre la cual se encuentra una delgada capa de arcilla (de 1 a 4 cm) con alto contenido de materia orgánica (Flores y Espejel 1994).

De acuerdo con Schultz (2003) la vegetación de El Edén se clasifica en cuatro tipos principales: tinal, sabana, vegetación acuática y selva mediana subcaducifolia. Esta última presenta diferentes estadios de sucesión, la altura de los más extensos es de 10 a 15 y de 7 a 10 m. También se encuentran áreas que fueron convertidas en pastizales para el uso ganadero y zonas abandonadas que fueron utilizadas para el cultivo.

Dentro de la reserva existen evidencias de actividad humana desde hace varios siglos, como vestigios de asentamientos mayas durante el preclásico, extracción de madera en la segunda mitad del siglo XIX, y la extracción de chicle hasta mediados del XX (Schultz 2003). Más recientemente, se tiene registro de incendios y desmontes desde hace 10 años aproximadamente. Antes de establecerse la reserva, el área fue ocupada por ranchos ganaderos y zonas con agricultura de roza-tumba-quema (Castillo J. com. personal). Actualmente la zona de humedales de Yalahau se aprovecha como área de extracción de agua para abastecer a la ciudad de Cancún (Schultz 2003). El área donde se ubica la reserva fue azotada por el huracán Gilberto en 1988 y parte de ella fue afectada por los incendios posteriores a este (Schultz 2003, Whigham *et al.* 2003).

## **Métodos de investigación**

### Conocimiento tradicional sobre cercos vivos

Durante marzo de 2003 se aplicó una encuesta dirigida a personas del sexo masculino, mayores de 18 años, residentes de los poblados de Solferino y El Cedral en el norte del estado de Quintana Roo, aproximadamente a 35 km al oeste de la reserva El Edén. La encuesta fue integrada por 8 preguntas abiertas relativas a su conocimiento y prácticas para elaborar cercos vivos y a las especies comúnmente utilizadas para ello (Anexo). Se entrevistó aproximadamente al 4% de la población masculina de cada poblado, teniendo como base los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de 2000 del INEGI (Tabla 1). Las especies mencionadas por los pobladores se identificaron a partir de su nombre común, en español y/o maya, con base en las publicaciones de Gómez-Pompa *et al.* (1987), Ortega *et al.* (1993), Pulido y Serralta (1993), Herrera (1994), Salinas (1999) y Arellano *et al.* (2003).

Se realizó una prueba de correlación de Spearman para evaluar si el número de menciones para cada especie se correlacionaba entre en ambos poblados. Se utilizó la misma prueba para evaluar si el número de especies mencionadas se correlacionaba con la edad del informante. Se aplicó una prueba de independencia de  $\chi^2$  para determinar la similitud de las prácticas para la construcción de cercos vivos entre poblados, relativas a la época del año preferida para plantar las estacas y la zona del árbol más común para obtenerlas. La práctica de secarlas antes de plantarlas entre poblados se comparó por medio de una prueba exacta de Fisher. Se realizó una prueba de  $U$  de Mann-Whitney para determinar si el tamaño preferido de las estacas fue diferente en cada poblado.

A partir de los listados de especies obtenidos por medio de los cuestionarios se seleccionaron cinco para un primer experimento, de acuerdo con los siguientes criterios: 1) ser abundantes dentro de la Reserva; 2) dispersar sus semillas preferentemente por animales; y 3) ser de utilidad para la población regional. Las especies seleccionadas fueron: *Bursera simaruba* (L.) Sarg (Burseraceae), *Jatropha gaumeri* Grenm (Euphorbiaceae), *Thevetia gaumeri* Hemsley (Apocynaceae), *Diphysa carthagenensis* Jacq (Leguminosae) y *Ficus cotinifolia* H.B. & K. (Moraceae). La referencia acerca de la abundancia de las especies dentro de la reserva se obtuvo a partir de comunicación directa con el personal de campo de la misma, ya que hasta la fecha se carece de estudios publicados al respecto para el área. Los usos de cada especie se obtuvieron a partir de los listados de Pulido y Serralta (1993) y Arellano *et al.* 2003.

El primer experimento fracasó y se preparó un segundo, para el cual solo se seleccionaron tres especies: *B. simaruba*, *J. gaumeri* y *T. gaumeri*, ya que *D. carthagenensis* y *F. cotinifolia* no fueron tan abundantes como para permitir una segunda colecta de estacas.

## Método experimental

El experimento se ubicó en un área de aproximadamente 3 ha, dentro de la Reserva Ecológica El Edén, en donde se desarrolla vegetación secundaria producto de perturbaciones recientes con fines agrícolas y ganaderos. Esta área formó parte de un rancho ubicado a 6 km al este de la estación biológica de la reserva, en donde se practicó la agricultura con el método tradicional de roza-tumba-quema, para después introducir ganado vacuno y abandonarlo en el año 2002 (Castillo J. com. pers.). Actualmente en él existe un pastizal dominado por *Panicum maximum* Jacq. (zacate guinea), rodeado por selva baja subcaducifolia y vegetación secundaria. Los elementos arbóreos aislados más comunes son palmas del género *Sabal* de 4 m de altura en promedio.

El primer diseño experimental original consistió en cinco parcelas de 10 x 20 m separadas entre sí por lo menos 50 m. En cada parcela se plantaron 50 estacas de 5 especies, 10 estacas por especie, distribuidas al azar, con un espaciamiento entre estacas de 2 x 2 m. Se seleccionaron las especies *Bursera simaruba*, *Jatropha gaumeri*, *Thevetia gaumeri*, *Diphysa carthagenensis* y *Ficus cotinifolia* por haber sido mencionadas frecuentemente en los cuestionarios y por ser abundantes dentro de la Reserva Ecológica El Edén. Del 22 al 23 de abril de 2003 se cortaron 50 estacas de cada una de las cinco especies seleccionadas, cuya altura varió entre 1.3 y 2.5 m y su diámetro fue de entre 3 y 8.5 cm. Las estacas fueron cortadas de individuos sanos de por lo menos 3 m de altura entre las 9:00 y las 13:00 horas y entre las 15:00 y las 17:00 horas a las orillas de un camino rural dentro de la reserva. Una vez cortada cada estaca se marcó para distinguir su especie y su polaridad. Posteriormente se eliminaron todas sus hojas y ramas con la intención de evitar que perdieran demasiada agua por evapotranspiración y se colocaron en posición horizontal bajo lugares sombreados, adyacentes al camino, en donde permanecieron hasta el 24 de abril de 2003, día en que fueron plantadas. Para plantar las

estacas se excavaron pequeñas pozas de 30 cm de profundidad como máximo y 15 cm como mínimo. Las estacas se plantaron respetando su polaridad y su posición fue asegurada al colocar piedras a su alrededor. Una vez plantadas las estacas, se midió su diámetro inicial a 1 m de altura (diámetro) y su altura inicial. Durante tres periodos de cuatro meses se registró el número de estacas vivas, consideradas así por presentar tejido vivo en el cambium. Para cada estaca viva se registró su diámetro y altura, el número y longitud de las ramas, el número total de hojas y el largo, ancho y, en su caso, número de folíolos de 15 hojas seleccionadas al azar.

Se registraron los datos de supervivencia y crecimiento para el primer periodo después de cuatro meses de plantar las estacas, sin embargo, no pudieron continuarse las mediciones debido a que el ganado irrumpió dentro de las parcelas, derribando casi todas las estacas.

Durante 2004 se modificó el diseño experimental original tomando en cuenta las experiencias obtenidas el año anterior. Las modificaciones consistieron en la eliminación de una parcela que presentaba características del suelo que no permitían que las estacas se mantuvieran en pie; esta parcela no se sustituyó en otro sitio debido a que dentro del potrero abandonado no se encontraron áreas del tamaño requerido con suelos que permitieran plantar las estacas. Se eliminaron las especies *F. cotinifolia* y *D. carthagenensis* debido a que su abundancia dentro de la reserva no fue lo suficientemente alta para obtener más estacas y a que presentaron 0% de supervivencia en el experimento uno. *T. gaumeri* también presentó 0% de supervivencia pero no se eliminó debido a que fue lo suficientemente abundante dentro de los bosques secundarios de la reserva como para permitir obtener más estacas, y a que fue difícil evaluar si su nula sobrevivencia se debió a que todas las estacas fueron derribadas por el ganado o por la inviabilidad de la regeneración en la especie. El número de estacas por especie aumentó a 15 por parcela para dar un total de 45 estacas por parcela y 180 estacas en total. Para

evitar el riesgo de intrusión de ganado vacuno a las parcelas, el área completa del potrero se cercó con alambre de púas antes de iniciar el segundo experimento.

El 17 de julio de 2004 se cortaron 60 estacas de cada una de las especies *B. simaruba*, *J. gaumeri* y *T. gaumeri* de entre 0.9 y 2.6 m de altura y de entre 1.17 y 9.34 cm de diámetro. Las estacas se obtuvieron de igual forma que el año anterior, a lo largo del mismo camino y se plantaron el 18 de julio de la misma manera que en el primer experimento. Se registraron los mismos datos que para el primer diseño experimental. Los periodos de registro fueron diciembre de 2004, abril de 2005 y agosto de 2005. Durante el último periodo se colectaron 100 hojas de individuos no experimentales de *J. gaumeri* que se calcaron en papel, se les midió su largo y ancho y se escanearon utilizando el programa SigmaScan Pro 5 (SPSS versión 5.0.0.1) para obtener su Área Foliar (AF).

### Análisis de datos

Los datos se agruparon por especie ignorando las parcelas, debido a que el tamaño de muestra fue muy bajo y a que el diseño experimental correspondió a varias pseudoréplicas (Hurlbert, 1984). Para analizar la supervivencia se aplicó el modelo de Riesgos Proporcionales de Cox (Cox proportional hazards model, Crawley 2002) incluyendo primero a las tres especies y después eliminando a *T. gaumeri*.

El crecimiento se evaluó en términos de diámetro, de altura, de número de ramas producidas y de número de hojas producidas. Debido a que todos los individuos transplantados de *T. gaumeri* murieron en el primer trimestre luego del transplante, no fueron considerados para los análisis de crecimiento.

Tanto para el diámetro como para la altura, se calculó la Tasa de Crecimiento Final (TCF), obtenida a partir de la fórmula de la Tasa Relativa de Crecimiento,  $(\ln x_2 - \ln x_1)/t$  (Chiarello *et al.* 1989), aplicada a los datos iniciales y finales; donde  $x_2$  corresponde a los datos obtenidos en el último periodo de registro (agosto 2005),  $x_1$  corresponde a los datos

iniciales, obtenidos al momento de plantar las estacas (julio 2004) y t corresponde al tiempo transcurrido entre ambas mediciones (1 año).

