



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

## **POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD  
ECOLOGÍA Y MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS**

**SABERES COMUNITARIOS PARA LA RESTAURACIÓN DE SISTEMAS FORESTALES EN  
LA SIERRA, TABASCO, MÉXICO**

# **TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**

## **DOCTORA EN CIENCIAS**

**PRESENTA:**

**JUANA GARCÍA FLORES**

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. MARIO GONZÁLEZ ESPINOSA  
EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR (ECOSUR)**

**COTUTOR DE TESIS: DR. ALEJANDRO CASAS FERNÁNDEZ**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD (IIIES), UNAM.**

**COMITÉ TUTOR: DR. ROBERTO ANTONIO LINDIG CISNEROS**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD (IIIES), UNAM.**

**MORELIA, MICHOACÁN, AGOSTO, 2020**



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.





# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

## **POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD  
ECOLOGÍA Y MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS**

**SABERES COMUNITARIOS PARA LA RESTAURACIÓN DE SISTEMAS FORESTALES EN LA  
SIERRA, TABASCO, MÉXICO**

# **TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**DOCTORA EN CIENCIAS**

PRESENTA:

**JUANA GARCÍA FLORES**

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. MARIO GONZÁLEZ ESPINOSA  
EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR (ECOSUR)**

**COTUTOR DE TESIS: DR. ALEJANDRO CASAS FERNÁNDEZ**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD (IIES), UNAM.**

**COMITÉ TUTOR: DR. ROBERTO ANTONIO LINDIG CISNEROS**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD (IIES), UNAM.**

**MORELIA, MICHOACÁN. 2020**



COORDINACIÓN DEL POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

ENTIDAD IIES-M

OFICIO CPCB/427/2020

ASUNTO: Oficio de Jurado

**M. en C. Ivonne Ramírez Wence**  
**Directora General de Administración Escolar, UNAM**  
**Presente**

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Subcomité de Biología Experimental y Biomedicina del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **11 de noviembre de 2019**, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **DOCTORA EN CIENCIAS** de la estudiante **GARCÍA FLORES JUANA**, con número de cuenta **97328368**, con la tesis titulada, "**SABERES COMUNITARIOS PARA LA RESTAURACIÓN DE SISTEMAS FORESTALES EN LA SIERRA, TABASCO, MÉXICO**", realizada bajo la dirección del **DR. MARIO GONZÁLEZ ESPINOSA**, quedando integrado de la siguiente manera:

Presidente: DRA. ANDREA MARTÍNEZ BALLESTÉ  
Vocal: DR. JAVIER CABALLERO NIETO  
Secretario: DR. ROBERTO ANTONIO LINDIG CISNEROS  
Suplente: DRA. TUYENI HEITA MWAMPAMBA  
Suplente: DRA. JULIETA BENÍTEZ MALVIDO

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 05 de agosto de 2020

**COORDINADOR DEL PROGRAMA**



**DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA**



## **Agradecimientos institucionales**

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, por sustentar los estudios de doctorado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, No. Reg. 168333), por la beca otorgada para apoyar los estudios de doctorado.

A los proyectos (1) Domesticación y manejo *in situ* de recursos genéticos en el Nuevo Mundo: Mesoamérica, Los Andes y Amazonia; CONACYT, Proyecto CB-2013-01-221800 y (2) Domesticación y manejo *in situ* de recursos genéticos en el Nuevo Mundo: Mesoamérica, la región andina, amazónica y del nordeste de Brasil; PAPIIT, DGAPA, UNAM Proyecto IN206217; a través del Dr. Alejandro Casas.

A El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) por el apoyo dado de los fondos fiscales; a través del Dr. Mario González Espinosa.

A The Rufford Foundation por las dos subvenciones otorgadas (ID: 19541-1 y 23400-2)

A los miembros de mi Comité Tutor: Dr. Mario González Espinosa (tutor principal), Dr. Alejandro Casas Fernández (cotutor) y Dr. Roberto Lindig Cisneros por todo su apoyo, dirección y orientación para llevar a cabo la tesis doctoral.

## **Agradecimientos a título personal**

Al Dr. Mario González Espinosa por todo su apoyo brindado en El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), por todo su trabajo dedicado al desarrollo y conclusión de la tesis, por todas sus enseñanzas académicas para mi vida profesional.

Al Dr. Alejandro Casas Fernández por su amistad y todo su apoyo académico e institucional.

Al Colectivo Almandros por un Mundo Mejor (CAMUM) por todo su apoyo y participación en el trabajo en sus territorios, por su amistad y cariño. A Don Teodoro Vázquez Cruz, a la Sra. Severa Estrada Méndez, a Don Emérito Martínez Ruiz, a Don Eleuterio Juárez Vázquez, a Don Ernesto Gómez Vázquez, a Don Porfirio Vázquez Jiménez, a Don José Natividad Pérez Cruz, a Laurencio Pérez Vázquez y a la memoria de Don José Mario Pérez Camacho. A las Familias del CAMUM, por convertirse en mi familia.

A Leticia Cruz Ruiz, a Mario Alberto Marchena Priego, a Fidencio Vázquez Ruiz y su esposa Angélica, todos ellos de la Universidad Intercultural del Estado de Tabasco (UIET) campus Oxolotán, quienes apoyaron el trabajo de campo de esta investigación al realizar su servicio social.

A todos los participantes del trabajo etnobotánico de las comunidades de Oxolotán, Tomás Garrido Canabal, La Cumbre y Cerro Blanco Quinta Sección.

A Carlos Martín Jiménez Arano (Charly) y Octavio Zentella Gómez, ambos profesores de la UIET, por su amistad y apoyo en la comunidad de Oxolotán.

A Henry E. Castañeda Ocaña técnico en ECOSUR, por su apoyo en todo el trabajo de campo, por su amistad y enseñanzas.

Al Ing. Emmanuel Valencia Barrera del LAIGE-ECOSUR, por su apoyo técnico cartográfico.

Al Dr. Francisco Mora por su apoyo en la realización de los análisis estadísticos del cuarto capítulo generado en esta investigación.

A los miembros del jurado: Dra. Andrea Martínez Ballesté, Dra. Tuyeni Heita Mwampamba, Dra. Julieta Benítez Malvido, Dr. Javier Caballero Nieto y Dr. Roberto Antonio Lindig Cisneros por sus revisiones y sugerencias para una mejor presentación del actual documento.

A la Dra. Fabiola Parra (UNALM), a la Dra. Consuelo Bonfil Sanders (UNAM), al Dr. Neptalí Ramírez Marcial (ECOSUR), al Dr. Hans Van der Wal (ECOSUR), al Mtro. Juan Luis Viveros (CONABIO), al Mtro. Ramón Contreras (UIET) y a la Lic. Lucy Dale por su apoyo ante The Rufford Foundation.

Al Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) por recibirme y brindarme todas las facilidades en sus instalaciones para la realización de esta investigación.

A la Universidad Intercultural del Estado de Tabasco, sede Oxolotán, por su facilitación para vincular a jóvenes a realizar su servicio social en la presente investigación.

A Lucy Dale por su amistad, cariño y apoyo de revisión de los dos proyectos enviados a The Rufford Foundation.

A Jorge Alberto Cruz Hernández por su apoyo en el proceso doctoral, por su amor como compañero de vida.

A mi madre Victoria Flores Hernández y a mi padre Manuel García Muñoz por su cariño e impulso a llevar a cabo los sueños.

A Priscila García Flores y María de Jesús García Flores, por todo su apoyo, cariño y siempre alentándome a seguir adelante.

A la Familia Loranca-García, por su cariño, amor y apoyo en mi vida. A Mario Loranca Juárez por ser un pilar en la familia García-Flores.

A Priscila, Lorena, María de Jesús, Leticia, Idalia, Elizabeth, Perla Jazmín y Ricardo, mis hermanas y hermano, por el cariño y apoyo mutuo para concretar sueños.

## **Dedicatoria**

*A la vida amada*

## Índice

Resumen .....	1
Abstract .....	3
Capítulo I .....	5
Introducción general .....	5
Pregunta de investigación .....	10
Objetivo general .....	10
Objetivos particulares .....	11
Estructura de la tesis .....	11
Referencias .....	14
Capítulo 2 .....	24
Artículo publicado: Traditional medicinal knowledge of tropical trees and its value for restoration of tropical forests .....	24
Capítulo 3 .....	44
Germinación y supervivencia de nueve especies de árboles nativos del bosque tropical húmedo de la región Sierra, Tabasco, México .....	44
Resumen .....	46
Introducción .....	47
Métodos .....	49
Área de estudio .....	49
Selección de especies .....	51
Establecimiento de viveros .....	52
Recolección de semillas .....	53
Germinación .....	53
Establecimiento del experimento .....	54
Análisis .....	55
Resultados .....	56

Germinación .....	56
Supervivencia. ....	58
Discusión .....	59
Germinación de semillas.....	59
Supervivencia de las especies en vivero .....	63
Importancia de las especies en la restauración ecológica.....	64
Conclusiones.....	65
Agradecimientos .....	65
Referencias.....	66
Capítulo 4.....	72
Establecimiento de especies arbóreas nativas con fines de restauración en el bosque tropical húmedo de la región Sierra, Tabasco, México.....	72
Resumen.....	74
Introducción.....	75
Métodos .....	77
Área de estudio.....	77
Descripción de los sitios. ....	79
Selección de especies .....	79
Producción de plántulas.....	80
Arreglo espacial del experimento.....	81
Supervivencia y crecimiento .....	83
Análisis estadístico .....	83
Resultados .....	85
Condiciones físicas de los sitios .....	85
Supervivencia .....	85
Crecimiento.....	87
Discusión .....	93
Condiciones de sitio.....	93
Supervivencia de las especies.....	93
Crecimiento de las especies .....	94



Conclusiones .....	97
Agradecimientos .....	98
Referencias .....	99
Apéndice .....	109
Capítulo 5 .....	114
Discusión general y conclusiones .....	114
Conclusiones generales.....	120
Referencias .....	122
Apéndice .....	128

## Lista de Cuadros y Figuras

### Cuadros

#### Capítulo 2

<b>Table 1.</b> Tropical medicinal tree species included in the reference list (*) and the free list (**) in the four study communities in southern Tabasco, Mexico.....	30
<b>Table 2.</b> Categories of recurrent illnesses treated with medicinal tree species in the region and their description.....	31
<b>Table 3.</b> Percentage of recurrent illnesses treated with medicinal tree species in the four study communities. Number of interviews in each community are in parentheses.....	31
<b>Table 4.</b> Recurrent illnesses in the region and medicinal tree species that treat these illnesses in the four study communities of Tabasco, Mexico.....	32
<b>Table 5.</b> Index of Knowledge Richness (IKR) of the four study communities. The total number of medicinal tree species (MTS) is the sum resulting from the floristic reference list and the free list; S = number of species.....	33
<b>Table 6.</b> Index of cultural significance (ICS) and cumulative index of cultural significance (CICS) of medicinal tree species in the four study communities in southern Tabasco, Mexico. Levels of cultural significance are based on Turner (1988): very high $\geq 100$ ; high = 50-99; moderate = 20-49; low = 5-19; very low = 1-4; unimportant = 0.....	33
<b>Table 7.</b> Priority species in the study communities for use in ecological restoration. W = Workshops, VI = Value of importance, range from 1 to 10, where 1 is the species of greatest priority for restoration projects; I = Interviews, Percentage of interviewed who consider the priority species for restoration.....	34
<b>Appendix 1</b>	
Index of Knowledge Richness (IKR) by age range of women and men in each study community; n= number of interviewees; S = Number of known species; Max.= maximum, Min.= minimum.....	42

### Capítulo 3

<b>Cuadro 1.</b> Importancia cultural (usos medicinales, exclusividad y frecuencia de uso) y valor ecológico (importancia del recurso con base en la disponibilidad o escasez) local de las especies estudiadas, tomado y modificado de García-Flores <i>et al.</i> (2019). El valor ecológico va de 1 a 10; las especies con los valores asignados son prioritarias localmente para su uso en proyectos de restauración .....	52
<b>Cuadro 2.</b> Tiempo de recolección, especificaciones de los tratamientos aplicados para la germinación, tipo de semillas, número de semillas germinadas y tiempo de mantenimiento de las especies en vivero.....	55
<b>Cuadro 3.</b> Resultados de supervivencia (método Kaplan-Meier) de las nueve especies. T1= tratamiento de remojo en H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> por 24 h; T2= tratamiento de remojo en agua a temperatura ambiente por 48 h.....	59

### Capítulo 4

<b>Cuadro 1.</b> Importancia cultural (usos medicinales, exclusividad y frecuencia de uso) y valor ecológico (importancia del recurso con base en la disponibilidad o escasez) local de las especies estudiadas, tomado y modificado de García-Flores <i>et al.</i> (2019). Los autores especifican el valor ecológico de 1 a 10; cuyas especies con estos valores son consideradas localmente con prioridad para su uso en proyectos de restauración.....	80
<b>Cuadro 2.</b> Crecimiento (media $\pm$ e.e.) absoluto en altura (cm), diámetro basal (DB, mm) y cobertura (cm <sup>2</sup> ) de las ocho especies a un año de establecimiento en ambos sitios. e.e.= error estándar; n= número final de plantas (n inicial en Tomás Garrido = 28, n inicial en La Cumbre = 32). Los valores negativos de cobertura se deben a una reducción al final por caída de hojas.....	88

### Apéndice

<b>Cuadro A1.</b> Análisis de devianza de la variable de respuesta altura y sus interacciones significativas, R <sup>2</sup> <sub>m</sub> =0.983, R <sup>2</sup> <sub>c</sub> =0.999, p $\leq$ 0.001=***, p $\leq$ 0.01=**, p $\leq$ 0.05=* .....	111
---	-----

**Cuadro A2.** Análisis de devianza de la variable de respuesta diámetro basal y sus interacciones significativas,  $R^2_m=0.984$ ,  $R^2_c=0.994$ ,  $p \leq 0.001=***$ ,  $p \leq 0.01=**$ ,  $p \leq 0.05=*$  .....112

**Cuadro A3.** Análisis de devianza de la variable de respuesta *cobertura* y sus interacciones significativas,  $R^2_m=0.675$ ,  $R^2_c=0.704$ ,  $p \leq 0.001=***$ ,  $p \leq 0.01=**$ ,  $p \leq 0.05=*$  .....113

**Capítulo 5**

**Apéndice**

**Cuadro A1.** Listado de especies arbóreas registradas en las parcelas de la comunidad Tomás Garrido Canabal..... 132

**Cuadro A2.** Listado de especies arbóreas registradas en las parcelas de la comunidad La Cumbre..... 133

**Cuadro A3.** Listado de especies arbóreas registrados en cuatro relictos de vegetación de bosque tropical húmedo en la comunidad Tomás Garrido Canabal..... 134