La Tasa de Crecimiento por Periodo (TCP), tanto para el diámetro como para la altura, se obtuvo a partir de la fórmula de la Tasa Relativa de Crecimiento aplicada a los datos obtenidos en cada periodo; donde  $x_2$  corresponde a los datos obtenidos en el periodo Y,  $x_1$  corresponde a los datos obtenidos en el periodo Y-1 y t al tiempo transcurrido entre ambos periodos. Las TCF, medidas tanto en diámetro como en altura, se analizaron por medio de ANOVAs de una vía (Sokal & Rohlf 1981). Para las TCP se realizaron Análisis de Medidas Repetidas (von Ende 1993).

Para el número de ramas y número de hojas se obtuvo el Número Final (NF), definido como el número de ramas u hojas del último periodo de registro; y el Número de hojas o ramas por periodo (NP). Los resultados de NF de ramas y hojas se analizaron por medio de ANOVAs de una vía (Sokal & Rohlf 1981). A los resultados de NP de ramas se les aplicó un Análisis de Medidas Repetidas (von Ende 1993). Los datos de NP de hojas se transformaron a su raíz cuadrada para cubrir con el criterio de normalidad necesario para aplicarles el Análisis de Varianza (von Ende 1993). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SYSTAT para Windows, versión 11.

Con los datos de área foliar (AF), medidos en 100 hojas de *J. gaumeri*, se realizó una análisis de regresión por pasos para obtener la ecuación 1 ( $r^2 = 0.999$ ,  $P < 0.001$ ,  $n = 100$ ), que relaciona el ancho y largo de cada hoja de *J. gaumeri* con su AF.

$$\text{A.F.} = [(0.615 * \text{largo}) + (0.243 * \text{ancho})]^2 \quad \text{Ec. 1}$$

Esta ecuación se aplicó a las hojas de *J. gaumeri* medidas en cada estaca y el resultado se multiplicó por el número total de hojas de la misma para obtener el AF por estaca. El mismo procedimiento se realizó para las hojas de *B. simaruba*, pero utilizando la ecuación 2, obtenida por Peñaloza (2004) en la misma región de estudio.

$$\text{AF} = (0.3 * \text{ancho}) + (0.24 * \text{largo}) + (0.55 * \text{no. de foliolos}^2) \quad \text{Ec. 2}$$

Las áreas foliares obtenidas por estaca, en cada periodo de medición, se promediaron y este resultado se multiplicó por el número de estacas vivas en el mismo periodo para obtener el AF por periodo (AFP). Se compararon la AFP de ambas especies por medio de un Análisis de Medidas Repetidas (von Ende 1993).

## Resultados

### Conocimiento tradicional sobre cercos vivos

Los resultados de los cuestionarios arrojaron 23 especies de árboles de 14 familias, utilizadas por la población local para la construcción de cercos vivos. Se identificaron 21 de estas especies de acuerdo con su nombre común y sinonimia maya. Las dos especies restantes no pudieron identificarse debido a que su nombre común no fue encontrado en ninguno de los listados utilizados (Gómez-Pompa *et al.* 1987, Ortega *et al.* 1993, Pulido y Serralta 1993, Herrera 1994, Salinas 1999, Arellano *et al.* 2003). La mayoría de las especies identificadas perteneció a la familia Leguminosae (6 especies; Tabla 2). Al comparar los resultados de este estudio con otros listados se encontraron pocas similitudes con la composición de cercos vivos en Yucatán, pero igual número de similitudes con cercos vivos de Veracruz y del centro de Quintana Roo (Tabla 3).

El 100% de los entrevistados en ambos poblados dijo saber lo que eran los cercos vivos, sin embargo solo alrededor del 70% manifestaron saber hacerlos (Solferino = 70.6%, El Cedral = 71.4%). Las especies mencionadas más frecuentemente fueron *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium*, *Diphysa carthagenensis* y *Spondias mombin* y su frecuencia fue muy similar en ambos poblados, con excepción de *G. sepium*, la cual fue frecuentemente mencionada en Solferino, pero solo contó con una mención en El Cedral (Fig. 2). El número de menciones no se correlacionó entre poblados al incluir a todas las

Las áreas foliares obtenidas por estaca, en cada periodo de medición, se promediaron y este resultado se multiplicó por el número de estacas vivas en el mismo periodo para obtener el AF por periodo (AFP). Se compararon la AFP de ambas especies por medio de un Análisis de Medidas Repetidas (von Ende 1993).

## Resultados

### Conocimiento tradicional sobre cercos vivos

Los resultados de los cuestionarios arrojaron 23 especies de árboles de 14 familias, utilizadas por la población local para la construcción de cercos vivos. Se identificaron 21 de estas especies de acuerdo con su nombre común y sinonimia maya. Las dos especies restantes no pudieron identificarse debido a que su nombre común no fue encontrado en ninguno de los listados utilizados (Gómez-Pompa *et al.* 1987, Ortega *et al.* 1993, Pulido y Serralta 1993, Herrera 1994, Salinas 1999, Arellano *et al.* 2003). La mayoría de las especies identificadas perteneció a la familia Leguminosae (6 especies; Tabla 2). Al comparar los resultados de este estudio con otros listados se encontraron pocas similitudes con la composición de cercos vivos en Yucatán, pero igual número de similitudes con cercos vivos de Veracruz y del centro de Quintana Roo (Tabla 3).

El 100% de los entrevistados en ambos poblados dijo saber lo que eran los cercos vivos, sin embargo solo alrededor del 70% manifestaron saber hacerlos (Solferino = 70.6%, El Cedral = 71.4%). Las especies mencionadas más frecuentemente fueron *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium*, *Diphysa carthagenensis* y *Spondias mombin* y su frecuencia fue muy similar en ambos poblados, con excepción de *G. sepium*, la cual fue frecuentemente mencionada en Solferino, pero solo contó con una mención en El Cedral (Fig. 2). El número de menciones no se correlacionó entre poblados al incluir a todas las

especies ( $r_{\text{Spearman}} = -0.049$ ,  $P > 0.05$ ). Tampoco se encontró una correlación entre la edad del entrevistado y el número de especies mencionadas ( $r_{\text{Spearman}} = 0.263$ ,  $P > 0.05$ ).

La época del año preferida para plantar las estacas no difirió entre poblados ( $\chi^2_3 = 5.74$ ,  $P = 0.056$ ). No se mencionaron épocas determinadas para plantar especies en particular. La mayoría de los entrevistados (67.7 %) consideró el final de la época de secas como el mejor momento para cortar y sembrar estacas para su uso como cercos vivos. En cuanto al tamaño preferido de las estacas para construir cercos vivos, no se encontraron diferencias entre los poblados (U de Mann Whittney = 167,  $z = 1.905$ ,  $P > 0.05$ ) siendo preferidas por el 61.3% de la población las estacas entre 1.5 y 2 m de altura (Fig. 3). No se encontraron diferencias entre los poblados con respecto a la zona de corte ( $\chi^2_3 = 1.8$ ,  $P > 0.05$ ). El 41.9 % de la población dijo preferir obtener las estacas de la parte central del tronco (Fig. 4). No se encontraron diferencias significativas entre poblados en cuanto a la práctica de secar las estacas antes de plantarlas de acuerdo a la prueba de Fisher. El 67 % de la muestra entrevistada no consideró necesario dejar secar las estacas antes de plantarlas.

### Supervivencia de estacas

La supervivencia de las estacas de *T. gaumeri* fue de 0% después de los primeros cuatro meses de iniciado el experimento. La supervivencia final de *B. simaruba* fue de 25%, mientras que la de *J. gaumeri* fue de 31.7%. El análisis de supervivencia por medio del modelo de Cox (Crawley 2002), mostró una diferencia significativa entre la supervivencia de las tres especies a lo largo del tiempo (Especie: 0.053,  $Z = 4.69$ ,  $P < 0.001$ ), sin embargo el modelo, aunque significativo, no explicó la mayor parte de la variación encontrada ( $R^2 = 0.118$ ,  $P < 0.001$ ). Al eliminar a *T. gaumeri* del análisis no se encontraron diferencias entre la supervivencia de las dos especies restantes (Especie: -0.079,  $Z = -0.369$ ,  $P = 0.71$ ) y el modelo no fue significativo ( $R^2 = 0.001$ ,  $P = 0.712$ ). A lo

largo de los tres periodos de registro *B. simaruba* y *J. gaumeri* mostraron comportamientos muy similares en cuanto a su supervivencia (Fig. 5).

### Crecimiento de estacas

Las estacas de *B. simaruba* y *J. gaumeri* no mostraron diferencias entre sus TCF medidas en diámetro, ya que ninguna presentó cambios entre el diámetro inicial y el final ( $F_{1,32} = 0.019$ ,  $P = 0.89$ ). Tampoco se encontraron diferencias en el crecimiento medido en diámetro entre ambas especies ( $F_{1,29} = 0.085$ ,  $P = 0.773$ ) ni entre los cuatro periodos de medición ( $F_{2,58} = 1.877$ ,  $P = 0.162$ ). No se encontró una interacción entre el tiempo y las especies ( $F_{2,58} = 0.824$ ,  $P = 0.444$ ).

La TCF y la TCP medidas en altura no mostraron diferencias significativas entre especies ( $F_{1,32} = 1.597$ ,  $P = 0.215$ ;  $F_{1,32} = 1.616$ ,  $P = 0.213$  respectivamente). Ambas especies aumentaron su altura a lo largo del tiempo ( $F_{2,64} = 3.34$ ,  $P = 0.042$ ). No se encontró interacción entre las especies y el tiempo ( $F_{2,64} = 0.984$ ,  $P = 0.380$ ). *B. simaruba* aumentó  $0.43 \text{ cm} \pm 0.15$  (Error Estándar) y *J. gaumeri*  $0.43 \text{ cm} \pm 0.021$  (Fig. 6).

Las estacas de *B. simaruba* y *J. gaumeri* aumentaron su número de ramas a lo largo del tiempo ( $F_{2,64} = 43.510$ ,  $P < 0.001$ ). No se encontraron diferencias entre el número de ramas finales producidas por ambas especies ( $F_{1,32} = 0.017$ ,  $P = 0.896$ ). Las dos especies produjeron hasta el último periodo de registro  $7.07 \text{ ramas} \pm 1.07$  para *B. simaruba* y  $\pm 0.66$  para *J. gaumeri*. El periodo entre julio y diciembre fue en el que ambas especies produjeron mayor número de ramas; en los periodos siguientes el número de ramas se mantuvo constante (Fig. 7).

Las estacas de ambas especies aumentaron la longitud de sus ramas a lo largo del tiempo ( $F_{2,394} = 37.405$ ,  $P < 0.01$ ). Las estacas de *J. gaumeri* produjeron ramas más largas que las de *B. simaruba* ( $F_{1,197} = 13.032$ ,  $P < 0.01$ ). La longitud promedio de las

ramas de *J. gaumeri* fue de 27.16 cm  $\pm$  2.0, mientras que la de las ramas de *B. simaruba* fue de 19.07 cm  $\pm$  1.85 (Fig. 8).

El NF y el NP de hojas no presentaron diferencias significativas entre especies ( $F_{1,30} = 2.127$ ,  $P = 0.155$ ;  $F_{1,32} = 4.087$ ,  $P = 0.052$  respectivamente). Ambas especies se comportaron de la misma forma a lo largo del tiempo ( $F_{2,64} = 2.477$ ,  $P = 0.092$ ). El número de hojas aumentó a lo largo del tiempo ( $F_{2,64} = 3.459$ ,  $P = 0.037$ ), pasando de 41.7  $\pm$  4.9, en diciembre de 2004, a 72.9  $\pm$  10.4 en agosto de 2005 (Fig. 9).

El AF final de *J. gaumeri* fue mayor que la de *B. simaruba* ( $F_{1,35} = 9.655$ ,  $P = 0.004$ ). *B. simaruba* produjo 2,706.7 cm<sup>2</sup>  $\pm$  1,355.2, mientras que *J. gaumeri* produjo 7,304.4 cm<sup>2</sup>  $\pm$  1,603.4. Así mismo, el AF mostró diferencias significativas entre especies a lo largo del tiempo y éste tuvo un efecto diferente en ambas especies ( $F_{2,70} = 17.528$ ,  $P < 0.001$ ;  $F_{2,70} = 8.435$ ,  $P = 0.001$  respectivamente). Las estacas de *J. gaumeri* produjeron mayor AF hasta diciembre de 2004 que las de *B. simaruba* (8,968.5 cm<sup>2</sup>  $\pm$  1,472.3 y 1,316.7 cm<sup>2</sup>  $\pm$  763.4 respectivamente). Sin embargo, para abril de 2005 ambas especies disminuyeron de forma diferente su AF, ya que *J. gaumeri* perdió el 87.4%, mientras que *B. simaruba* solo perdió el 18.8%. Para agosto de 2005 *B. simaruba* había aumentado en un 153.4% su AF, en tanto que *J. gaumeri* recuperó el 544.1% (Fig. 10).

## **Discusión**

### Conocimiento tradicional sobre cercos vivos

La lista de especies obtenida a partir de las respuestas a los cuestionarios aplicados en los poblados de Solferino y El Cedral coincide poco con el listado de Ortega *et al.* (1993) relativo a los cercos vivos en el estado de Yucatán. Sin embargo las coincidencias son mucho mayores con los listados de Salinas (1999), para la zona de Othón P. Blanco, Quintana Roo y de Avendaño y Acosta (2000) para el estado de

Veracruz (Tabla 3). Esto puede tener relación con la dinámica migratoria del país y de Quintana Roo durante los últimos 40 años. Durante el gobierno de Luis Echeverría se reactivó el reparto agrario en todo el país, incluyendo Quintana Roo, en donde más de 500,000 ha fueron designadas a la creación de nuevos ejidos y centros de población (Merino 2001). La mayor parte de los habitantes de dichos ejidos fueron inmigrantes de otros estados de la república, principalmente Veracruz y Chiapas (Salinas 1999, Higuera 2000), tendencia que continúa hasta nuestros días (INEGI 2001). Como resultado de esta migración, llegaron al estado otras técnicas agropecuarias y de organización comunal que se mezclaron con las originales mayas (Baños 2000, Higuera 2000) y crearon una cultura híbrida, que amalgama lenguas, conocimientos etnobotánicos y visiones del mundo distintas (Salinas 1999).

El cuestionario utilizado en el presente estudio no incluyó el sitio de origen del entrevistado ni su tiempo de residencia en el poblado, lo cual pudo influir en los resultados obtenidos. Sin embargo, la similitud entre los resultados de la presente investigación y los reportados por Salinas (1999), cuyo sitio de estudio está muy influido por habitantes provenientes de Veracruz y Tabasco, así como la similitud de estos con los resultados de Avendaño y Acosta (2000) sugiere que los pobladores de Solferino y El Cedral tienen una fuerte influencia de costumbres agropecuarias y conocimientos etnobotánicos originarios de Veracruz. Este estado es el que presenta la segunda mayor tasa de emigración (18.2%) a nivel nacional, después del D.F. (INEGI 2005). Sin embargo no figura entre los 20 estados de donde proceden la mayoría de los inmigrantes a E.U. (INEGI 2005), lo que sugiere que la mayoría de los emigrantes de Veracruz se dirigen a otros estados de la república. Quintana Roo es la entidad que más inmigrantes recibe de todo el país. De acuerdo con datos del INEGI (2005) el porcentaje de la población que ha migrado a Quintana Roo durante los últimos cinco años es de 16.3%, mientras que el porcentaje de emigración es del 5%. La llegada de inmigrantes a Quintana Roo es parte del resultado de

los esfuerzos del gobierno federal para colonizar la geografía local, que comenzaron hace más de 50 años (Higuera 2000), así como del crecimiento económico de la región.

Otro factor importante que pudo influir en las respuestas de los entrevistados es la experiencia que tienen de hacer cercos vivos. A pesar de que más del 70% de la muestra manifestó saber hacerlos, la respuesta no implica forzosamente experiencia práctica. Reynoso-Morán (en prep.) encontró que los cercos vivos en zonas cercanas a la Reserva El Edén son muy poco comunes. Esto puede deberse a que más del 80 % de la población de Quintana Roo vive en áreas urbanas y su tendencia actual es hacia abandonar la vida rural (INEGI 2001). La cercanía de centros turísticos con gran oferta de trabajo, como Cancún, o centros de población dedicados a la pesca, como Chiquilá, pueden proporcionar a los habitantes de Solferino y El Cedral alternativas económicas mucho más rentables que la agricultura de subsistencia, la horticultura o la ganadería. Esto provocaría respuestas basadas en observaciones de los entrevistados y/o en la tradición oral, pero no en la experiencia obtenida a partir de la práctica personal.

La tendencia migratoria de la región hacia las zonas urbanas también pudo provocar pérdida de conocimientos tradicionales en las nuevas generaciones. El que no se haya encontrado relación entre la edad del informante y el número de especies mencionadas podría indicar que no existe pérdida cultural en las nuevas generaciones, si tanto jóvenes como viejos conocen las mismas especies.

En cuanto a los detalles técnicos para construir cercos vivos, la preferencia de los entrevistados por la época de secas al parecer tiene una base empírica sólida aunque existen pocos estudios que lo confirmen científicamente (Zahawi 2005). La época del año en la que se obtengan las estacas puede ser determinante para la capacidad de arraigamiento de las mismas (Orika *et al.* 1997). Hartman *et al.* (1997) recomiendan que para propagar especies caducifolias se obtengan estacas en la época de letargo antes de

que comiencen a aparecer los brotes, lo cual coincide con lo manifestado por los entrevistados.

La preferencia por la parte central del tronco para obtener las estacas y la altura de las mismas puede responder tanto a la experiencia empírica, la cual ha enseñado a los pobladores rurales que la supervivencia de las estacas depende del grosor y la altura de las mismas, como a las necesidades propias de las actividades agrícolas y ganaderas. Zahawi (2005) encontró que las estacas de *G. sepium* de 2 m de altura y entre 4.5 y 6 cm de diámetro tienen mayor porcentaje de supervivencia que estacas de 0.5 m de altura y menor diámetro. Carvajal (2005) encontró que estacas de *B. simaruba* producían mayor número de ramas y de mayor longitud, así como mayor número de raíces si sus diámetros al momento de plantarlas se encontraban entre 7 y 15 cm. Un resultado similar fue encontrado por Granzow de la Cerda (1999) con varias especies de árboles tropicales. Por lo tanto, ya que una estaca obtenida del tronco de un árbol es más gruesa que la obtenida de una rama, su probabilidad de sobrevivir será mayor. Otra razón por la que pueden preferir el tronco es que generalmente éste es mucho más recto que las ramas, lo cual facilita la construcción del cerco y evita que tenga huecos por donde puedan pasar animales pequeños y medianos. La altura de las estacas puede estar más relacionada con la intención de proteger algún espacio o de contener ganado.

### Supervivencia

La supervivencia de las estacas de *T. gaumeri* fue de 0%, lo que explica la baja frecuencia de mención de esta especie entre los entrevistados de los poblados Solferino y El Cedral. No obstante, Salinas (1999) encontró a esta especie en cercos vivos de Othón P. Blanco, Quintana Roo, y otras especies del mismo género (*T. ahouai* y *T. thevetioides*) se utilizan también en Veracruz (Avendaño y Acosta 2000).

Las hojas y flores de *T. thevetioides*, que se distribuye en el centro y sur de México incluyendo Veracruz (PROCYMAF 2006), son muy parecidas a las de *T. gaumeri*, especie endémica de la península de Yucatán (Cabrera *et al.* 1982, Estrada-Loera 1991) que es propagada tradicionalmente por semillas colectadas dentro de la selva y cultivadas en el solar (Herrera 1994). Es probable que como parte de la influencia veracruzana en los habitantes de Solferino y El Cedral, a *T. gaumeri* se le confieran características conocidas para *T. thevetioides*, entre ellas la capacidad de rebrotar a partir de estacas. Su aparición en cercos vivos de Quintana Roo (Salinas, 1999) pudo deberse a su propagación por semilla.

El hecho de que estacas de *B. simaruba* y *J. gaumeri* sí rebrotaron, mientras que las estacas de *T. gaumeri* no, pudo deberse a la mayor densidad de la madera de esta especie comparada con aquellas. Se ha observado que en especies caducifolias de bosques estacionalmente secos la densidad y estructura de la madera cambian a lo largo del año y varían entre especies (Borchert 1994), y que están relacionadas con la época en la que rebrotan y florecen (Schulze *et al.* 1988, Bullock y Solis-Magallanes 1990). La cantidad de tejido no lignificado en los troncos está muy relacionada con los reservorios de agua en la corteza y su capacidad de almacenamiento de este líquido, lo que influye en la resistencia de las especies a las sequías prolongadas. Generalmente, las especies de madera suave y suculenta tienen reservorios de agua en la corteza que les permiten producir flores durante la estación seca (Goldstein *et al.* 2002).