**Cuadro A4.** Listado de especies arbóreas registrados en seis relictos de vegetación de bosque tropical húmedo en la comunidad La Cumbre..... 136

**Figuras**

**Capítulo 2**

**Figure 1.** Study area and location of studied communities in the Sierra region of southern Tabasco, Mexico..... 28

**Capítulo 3**

**Fig. 1.** Ubicación de las comunidades de Oxolotán y Tomás Garrido Canabal, donde se establecieron los ensayos de germinación y el mantenimiento de especies en vivero comunitario..... 51

**Fig. 2.** Germinación acumulada en el tiempo (GAT) y tiempo en el que se alcanzó la máxima germinación (TMG; punto en el que la línea de tendencia se mantiene horizontal) de nueve especies tropicales a 100 días de la siembra de semillas en condiciones de vivero comunitario.....57

**Fig. 3.** Estimaciones de Kaplan-Meier de la función de supervivencia acumulada de nueve especies tropicales en condiciones de vivero comunitario. T1= tratamiento de remojo en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por 24 h; T2= tratamiento de remojo en agua a temperatura ambiente por 48 h..... 58

#### Capítulo 4

**Fig. 1.** Ubicación de las comunidades de estudio Tomás Garrido Canabal y La Cumbre..... 78

**Fig. 2.** Arreglo espacial de la plantación de las especies en dos acahuals del bosque tropical húmedo. A la izquierda acahual en la comunidad Tomás Garrido Canabal, a la derecha acahual de la comunidad La Cumbre..... 82

**Fig. 3.** Variables fisicoquímicas de los suelos en los dos sitios del estudio. LC = La Cumbre, TG = Tomás Garrido Canabal. Clase textural (arcilla, limo y arena (%)). Capacidad de intercambio catiónico (CIC, cmol/kg), valores= alta (25.1 – 40.0), muy alta (> 40.1). Materia orgánica (MO, %), valores= medio (1.6–3.5), alto (3.6–6.0), muy alto (>6.0). Fósforo disponible (mg/kg), valores= bajo (< 5.5), medio (5.6-11). Nitrógeno total (N, %), valores= alto (0.16–0.25), muy alto (> 0.26). pH, valores= fuertemente ácido (< 5.0), moderadamente ácido (5.1-6.5). Potasio disponible (cmol/kg), valores= muy bajos (< 0.2), Bajo (0.21-0.3). Los puntos representan las parcelas evaluadas, (2 subparcelas en cada parcela)..... 86

**Fig. 4.** Curvas de supervivencia de las ocho especies a través del tiempo y hasta un año de su establecimiento. 0 = inicio, plantación; 1 = 3 meses, 2 = 6 meses, 3 = 9 meses, 4 = 12 meses.....87

**Fig. 5.** Riesgo de muerte (modelo de riesgos proporcionales de Cox, véanse Métodos) de las especies en función del pH y la cobertura de dosel ..... 87

<b>Fig. 6.</b> Crecimiento en altura (cm) (A), diámetro basal (DB, mm) (B) y cobertura (cm <sup>2</sup> ) (C) de las diferentes especies en las cinco fechas de evaluación en función de la cobertura del dosel.....	91
<b>Fig. 7.</b> Crecimiento en altura (cm) (A), diámetro basal (DB, mm) (B) y cobertura (cm <sup>2</sup> ) (C) de las diferentes especies en las cinco fechas de evaluación en función de la CIC del suelo.....	92

## Apéndice

<b>Fig. A1.</b> Cobertura del dosel (%) y espesor del mantillo (cm) en los dos sitios de estudio en las cinco fechas de evaluación. LC = La Cumbre, TG = Tomás Garrido Canabal. 0 = inicio plantación 1 = 3 meses, 2 = 6 meses, 3 = 9 meses, 4 = 12 meses.....	109
<b>Fig. A2.</b> Altitud, pendiente y profundidad del suelo en ambos sitios de estudio; LC = La Cumbre, TG = Tomás Garrido Canabal.....	109
<b>Fig. A3.</b> Correlación de Pearson entre las variables de crecimiento altura (cm), diámetro basal (DB, mm) y cobertura (cm <sup>2</sup> ) de las especies. Las tres variables tienen una fuerte correlación, particularmente altura y diámetro basal. ....	110

## Capítulo 5

### Apéndice

<b>Fig. A1.</b> Documento del permiso otorgado para realizar el trabajo de investigación en las comunidades de Oxolotán, Tomás Garrido Canabal, Cerro Blanco Quinta Sección y La Cumbre, pertenecientes al municipio de Tacotalpa en la región Sierra del estado de Tabasco, México.....	129
<b>Fig. A2.</b> Distribución de la plantación de siete especies en cuatro parcelas en el acahual de bosque tropical húmedo de la comunidad de Tomás Garrido Canabal, Tacotalpa, Tabasco, México.....	130
<b>Fig. A3.</b> Distribución de la plantación de ocho especies en cuatro parcelas en el acahual de bosque tropical húmedo de la comunidad de La Cumbre, Tacotalpa, Tabasco, México.....	130

<b>Fig. A4.</b> Esquema del muestreo de suelo en las parcelas de los dos sitios de acahual y los análisis fisicoquímicos realizados en laboratorio.....	131
<b>Fig. A5.</b> Muestreo de identificación de especies prioritarias y su asociación con otras especies arbóreas en relictos de vegetación del bosque tropical húmedo.....	131

## Resumen

Los saberes comunitarios pueden dar base para la restauración de vegetación secundaria degradada (acahuales) derivada del bosque tropical húmedo. A partir del conocimiento tradicional y el interés comunitario por los árboles medicinales, se proponen estrategias para enriquecer acahuales de modo que la restauración incida, a su vez, en mantener las especies y el conocimiento sobre sus usos medicinales. Se planteó la pregunta: ¿puede el conocimiento tradicional sobre la flora arbórea medicinal nativa, guiar planes y prácticas de restauración del bosque tropical húmedo? Los objetivos fueron: (1) identificar especies arbóreas nativas a partir del conocimiento medicinal local, cuya importancia cultural (usos medicinales, frecuencia y exclusividad de uso) y ecológica (escasez y reproducción limitada) les confieren valor para su uso en la restauración; (2) propagar en vivero las especies elegidas por las comunidades; y (3) establecer un ensayo de restauración de acahuales de un año de duración para evaluar la supervivencia y el crecimiento de las especies y el efecto de variables ambientales. El estudio se efectuó en Oxolotán, Tomás Garrido Canabal (TG), Cerro Blanco Quinta Sección y La Cumbre (LC), municipio de Tacotalpa, región Sierra de Tabasco, México, y contó con el apoyo y participación de la organización campesina “Colectivo Almandros por un Mundo Mejor” (CAMUM).

Para el objetivo 1 se usaron entrevistas semi-estructuradas y talleres participativos (septiembre y octubre de 2015), documentándose usos medicinales de árboles nativos, las enfermedades recurrentes y el valor local de las especies para su uso en la restauración. En cada comunidad se calcularon índices de importancia cultural y por sexo de las personas entrevistadas, la riqueza del conocimiento sobre las especies. Se encontraron usos medicinales de 45 especies, 15 de las cuales se consideraron útiles para la restauración. Algunas especies, como *Brosimum alicastrum*, presentaron baja importancia cultural y alto valor de importancia ecológica, lo que muestra una relación entre su baja disponibilidad en el bosque y una baja frecuencia de uso medicinal. Las mujeres son quienes poseen y mantienen en mayor grado la riqueza del conocimiento. El conocimiento promedio sobre las especies en cada comunidad fue <50% y 12 de las 15 especies elegidas son usadas para tratar padecimientos gastrointestinales (93-97%) y dolores y fiebre (67-97%).



El objetivo 2 incluyó un ensayo de germinación de nueve especies durante 100 días en un vivero comunitario. El CAMUM apoyó para recolectar (abril a septiembre de 2016) y sembrar las semillas y monitorear el ensayo. Con las plántulas emergidas cada cinco días, se obtuvo la germinación acumulada, el tiempo máximo de germinación y se evaluó la supervivencia de las plántulas (método de Kaplan-Meier). *Brosimum alicastrum*, *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra*, *Guazuma ulmifolia* y *Tabebuia rosea* mostraron máxima germinación entre 15 y 35 días después de la siembra. Las dos primeras, junto con *Castilla elastica*, *Pimenta dioica* y *Pouteria sapota* mostraron supervivencia >95%. El conocimiento sobre la germinación y supervivencia de las especies en el vivero permitió definir prácticas apropiadas para la producción local de plantas para la restauración.

El objetivo 3 implicó un ensayo de 13 meses (desde marzo de 2017) para evaluar la supervivencia y el crecimiento de 196 plantas de siete especies arbóreas nativas) trasplantadas en una cuadrícula de 5 x 5 m en cuatro parcelas (35 x 35 m) en TG y 256 plantas de ocho especies en LC (parcelas de 40 x 40 m). Se evaluó la cobertura del dosel sobre cada plantón y se muestreó el suelo (20 cm de profundidad) para análisis fisicoquímicos (dos muestras de cinco sub-muestras c/u en cada parcela en ambos sitios). Con modelos mixtos de riesgos proporcionales de Cox y modelos lineales mixtos se evaluó el efecto de variables ambientales sobre la supervivencia y el crecimiento, respectivamente. Se encontraron requerimientos específicos para la supervivencia y el crecimiento en capacidad de intercambio catiónico, pH, P y K disponibles, profundidad del suelo y cobertura del dosel (iluminación del piso forestal). Se registró la composición arbórea en las cuatro parcelas de cada sitio y en 10 relictos forestales circundantes. Algunas especies trasplantadas son útiles para enriquecer acahuales; no estuvieron presentes en los sitios del ensayo, pero sí en los relictos circundantes.

La tesis documenta el conocimiento tradicional sobre los recursos arbóreos medicinales y aporta conocimientos y criterios locales para su uso en la restauración. Se documentan atributos autoecológicos y requerimientos de las especies para su empleo en programas de restauración de bosques.

## **Abstract**

Traditional knowledge may provide a basis to guide the ecological restoration of degraded secondary vegetation (*acahuales*, fallows) derived from tropical rain forest. Strategies for the floristic enrichment of fallows are proposed based on traditional knowledge and community interest aimed, in turn, to the maintenance of both tree populations and local knowledge on their medicinal uses. I ask, can traditional knowledge on medicinal native tree species guide tropical rain forest restoration plans and practices? The objectives were: (1) to identify through local medicinal knowledge those native tree species that because of their cultural importance (medicinal uses, frequency and exclusivity of use) and ecological importance (scarcity and reproductive limitations) are valuable in restoration processes; (2) to propagate in a nursery those medicinal native tree species chosen by peasant communities; and (3) to carry out a one-year restoration essay in secondary forests evaluating survivorship and growth of native tree species and the effect of environmental variables. The study was conducted in the communities of Oxolotán, Tomás Garrido Canabal (TG), Cerro Blanco Quinta Sección, and La Cumbre (LC) in the municipality of Tacotalpa, within the La Sierra region of Tabasco, Mexico, and draw upon the support and participation of the peasant organization “Colectivo Almandros por un Mundo Mejor” (CAMUM).

Objective 1 was approached with semi-structured interviews and community workshops held in September and October, 2015, which rendered information on medicinal uses of native tree species, recurrent diseases, and their local value for their use in restoration projects. In each community and separated by sex, indices on species cultural importance and knowledge richness were calculated. Medicinal uses were found for 45 tree species and 15 were locally regarded as valuable for restoration practices. Some species (e.g. *Brosimum alicastrum*) had a low value of cultural importance and high ecological importance value, indicating a relationship between their low availability in the forest and low frequency of use in traditional medicine. Richness of knowledge is mostly possessed and maintained by women. Average knowledge on tree species in each community was <50%, and 12 out of the 15 especies chosen are used to treat gastrointestinal diseases (93-97%) and pain and fever (67-97%).

To approach objective 2 a 100-days germination assay with nine species was conducted in a community nursery. Members of CAMUM helped in collecting seeds (April-September, 2016), sowing them, and monitoring the assay. The number of emerged seedlings every five days allowed calculation of accumulated germination, maximum germination time, and seedling survivorship (Kaplan-Meier method). *Brosimum alicastrum*, *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra*, *Guazuma ulmifolia*, and *Tabebuia rosea* showed maximum germination 15-35 after sowing. The first two species, along with *Castilla elastica*, *Pimenta dioica*, and *Pouteria sapota* had >95% survivorship. Knowledge on germination and survivorship of species in the nursery allowed to define adequate practices for the local production of juvenile plants to be used in restoration projects.

Objective 3 was approached with a 13-month (from March, 2017) restoration assay. Survivorship and growth of 196 juvenile plants of seven native tree species were transplanted with a grid pattern (5 × 5 m) in four plots (35 × 35 m) in TG, and 256 plants of eight species in LC (40 × 40 m plots). Canopy cover was assessed on each transplanted juvenile, and soil was sampled (20 cm deep) for physicalchemical analyses (two samples each with five subsamples in the four plots in both sites). The effects of environmental variables on survivorship and growth were analysed with Cox proportional risks mixed models and linear mixed models, respectively. Specific survivorship and growth requirements were found for cationic exchange capacity, pH, available P and K, soil depth, and canopy cover (illumination of the forest floor). Tree composition was recorded in the four plots of each site and in 10 relict neighboring forest stands. Some of the transplanted species are useful for enrichment of secondary vegetation, as they were present in the relicts but not in the assay plots.

This thesis documents traditional knowledge on medicinal tree species and provides knowledge and local criteria to be used in restoration projects. Autoecological attributes and species requirements are documented for their use in forest restoration programs.

## Capítulo I

### Introducción general

El concepto de conocimiento tradicional o local, o saberes comunitarios locales se refiere al conjunto de saberes, prácticas y creencias de los seres humanos de un territorio particular sobre su entorno. Tales conocimientos se han generado y acumulado por miles de años y constituyen aspectos medulares de la cultura de los pueblos (Berkes 1993, McGregor 2004, Pérez-Ruiz y Argueta-Villamar 2011).

La presente investigación se enfoca en el conocimiento tradicional medicinal componente del conocimiento ecológico local como base para construir una estrategia de restauración ecológica. Ambos tipos de conocimiento, el tradicional y el que resulta de la investigación ecológica, son construidos colectivamente y a través de generaciones, en contacto con la naturaleza. Los primeros son propios de cada población humana debido al manejo adaptativo sobre los recursos y ecosistemas de su entorno (Johnson 1992, Berkes 1993, Laird 2002, Luna-Morales 2002, Casas *et al.* 2014); los segundos resultan de la investigación científica y se finca en principios generales a nivel mundial (Huntington 2000). El conocimiento tradicional medicinal (CTM) reúne un saber botánico, zoológico, ecológico y tecnológico y combina el pensamiento empírico, racional, lógico y el pensamiento simbólico, mitológico, mágico que distinguen al ser humano como un ser social y cultural (Fagetti 2011); este conocimiento es localmente generado y transmitido de generación en generación vía práctica, oral o escrita (Foster 1953, Pochettino y Lema 2008). Dentro del marco del CTM este estudio se enfoca en los saberes generados localmente sobre los usos medicinales de árboles nativos; saberes que a lo largo del tiempo han permitido el bienestar de habitantes de comunidades rurales (Gómez-Álvarez

2012, Luziatelli *et al.* 2010, Magaña-Alejandro *et al.* 2010, Chekole 2017, Shaheen *et al.* 2017, Cabrera *et al.* 2015). El CTM juega un papel crucial en la supervivencia y salud de la humanidad y se practica en casi todos los países del mundo (WHO 2013). Se estima que 80% de las necesidades globales de salud son atendidas con medicina tradicional (Akerle 1993, Fabricant y Farnsworth 2001, WHO 2002, WHO 2013). El uso de la medicina tradicional es clave en la atención de las enfermedades de la población con escaso acceso a centros oficiales de salud y constituye el principal recurso para la atención de comunidades rurales (Sepúlveda 1993, Hamilton 2004, Quinlan y Quinlan 2007, WHO 2013).

No obstante, a la relevancia que tiene el CTM a nivel mundial, las comunidades experimentan pérdida de este conocimiento (Anyinam 1995, Cox 2000, Lulekal *et al.* 2008, Brito *et al.* 2017). Son múltiples los factores que ponen en riesgo al CTM, entre los que se identifican: (1) el escaso o nulo interés de la población joven por asimilar y transmitir tal conocimiento de las generaciones que les anteceden (Phillips y Gentry 1993, Luoga *et al.* 2000, Voeks y Leony 2004, Reyes-García *et al.* 2013); (2) la pérdida o disminución del habla y comprensión de la lengua originaria en la que dicho conocimiento se ha transmitido (Benz *et al.* 2000, Maffi 2005); (3) la modernización (Quinlan y Quinlan 2007) y el desarrollo económico (Reyes-García *et al.* 2005) que se manifiesta en cambios de tradiciones, desuso de la flora medicinal local (Vandebroek y Balick 2012, Alencar *et al.* 2014) y su remplazo por medicinas de patente (Luziatelli *et al.* 2010, Reyes-García *et al.* 2013).

Es factible esperar que la pérdida creciente del conocimiento tradicional se manifieste en el detrimento o transformación de la cultura de los pueblos (Linares y Bye 1987, Gómez-Pompa 1993, Berkes y Turner 2005). Ello puede tener consecuencias en

la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos (Berkes y Turner 2005, Salas-Zapata *et al.* 2012, Brito *et al.* 2017), ya que se tiende a debilitar el valor de los ecosistemas y sus componentes y la necesidad y relevancia de mantenerlos (Toledo *et al.* 1992, Voeks 1996, Weldegerima 2009, Silalahi *et al.* 2015, Brito *et al.* 2017). El valor que se otorga a los servicios de los ecosistemas se genera del reconocimiento explícito entre el vínculo que tiene la población con estos y del bienestar y beneficios potenciales que se obtienen de ellos; tal valor puede ser económico, social o cultural (Balvanera 2012). El valor cultural (síntesis de la multiplicidad de usos que ofrece una especie) se ha analizado desde distintas perspectivas. Algunas escuelas de etnobotánica y etnobiología han desarrollado métodos de evaluación cuantitativa de gran utilidad (Turner 1988, Stoffle *et al.* 1990, Bennett y Prance 2000, Almeida *et al.* 2005, Albuquerque y Lucena 2005, Silva *et al.* 2006, Helida *et al.* 2015), ya que permiten documentar el estado actual de un recurso o conjunto de recursos en una región para generar estrategias de conservación y protección de la diversidad biológica y cultural (Turner 1988, Gupta 2004, Hoffman y Gallaher 2007, Reyes-García *et al.* 2013).

Actualmente se reconoce que el conocimiento tradicional enfocado al conocimiento ecológico sobre el territorio puede ser clave para revertir problemáticas de degradación ambiental en el bosque tropical húmedo causado por actividades antrópicas (Petch 2000, Levy-Tacher *et al.* 2012, Chazdon 2014, Gallery 2014), como la deforestación que ha ocasionado fragmentación de habitats; la sobreexplotación de recursos y el cambio de uso de suelo para monocultivos y actividades ganaderas (Gómez-Pompa *et al.* 1972, Tudela 1989, Martínez-Ramos y García-Orth 2007). Ello se ha manifestado en pérdida de servicios que brinda el ecosistema y que generan un bienestar humano (Balvanera 2012). Entre tales servicios se pueden mencionar los

servicios de suministro o provisión (alimentos, agua, fuentes de energía, medicinas), los de regulación (atmósferica, climática, hídrica, nutrientes del suelo) y los culturales (que pueden ser o no tangibles y generar beneficios recreativos, estéticos, identidad, legado cultural, sentido de pertenencia) (MEA 2003, 2005, CONABIO 2006, Cornejo-Latorre *et al.* 2014).

El bosque tropical húmedo es considerado un reservorio de biodiversidad y funciones ecosistémicas de enormes beneficios a las sociedades (Martínez-Ramos *et al.* 2012). En México mantiene 17% de la flora y proporciones igualmente altas de otros grupos de organismos (Carabias *et al.* 1994, Challenger 1998). Sin embargo, Challenger y Soberón (2008) y Koleff *et al.* (2012) reportan que, de su extensión original, que cubría 9.1% del territorio nacional, solamente se conserva 4.8% de tal extensión y esta continúa disminuyendo (Myers 1991, Prance 1991, Koleff *et al.* 2012). Para el caso del estado de Tabasco, lugar donde se llevó a cabo la presente investigación, Sánchez-Munguía (2005) ha reportado la presencia de solamente 1.6% de 21.7% que ocupaba el bosque tropical húmedo originalmente en el estado, dicha proporción se debe a la deforestación a gran escala desde la década de 1940 (Tudela 1989). La proporción de vegetación de este ecosistema que se mantiene en el estado de Tabasco incluye pequeños relictos de vegetación poco perturbada y abundantes fragmentos de vegetación secundaria (López 1980, Tudela 1989, Sánchez-Munguía 2005), también llamados acahuales, los cuales se desarrollan después de que el bosque tropical húmedo es sometido a desmontes y quemas para el establecimiento de cultivos o pastizales, y cuya estructura y composición florística depende del tiempo de abandono (Castillo-Acosta y Zavala-Cruz 2019).

Ante el contexto de pérdida del bosque tropical húmedo y de los servicios ecosistémicos que brinda, la restauración ecológica de este ecosistema es urgente y

prioritaria (Bullock *et al.* 2011, United Nations General Assembly 2019, Bastin *et al.* 2019, Chazdon y Brancalion 2019). Con esta investigación se pretende incidir en la restauración de acahuales mediante la plantación de especies de interés local por su uso medicinal, que ayuden a acelerar la regeneración forestal para mejorar la composición florística y en un largo plazo también la estructura y funciones propias del ecosistema. La restauración ecológica es considerada como el proceso para recuperar comunidades biológicas y ecosistemas que han sido degradados, dañados o destruidos por causas naturales y antrópicas, y también busca recuperar servicios ecosistémicos (SER 2004, Lindig-Cisneros 2017). La restauración es necesario que sea impulsada desde los contextos socioculturales y económicos locales, para que contemple visiones, necesidades, experiencias y sugerencias de manejo de los recursos y con ello se pueda generar un impacto positivo y el éxito de la restauración (Barrera-Cataño y Valdés-López 2007, Aronson *et al.* 2007, Van-Andel y Aronson 2012, Ramírez-Marcial *et al.* 2014, Casas *et al.* 2017, Lindig-Cisneros 2017). También, la restauración debe buscar involucrar a la población local propietaria o posesionaria del territorio en cuestión para que se generen compromisos viables a corto, mediano y largo plazo (García-Frapolli y Lindig-Cisneros 2011, Gómez-Pineda *et al.* 2014, González-Espinosa *et al.* 2014, Ramírez-Marcial *et al.* 2014, Reyes-García *et al.* 2019).

En la restauración ecológica se impulsan procesos locales para la recuperación de poblaciones biológicas, particularmente de especies útiles (Lucena *et al.* 2007, Levy-Tacher *et al.* 2012, Casas *et al.* 2014, 2016, Chekole 2017). Se ha documentado el uso de especies de plantas valiosas en la restauración como las comestibles, combustibles y maderables (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, Ghilardi *et al.* 2007, García-Frapolli y Lindig-Cisneros 2011, Lindig-Cisneros 2017). Sin embargo, pocos estudios han sido conducidos



tomando en cuenta las plantas medicinales (Charnley *et al.* 2008, Suárez *et al.* 2012, Velázquez-Rosas *et al.* 2018), a pesar de que este grupo de plantas comúnmente es el de mayor riqueza en los inventarios etnobotánicos (Toledo *et al.* 1995, Caballero *et al.* 1998, Berlin y Berlin 2005, Silva y Albuquerque 2005).

Esta investigación pretende generar un proceso de restauración ecológica en acahuals del bosque tropical húmedo, mediante la plantación de especies medicinales de interés local que conlleven a recuperar servicios de provisión medicinal para atender afecciones de salud de la población, así como incidir en el mantenimiento del conocimiento tradicional medicinal asociado a las especies. Se adopta como herramienta al conocimiento tradicional medicinal para identificar especies prioritarias y viables para diseñar e implementar localmente acciones de restauración ecológica enfocadas a la recuperación de la cubierta forestal al propagar y establecer especies de árboles nativos del bosque tropical húmedo.

### **Pregunta de investigación**

¿Puede la valoración del conocimiento tradicional sobre la flora arbórea medicinal nativa por parte de las comunidades locales servir de base para iniciar procesos de restauración ecológica en el bosque tropical húmedo?

### **Objetivo general**

Iniciar procesos de restauración ecológica, a partir de la investigación ecológica y la valoración del conocimiento tradicional sobre la flora arbórea medicinal nativa, con acciones de selección, propagación y establecimiento de especies de importancia cultural

y ecológica en fragmentos de vegetación secundaria de la región Sierra, municipio de Tacotalpa, Tabasco, México.

### **Objetivos particulares**

1. Identificar y seleccionar especies de árboles tropicales nativos a partir del conocimiento tradicional medicinal y que por su importancia cultural y ecológica local se puedan emplear en proyectos de restauración del bosque tropical húmedo.
2. Propagar en condiciones de vivero comunitario las especies seleccionadas localmente, con base en la investigación ecológica.
3. Realizar un ensayo de restauración ecológica en acahuales y evaluar durante un año las variables ambientales que tienen efecto sobre la supervivencia y el crecimiento de las especies seleccionadas.

### **Estructura de la tesis**

La presente tesis aborda cinco capítulos, el primero que es el actual capítulo constituye la introducción general y plantea la pregunta de investigación, el objetivo general y los objetivos particulares que aborda la tesis. Además, se describe el contexto general en la que se enmarca la presente investigación, abordando los temas del conocimiento tradicional medicinal y la restauración ecológica en el bosque tropical húmedo; finalmente se plantea la importancia que tiene este tipo de conocimiento para llevar a cabo proyectos de restauración ecológica. Los siguientes tres capítulos se desarrollan en formato de artículos que abarcan los objetivos particulares planteados y el último capítulo aborda una discusión y conclusión general de toda la tesis.

En el Capítulo 2 se desarrolla el primer objetivo particular de la investigación: identificar y seleccionar especies de árboles tropicales nativos a partir del conocimiento tradicional medicinal y que por su importancia cultural y ecológica local se puedan emplear en proyectos de restauración del bosque tropical húmedo. Este primer objetivo se atiende en el artículo requisito de la investigación doctoral que fue publicado en la revista *Botanical Sciences* en agosto de 2019 (volumen 97, número 3). El artículo se titula: Traditional medicinal knowledge of tropical trees and its value for restoration of tropical forests / Conocimiento tradicional medicinal de árboles tropicales y su valor para la restauración de bosques tropicales. En dicho artículo se desarrolla la importancia que tiene el conocimiento tradicional en proyectos de restauración ecológica; se identifican y seleccionan especies arbóreas nativas con uso medicinal importantes localmente para su uso en la restauración de la vegetación secundaria del bosque tropical húmedo. También, se muestran los valores locales de importancia cultural y ecológica para la selección de especies, la riqueza de conocimiento sobre las especies medicinales que poseen, de manera diferenciada, las mujeres y los hombres en la región, y las enfermedades recurrentes de la población y como estas son tratadas con las especies de árboles medicinales.

El Capítulo 3 aborda el segundo objetivo particular: Propagar en condiciones de vivero comunitario las especies seleccionadas localmente. Este capítulo se desarrolla en formato de artículo y aborda el tema de propagación de especies de interés local, a través de la germinación de semillas y el mantenimiento de plántulas en vivero comunitario. Las especies germinadas se seleccionaron a partir de los resultados que se presentan en el

capítulo previo. Se evalúa el porcentaje de germinación de nueve especies de árboles con uso medicinal y la supervivencia de las plantas mantenidas en vivero, previas a ser llevadas a campo para su plantación. Se desarrolla la relevancia de la propagación de especies en condiciones ambientales locales, cercanos a donde se llevará a cabo su plantación.

El Capítulo 4 aborda el tercer objetivo particular: Realizar un ensayo de restauración ecológica en acahuales y evaluar las variables ambientales que tienen efecto sobre la supervivencia y el crecimiento de las especies durante un año. Este capítulo también se presenta en formato de artículo y está en preparación para su publicación. En este capítulo se evalúa por un año, la supervivencia y el crecimiento de ocho especies. Las especies seleccionadas se basan en los resultados de los objetivos anteriores. El artículo reporta un ensayo de restauración en parcelas dentro de acahuales en dos comunidades de la región Sierra, Tabasco, México. Se reportan las condiciones ambientales particulares que requieren las especies para su supervivencia y crecimiento en la vegetación secundaria del bosque tropical húmedo.

En el Capítulo 5 se desarrollan la discusión y conclusiones generales que resultaron de abordar los tres objetivos particulares. En este capítulo se retoman los resultados más relevantes obtenidos en toda la investigación y se reflexiona sobre los diferentes temas abordados en la tesis. También se incluye un apéndice general de la investigación.