La densidad de la madera (D) de *T. gaumeri* es de  $0.72 \text{ g/cm}^3$  (Barajas-Morales, 1985 citado en Huante *et al.* 1995), mientras que la de *B. simaruba* es de  $0.47 \text{ g/cm}^3$  (Borchert 1994). No se encontraron datos sobre la densidad de madera para *J. gaumeri* u otras especies del género, sin embargo la anatomía de su madera muestra grandes y

abundantes poros (244  $\mu$ ) (Stern 1967) y es muy parecida, tanto en peso como en succulencia, a la de *B. simaruba* (obs. personal).

La fenología de las especies probadas también pudo haber influido en su supervivencia. Tanto *B. simaruba* como *J. gaumeri* son especies caducifolias que generan nuevos brotes un poco antes de que comience la época de lluvias, pero éstos crecen y se desarrollan plenamente solo después de las primeras lluvias (Bullock y Solís-Magallanes 1990, Borchert 1994). Esto implica cambios en las concentraciones de diferentes hormonas, principalmente auxinas, citoquininas y ABA (ácido abscísico), determinantes para el desarrollo de brotes y raíces (Taiz y Zeiger 1991, Lambers y Chapin 2000) justo al final del periodo de secas. *T. gaumeri*, por otra parte, es una especie perennifolia, que continúa con su floración y cambia sus hojas a lo largo de todo el año (Cabrera *et al.* 1982, Bullock y Solís-Magallanes 1990, Borchert 1994). Por lo tanto, para esta especie no existe un periodo particular en el que la concentración de fitohormonas sea mayor.

Es probable que el alto contenido de agua en el tronco y la elevada concentración de fitohormonas de las estacas de *B. simaruba* y *J. gaumeri* les haya conferido mayor capacidad que a *T. gaumeri* para llevar a cabo sus funciones fisiológicas, durante el periodo en el que no contaron con raíces ni hojas, así como para desarrollar estas estructuras.

La supervivencia de *B. simaruba* observada en este experimento (25%) fue ligeramente menor que la reportada por Zahawi, que fue del 30-50% (2005) y por Peñaloza, que fue de aproximadamente el 63% (2004), y mucho menor que la reportada por Carvajal, que fue de 70-94% (2005). La supervivencia de *J. gaumeri* (32%) fue similar a la reportada por Clavo y de la Torre (2002) para *J. curcas* (35%), pero considerablemente menor a la obtenida, para esta última especie por Zahawi (70-95%; 2005). Esta gran variación en la supervivencia reportada para ambas especies sugiere

que no solo el tipo de madera y la fenología están implicados en el arraigamiento exitoso de sus estacas. Otros factores como la luz, la temperatura y la humedad atmosférica pueden alterar la concentración y las tasas de producción de fitohormonas, promoviendo o inhibiendo procesos como el crecimiento (Nilsen y Orcutt 1996). Así mismo, la menor disponibilidad de agua tanto en el suelo como en el ambiente, puede provocar que la gravedad específica de la madera aumente (Weimann y Williamson 1989, Aguilar-Rodríguez *et al.* 2001) lo que disminuye su capacidad de almacenamiento de agua (Borchert 1994, Goldstein *et al.* 2002). Los resultados de Zahawi (2005) fueron obtenidos en un sitio con precipitación media anual de 2,800 mm y una estación seca entre febrero y mayo con un promedio de precipitación mensual de 100 mm. Los individuos de *B. simaruba* de tal sitio pudieron haber presentado menor gravedad específica de su madera por desarrollarse en un lugar más húmedo, que los individuos encontrados en la Reserva El Edén, donde la precipitación media anual es de 1200 mm, lo cual pudo influir en la supervivencia de sus estacas. La supervivencia reportada por Peñaloza (2004) fue mayor a la obtenida en el presente estudio a pesar de que ambos trabajos se realizaron en la misma zona. Esto pudo deberse a que los helechales de *Pteridium aquilinum*, donde Peñaloza realizó su estudio, presentan condiciones de luz, temperatura y humedad ambiental menos estresantes que las de los pastizales (Holl 1999, Peñaloza 2004)

### Crecimiento

Reich y Borchert (1984) encontraron que *B. simaruba* encogía su tronco en sitios donde existía una época seca, pero éste no mostraba cambio en zonas continuamente húmedas. La reducción en el diámetro del tronco responde generalmente a un aumento en el estrés hídrico (Reich y Borchert 1984, Borchert 1994). Es de suponer que, en el presente estudio, las estacas debieron haber disminuido su diámetro, por lo menos ligeramente, poco después de haber sido plantadas y al inicio de la época seca, cuando el

estrés hídrico aumentó. El primer cambio pudo no haber sido evidente debido al tiempo transcurrido entre la plantación de las estacas y el primer registro de datos, durante el cual las mismas pudieron haberse rehidratado y recuperar su diámetro original, o el cambio en el diámetro pudo ser tan pequeño que los instrumentos utilizados para medirlo no lo hayan registrado. Sin embargo también existe la posibilidad de que no se haya presentado ningún cambio en el diámetro.

Las ramas de *J. gaumeri* fueron significativamente más largas que las de *B. simaruba*, sin embargo esto no generó diferencias entre la altura de las estacas de ambas especies ya que las ramas se originaron en distintos puntos a lo largo de la mitad superior de las estacas. La longitud promedio de las ramas de *B. simaruba* (aprox. 12 cm) fue mucho menor que la reportada por Carvajal (2005) después de seis meses de plantar las estacas (aprox. 60 cm) y que la encontrada por Peñaloza (2004) después de un año (aprox. 2 m). Sin embargo, la longitud promedio de las ramas de *J. gaumeri* (aprox. 17 cm) fue mucho mayor que la reportada por Clavo y de la Torre (2002) para *J. curcas*, en un periodo de seis meses (aprox. 6.5 cm). La pequeña longitud de las estacas de *B. simaruba* pudo deberse a las condiciones extremadamente estresantes, en términos hídricos, que presenta el pastizal.

La elevada producción de ramas durante los cuatro meses después de plantar las estacas, pudo responder al alto contenido de fitohormonas en los brotes, lo cual indujo el crecimiento de los mismos (Borchert 1994, Lambers y Chapin 2000). Es probable que también la producción de raíces haya sido elevada durante los primeros meses después de plantar las estacas sin disminuir en los periodos siguientes. Se ha demostrado que en condiciones de poca disponibilidad de nutrientes (como las de las estacas al momento de ser plantadas debido a la falta de raíces) las plantas designan más recursos a la formación y crecimiento de raíces que a las hojas y tallos (Huante *et al.* 1995). La disminución en la producción de ramas en los periodos de registro 2 y 3 parece estar

inversamente relacionada con la producción de hojas (Figs. 9 y 10), lo que indica que la planta designó recursos primero a los brotes para el crecimiento de las ramas y después a la producción de hojas.

La mayor AF de *J. gaumeri* comparada con la de *B. simaruba* se debe a que las hojas de la primera especie son simples y de mayor tamaño que las de la segunda, que son compuestas y generalmente más pequeñas. A pesar de que el número de hojas se mantuvo en constante aumento, el AF no se comportó de la misma manera, lo cual indica un cambio en el tamaño de las hojas a lo largo del tiempo (Fig. 10). Durante el periodo comprendido entre diciembre de 2004 y abril de 2005, ambas especies aumentaron el número de hojas pero disminuyeron su AF. Esto puede tener relación con las precipitaciones pluviales registradas en la zona durante los primeros cuatro meses de 2005. Las hojas que se contaron y midieron durante el primer periodo de registro (dic 2004) pudieron haberse desprendido durante los meses secos de enero, febrero y principios de marzo (Murphy y Lugo 1985, Chadzon y Montgomery 2002). En este último mes se registraron ligeras precipitaciones (SMN 2005), las cuales tal vez indujeron el nacimiento de nuevas hojas, que no habrían alcanzado aún su tamaño final para el segundo periodo de registro (abril 2004). Para el tercer periodo de registro (agosto 2005) estas hojas pudieron haber llegado a su desarrollo final y mostrar por ello mayor tamaño. Por lo tanto, es probable que los datos reflejen dos generaciones de hojas determinadas por las precipitaciones en el área.

El AF producida por las estacas de *J. gaumeri*, suponiendo que no se sombreen entre sí, cubriría el 0.7% de la superficie total de la parcela, y el AF de *B. simaruba* bajo el mismo supuesto, cubriría solo el 0.1%. Puede ser que estos valores sean muy pequeños como para cambiar las condiciones microclimáticas del suelo o competir con los pastos, aunque, es probable que las estacas aumenten tanto su AF como el diámetro de su copa con el tiempo. Sin embargo este estudio no aportó información que indique si cumplirían

con la función de facilitar el establecimiento de plántulas de otras especies, por lo menos durante el primer año después de plantadas. Es necesario realizar otros estudios que comparen el diámetro de las copas y el AF de las estacas con las condiciones microclimáticas bajo ellas.

### Restauración de selvas en la península de Yucatán

A pesar de que las dos especies probadas en este estudio presentaron baja supervivencia en la Reserva El Edén, su potencial como especies facilitadoras de la sucesión en pastizales a través de su propagación por estacas aún puede ser muy alta. *B. simaruba* produce frutos que son dispersados por 39 especies de 10 familias de aves, tanto residentes como migratorias, en la península de Yucatán (Scott y Martin 1984). Esto puede compensar su baja densidad de copa y su escasa AF ya que, aunque las estacas de *B. simaruba* no mejoren considerablemente las características microambientales adyacentes a ellas, pueden aumentar de forma importante la lluvia de semillas en sus alrededores. *J. gaumeri* no produce frutos atractivos para la ornitofauna como *B. simaruba*, aunque algunas aves consumen los frutos de otras especies de su género (Lanning 1991); sin embargo es probable que su AF modifique las condiciones microclimáticas y reduzca la cobertura de pastos (Guevara 1989). El uso conjunto de ambas especies en pastizales inducidos podría acelerar la colonización del sitio por especies de estados sucesionales más avanzados.

Conocer la capacidad de rebrotar de diversas especies y relacionarla con el conocimiento tradicional de los campesinos y los pueblos indígenas puede ayudar a diseñar estrategias de manejo y restauración de bosques y selvas.

## Bibliografía

- Acevedo S. O. 1984. Monografía y enraizamiento de estacas de higuera (*Ficus carica* L.) tratadas con AIB en dos tipos de estaca: basal y apical. Tesis Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores. Cuautitlán. UNAM. México.
- Acosta A., Lerch G. 1983. Forma y período de almacenaje de las estacas de *Datura candida* (Pers.) Safford. Revista del Jardín Botánico Nacional. Vol. IV, No. 3:65-96. Cuba.
- Aguilar-Rodríguez S., Abúndiz-Bonilla L., Barajas-Morales J. 2001. Comparación de la gravedad específica y características anatómicas de la madera de dos comunidades vegetales en México. Anales del Instituto de Biología. UNAM. Serie botánica 72(2): 171-185.
- Aide M., Cavelier J. 1994. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Sta. Marta Colombia. Restoration Ecology 2(4): 219- 229.
- Aide T. M., Zimmerman J. K., Herrera L., Rosario M., Serrano M. 1995. Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. Forest Ecology and Management 77: 77- 86.
- Allen E. B., Violi H. A., Allen M. F., Gómez-Pompa A. 2003. Restoration of tropical seasonal forest in Quintana Roo. Pp. 587-598. En: Gómez-Pompa A., Allen M. F., Fedick S. L., Jiménez-Osornio J. (Eds.) The lowland maya area. Three millennia at the human-wildland interface. Food Products Press. NY.
- Avendaño R. S., Acosta R. I. 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. Madera y Bosques 6(1): 55-71.
- Arellano R. J., Flores G. S., Tun G. J., Cruz B. M. 2003. Nomenclatura, forma de vida, uso manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán.

- Etnoflora Yucatanense Fasc 20. Universidad Autónoma de Yucatán. México.  
815 pp.
- Barrera A., Gómez-Pompa A., Vázquez-Yáñez C. 1977. El manejo de las selvas por los mayas: sus implicaciones silvícolas y agrícolas. *Biótica* 2(2): 47-61.
- Baños R. O. 2000. La península de Yucatán en la ruta de la modernidad (1970-1995). *Revista Mexicana del Caribe* 5(9): 164-190.
- Borchert R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* 75(5): 1437-1449.
- Bullock S.H. y Solís-Magallanes J.A. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* 22(1): 22-35.
- Cabrera C.E., Souza S.M., Téllez V.O. 1982. Imágenes de la Flora Quintanarroense. Ed. CIQRoo. México. 224 pp.
- Can-Aké R., Erosa-Rejón G., May-Pat F., Peña-Rodríguez L. M. 2004. Bioactive terpenoids from roots and leaves of *Jatropha gaumeri*. *Rev. Soc. Quím. Méx.* 48: 11-14.
- Carvajal A. J. 2005. Establecimiento de postes de Chacah (*Bursera simaruba*, L. Sarg.) como cerco vivo. *Livestock Research for Rural Development*, 17(2), art. 22.
- Clavo P.M., de la Torre M. 2002. Capacidad de propagación vegetativa de cinco especies arbóreas para cercos ganaderos con postes vivos en la zona de Pucallpa. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 10 Pp.
- Chadzon R. L., Montgomery R. A. 2002. La adquisición de carbono en las plantas. Pp. 225-250. En: Guariguata M.R. y Kattan G. H. (compiladores). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Libro Universitario Regional. Costa Rica.

- Chiappy J. C., Gama L., Giddings L., Rico-Gray V., Velázquez A. 1999. Caracterización de los paisajes terrestres actuales de la península de Yucatán. Boletín de Investigaciones Geográficas. 42: 28-39. UNAM.
- Chiarello, N.R., Mooney, H.A., Williams, K. 1989. Growth, carbon allocation and cost of plant tissues. En: Pearcy R.W., Ehleringer, J., Mooney, H.A., Rundel, P.W. (Eds.) Plant Physiological Ecology. Field Methods and Instrumentation. Chapman & Hall. London, U.K. pp: 327-365.
- Crawley M. J. 2002. Statistical computing. An introduction to data analysis using S-Plus. Wiley. UK. 761 Pp.
- Esquivel S. M., Calle D. Z. 2002. Árboles aislados en potreros como catalizadores de la sucesión en la cordillera occidental colombiana. Agroforestería en las Américas 9(33- 34): 43- 37.
- Estrada-Loera E. 1991. Phytogeographic relationships of the Yucatan Peninsula. J. of Biog. 18: 687-697.
- Flores J., Espejel I. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense, Fasc. 3. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida Yucatán. México. 135 pp.
- García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México.
- García O. X. 2002. Efectos del AIB y de la estratificación en la formación de callos y raíces en estacas de *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium* y *Omphalea oleifera*. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Garner R.J. 1976. The propagation of tropical fruit trees. Horticultural review. No. 4. Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops. FAO. England.

- Gentry, A. H. 1993. A field guide to the families and genera of woody plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary notes on herbaceous taxa. Conservation International. Washinton, D.C. 895 Pp.
- Granzow de la Cerda, I. 1999. Tropical rain forest trees propagated using large cuttings (Nicaragua). *Ecological Restoration*, 17: 84-85.
- Goldstein G., Meinzer F.C., Andrade J.L. 2002. El flujo de agua en los árboles del dosel: mecanismos y patrones. Pp. 251-296. En: Guariguata M.R. y Kattan G. H. (compiladores). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Libro Universitario Regional. Costa Rica.
- Gómez-Pompa A., Salvador F. J., Sosa V. 1987. The "pet kot": a man-made tropical forest of the maya. *Interciencia*, 12(1): 10-15.
- Guevara S., Purat S., van der Maarel E. 1986. The role of remnant forest trees in tropical secondary sucesión. *Vegetatio* 66: 77- 84.
- Guevara S., Meave J., Moreno-Casasola P., Laborde J. 1992. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. *Journal of Vegetation Science* 3: 655- 654.
- Guevara S., Laborde J. 1993. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability. *Vegetatio* 107/108: 319- 338.
- Guevara S., Laborde J., Sánchez G. 1998. Are isolated remnant trees in pastures a fragmented canopy? *Selbyana* 19(1): 34- 43.
- Hartmann H.T., Kester D. E., Davies F.T. Geneve R.L. 1997. *Plant Propagation: principles and practices*. Prentice-Hall Inc. USA.
- Hayden W. J. 2006. *Flora of Kaxil Kiuic*. Versión 1.5.  
<http://oncampus.richmond.edu/academics/flora-kiuic/index-kiuic%20checklist.html>

- Herrera C. N. 1994. Los huertos familiares mayas en el oriente de Yucatán. Etnoflora Yucatanense, Fas. 9. Universidad Autónoma de Yucatán. México. 169 Pp.
- Higuera B. A. 2000. Quintana Roo: ¿Unidos por una misma identidad? Memorias del Foro Cultural 2000. Quintana Roo en la consolidación de su identidad. UQRoo.
- Holl K. D. 1998. Do bird perching structures elevate seed rain and seedling establishment in abandoned tropical pasture? *Restoration Ecology* 6(3): 253- 261.
- Holl K. D. 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate and soil. *Biotropica* 31(2): 229- 242.
- Holl K. D., Loik M. E., Lin E., Samuels I. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* 8(4): 339-349.
- Huante P., Rincón E., Acosta I. 1995. Nutrient availability and growth rate of 34 woody species from a tropical deciduous forest in Mexico. *Functional Ecology* 9: 849-858.
- Hurlbert S. H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, 54(2): 187-211.
- .....2000. XII Censo General de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática INEGI. México.
- .....2001. Indicadores sociodemográficos de México (1930-2000). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática INEGI. México. 349 Pp.
- .....2005. Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Edición 2004. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática INEGI. México. 192 pp.
- Kellman M. 1985. Forest seedling establishment in neotropical savannas: transplant experiments with *Xylopia frutescens* and *Callophyllum brasiliense*. *Journal of Biogeography* 12: 373- 379.

- Lambers H, Chapin F.S., Pons T.L. 2000. Plant Physiological Ecology. Springer. USA.
- Lanning D. V. 1991. Distribution and breeding biology of the red fronted macaw. Willson Bull. 103(3): 357- 365.
- Martínez G. M., Jiménez R. J., Cruz D. R., Juárez A. E., García R., Cervantes A., Mejía H. R. 2002. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México. Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica, 73(2): 155-281.
- Martínez-Gordillo M., Morrone J. 2005. Patrones de endemismo y disyunción de los géneros de Euphorbiaceae *sensu lato*: un análisis panbiogeográfico. Bol. Soc. Bot. Méx. 77: 21-23.
- Merino P. L. 2001. Las políticas forestales y de conservación y sus impactos sobre las comunidades forestales. Revista de Estudios Agrarios. 18: 75-115.
- Murphy P.G., Lugo A. E. 1995. Dry forests of Central America and the Caribbean. En: Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina E. (Eds.) Seasonal dry tropical forest. Cambridge University Press. Gran Bretaña. 450 pp.
- Nilsen E.T., Orcutt D.M. 1996. Physiology of Plants Under Estrés: Abiotic factors. John Wiley & Sons, Inc. N.Y., USA.
- Orika O.A., Domingos R.J., Zambello de Pinhos. 1997. Ação de auxinas, B e da época de colecta sobre o enraizamento de estacas caulinares de kiwi (*Actinidia chinensis* Pl. cu Monty). Phytion 60(1/2):1-10
- Ortega L.M., Avendaño S., Gómez-Pompa A., Ucán-Ek E. 1993. Los solares de Chunchucmil, Yucatán, México. Biótica, nueva época, 1: 37-51.
- Pennington, T.D. y Sarukhán J. 1998. Árboles tropicales de México. Fondo de Cultura Económica. UNAM. México. 521 Pp.
- Peña F. R.M. 1995. Propagación por medio de estacas de algunas especies (*Tamarix plumosa*, *Cotoneaster pannosa*, *Senecio praecox*, *Buddleia cordata*, *Schinus terebenthifolus*). Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

- Peñaloza G. C. 2004. Sobrevivencia y crecimiento de estacas de *Bursera simaruba* (L.) Sarg en zonas invadidas de *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn en un bosque estacionalmente seco del noreste de la Península de Yucatán, México. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. México. 43 Pp.
- Pérez S. G. 1987. Efecto del ciclo lunar en el enraizamiento de estacas de 4 frutales. Tesis Licenciatura. Ing. Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México.
- .....2006. Catálogo de las especies y recursos forestales maderables y no maderables en bosques tropicales y subtropicales en los estados de Durango, Chihuahua, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. PROCYMAF, SEMARNAT, UAM Iztapalapa. México.
- Pulido S.M.T., Serralta P.L. 1993. Lista anotada de las plantas medicinales de uso actual en el estado de Quintana Roo, México. Centro de Investigaciones de Quintana Roo.
- Ray G. J., Brown B. J. 1994. Seed ecology of wood species in a Caribbean dry forest. *Restoration Ecology* 2: 156-163.
- Ray G. J., Brown B. J. 1995. Restoring Caribbean dry forest: evaluation of tree propagation techniques. *Restoration Ecology* 3: 86- 94.
- Reich P. B., Borchert R. 1984. Water estrés and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 72: 61-74.
- Rhoades C., Eckert G., Coleman D. 1998. Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: implications for tropical montane forest restoration. *Restoration Ecology* 6(3): 262- 270.