## Referencias

- Akerele O. 1993. Nature's medicinal bounty; don't throw it away. *World Health Forum* **14**: 390-395.
- Albuquerque UP, Lucena RFP. 2005. Can apparency affect the use of plants by local people in tropical forests? *Interciencia* **30**: 506-511.
- Alencar NL, Santoro FR, Albuquerque UP. 2014. What is the role of exotic medicinal plants in local medical systems? A study from the perspective of utilitarian redundancy. *Revista Brasileira de Farmacognosia* **24**: 506-515.
- Almeida CFCBR, Lima-Silva TC, Amorim ELC, Maia MBS, Albuquerque UP. 2005. Life strategy and chemical composition as predictors of the selection of medicinal plants from the Caatinga (Northeast Brazil). *Journal of Arid Environments* **62**: 127-142.
- Anyinam C. 1995. Ecology and ethnomedicine: exploring links between current environmental crisis and indigenous medical practices. *Social Science and Medicine* **40**: 321-329.
- Aronson J, Renison D, Rangel-Ch JO, Levy-Tacher S, Ovalle C, Del Pozo A. 2007. Restauración del capital natural: sin reservas no hay bienes ni servicios. *Revista Ecosistemas* **16**: 15-24.
- Balvanera P. 2012. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Revista Ecosistemas* **21**: 136-147
- Barrera-Cataño JI, Valdés-López C. 2007. Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum* **12**: 11-24.
- Bastin JF, Finegold Y, Garcia C, Mollicone D, Rezende M, Routh D, Zohner MC, Crowther TW. 2019. The global tree restoration potential. *Science* **365**: 76-79.
- Bennett BC, Prance GT. 2000. Introduced plants in the indigenous pharmacopeia of Northern South America. *Economic Botany* **54**: 90-102.
- Benz B, Cevallos JE, Santana FM, Rosales JA, Graf MS. 2000. Losing knowledge about plant use in the Sierra de Manantlan Biosphere Reserve, Mexico. *Economic Botany* **54**: 183-191.

- Berkes F. 1993. Traditional ecological knowledge in perspective. In: Inglis JT (ed). *Traditional ecological knowledge: Concepts and cases*. Ottawa, Canada: Canadian Museum of Nature, International Development Research Centre, pp. 1-9.
- Berkes F, Turner N. 2005. Conocimiento, aprendizaje y la flexibilidad de los sistemas socioecológicos. *Gaceta Ecológica* **77**: 5-17.
- Berlin B, Berlin EA. 2005. Conocimiento indígena popular: la flora común, herbolaria y salud en Los Altos de Chiapas. En: González-Espinosa M, Ramírez-Marcial N, Ruíz-Montoya L (coords). *Diversidad biológica en Chiapas*. México, DF: Plaza y Valdés, pp. 371-418.
- Brito CC, Silva TC, Albuquerque UP, Ramos MA, Ferreira Júnior WS, Barros FN, Costa Neto EM, Medeiros PM. 2017. The use of different indicators for interpreting the local knowledge loss on medical plants. *Revista Brasileira de Farmacognosia* **27**: 245-250.
- Bullock JM, Aronson J, Newton AC, Pywell RF, Rey-Benayas JM. 2011. Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* **26**: 541-549.
- Caballero J, Casas A, Cortés L, Mapes C. 1998. Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos indígenas de México. *Estudios Atacameños* **16**: 181-195.
- Cabrera PAJ, Juárez MH, Sánchez GE, Castelán GM, Almazán MBT. 2015. Los saberes en medicina tradicional y su contribución al desarrollo rural: estudio de caso Región Totonaca, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* **6**: 1791-1805.
- Carabias J, Durazo EP, Toledo C. 1994. *Manejo de los recursos naturales y pobreza rural*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica. 138 pp.
- Casas A, Camou A, Otero-Arnaiz A, Rangel-Landa S, Cruse-Sanders J, Solís L, Torres I, Delgado A, Moreno-Calles AI, Vallejo M, Guillén S, Blancas J, Parra F, Farfán-Heredia B, Aguirre-Dugua X, Arellanes Y, Pérez-Negrón E. 2014. Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: el Valle de Tehuacán. *Investigación Ambiental Ciencia y Política Pública* **6**: 23-44.

- Casas A, Lira R, Torres I, Delgado A, Moreno-Calles AI, Rangel-Landa S, Blancas J, Larios C, Solís L, Pérez-Negrón E, Vallejo M, Parra F, Farfán-Heredia B, Arellanes Y, Campos N. 2016. Ethnobotany for sustainable ecosystem management: a regional perspective in the Tehuacán Valley. En: Lira R, Casas A, Blancas J (eds). *Ethnobotany of Mexico*. New York, NY: Springer, pp. 179-206.
- Castillo-Acosta O, Zavala-Cruz J. 2019. Tipos de vegetación. En: *La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado*. Volumen 1. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp.69-76.
- Chekole G. 2017. Ethnobotanical study of medicinal plants used against human ailments in Gubalafto District, Northern Ethiopia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **13**:1-29.
- Challenger A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Agrupación Sierra Madre. 847 pp.
- Challenger A, Soberón J. 2008. Los ecosistemas terrestres. En: *Capital natural de México, volumen I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 87-108.
- Charnley S, Fischer PA, Jones ET. 2008. *Traditional and local ecological knowledge about forest biodiversity in the Pacific Northwest*. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 52 pp.
- Chazdon RL. 2014. *Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation*. U.S.A: The University of Chicago Press. 429 pp.
- Chazdon R, Brancalion P. 2019. Restoring forests as a means to many ends. *Science* **365**: 24-25.
- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. 2006. *Capital natural y bienestar social*. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 71 pp.
- Cornejo-Latorre C, Calderón-Patrón JM, Suarez-Ramírez L. 2014. Los servicios ambientales y la biodiversidad. *Investigación Ambiental Ciencia y Política Pública* **6**: 53-60.

- Cox PA. 2000. Will tribal knowledge survive the millennium? *Science* **287**: 44-45.
- Fabricant DS, Farnsworth NR. 2001. The value of plants used in traditional medicine for drug discovery. *Environmental Health Perspectives* **109**: 69-75.
- Fagetti A. 2011. Fundamentos de la medicina tradicional mexicana. En: Argueta A, Corona ME, Hersch P (coords). *Saberes colectivos y diálogo de saberes en México*. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 137-151.
- Foster GM. 1953. Relationships between Spanish and Spanish-American folk medicine. *The Journal of American Folklore* **66**: 201-217.
- Gallery RE. 2014. Ecology of Tropical Rain Forests. In: Monson R (ed). *Ecology and the Environment*. New York, NY: Springer, pp. 247-272.
- García-Frapolli E, Lindig-Cisneros R. 2011. Barreras e incentivos económicos para la restauración de la biodiversidad. *Acta Biológica Colombiana* **16**: 269-280.
- Ghilardi A, Guerrero G, Maser O. 2007. Spatial analysis of residential fuelwood supply and demand patterns in Mexico using the WISDOM approach. *Biomass and Bioenergy* **31**: 475-491.
- Gómez-Álvarez R. 2012. Plantas medicinales en una aldea del estado de Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* **35**: 43-49.
- Gómez-Pineda E, González-Espinosa M, Parra-Vázquez MR, Díaz-Hernández BM, Musálem-Castillejos K, Ramírez-Marcial N. 2014. Medios de vida y condicionantes que enfrenta la restauración forestal: experiencias en la cuenca alta del río Grijalva, Chiapas. En: González-Espinosa M, Brunel-Manse MC (coords). *Montañas, pueblos y agua: dimensiones y realidades de la Cuenca Grijalva*. Volumen I. México: El Colegio de la Frontera Sur, Juan Pablos Editor, pp. 257-282.
- Gómez-Pompa A, Vázquez-Yanes C, Guevara S. 1972. The tropical rain forest: A nonrenewable resource. *Science* **177**: 762-765
- Gómez-Pompa A. 1993. Las raíces de la etnobotánica mexicana. *Acta Biológica Panamensis* **1**: 87-100.
- González-Espinosa M, Ramírez-Marcial N, Gómez-Pineda E, Parra-Vázquez MR, Díaz-Hernández BM, Musálem-Castillejos K. 2014. Vulnerabilidad ambiental y social. Perspectivas para la restauración de bosques en la Sierra Madre de Chiapas. *Investigación Ambiental* **6**: 89-108.



- Gupta AK. 2004. *WIPO-UNEP Study on the role of intellectual property rights in the sharing of benefits arising from the use of biological resources and associated traditional knowledge*. Ahmedabad, India: Indian Institute of Management, World Intellectual Property Organization (WIPO), United Nations Environment Programme (UNEP). 320 pp.
- Hamilton AC. 2004. Medicinal plants, conservation and livelihoods. *Biodiversity and Conservation* **13**: 1477-1517.
- Helida A, Zuhud EAM, Hardjanto H, Purwanto Y, Hikmat A. 2015. Index of cultural significance as a potential tool for conservation of plant diversity by communities in The Kerinci Seblat National Park. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* **21**: 192-201.
- Huntington HP. 2000. Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. *Ecological Applications* **10**: 1270-1274.
- Johnson M. 1992. Research on traditional environmental knowledge: its development and its role. In: *Lore: capturing traditional environmental knowledge*. Ottawa, Ontario: Dene Cultural Institute, International Development Research Centre. 29 pp.
- Koleff P, Urquiza-Haas T, Contreras B. 2012. Prioridades de conservación de los bosques tropicales en México: reflexiones sobre su estado de conservación y manejo. *Ecosistemas* **21**: 6-20.
- Laird S. 2002. *Biodiversity and traditional knowledge: Equitable partnerships in practice*. London, UK: Earthscan Publications. 518 pp.
- Levy-Tacher S, Ramírez-Marcial N, González-Espinosa M, Román-Dañobeytia F. 2012. Rehabilitación ecológica de áreas agropecuarias degradadas en la selva Lacandona: una alternativa fincada en el conocimiento ecológico tradicional maya. En: Bello BE, Naranjo PEJ, Vandame R (eds). *La otra innovación para el ambiente y la sociedad en la frontera Sur de México*. México, Chiapas: El Colegio de la Frontera Sur, Red de Espacios de Innovación Socioambiental, pp. 248-258.
- Linares E, Bye R. 1987. A study of four medicinal plant complexes of Mexico and adjacent United States. *Journal of Ethnopharmacology* **19**: 153-183.
- Lindig-Cisneros R. 2017. *Ecología de la restauración y restauración ambiental*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México. 321 pp.

- López MR. 1980. *Tipos de vegetación y su distribución en el estado de Tabasco y norte de Chiapas*. Colección de cuadernos universitarios, número 1. Serie Agronomía. México: Universidad Autónoma de Chapingo. 121 pp.
- Lucena RF, Albuquerque UP, Monteiro JM, Almeida CDFCBR, Florentino AT, Ferraz JSF. 2007. Useful plants of the semi-arid northeastern region of Brazil a look at their conservation and sustainable use. *Environmental Monitoring and Assessment* **125**: 281-290.
- Lulekal E, Kelbessa E, Bekele T, Yineger H. 2008. An ethnobotanical study of medicinal plants in Mana Angetu District, southeastern Ethiopia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **4**: 1-10.
- Luna-Morales C. 2002. Ciencia, conocimiento tradicional y etnobotánica. *Etnobiología* **2**: 120-135.
- Luoga E, Witkowski E, Balkwill K. 2000. Differential utilization and ethnobotany of trees in Kitulanghalo Forest Reserve and surrounding communal lands, Eastern Tanzania. *Economic Botany* **54**: 328-343.
- Luziatelli G, Sörensen M, Theilade I, Mølgaard P. 2010. Asháninka medicinal plants: a case study from the native community of Bajo Quimiriki, Junín, Perú. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **6**: 1-21.
- Hoffman B, Gallaher T. 2007. Importance indices in ethnobotany. *Ethnobotany Journal* **5**: 201-218.
- Maffi L. 2005. Linguistic, cultural, and biological diversity. *Annual Review of Anthropology* **34**: 599-617.
- Magaña-Alejandro MA, Gama-Campillo LM, Mariaca-Méndez R. 2010. El uso de las plantas medicinales en las comunidades Maya-Chontales de Nacajuca, Tabasco, México. *Polibotánica* **29**: 213-262.
- Martínez-Ramos M, García-Orth X. 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **80** (Suplemento): 69-84.
- Martínez-Ramos M, Barraza L, Balvanera P, Benítez-Malvido J, Bongers F, Castillo AA, et al. 2012. Manejo de bosques tropicales: bases científicas para la conservación, restauración y aprovechamiento de ecosistemas en paisajes rurales. *Investigación Ambiental. Ciencia y Política Pública* **4**: 111-129.

- McGregor D. 2004. Coming full circle: Indigenous knowledge, environmental and our future. *American Indian Quarterly* **28**: 385-410.
- MEA [Millennium Ecosystem Assessment]. 2003. *Ecosystems and human well-being: A framework for assessment*. Washington, DC: Island Press. 245 pp.
- MEA [Millennium Ecosystem Assessment]. 2005. *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press. 137 pp.
- Myers N. 1991. Tropical forests: present status and future outlook. *Climatic Change* **19**: 3-32.
- Pérez-Ruiz ML, Argueta-Villamar A. 2011. Saberes indígenas y diálogo intercultural. *Cultura y Representaciones Sociales* **5**: 31-56.
- Petch V. 2000. Traditional ecological knowledge: An anthropological perspective. In: Oakes J, Riewe R, Koolage WW, Simpson L, Schuster N (eds). *Aboriginal health, identity and resources*. Winnipeg, Canada: Native studies Press, pp. 150-164.
- Phillips O, Gentry AH. 1993. The useful plants of Tambopata, Peru: II. Additional hypothesis testing in quantitative ethnobotany. *Economic Botany* **47**: 33-43.
- Pochettino ML, Lema VS. 2008. La variable tiempo en la caracterización del conocimiento botánico Tradicional. *Darwiniana* **46**: 227-239.
- Prance GT. 1991. A commentary on: Tropical forests: present status and future outlook. *Climatic Change* **19**: 33-35.
- Quinlan MB, Quinlan RJ. 2007. Modernization and medicinal plant knowledge in a Caribbean horticultural village. *Medical Anthropology Quarterly* **21**: 169-192.
- Ramírez-Marcial N, González-Espinosa M, Musálem-Castillejos K, Noguera-Savelli E, Gómez-Pineda E. 2014. Estrategias para una construcción social de la restauración forestal en comunidades de la cuenca media y alta del río Grijalva. En: González-Espinosa M, Brunel-Manse MC (coords). *Montañas, pueblos y agua: dimensiones y realidades de la Cuenca Grijalva*. Volumen II. México: El Colegio de la Frontera Sur, Juan Pablos Editor, pp. 528-564.
- Reyes-García V, Vadez V, Huanca T, Leonard W, Wilkie D. 2005. Knowledge and consumption of wild plants: a comparative study in two Tsimane' villages in the Bolivian Amazon. *Ethnobotany Research and Applications* **3**: 201-207.