- Rzedowski J., Medina L. R., Calderón G. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botánica Mexicana*. 70: 85-111.
- Salinas P. L. 1999. Contribución al conocimiento florístico y etnobotánico de los cercos vivos, en el municipio de Othón. P. Blanco, Quintana Roo. México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. 69 Pp.
- Sánchez A. L. R., Rebollar D. S. 1999. Deforestación en la Península de Yucatán, los retos que enfrentar. *Madera y Bosques* 5(2): 3-17.
- Schultz G. P. 2003. Structure and diversity of the forests at the El Edén Ecological Reserve. Pp. 91-114. En: Gómez-Pompa A., Allen M. F., Fedick S. L., Jiménez-Osornio J. J. (Eds.) *The lowland maya area. Three millennia at the human-wildland interface*. Food Products Press. NY.
- Schulze E. D., Mooney H. A., Bullock S. H., Mendoza A. 1998. Water contents of wood of tropical deciduous forest species during the dry season. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 48: 113-118.
- Scott P. E. Martin R. F. 1984. Avian consumers of *Bursera*, *Ficus* and *Ehretia* fruit in Yucatan. *Biotropica* 6(4): 319- 323.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2005. Monitor de sequía en América del Norte. [www.smn.cna.gob.mx](http://www.smn.cna.gob.mx)
- Sokal, R. R., Rohlf, F.J. 1981. *Biometry*. 2a. Ed. W.H. Freeman and Company. N.Y. U.S.A. 859 Pp.
- Souza N. N. 1981. Plantas melíferas y poliníferas que viven en Yucatán. Pp. 9-26. En: *Plantas melíferas y poliníferas de Yucatán*. Fondo Editorial de Yucatán, México.

- Stern F. 1967. Kleinodendron and xylem anatomy of Cluytieae (Euphorbiaceae). *Am. J. Bot.* 54(6): 663-673.
- Taiz L., Zeiger E. 1991. *Plant physiology*. The Benjamin/Cummings Publishing Co. USA.
- Turner II B. L., Klepeis P., Schneider L. C. 2003. Three millennia in the southern Yucatán Peninsula: implications for occupancy, use and carrying capacity. Pp: 361- 387. En: Gómez-Pompa A., Allen M. F., Fedick S. L., Jiménez-Osornio J. (Eds.) *The lowland maya area. Three millennia at the human-wildland interface*. Food Products Press. NY.
- Vázquez-Yáñez C., Orozco A., Rojas M., Sánchez M.E., Cervantez V. 1997. *La Reproducción de Las Plantas: Semillas y Meristemos*. Colección La Ciencia Para Todos No. 157. Fondo de Cultura Económica. México.
- von Ende C. N. 1993. Repeated-Measures Analysis: Growth and Other Time-Dependent Measures. En: Sheiner S.M. y Gurevitch J. (Eds.) *Design and Analysis of Ecological Experiments*. Chapman & Hall. UK. 445 Pp.
- Wiemann M. C., Williamson G. B. 1989. Wood specific gravity gradients in tropical dry and montane rain forest trees. *Amer. J. Bot.* 76(6): 924-928.
- Whigham D. F., Olmsted I., Cabrera C. E., Curtis A. B. 2003. Impacts of hurricanes on the forests of Quintana Roo, Yucatan Peninsula, Mexico. Pp. 193-213. En: Gómez-Pompa A., Allen M. F., Fedick S. L., Jiménez-Osornio J. (Eds.) *The lowland maya area. Three millennia at the human-wildland interface*. Food Products Press. NY.
- Zahawi R. A. 2005. Establishment and growth of living fence species: an overlooked tool for the restoration of degraded areas in the tropics. *Restoration Ecology*, 13(1): 92-102.

Tabla 1. Porcentaje de la población masculina (según datos del Censo de Población y Vivienda 2000, INEGI) de dos comunidades rurales del noreste de la península de Yucatán, entrevistada en este estudio.

<b>LOCALIDAD</b>	<b>No. de habitantes</b>	<b>No. de Hombres</b>	<b>% hombres</b>	<b>No. hombres entrevistados</b>	<b>% hombres entrevistados</b>
El Cedral	707	361	51.06	14	3.9
Solferino	762	400	52.49	17	4.3

Tabla 2. Listado de especies comúnmente utilizadas para construir cercos vivos de acuerdo con los resultados de los cuestionarios aplicados en dos comunidades rurales al noreste de la península de Yucatán, México. N: nativo; E: exótico.

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Origen</b>
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	hobo	N
Annonaceae	<i>Annona sp.</i>	anona	N
Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	akits	N
Araliaceae	<i>Dendropanax arboereus</i>	chaca blanco	N
Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	yaaxek	N
Bombacaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	kuxche	N
Boraginaceae	<i>Cordia sp.</i>	ciricote	N
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	chaca rojo	N
Euphorbiaceae	<i>Croton fragilis</i>	tanche	N
Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	pomoche	N
Leguminoseae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	kitanche	N
Leguminoseae	<i>Caesalpinia sp.</i>	chakte	N
Leguminoseae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	tzutzuc	N
Leguminoseae	<i>Gliricidia sepium</i>	sakiab	N
Leguminoseae	<i>Lysiloma latisiliqua</i>	tzalam	N
Leguminoseae	<i>Piscida piscipula</i>	jabín	N
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	cedro	N
No identificada	No identificada	brasilete	
No identificada	No identificada	jujuy	
Polygonaceae	<i>Neomillaspaughia emarginata</i>	itzá, sak-itzá	N
Rutaceae	<i>Murraya paniculada</i>	limonaria	E
Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	guaya	N
Simarubaceae	<i>Simaruba glauca</i>	pasak	N

Tabla 3. Comparación de los resultados obtenidos en este estudio, relativos a las especies comúnmente utilizadas para la construcción de cercos vivos en el noreste de la península de Yucatán, con los reportados por Ortega *et al.* (1993), Salinas (1999) y Avendaño y Acosta (2000). \* Sólo el género es mencionado en la publicación.

<b>Especies reportadas en este estudio</b>	<b>Ortega 1993</b>	<b>Salinas 1999</b>	<b>Avendaño y Acosta 2000</b>
<i>Annona</i> sp.		X	X
<i>Bursera simaruba</i>	X	X	X
<i>Caesalpinia gaumeri</i>		X*	X*
<i>Caesalpinia</i> sp.	X	X	X
<i>Cedrela odorata</i>		X*	X
<i>Ceiba pentandra</i>		X	X
<i>Cordia</i> sp.			X
<i>Croton fragilis</i>			
<i>Dendropanax arboereus</i>			X
<i>Diphysa carthagenensis</i>		X	X*
<i>Gliricidia sepium</i>		X	X
<i>Jatropha gaumeri</i>		X	X*
<i>Lysiloma latisiliqua</i>		X	X*
<i>Murraya paniculada</i>	X	X	
<i>Neomillaspaughia emarginata</i>		X	
<i>Piscida piscipula</i>		X	X
<i>Pseudobombax ellipticum</i>			
<i>Simaruba glauca</i>			X
<i>Spondias mombin</i>		X	X
<i>Talisia olivaeformis</i>		X	
<i>Thevetia gaumeri</i>		X	X*
Total de especies comunes	3	16	16