- Reyes-García V, Guéze M, Luz AC, Paneque-Gálvez J, Macía MJ, Orta-Martínez M, Pino J, Rubio-Campillo X. 2013. Evidence of traditional knowledge loss among a contemporary indigenous society. *Evolution and Human Behavior: official journal of the Human Behavior and Evolution Society* **34**: 249-257.
- Reyes-García V, Fernández-Llamazares Á, Mc Elwee P, Molnár Z, Öllerer K, Wilson SJ, Brondizio ES. 2019. The contributions of indigenous peoples and local communities to ecological restoration. *Restoration Ecology* **27**: 3-8.
- Salas-Zapata WA, Ríos-Osorio LA, Álvarez del Castillo J. 2012. Marco conceptual para entender la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos. *Ecología Austral* **22**: 74-79.
- Sánchez-Munguía A. 2005. *Uso del suelo agropecuario y deforestación en Tabasco 1950-2000*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Colección José N. Roviroso. 123 pp.
- Sepúlveda AJ. 1993. *La salud de los pueblos indígenas en México*. México: Impresiones y grabados M. Serna. 52 pp.
- SER [Society for Ecological Restoration International, Grupo de trabajo sobre ciencias y políticas]. 2004. *Ponencia introductoria de SER International sobre la restauración ecológica*. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International. 15 pp.
- Silva ACO, Albuquerque UP. 2005. Woody medicinal plants of the Catinga in the state of Pernambuco (Northeast Brazil). *Acta Botanica Brasilica* **19**: 17-26.
- Silva VA, Andrade LHC, Albuquerque UP. 2006. Revising the cultural significance index: the case of the Fulni-ô in northeastern Brazil. *Field Methods* **18**: 98-108.
- Shaheen H, Qaseem MF, Amjad MS, Bruschi P. 2017. Exploration of ethno-medicinal knowledge among rural communities of Pearl Valley; Rawalakot, District Poonch Azad Jammu and Kashmir. *Plos One* **12**: 1-32.
- Silalahi M, Supriatna J, Walujo EB, Nisyawati. 2015. Local knowledge of medicinal plants in sub-ethnic Batak Simalungun of North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas* **16**: 44-54.

- Stoffle RW, Halmo DB, Evans MJ, Olmsted JE. 1990. Calculating the cultural significance of American Indian plants: Paiute and shoshone ethnobotany at Yucca Mountain, Nevada. *American Anthropologist* **92**: 416-432.
- Suárez A, Williams-Linera G, Trejo C, Valdez-Hernández JI, Cetina-Alcalá VM, Vibrans H. 2012. Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of central Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems* **85**: 35-55.
- Toledo VM, Batis AI, Becerra R, Martínez R, Ramos CH. 1992. Products from the tropical rain forests of Mexico: an ethnoecological approach. In: Plotkin M, Famolare L (eds). *Sustainable harvest and marketing of rain forest products*. Washington, DC: Island Press, pp. 99-109.
- Toledo VM, Batis AI, Becerra R, Martínez E, Ramos HC. 1995. La selva útil: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia* **20**: 177-187.
- Tudela F. 1989. *La modernización forzada del trópico: El caso de Tabasco*. Proyecto integrado del Golfo. México: El Colegio de México. 496 pp.
- Turner NJ. 1988. "The importance of a rose": Evaluating the cultural significance of plants in Thompson and Lillooet interior Salish. *American Anthropologist* **90**: 272-290.
- United Nations General Assembly. 2019. *Resolution adopted by the general assembly on 1 March 2019. United Nations Decade on Ecosystem Restoration (2021–2030)*. A/RES/73/284. [www.un.org/en/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/73/284](http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/73/284). (acceso septiembre 09, 2019)
- Van-Andel J, Aronson J. 2012. *Restoration ecology: the new frontier*. 2nd ed. Oxford, UK: Wiley-Blackwell. 368 pp.
- Vázquez-Yanes C, Batis MAI, Alcocer SMI, Gual DM, Sánchez DC. 1999. *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. 263 pp.
- Vandebroek I, Balick MJ. 2012. Globalization and loss of plant Knowledge: challenging the paradigm. *Plos One* **7**: 1-6

- Velázquez-Rosas N, Silva-Rivera E, Ruiz-Guerra B, Armenta-Montero S, Trejo González J. 2018. Traditional ecological knowledge as a tool for biocultural landscape restoration in northern Veracruz, Mexico: a case study in El Tajín region. *Ecology and Society* **23**: 6
- Voeks RA. 1996. Tropical forest healers and habitat preference. *Economic Botany* **50**: 381-400.
- Voeks RA, Leony A. 2004. Forgetting the forest: assessing medicinal plant erosion in Eastern Brazil. *Economic Botany* **58**: S294-S306.
- Weldegerima B. 2009. Review on the importance of documenting ethnopharmacological information on medicinal plants. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* **3**: 400-403.
- WHO [World Health Organization]. 2002. *Medicina tradicional: necesidades crecientes y potencial*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. <<http://www.who.int/iris/handle/10665/67296>> (acceso enero 16, 2019).
- WHO [World Health Organization]. 2013. *WHO traditional medicine strategy: 2014-2023*. World Health Organization. Geneva, Switzerland. <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/92455/1/9789241506090\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/92455/1/9789241506090_eng.pdf)> (acceso enero 16, 2019).

## **Capítulo 2**

**Artículo publicado: Traditional medicinal knowledge of tropical trees and its value for restoration of tropical forests**



## TRADITIONAL MEDICINAL KNOWLEDGE OF TROPICAL TREES AND ITS VALUE FOR RESTORATION OF TROPICAL FORESTS

### CONOCIMIENTO TRADICIONAL MEDICINAL DE ÁRBOLES TROPICALES Y SU VALOR PARA LA RESTAURACIÓN DE BOSQUES TROPICALES

JUANA GARCÍA-FLORES<sup>1,2\*</sup>, MARIO GONZÁLEZ-ESPINOSA<sup>1</sup>, ROBERTO LINDIG-CISNEROS<sup>2</sup>, AND ALEJANDRO CASAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Morelia, Michoacán, México.

\*Corresponding author: jgarcia@iies.unam.mx

#### Abstract

**Background:** Traditional medicinal knowledge (TMK) accounts for attending nearly 80 % of the worldwide needs of health and may guide biodiversity restoration efforts in tropical regions where the greatest diversity of medicinal plants occurs.

**Questions:** Can TMK become a strategy to be used in identifying medicinal tree species, with both cultural and ecological importance, that should be considered in tropical forest restoration actions?

**Study site and dates:** The study was conducted during 2015 in four communities of the Sierra region of southern Tabasco, Mexico.

**Methods:** We obtained from the literature a checklist of medicinal trees native to the study region. We conducted semi-structured interviews and a workshop in each community; we obtained ethnobotanical data about the most common illnesses and the most frequently used plant species for attending them. We identified priority species for forest restoration, and calculated indexes of knowledge richness (IKR) and cultural significance (ICS).

**Results:** We recorded a total of 45 tree species. Adult and elder women showed the highest TMK. The main illnesses detected were gastrointestinal (93-97 %) and those related with pain and fever (67-97 %), which were treated with 13 and 16 species, respectively. On average, the IKR was less than 50 % of all species recorded. *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba* and *Piper auritum* had high ICS values, while *Brosimum alicastrum*, *Ceiba pentandra* and *Castilla elastica* had low values and are considered high priority for forest restoration actions.

**Conclusions:** TMK is important to select tree species in tropical forest restoration actions in southeastern Mexico.

**Key words:** ethnobotany, forest restoration, medicinal trees, traditional medicinal knowledge, tropical forests.

#### Resumen

**Antecedentes.** El conocimiento tradicional medicinal (CTM) permite atender necesidades de salud de 80 % de la población mundial y puede servir como guía para recuperar biodiversidad en regiones tropicales, ya que la mayor diversidad de plantas medicinales incluye especies tropicales.

**Pregunta.** ¿Provee el CTM una estrategia para identificar especies arbóreas que por su importancia cultural y ecológica conviene emplear en proyectos de restauración de bosques tropicales?

**Sitio y fechas.** El estudio se realizó en 2015, en cuatro comunidades rurales de la región Sierra de Tabasco, México.

**Métodos.** Con base en revisión bibliográfica se obtuvo un listado de referencia sobre árboles medicinales nativos de la región. Efectuamos entrevistas semiestructuradas y un taller participativo en cada comunidad; se documentaron usos medicinales, enfermedades recurrentes, listados libres de especies medicinales y aquellas con prioridad para emplearse en acciones de restauración. Calculamos índices de riqueza de conocimiento (IKR) y de significancia cultural (ICS).

**Resultados.** Registramos 45 especies arbóreas medicinales nativas. Las mujeres adultas y ancianas mostraron el mayor CTM. Las principales enfermedades fueron gastrointestinales (93-97 %) y las asociadas a dolores y fiebre (67-97 %), tratadas con 13 y 16 especies, respectivamente. El IRC reflejó un conocimiento promedio menor a 50 %. *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba* y *Piper auritum* tuvieron valores altos de ICS, mientras que *Brosimum alicastrum*, *Ceiba pentandra* y *Castilla elastica* mostraron valores bajos y son consideradas con alta prioridad para la restauración forestal.

**Conclusiones.** El CTM es importante para seleccionar especies arbóreas en la restauración de los bosques tropicales del sureste de México.

**Palabras clave:** árboles medicinales, bosques tropicales, conocimiento tradicional medicinal, etnobotánica, restauración forestal.





Traditional ecological knowledge (TEK) is a cumulative body of knowledge, practices and beliefs about the relationship of living beings with their environment, which evolve through adaptive processes and is culturally communicated across generations (Berkes 1993). TEK is crucial for carrying out local actions for conservation, ecological restoration and recovering biological populations, particularly those of useful species (Levy-Tacher *et al.* 2012, Casas *et al.* 2014, 2016, Chekole 2017). TEK provides decision makers with valuable information about distribution, abundance, biotic interactions, behavior, recovering capacity of organisms and ecosystems following disturbance, among other issues. In addition, TEK has proved its usefulness in identifying valuable ecosystems and resources to be protected and recovered, as well as management experiences to shorten the ways for attaining sustainable management strategies (Casas *et al.* 2014, 2016). Some ecological restoration efforts have started from documenting the most valuable resources, among them edible, fuel, and timber producing plants (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, Lindig-Cisneros 2017). Yet few studies have been conducted considering medicinal plants (Charnley *et al.* 2008, Suárez *et al.* 2012, Velázquez-Rosas *et al.* 2018), notwithstanding that this group of plants commonly is the largest in ethnobotanical inventories (Toledo *et al.* 1995).

Traditional medicinal knowledge (TMK) is a crucial component of TEK. Both TMK and TEK study botanical, zoological, ecological, and technological knowledge combining empirical, rational, logical knowledge and symbolic, mythological and magical thinking that distinguishes the human being as a social and cultural being (Fagetti 2011). TMK focuses on elements associated to treat illnesses (Fagetti 2011), while TEK analyses more general aspects of biological species and their environment and ecosystems (Berkes 1993, Casas *et al.* 2016). TMK and TEK are locally generated and transmitted from generation to generation through oral, practical or written means (Foster 1953, Pochettino & Lema 2008); however, TMK has played a crucial role in survival and has helped humanity to face threats to its physical, emotional and spiritual integrity; it is widely used for attending health problems, both for preventing and treating illnesses of many populations (WHO 2013). The use of TMK occurs predominantly in poor rural areas, commonly involving traditional physicians recognized within and among communities (Cabrera *et al.* 2015). Traditional medicine is practiced in almost all countries of the world (WHO 2013), covering nearly 80 % of the global needs of health (Akerle 1993, Fabricant & Farnsworth 2001, WHO 2002). Its use is key for people with poor access to official health services, and it is the main way of providing health help for indigenous communities (Hamilton 2004, Quinlan & Quinlan 2007, WHO 2013).

Despite the relevance of TEK and TMK, their loss is occurring worldwide (Anyinam 1995, Cox 2000, Lulekal *et al.* 2008, Brito *et al.* 2017). Among the multiple and complex factors influencing such process, authors like Linares & Bye (1987), Toledo (1987), Berkes & Turner (2005) have identified: (1) decreasing interest of young people to learn and transmit traditional knowledge (Phillips & Gentry 1993, Luoga *et al.* 2000, Voeks & Leony 2004, Reyes-García *et*

*al.* 2013); (2) loss of the original languages in which that knowledge is transmitted (Benz *et al.* 2000, Maffi 2005); (3) modernization (Quinlan & Quinlan 2007) and new economic contexts (Reyes-García *et al.* 2005) favoring disarticulation of communities, migration, loss of culture and use of local medicinal flora (Vandebroek & Balick 2012, Alencar *et al.* 2014), and their replacement by modern patented medicines (Luziatelli *et al.* 2010, Reyes-García *et al.* 2013). The increasing loss of traditional knowledge may be expected to have consequences on the resilience of socio-ecological systems (Brito *et al.* 2017) since it tends to weaken the resources and ecosystems value and the need and relevance to maintain them (Toledo *et al.* 1992, Voeks 1996, Weldegerima 2009, Silalahi *et al.* 2015, Brito *et al.* 2017).

Most of biodiversity on Earth occurs in tropical regions, particularly in those areas identified as “hotspots”, which however are rapidly decreasing (Ryan 1992, Begossi *et al.* 2000, Myers *et al.* 2000). It has been recognized that in these areas live most of the indigenous peoples (Mace & Pagel 1995, Moore *et al.* 2002, Maffi 2005), and that they are the main custodians and stewards of ecosystems and biological diversity of “hotspots”. In Mexico, tropical ecosystems are important reservoirs of the country’s biodiversity, harboring nearly 17 % of its flora (Rzedowski 1998, Challenger & Soberón 2008). However, extensive land-use change through deforestation aimed to establish pastures for livestock raising, traditional agriculture, and establishing plantations of commercial crops has reduced the extent and increased the isolation of the remaining fragments of original forest habitats (Challenger 1998, Koleff *et al.* 2012).

It has been estimated that only one-half of the original cover of tropical rain forest of Mexico remains relatively well preserved (Masera *et al.* 1992, Challenger & Soberón 2008, Koleff *et al.* 2012). In the state of Tabasco, where this study was conducted, the estimated original cover of tropical rain forest was 21.7 % of the State’s area, only 1.6 % of which remained at the beginning of this century (Sánchez-Munguía 2005). Ecological restoration implies the process of recovering ecosystems degraded, damaged or destroyed by natural and anthropogenic causes (SER 2004); it is based on a historical past with the aim of achieving short-term community benefits along with long-term social commitments to promote locally the ecological integrity, sustainability and long-term resilience of communities and ecosystems in the face of climate change (Suding 2011, DeFries *et al.* 2012, Suding *et al.* 2015). Programs aimed to forest cover restoration are urgent that may consider merging extant TEK and TMK in order to facilitate their local social construction, long-term adoption and foster wider use of biodiversity (González-Espinosa *et al.* 2008, Ramírez-Marcial *et al.* 2014, García-Barrios & González-Espinosa 2017).

The purpose of this study was to identify tree species that are used medicinally through traditional medicinal knowledge (TMK) which could be included in restoration practices aimed to increase forest cover. The study was conducted in four Zoque-Maya communities in the southern mountainous region of the state of Tabasco, in southeastern Mexico. We followed an ethnobotanical approach in documenting the use

of native medicinal trees, the most important illnesses attended with them, and their cultural value for local people as important species in restoration actions. We also obtained the indexes of cultural significance of the species and knowledge wealth, and we identified the role of gender to discriminate whether it is men or women who possess this wealth of knowledge. Our study aims to illustrate the relevance of TMK for selecting tree species and designing strategies of ecological restoration of tropical forests.

### Materials and methods

**Study area.** The study was conducted in the municipality of Tacotalpa (between 17° 20' and 17° 42' North; 92° 32' and 92° 55' West; elevation 20-1,000 m) in the Sierra region of the state of Tabasco (INEGI 2005), and in the eco-geographic unit of the abrupt northern slopes of the Sierra Norte of Chiapas (Ortiz-Pérez *et al.* 2005) in southeastern Mexico. The regional climate is warm-humid, with rains throughout the year, with annual rainfall of 1,500-4,500 mm (INEGI 2015). The area belongs to the Grijalva-Usumacinta hydrological region and the Grijalva-Villahermosa river basin, in which the Puxcatán, Almandros, Amatán, Chinal, and Tacotalpa rivers converge (INEGI 2005). The geology is characterized by Tertiary sedimentary rocks (shale-sandstones and limestones); dominant soils include shallow and rocky lithosols in the slopes and gleysols in lower areas, whose texture is generally clay, silt or silty clay, with problems of excess moisture due to poor drainage in low areas (INEGI 2005, Bensusán 2011).

Vegetation mostly includes secondary plant associations and small relicts of tropical rain forest (Miranda & Hernández-X 2014, Rzedowski 2006), mostly with a high degree of human disturbance (Ramírez-Marcial *et al.* 2014). In the less accessible areas, an average density of 32 stems per hectare belonging to at least four tree species has been reported for the pasture-dominated landscape (Grande-Cano *et al.* 2009). Salazar-Conde *et al.* (2004) report loss of tropical rain forest cover (with *Brosimum alicastrum* as dominant species) reaching up to 80 % within the last quarter of the past century.

We worked in four communities: Oxolotán (OX, 1,886 inhabitants, 10.4 % speak indigenous language); Cerro Blanco Quinta Sección (CB, 565 inhabitants, 7.1 % speak indigenous language); Tomás Garrido Canabal (TG, 389 inhabitants, 8.5 % speak indigenous language), and La Cumbre (LC, 238 inhabitants, 19.1 % speak indigenous language) (INEGI 2010). People of these communities belong to the Mayan ethnic groups Ch'ol, Chontal, and Tzotzil, yet a significant proportion belong to the Zoque and Mestizo groups. The degree of poverty is high in almost all communities except Oxolotán, where it has been estimated at an intermediate level (INEGI 2010) (Figure 1).

**Ethnobotanical studies.** We obtained a preliminary checklist of medicinal trees occurring in the area through a literature review of floristic and ethnofloristic sources (Maldonado-Mares 2005, Magaña-Alejandro 2006, López-Hernández

1994, Ramírez-Marcial *et al.* 2014), which was used as a reference for other steps of the research. In addition, we identified whether or not those species receive any management, particularly if there were previous experiences of using them in restoration programs in the area or somewhere else.

Fieldwork started by asking permission from local authorities, as well as informing people and asking their consent for participating in the interviews. We then carried out semi-structured interviews (Albuquerque *et al.* 2014, Brito *et al.* 2017), during September and October 2015, to men and women of the four communities. We used the qualitative method called "snow ball" (Bernard 1995) for sampling interviewees recognized as experts in relation to the medicinal flora of the region.

In the OX community we conducted 28 interviews, 29 in CB, 26 in TG, and 24 in LC (See Appendix 1). We recorded name, gender and age of people interviewed, and questions were addressed to explore their ability to recognize medicinal flora using printed photographs of the species included in the reference checklist referred to above. In addition, we explored people's identification of medicinal uses, illnesses treated with them, their form of administration, and their opinion on whether the tree species should be used in forest restoration activities in the region. This opinion was generally based on the low availability of the resource and the difficulty of natural regeneration of certain species. By means of the free listing technique we analyzed the most valuable species among medicinal trees.

We carried out a workshop in each community in October 2015 with the participation of the people interviewed: 18 people in CB, 16 in OX, 13 in LC, and 11 in TG. The workshops aimed at collectively selecting those medicinal tree species that could be considered with a high priority for forest restoration. We asked the people to name the 10 species of trees considered the most recommended to carry out actions of forest restoration (including their propagation and reintroduction to floristically enrich fallow stands); participants indicated the highest priority by number 1 and successively down until 10. We also asked them to comment about their criteria for their selection, which was commonly based on the low availability of the resource.

**Data processing and analysis.** We categorized the individually interviewed women and men from each community in different age groups. In addition, we categorized the most common illnesses and related affections, according to the information of the interviewees. We determined the most important illnesses in each community, the number of species used for treating the same illness, and the number of illnesses treated by each species. In each community we obtained the percentage of interviewees who considered each of the tree species with priority in restoration actions; we also obtained the percentage of the communities in which it was considered with some value of importance to a species.

We analyzed the amount of knowledge on use of medicinal trees through the Index of Knowledge Richness (IKR), following Toscano (2006), Castellanos-Camacho (2011), and Medellín-Morales *et al.* (2017). We identified whether men

or women possess this wealth of knowledge. For calculating this index we used the reference checklist and the free listing of medicinal trees reported by people interviewed in each community, using the formula:

$$IKR = \frac{\sum [SU_i]}{[SU]_{total}}$$

In which, *IKR* is the proportion of species of medicinal trees reported by each interviewee in relation to the number of medicinal tree species reported by all people interviewed in the whole region;  $[SU]_i$  is the number of species of medicinal trees recorded by the interviewee with respect to  $[SU]_{total}$

the total number of species of medicinal trees reported in the whole region by all the interviewees. Values of this index may vary from 0 to 1, being 1 the maximum value of richness value of the medicinal trees of the region.

For determining the species that are culturally most significant because of their use as medicines, we calculated the Index of Cultural Significance (*JCS*), based on parameters of quality (perceived effectiveness as medicines), intensity (use frequency), and exclusiveness (the plant as main or a non-substitutable component of a remedy) of the use of each species, based on Turner (1988) and Stoffle *et al.* (1990). For this study, we considered only the different medicinal

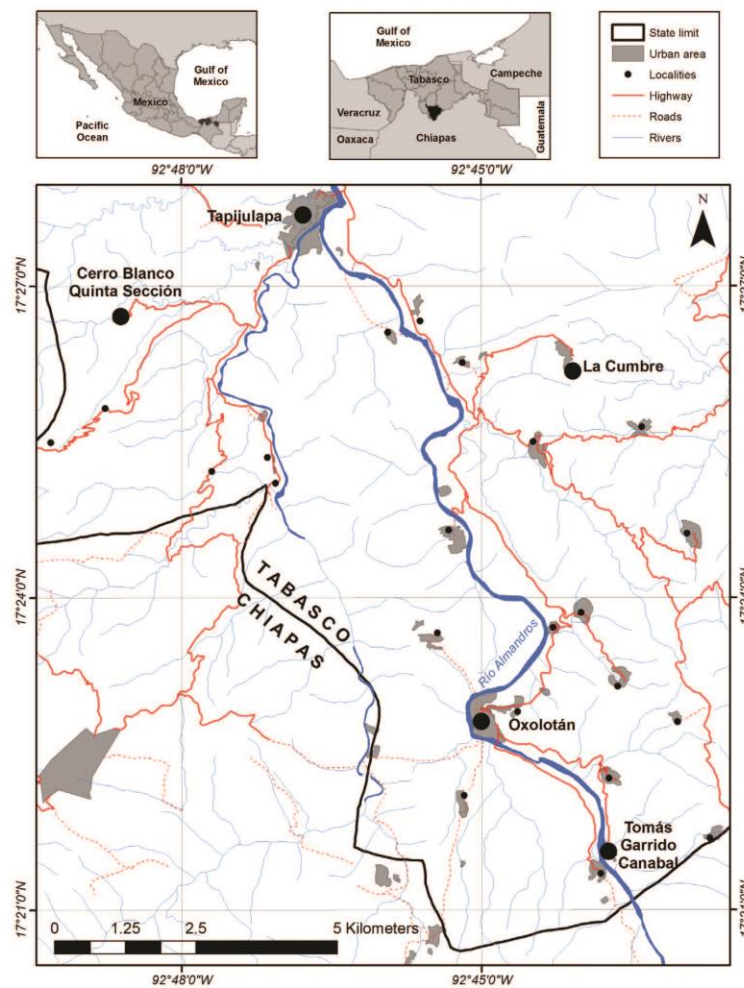


Figure 1. Study area and location of studied communities in the Sierra region of southern Tabasco, Mexico.



uses reported by people. We adapted the *ICS* for this study as follows:

$$ICS = \Sigma(q \times I \times e)u_n/N_{inf}$$

The expanded formula being:

$$ICS = (q_1 \times I_1 \times e_1)u_1 + (q_2 \times I_2 \times e_2)u_2 + (q_3 \times I_3 \times e_3)u_3 \dots + (q_n \times I_n \times e_n)u_n/N_{inf}$$

The formula indicates the sum of 1 to  $n$  medicinal uses ( $u$ ) for a species, where  $q$  = medicinal uses (use values from 5 to 0.5, according to categories of illnesses mentioned by the interviewees);  $I$  = intensity of use (values from 5 to 1, where 5 = very intense, 4 = intense, 3 = intermediate intense, 2 = low, 1 = very low);  $e$  = exclusivity of use (values from 2 to 0.5, where 2 = high, 1 = intermediate, and 0.5 = low);  $N_{inf}$  = total number of informants of people interviewed.

We finally analyzed the Cumulative Importance of Cultural Significance (*CICS*) of each species recorded in each community following the index of cultural importance by Stoffle *et al.* (1990). The *CICS* makes reference to the sum of *ICS* of each species of medicinal trees recorded in each community.

## Results

### *Traditional medicinal knowledge of tropical tree species.*

The reference checklist included 21 species of medicinal trees, belonging to 21 genera and 14 plant families. Based on the free listing technique, we recorded 22 species and 2 morphospecies, belonging to 22 genera and 16 plant families. From the reference checklist and the free listing, in the OX community we summed a total of 34 species, belonging to 30 genera and 16 plant families; values for the other communities were: 31 species, belonging to 29 genera and 19 plant families in TG; 30 species belonging to 28 genera and 15 plant families in LC, and 28 species belonging to 26 genera and 15 plant families in CB. A total of 45 tree species with at least one medicinal use were recorded in the four studied communities (Table 1).

We recorded 14 categories of recurrent illnesses that are treated with medicinal tree species within the study region (Table 2). The most common illnesses registered were gastrointestinal (93-97 %) which are attended with 13 species, and those associated to pain and fever (67-97 %), which are attended with 16 species (Tables 3 and 4). The species that were reported for treating the highest number of illnesses were *Persea americana* and *Cecropia obtusifolia* (8 categories of illnesses); *Genipa americana* was not reported to be used as medicine in the communities studied, although it is reported in other communities of the state of Tabasco (Table 4).

*Knowledge Richness and Cultural Significance of the Species studied.* Most interviews were carried out to women since the snow ball technique conducted to them, because of their expertise in using medicinal plants. Ages of women were 29

to 100, whereas men were 34 to 87 years old (Appendix 1).

The community of OX had the highest value of *IKR* (0.62), representing 62 % of the species reported (21 of 34 species reported in the community). In OX the highest *IKR* was registered among elder women from 71 to 80 years old. In TG the highest *IKR* (0.58) was registered among women from 61 to 70 years old, whereas in CB it was 0.57 among younger women, 41-50 years old; in LC the *IKR* was 0.53 among women 41-70 years old. Values of *IKR* in all communities averaged 10 to 11 species of medicinal trees (Table 5, Appendix 1).

The species with the highest cultural importance, according to the cumulative cultural significance was *Gliricidia sepium*, which had the highest values of *ICS* in the communities OX, CB, and TG. *Bursera simaruba*, *Piper auritum*, *Pimenta dioica*, *Theobroma cacao*, *Guazuma ulmifolia*, and *Byrsonima crassifolia* were classified in the category of high cultural importance (Table 6).

*Priority species for ecological restoration.* Information resulting from workshops indicated that 15 tree species are of high interest for actions of forest restoration. This selection is mainly due to the local criterion of low availability of a resource and the difficulty of reproduction since some species are "rogadas", as people say, which means that they do not seem to reproduce easily in the wild. These species were also considered as important by 61-100 % of the people interviewed in each community (Table 7). Such is the case of *Manilkara zapota* which was considered by all people interviewed in OX and TG as a species that should be considered in restoration actions; the same was recorded for *Brosimum alicastrum* in TG (Table 7). *Annona reticulata*, *Tabebuia rosea*, *Persea americana* and *Brosimum alicastrum* received an importance value in the workshops, providing support to their use as priority species in ecological restoration actions in the four communities (100 %). On the other hand, because of their widespread occurrence in the region, *Bursera simaruba*, *Cecropia obtusifolia*, *Gliricidia sepium*, *Erythrina americana* and *Piper auritum* did not receive importance values in any community (0 %). *Pseudobombax ellipticum* is a species that was not known to occur in the forest areas by any participant in the workshops and interviews (Table 7).

## Discussion

*Cultural significance of tree species and its value for ecological restoration.* In total, we identified 45 species of trees with medicinal use in the region. This group of species includes elements of both primary and secondary vegetation. Such number of tree species represents 5.5 % of the species reported by Toledo *et al.* (1995) in his study of useful plant species from the tropical rainforest of Mexico. The main categories of illnesses in the study area are gastrointestinal, as well as those causing pain and fever, similarly as reported in other studies among indigenous peoples (Sepúlveda 1993, Magaña-Alejandro *et al.* 2010, Gómez-Álvarez 2012). In this study, we found different species used for treating different illnesses, which we interpret as conferring resilience to

Traditional medicinal knowledge and ecological restoration

**Table 1.** Tropical medicinal tree species included in the reference list (\*) and the free list (\*\*\*) in the four study communities in southern Tabasco, Mexico.