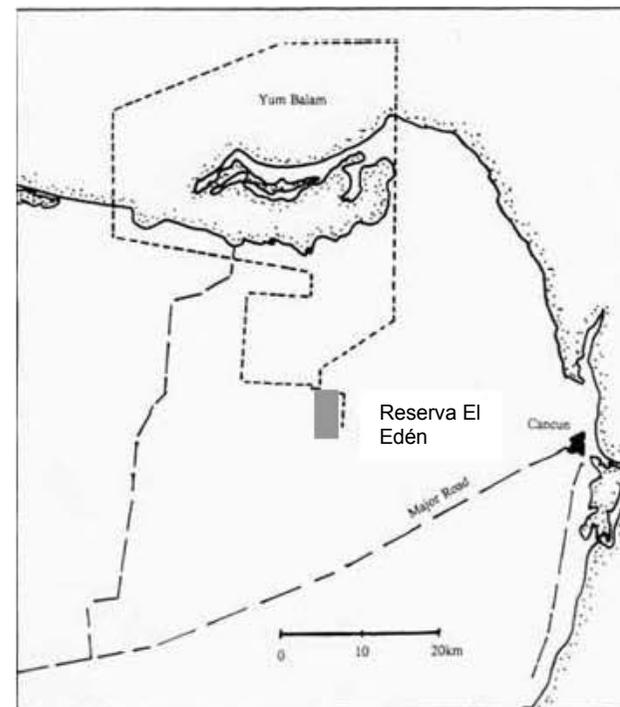
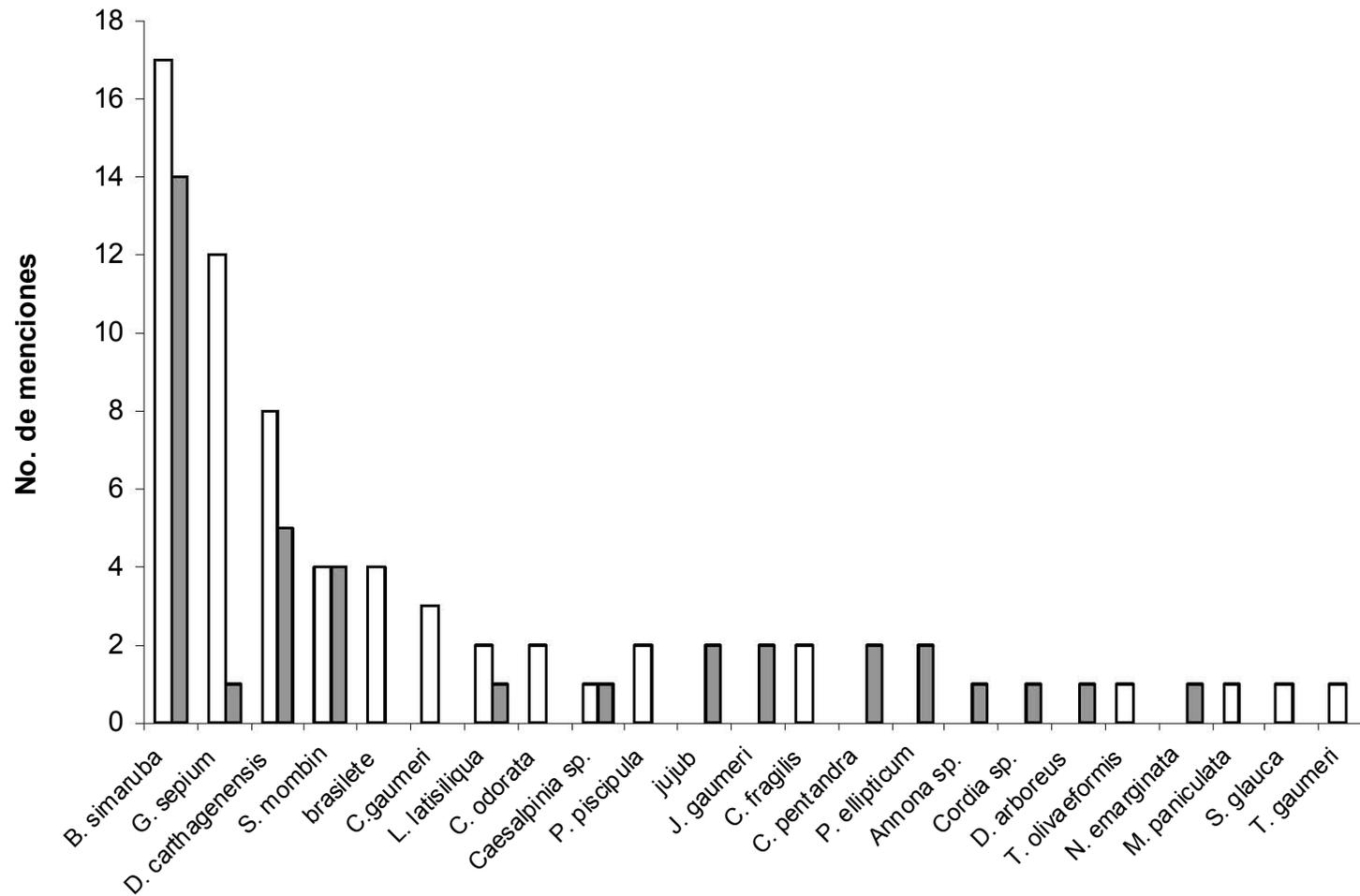
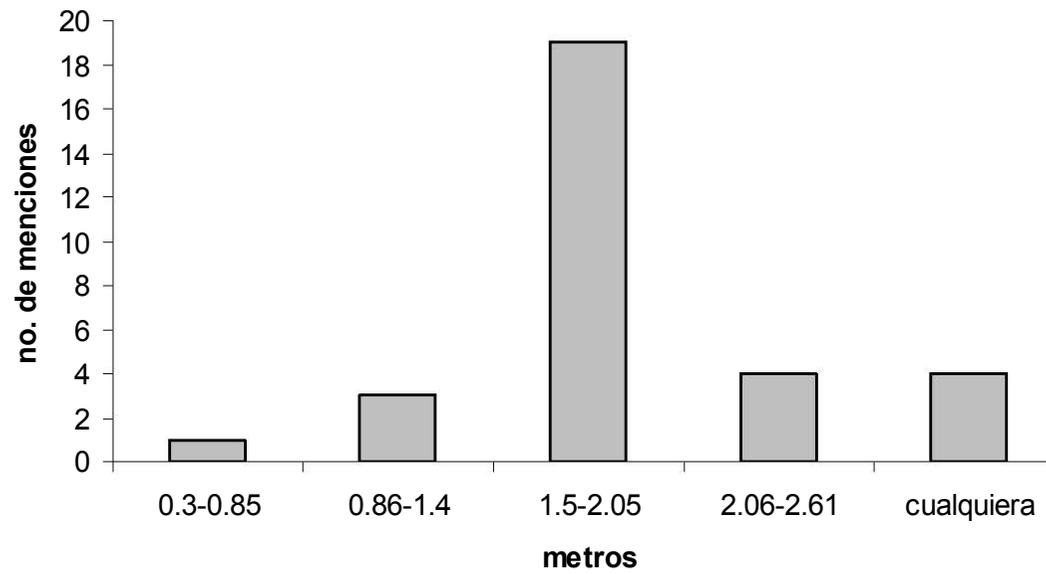


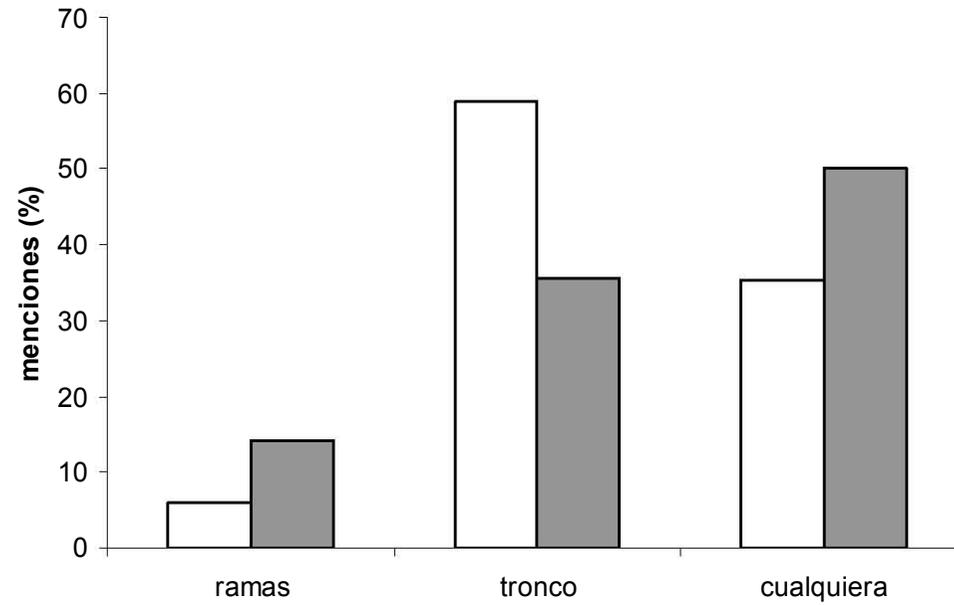
Fig. 1. Localización de la Reserva El Edén, al noreste de la Península de Yucatán, México.



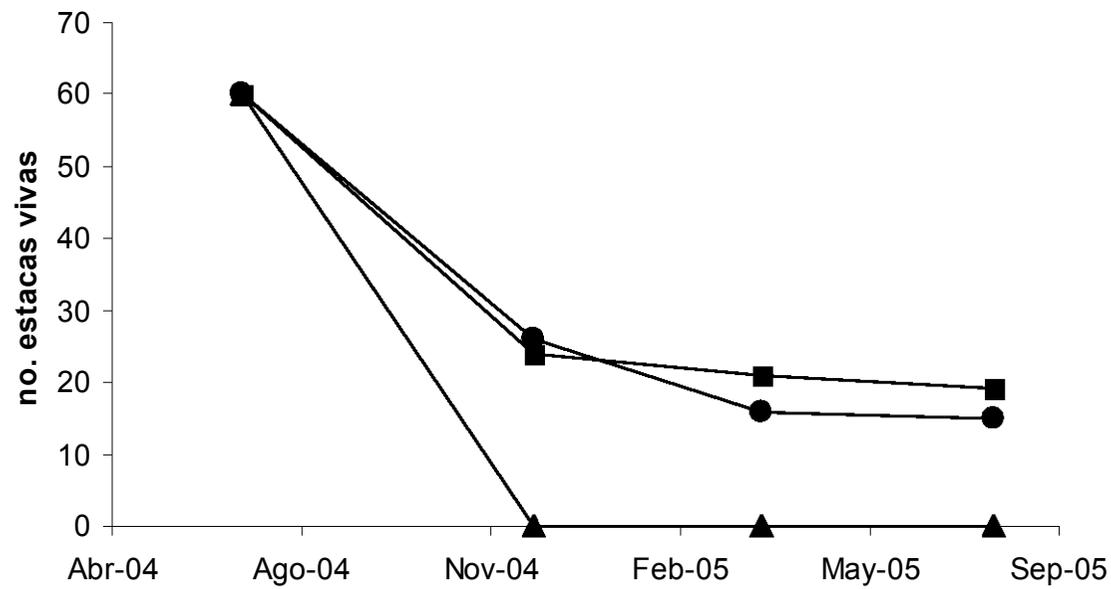
**Fig. 2.** Número de menciones por especie usada para la construcción de cercos vivos en las comunidades rurales de Solferino y El Cedral, al NE de la península de Yucatán, México. Barras claras: Solferino; barras oscuras: El Cedral.



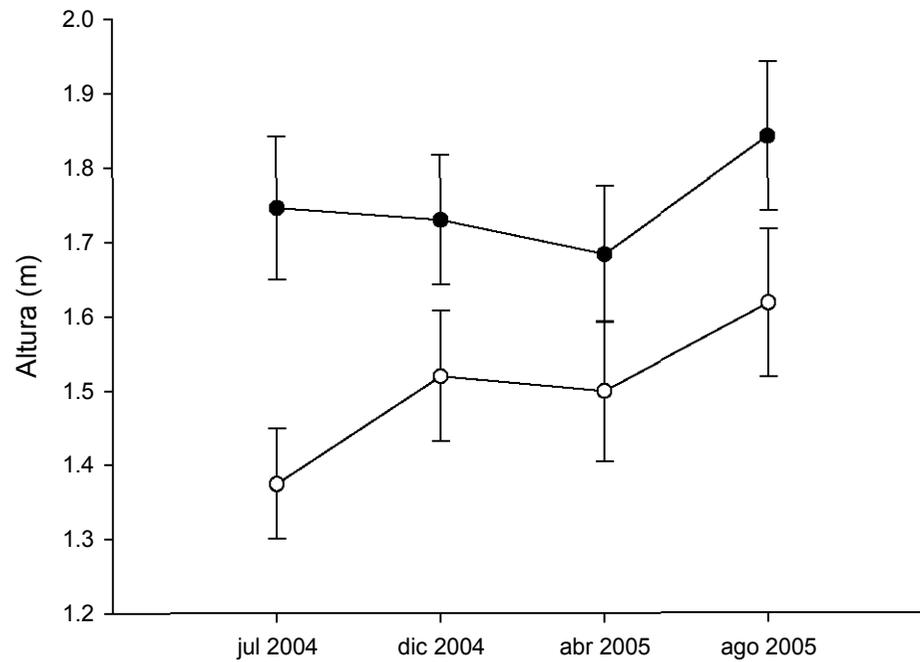
**Fig. 3.** Categorías de tamaño preferido de estacas para construir cercos vivos en dos comunidades rurales del NE de la península de Yucatán.