Family	Species	Community			
		Oxolotán	Cerro Blanco	Tomás Garrido	La Cumbre
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L. ***			x	
	<i>Spondias purpurea</i> L. ***			x	x
Annonaceae	<i>Annona reticulata</i> L. *	x	x	x	x
	<i>Annona muricata</i> L. ***	x	x	x	x
Bignoniaceae	<i>Handroanthus guayacan</i> (Seem.) S.O.Grose ***	x		x	
	<i>Parmentiera aculeata</i> (Kunth) L.O.Williams ***		x		x
	<i>Tabebuia rosea</i> DC. *	x	x	x	x
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L. ***	x		x	
Burseraceae	<i>Bursera graveolens</i> Triana & Planch. ***	x			
	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. *	x	x	x	x
Caricaceae	<i>Carica mexicana</i> (A.DC.) L.O.Williams ***			x	
Clusiaceae	<i>Mammea americana</i> L. ***	x			
Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> Spreng. ***				x
Euphorbiaceae	<i>Croton draco</i> Schldl. ***		x	x	
Lamiaceae	<i>Cornutia pyramidata</i> L. ***			x	
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill. *	x	x	x	x
Leguminosae	<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd. ***	x			
	<i>Cassia grandis</i> L. ***	x	x		x
	<i>Erythrina americana</i> Mill. *	x	x	x	x
	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth *	x	x	x	x
	<i>Haematoxylum campechianum</i> L. ***	x			
	<i>Inga jinicuil</i> Schldl. ***	x			
	<i>Inga punctata</i> Willd. ***	x			
	<i>Senna</i> sp. ***		x		
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> Kunth *	x	x	x	x
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. *	x	x	x	x
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. *	x	x	x	x
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl. *	x	x	x	x
	<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand *	x	x	x	x
	<i>Theobroma cacao</i> L. *	x	x	x	x
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L. *	x	x	x	x
	<i>Trichilia havanensis</i> Jacq. ***	x		x	x
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw. *	x	x	x	x
	<i>Castilla elastica</i> Sessé in Cerv. *	x	x	x	x
	<i>Ficus glaucescens</i> Miq. ***				x
Myrtaceae	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr. *	x	x	x	x
	<i>Psidium guajava</i> L. ***	x	x	x	x
Piperaceae	<i>Piper aurinum</i> Kunth *	x	x	x	x
Rubiaceae	<i>Blepharidium mexicanum</i> Standl. ***		x		
	<i>Genipa americana</i> L. *	x	x	x	x
	<i>Sickingia salvadorensis</i> Standl. ***				x
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen *	x	x	x	x
	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H. E. Moore & Stearn *	x	x	x	x
	<i>Pouteria</i> sp. ***	x			
Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol. *	x	x	x	x

**Table 2.** Categories of recurrent illnesses treated with medicinal tree species in the region and their description.

No.	Category of illness	Use values	Illnesses and symptoms in the category
1	Gastrointestinal	5	vomiting, parasites, constipation, diarrhea, gastritis, colitis, stomach pain-infection, dysintery
2	Respiratory	5	cold, cough, flu, asthma, hoarseness
3	Dermatological	5	wounds, ulcers, sores, burns, blows, fungus, dandruff (hair not cane), pimples
4	Pain and/or fever	4	fever, muscle pain, bone pain, headache, earache, toothache, nosebleeds
5	Women's health issues	4	cramps, menstrual problems, infections, childbirth related issues
6	Urological	4	urinary infections, kidney pain, prostate problems
7	Ocular	3	infections, cataracts, conjunctivitis, red teary eyes
8	Cancer	3	
9	Diabetes	3	blood sugar and glucose imbalances
10	Smallpox, chicken pox, measles	2	
11	Blood related problems	2	anemia, leukemia, high cholesterol, high triglyceride levels, varicose veins, high or low blood pressure
12	Insect and animal bites	1	
13	Ceremonies and spirit/sould related problems	1	ritual use, fright, protection, air, evil eye, smudging, crying in children, weakness
14	Others	0.5	nerves, insomnia, convulsions

**Table 3.** Percentage of recurrent illnesses treated with medicinal tree species in the four study communities. Number of interviews in each community are in parentheses.

		Communities							
		Oxolotán (28)		Cerro Blanco (29)		Tomás Garrido (26)		La Cumbre (24)	
Category of illness	%	Category of illness	%	Category of illness	%	Category of illness	%	Category of illness	%
Gastrointestinal	93	Gastrointestinal	97	Pain and/or fever	92	Gastrointestinal	96		
Pain and/or fever	89	Pain and/or fever	97	Smallpox, chicken pox, measles	77	Pain and/or fever	67		
Dermatological	75	Dermatological	62	Gastrointestinal	73	Ceremonies and spirit/sould related problems	50		
Diabetes	43	Ceremonies and spirit/sould related problems	62	Dermatological	58	Smallpox, chicken pox, measles	38		
Smallpox, chicken pox, measles	39	Smallpox, chicken pox, measles	59	Ceremonies and spirit/sould related problems	46	Women's health issues	33		
Blood related problems	36	Women's health issues	31	Blood related problems	42	Diabetes	33		
Respiratory	29	Diabetes	31	Urological	38	Dermatological	29		
Ceremonies and spirit/sould related problems	25	Ocular	28	Women's health issues	35	Blood related problems	21		
Ocular	25	Urological	17	Diabetes	27	Respiratory	17		
Women's health issues	21	Respiratory	14	Ocular	12	Ocular	4		
Urological	14	Blood related problems	10	Insect and animal bites	4	Insect and animal bites	4		
Cancer	0	Others	7	Others	4	Others	4		
Insect and animal bites	0	Insect and animal bites	3	Respiratory	0	Urological	0		
Others	0	Cancer	3	Cancer	0	Cancer	0		

Table 4. Recurrent illnesses in the region and medicinal tree species that treat these illnesses in the four study communities of Tabasco, Mexico.

Medicinal tree species	Category of illness													Total number of illnesses treated with the species	
	Respiratory	Gastrointestinal	Dermatological	Pain and/or fever	Women's health issues	Urological	Ocular	Cancer	Diabetes	Smallpox, chicken pox, measles	Blood related problems	Insect and animal bites	Ceremonies and spirit/soul related problems		Others
<i>Persea americana</i>	X	X	X	X	X	X					X	X	X		8
<i>Cecropia obtusifolia</i>			X	X	X				X		X	X	X	X	8
<i>Annona reticulata</i>		X		X	X		X	X			X	X			7
<i>Tabebuia rosea</i>	X	X	X	X	X			X			X				7
<i>Gliciridia sepium</i>		X	X	X	X		X			X		X			6
<i>Guazuma ulmifolia</i>	X	X	X	X		X			X						6
<i>Cedrela odorata</i>	X	X	X	X	X	X					X				6
<i>Piper auritum</i>	X	X		X	X	X					X				6
<i>Manihara zapota</i>		X		X	X	X			X						6
<i>Fouquieria sapota</i>		X		X	X	X					X				6
<i>Bursera simaruba</i>		X		X	X	X					X		X		6
<i>Theobroma cacao</i>		X		X	X	X					X				5
<i>Pimenta dioica</i>	X	X		X	X	X			X			X	X		5
<i>Erythrina americana</i>				X	X							X			5
<i>Byrsonima crassifolia</i>		X		X	X						X		X		4
<i>Pachira aquatica</i>				X	X	X					X				4
<i>Castilla elastica</i>				X	X				X						3
<i>Ceiba pentandra</i>					X							X			2
<i>Brosimum alicastrum</i>															1
<i>Genipa americana</i>															0
<i>Pseudobombax ellipticum</i>															0
<b>Total number of species that treat the category of illness</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>0</b>

**Table 5.** Index of Knowledge Richness (*IKR*) of the four study communities. The total number of medicinal tree species (MTS) is the sum resulting from the floristic reference list and the free list; *S* = number of species.

Community	Total no. interviews	Total no. MTS	Max. <i>IKR</i>	<i>S</i> <sub>max</sub>	Min. <i>IKR</i>	<i>S</i> <sub>min</sub>	Mean <i>IKR</i>	<i>S</i> <sub>mean</sub>
Oxolotán	28	34	0.62	21	0.06	2	0.33	11
Cerro Blanco	29	28	0.57	16	0.11	3	0.36	10
Tomás Garrido	26	31	0.58	18	0.19	6	0.35	11
La Cumbre	24	30	0.53	16	0.13	4	0.32	10

the local capacities for attending health. However, we also identified tree species that may be used for treating different illnesses (up to eight), which is an indicator of the use value of particularly important species; yet it is also an indicator of vulnerability of the traditional health systems since if populations of these species are affected by disturbance, the local capacities for attending health might be affected. Traditional knowledge associated with the use of a particularly declining species also runs that same risk of disappearing at local or regional scales (Albuquerque *et al.* 2006, Shaheen *et al.* 2017); in our study, an example of this coupling between ecology and knowledge seems to be the case of *Pseudobombax*

*ellipticum*, which is not reported any longer to be extant in the region and therefore no associated uses of it were detected.

The analysis of the cultural significance of species (as an integral representation of the multiplicity of uses of a plant species) is a quantitative ethnobotanical evaluation for understanding the most meaningful resources in a human cultural context (Turner 1988, Stoffle *et al.* 1990, Bennett & Prance 2000, Almeida *et al.* 2005, Albuquerque & Lucena 2005, Silva & Albuquerque 2005, Silva *et al.* 2006, Helida *et al.* 2015), and may be particularly helpful for designing strategies of protection and conservation of biological diversity (Turner 1988, Gupta 2004, Reyes-García *et al.* 2006,

**Table 6.** Index of cultural significance (ICS) and cumulative index of cultural significance (CICS) of medicinal tree species in the four study communities in southern Tabasco, Mexico. Levels of cultural significance are based on Turner (1988): very high  $\geq 100$ ; high = 50-99; moderate = 20-49; low = 5-19; very low = 1-4; unimportant = 0.

Species	ICS/ community				CICS	Cumulative level of cultural significance
	Oxolotán	Cerro Blanco	Tomás Garrido	La Cumbre		
<i>Gliricidia sepium</i>	33	46	36	20	135	very high
<i>Bursera simaruba</i>	13	40	11	25	89	high
<i>Piper auritum</i>	35	31	18	4	87	high
<i>Pimenta dioica</i>	26	7	21	22	75	high
<i>Theobroma cacao</i>	18	20	16	11	65	high
<i>Guazuma ulmifolia</i>	9	15	17	19	60	high
<i>Byrsonima crassifolia</i>	14	19	6	11	50	high
<i>Persea americana</i>	14	7	10	13	45	moderate
<i>Cedrela odorata</i>	17	5	17	3	42	moderate
<i>Pouteria sapota</i>	15	13	9	4	41	moderate
<i>Tabebuia rosea</i>	11	11	9	7	37	moderate
<i>Annona reticulata</i>	12	0	9	8	29	moderate
<i>Cecropia obtusifolia</i>	8	2	6	14	29	moderate
<i>Manilkara zapota</i>	6	3	9	3	20	moderate
<i>Castilla elastica</i>	3	5	6	2	16	low
<i>Erythrina americana</i>	0	0	8	2	10	low
<i>Pachira aquatica</i>	3	2	1	3	9	low
<i>Ceiba pentandra</i>	1	0	2	0	3	very low
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	0	0	0	1	very low
<i>Genipa americana</i>	0	0	0	0	0	unimportant
<i>Pseudobombax ellipticum</i>	0	0	0	0	0	unimportant



**Table 7.** Priority species in the study communities for use in ecological restoration. W = Workshops, VI = Value of importance, range from 1 to 10, where 1 is the species of greatest priority for restoration projects; I = Interviews, Percentage of interviewed who consider the priority species for restoration.

No.	Species	Priority species for restoration in each community								% Species priority. Community workshops
		Oxolotán		Cerro Blanco		Tomás Garrido		La Cumbre		
		W (VI)	I (%)	W (VI)	I (%)	W (VI)	I (%)	W (VI)	I (%)	
1	<i>Annona reticulata</i>	8	82	2	90	3	96	1	83	100
2	<i>Tabebuia rosea</i>	7	68	1	79	8	88	8	79	100
3	<i>Persea americana</i>	9	61	5	69	5	81	10	67	100
4	<i>Brosimum alicastrum</i>	5	82	8	72	2	100	5	71	100
5	<i>Pimenta dioica</i>	6	89	3	97		81	4	83	75
6	<i>Genipa americana</i>	3	68	9	62	9	73		58	75
7	<i>Manilkara zapota</i>	4	100	4	97	4	100		79	75
8	<i>Pouteria sapota</i>		89	6	86	1	96	6	79	75
9	<i>Pachira aquatica</i>		54	7	62		58	2	75	50
10	<i>Byrsonima crassifolia</i>	10	64		31	7	62		33	50
11	<i>Theobroma cacao</i>	2	75		41	6	96		88	50
12	<i>Cedrela odorata</i>	1	89		66		77	3	79	50
13	<i>Ceiba pentandra</i>		54		59	10	65	7	67	50
14	<i>Castilla elastica</i>		64	10	62		50		58	25
15	<i>Guazuma ulmifolia</i>		36		21		38	9	63	25
16	<i>Bursera simaruba</i>		32		17		23		29	0
17	<i>Cecropia obtusifolia</i>		14		3		0		17	0
18	<i>Gliricidia sepium</i>		25		28		27		33	0
19	<i>Erythrina americana</i>		36		38		38		29	0
20	<i>Piper auritum</i>		4		14		15		0	0
21	<i>Pseudobombax ellipticum</i>		7		0		8		0	0

Hoffman & Gallaher 2007). Our study emphasizes ecological restoration, since our efforts are aimed at identifying species of local interest that can be used to recover deforested or degraded forest areas.

A number of studies have been reported where species with high cultural importance may be severely impacted by local exploitation (e.g. Albuquerque & Lucena 2005, Albuquerque 2006). According to Turner (1988), the higher the number of uses of a plant species, the higher the probability of having a higher cultural value for a community. This value may vary for a species in different contexts of knowledge, use, human culture, and environmental conditions (Turner 1988, Pei *et al.* 2009). Although most valuable resources may probably be most affected, these may also be those on which peoples have developed management experiences (Casas *et al.* 1997, 2007, 2016, 2017). It has been documented in different parts of Mexico that plant species highly valued by people but with a restricted distribution and scarce availability, as well as other indicators of vulnerability to extraction (long life cycle, specialized breeding system, low capacity of recovering to disturbance, among other features), are those on which people develop more careful and complex manage-

ment techniques (Arellanes *et al.* 2013, Blancas *et al.* 2010, 2013, Rangel-Landa *et al.* 2017). Managed or not, these species may be in risk to disappear if high use intensity prevails on them; yet if there are management techniques available the restoration programs would be benefited.