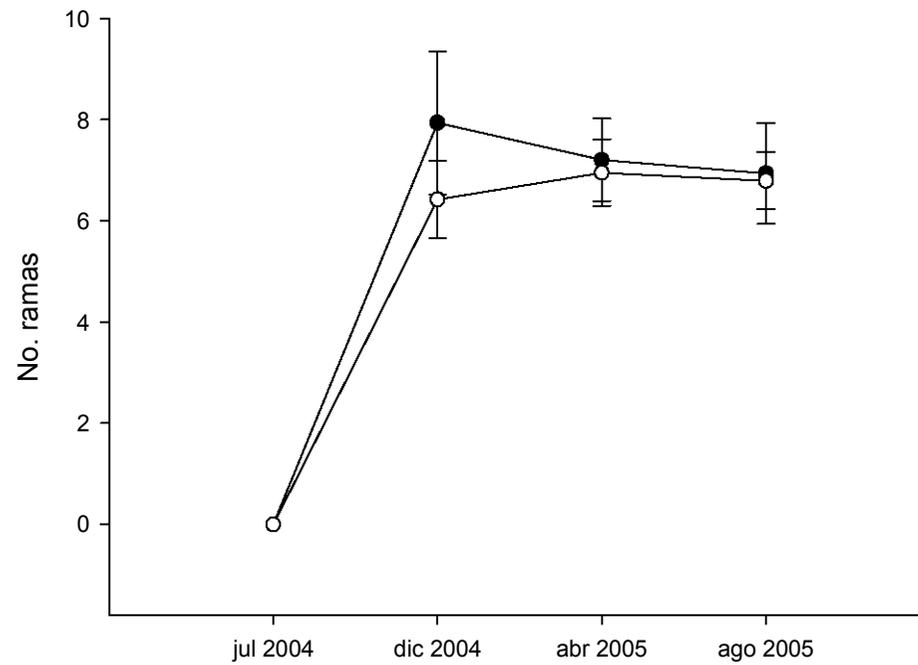
**Fig. 4.** Porcentaje de menciones de las partes del árbol preferidas para obtener las estacas utilizadas en cercos vivos por poblado en dos comunidades rurales del NE de la península de Yucatán, México. Barras claras: Solferino; barras oscuras: El Cedral.



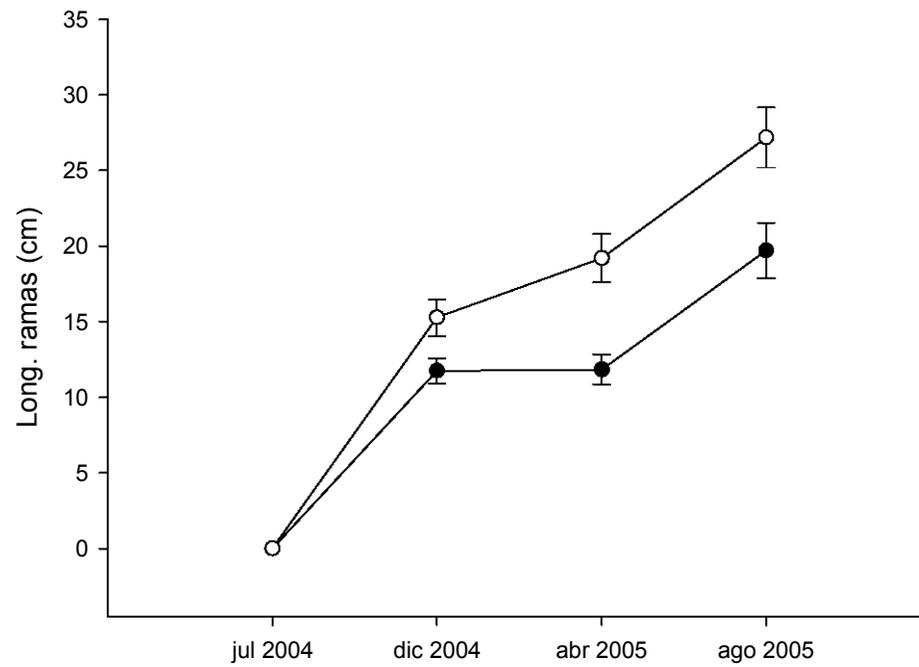
**Fig. 5.** Supervivencia de estacas de  $\blacksquare$  *B. simaruba*,  $\bullet$  *J. gaumeri* y  $\blacktriangle$  *T. gaumeri*, a lo largo de un año en el NE de la península de Yucatán, México.



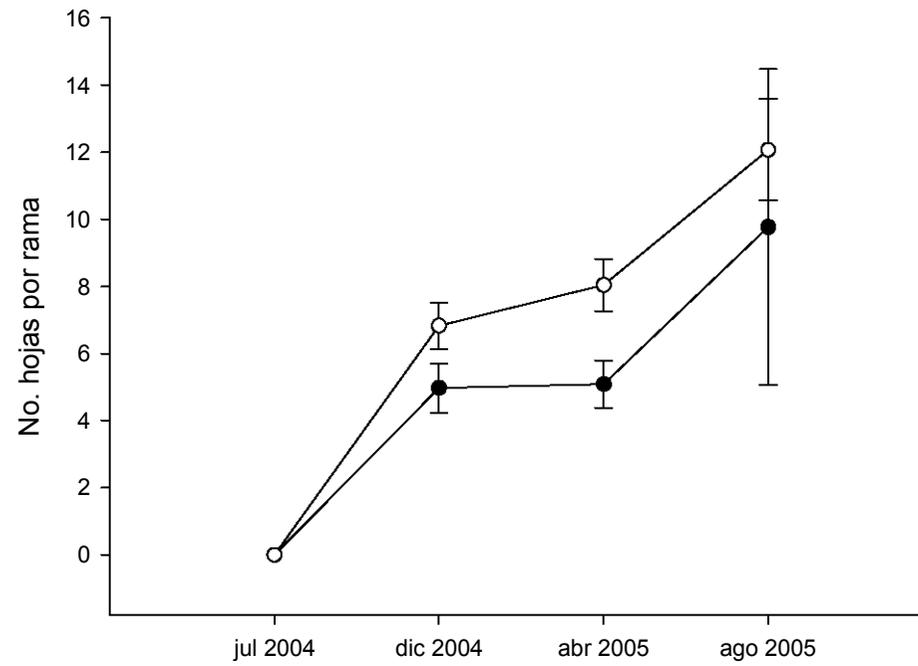
**Fig. 6.** Altura promedio (m), de estacas de ● *B. simaruba* y ○ *J. gaumeri* registrada a lo largo de un año en el NE de la península de Yucatán. Las barras representan el error estándar.



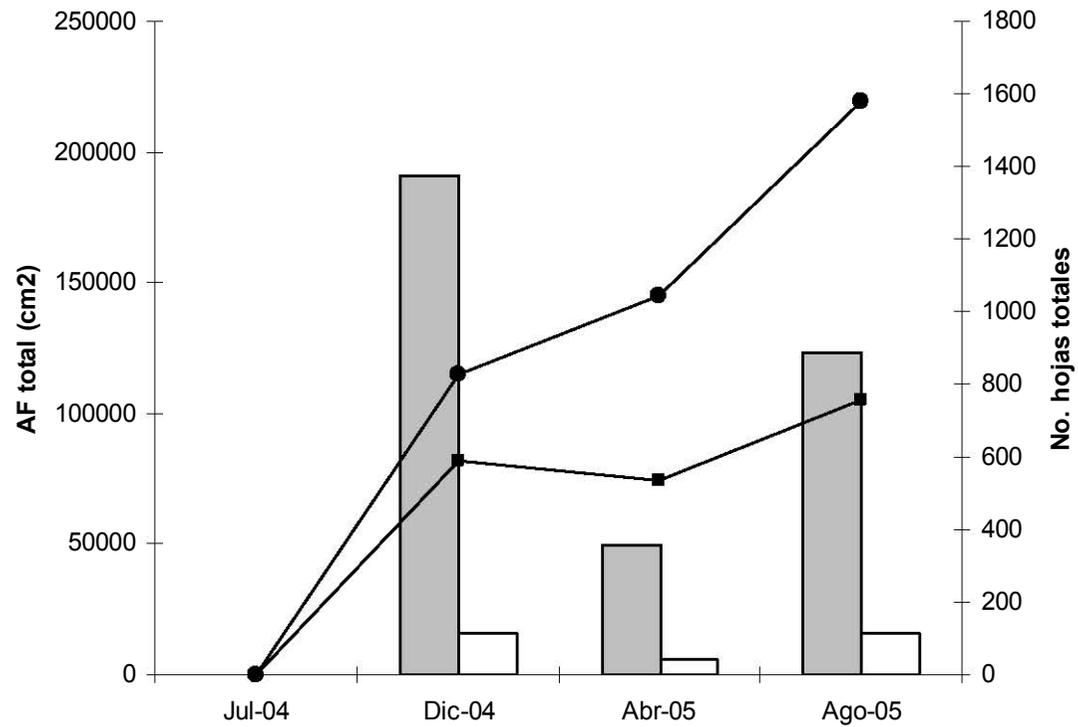
**Fig. 7.** Número promedio de ramas por estaca de ● *B. simaruba* y ○ *J. gaumeri* registradas a lo largo de un año en el NE de la península de Yucatán. Las barras representan el error estándar.



**Fig. 8.** Longitud promedio de ramas (cm) por estaca de ● *B. simaruba*, ○ *J. gaumeri*, registrada durante un año en el NE de la península de Yucatán. Las barras representan el error estándar.



**Fig. 9.** Promedio de hojas por rama registrado a lo largo de un año en estacas de ● *B. simaruba* y ○ *J. gaumeri* en el NE de la península de Yucatán. Las barras representan el error estándar.



**Fig. 10.** Área foliar total y número de hojas totales producidas por estacas de *J. gaumeri* y *B. simaruba* a lo largo de un año en el NE de la península de Yucatán. Barras claras: AF de *B. simaruba*; barras oscuras: AF *J. gaumeri*. ■ No. hojas de *B. simaruba*; ● no. hojas de *J. gaumeri*.

## **Anexo**

Cuestionario aplicado a los habitantes de los poblados rurales de Solferino y El Cedral, Quintana Roo, durante marzo de 2003.

I.- Localidad y fecha

II.- Edad

- 1.- ¿Sabe qué es un cerco vivo?
- 2.- ¿Ha hecho un cerco vivo alguna vez o sabe cómo se hacen?
- 3.- ¿Qué árboles utiliza para hacer los cercos vivos?
- 4.- ¿Cuáles son los árboles que viven mejor en los cercos vivos? ¿Por qué?
- 5.- ¿En qué época del año corta las estacas? ¿Es la misma época del año para todos los árboles?
- 6.- ¿De qué tamaño corta las estacas?
- 7.- ¿Prefiere alguna parte especial de los árboles para cortar las estacas?
- 8.- ¿Deja secar las estacas antes de plantarlas? ¿Cuánto tiempo?