In this study, *Persea americana* and *Cecropia obtusifolia* are not the most culturally valued species, yet they are widely used for attending the highest number of illnesses; moderate values of cultural significance of these species are due to the low frequency and exclusiveness of their uses. *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba* and *Piper auritum*, have high and very high cultural importance. This would suggest using these species in actions of ecological restoration. However, the quantitative ethnobotanical analysis does not reflect the real interest that people have in using these species in ecological restoration projects. In the case of *Gliricidia sepium* and *Piper auritum*, because of their growth habit and habitat restricted to highly lighted spots, it would not be expected to contribute to creating a forest cover. In addition, none of these two species are valued as a source of fuelwood or other timber uses. Finally, this appreciation is also explained because some of these species are locally abundant and, as

people say “they grow by themselves”, which makes reference to the fact that these species reproduce and grow easily and their products are also easily obtained. Similar cases are also the species *Cecropia obtusifolia* and *Erythrina americana*.

Particular attention deserves the case of *Brosimum alicastrum*, a species of very low cultural significance but yet considered a priority species for ecological restoration. This latter consideration is based on the recognition of its low availability, which makes necessary to walk long distances to reach its useful products. Similar are the cases of *Manilkara zapota* and *Cedrela odorata*, the latter a species registered in the official Mexican norms for protection NOM 059, due to its scarcity (SEMARNAT 2010) and progressive population depletion (Hernández-Ramos *et al.* 2018). From these cases, a few lessons can be extracted. First, ethnobotanical and cultural value considerations for protection and restoration should not be restricted to a single use criterion but they should consider their broad spectrum of uses and benefits. Second, the local perception of distribution, abundance and vulnerability of the populations should be considered. Third, the local experiences about managing plant species are crucial because they reflect the local worries of people to maintain those plants, and they may also provide particular techniques to planning successful actions.

Species of medicinal trees recorded in this study and with high priority for their use in forest restoration practices are part of the primary vegetation (*Brosimum alicastrum* and *Manilkara zapota*), while *Pouteria sapota*, *Genipa americana* and *Pimenta dioica* are part of both primary and secondary forests. *Castilla elastica*, *Cedrela odorata*, and *Guazuma ulmifolia* are pioneer species in secondary vegetation, as well as *Ceiba pentandra*, *Tabebuia rosea*, *Annona reticulata*, *Persea americana*, *Theobroma cacao* and *Byrsonima crassifolia* (Pennington & Sarukhán 2005, Parker 2008, González-Espinosa & Ramírez-Marcial 2013). Most tree species selected for medicinal use in the study area are part of the secondary vegetation, which is not surprising since as Toledo *et al.* (1995) and other authors have reported, secondary forests are the main providers of medicinal products, nearly twice than primary forests. Stepp (2004) and Voeks (2004) mention that anthropic landscapes are the main source of medicines in tropical forests. In addition, numerous authors (Toledo *et al.* 1992, Voeks 1996, Chazdon & Coe 1999, among others) identify disturbed areas as sites where medicinal plants are particularly abundant.

The study area has been drastically impacted by humans for many centuries. Several important cultures inhabited and managed the regional forests for thousands of years. Yet the most drastic destruction started in the mid-20th century, with governmental programs aimed to transform tropical rain forests into pastures and monocultures over extensive areas (Tudela 1989, Sánchez-Munguía 2005); this process has advanced until the present with strong consequences on losing of biodiversity and traditional cultures (Gómez-Pompa *et al.* 1972, Gómez-Pompa & Kaus 1999, Toledo 1987, Toledo *et al.* 1995, Sheil & Lawrence 2004, Reyes-Tagle 2007, González-Cruz *et al.* 2014).

This study aspires to contribute with some methodological elements and insights for linking local medicinal knowledge, values and experiences with ecological research to design strategies for restoration of tropical rain forests. Both ecological and human cultural roles of species deserve to be considered when planning ecological restoration actions. Structural and functional roles of species are important, as well as their role in satisfying local needs and technical experiences for managing the relevant resources. Ethnobotanical and ecological research are both important for recovering resources, their populations and the ecosystems where they occur (Garibaldi & Turner 2004). Particularly important are long-lived trees, which are valuable resources and help to put in perspective long-term conservation and sustainable use actions, which are particularly important in tropical forests (Janzen 1970, Gómez-Pompa *et al.* 1972, Novotny *et al.* 2006, Wuethrich 2007, Chazdon 2008).

Due to its identification of medicinal tree species with both cultural and ecological importance should TMK become part of a strategy to be considered in tropical forest restoration actions? Our results show that through TMK we can identify culturally important species for their medicinal uses, we also find that the species that are culturally important are not those considered with priority for their management of propagation and reintroduction in the area for forest restoration. The TMK information shows that regardless of the high values of cultural significance of the species, the criterion for selecting them for restoration is not restricted to the importance of their use, but also, and mainly, to their low availability and the perception of difficulties regarding their natural regeneration.

Our results also provide information on the pressure received by some culturally significant and abundant species (*e.g.* *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba*, *Piper auritum*, and *Cecropia obtusifolia*); their wide availability is sustaining increasing use associated to their perceived medicinal value. On the other hand, other species with very low availability have few medicinal uses. We consider that the TMK in particular, as well as TEK when other non-medicinal uses are associated to medicinal trees of the region, are relevant to design local strategies of restoration of tropical forests; it is to be expected that when selecting species of local cultural interest, the long-term ecological restoration actions may be more probably successful due to the involvement of local actors from the early stages of the process.

*The role of gender in traditional medicinal knowledge.* The highest values of IKR in all communities were recorded among adult and elder women, particularly in Oxolotán, where expert traditional physicians are recognized and, although institutional health services are available, local people still consult them. The localities of Tomás Garrido and La Cumbre have also local experts, mainly for attending births and cultural illnesses. We recorded the lowest number of medicinal trees in the Cerro Blanco community, which could be associated with the ages of the women interviewed, 25 adults and 4 elderly women (see Appendix 1). In addition, it could be due to the particular fact that we were not able

to interview any men there that could possibly add to the knowledge of some other species. According to Stagegaard *et al.* (2002) and Luoga *et al.* (2000) knowledge of the medicinal flora may be different between men and women, and these authors argue that women have a deeper knowledge of the medicinal properties of herbaceous plants, while men recognize the medicinal attributes of trees and lianas. However, our results show that adult and elderly women have the greatest wealth of knowledge on medicinal tree species detected in this study, contrary to the reports by Stagegaard *et al.* (2002) and Luoga *et al.* (2000). Our finding is consistent with the pattern reported in other tropical regions (Kainer & Duryea 1992, Coe & Anderson 1996, Gollin 1997, Begossi *et al.* 2000, Voeks & Nyawa 2001, Kothari 2003, Voeks 2007). Age is also positively related to a higher TMK, a finding similarly reported by Case *et al.* (2005), Quinlan & Quinlan (2007), Eyssartier *et al.* (2008), Silalahi *et al.* (2015) and Shaheen *et al.* (2017), among others.

In our study, we observed that women have a relevant role in the preservation of medicinal culture, since they have a high wealth of traditional knowledge about medicinal trees in the region. Adult and elderly women recognize species with medicinal uses as well as their low availability for their use. This knowledge input from women has contributed to the selection of species that can be used in programs to restore the forest cover of the tropical forest of the region.

We report an average IKR value of less than half the total number of medicinal trees registered in this study. The wealth of knowledge about the medicinal uses of native tree species can be considered a reference to the current status of the TMK and may also indicate that the current status of the TMK is possibly eroding in the Maya and Zoque communities of the region. This could have negative implications at the local and regional scales (Albuquerque *et al.* 2006, Shaheen *et al.* 2017). This study suggests that the maintenance of TMK in the local communities can be attained by selecting tree species of medicinal interest for forest restoration programs.

We conclude that TMK provides useful criteria for the identification of the cultural significance of the tree species included in this study; it also reflects the interest that local people have in the management of the species, in particular those considered to be high priority for restoration actions of the tropical forest. This traditional knowledge provides information on the uses, cultural values and local experiences of species management, which may be considered useful in a comprehensive analysis of possible restoration actions in tropical forests.

#### Acknowledgements

We would like to thank the Posgrado en Ciencias Biológicas at the UNAM and the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) for supporting doctoral studies of the first author. Financial support was provided by projects IN206217 (UNAM) and CB-2013-01-221800 (CONACYT), as well as fiscal funds available through ECOSUR and a grant from the Rufford Foundation. We thank the Colectivo

Almandros 'Por un Mundo Mejor' (CAMUM), Henry E. Castañeda-Ocaña, and Jorge Alberto Cruz Hernández for help in the field, and Lupita Carrillo and Manuel Cach for useful discussions on methodological issues.

#### Literature cited

- Akerele O. 1993. Nature's medicinal bounty; don't throw it away. *World health forum* **14**: 390-395.
- Albuquerque UP, Lucena RFP. 2005. Can apparency affect the use of plants by local people in tropical forests? *Interciencia* **30**: 506-511.
- Albuquerque UP. 2006. Re-examining hypotheses concerning the use and knowledge of medicinal plants: a study in the Caatinga vegetation of NE Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **2**: 30.  
DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-2-30>
- Albuquerque UP, Lucena RF, Monteiro JM, Florentino AT, Almeida CFC. 2006. Evaluating two quantitative ethnobotanical techniques. *Ethnobotany Research and Applications* **4**: 51-60.
- Albuquerque UP, Alves-Ramos M, Farias-Pavia-Lucena R, Leal-Alencar N. 2014. Methods and techniques used to collect ethnobiological data. In: Albuquerque UP, Cruz LVF, Lucena RFP, Alves RRN, eds. *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*, Springer.
- Alencar NL, Santoro FR, Albuquerque UP. 2014. What is the role of exotic medicinal plants in local medical systems? A study from the perspective of utilitarian redundancy. *Revista Brasileira de Farmacognosia* **24**: 506-515.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2014.09.003>
- Almeida CFCBR, Lima-Silva TC, Amorim ELC, Maia MBS, Albuquerque UP. 2005. Life strategy and chemical composition as predictors of the selection of medicinal plants from the Caatinga (Northeast Brazil). *Journal of Arid Environments* **62**: 127-142.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.09.020>
- Aninam C. 1995. Ecology and ethnomedicine: Exploring links between current environmental crisis and indigenous medical practices. *Social Science and Medicine* **40**: 321-329. DOI: [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(94\)E0098-D](https://doi.org/10.1016/0277-9536(94)E0098-D)
- Arellanes Y, Casas A, Arellanes A, Vega E, Blancas J, Vallejo M, Torres I, Rangel-Landa S, Moreno AI, Solis L, Pérez-Negrón E. 2013. Influence of traditional markets on plant management in the Tehuacán Valley. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine* **9**: 38.  
DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-38>
- Begossi A, Hanazaki N, Peroni N. 2000. Knowledge and use of biodiversity in Brazilian hot spots. *Environment, Development and Sustainability* **2**: 177-193.  
DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1011409923520>
- Bennett BC, Prance GT. 2000. Introduced Plants in the Indigenous Pharmacopeia of Northern South America. *Economic Botany* **54**: 90-102.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02866603>
- Bensusán N. 2011. *Retos de la gestión sustentable de los servicios de agua y saneamiento en comunidades rurales*. Caso de estudio de Tacotalpa, Tabasco. Naciones Unidas. CEPAL. México.

- Benz B, Cevallos JE, Santana FM, Rosales JA, Graf MS. 2000. Losing knowledge about plant use in the Sierra de Manantlan Biosphere Reserve, Mexico. *Economic Botany* **54**: 183-191. DOI <https://doi.org/10.1007/BF02907821>
- Berkes F. 1993. Traditional ecological knowledge in perspective. In: Inglis JT, Ed. *Traditional Ecological Knowledge: Concepts and Cases*, 1-9. Canadian Museum of Nature/International Development Research Centre, Ottawa. e-ISBN: 1552502570
- Berkes F, Turner N. 2005. Conocimiento, aprendizaje y la flexibilidad de los sistemas socioecológicos. *Gaceta Ecológica* **77**: 5-17.
- Bernard RH. 1995. *Research methods in Anthropology: Qualitative and quantitative approaches*. Second Edition. New York: Altamira Press. ISBN 0-8039-5244-9.—ISBN 0-8039-5245-7 (pbk.)
- Blancas J, Casas A, Rangel-Landa S, Moreno-Calles A, Torres I, Pérez-Negrón E, Solís L, Delgado-Lemus A, Parra F, Arellanes Y, Caballero J, Cortés L, Lira R, Dávila P. 2010. Plant management in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Economic Botany* **64**: 287-302. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-010-9133-0>
- Blancas J, Casas A, Pérez-Salicrup D, Caballero J, Vega E. 2013. Ecological and socio-cultural factors influencing plant management in Náhuatl communities of the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **9**: 39. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-39>
- Brito CC, Silva TC, Albuquerque UP, Ramos MA, Ferreira Júnior WS, Barros FN, Costa Neto EM, Medeiros PM. 2017. The use of different indicators for interpreting the local knowledge loss on medical plants. *Revista Brasileira de Farmacognosia* **27**: 245-250. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.09.006>
- Cabrera PAJ, Juárez MH, Sánchez GE, Castelán GM, Almazán MBT. 2015. Los saberes en medicina tradicional y su contribución al desarrollo rural: estudio de caso Región Totonaaca, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* **6**: 1791-1805.
- Casas A, Pickersgill B, Caballero J, Valiente-Banuet A. 1997. Ethnobotany and domestication in xoconochtili, *Stenocereus stellatus* (Cactaceae), in the Tehuacán Valley and la Mixteca Baja, México. *Economic Botany* **51**: 279-292. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02862097>
- Casas A, Otero-Arnaiz A, Pérez-Negrón E, Valiente-Banuet A. 2007. In situ management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany* **100**: 1101-1115. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcm126>
- Casas A, Camou A, Otero-Arnaiz A, Rangel-Landa S, Cruse-Sanders J, Solís L, Torres I, Delgado A, Moreno-Calles AI, Vallejo M, Guillén S, Blancas J, Parra F, Farfán-Heredia B, Aguirre-Dugua X, Arellanes Y, Pérez-Negrón E. 2014. Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: el Valle de Tehuacán. *Investigación Ambiental Ciencia y Política Pública* **6**: 23-44
- Casas A, Lira R, Torres I, Delgado A, Moreno-Calles AI, Rangel-Landa S, Blancas J, Larios C, Solís L, Pérez-Negrón E, Vallejo M, Parra F, Farfán-Heredia B, Arellanes Y, Campos N. 2016. Ethnobotany for sustainable ecosystem management: a regional perspective in the Tehuacán Valley. In: Lira R, Casas A, Blancas J, eds. *Ethnobotany of Mexico*, 179-206. Springer, New York, NY. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7_8)
- Casas A, Torres I, Delgado-Lemus A, Rangel-Landa S, Ilsley C, Torres-Guevara J, Cruz A, Parra F, Moreno-Calles AI, Camou A, Castillo A, Ayala-Orozco B, Blancas JJ, Vallejo M, Solís L, Bullen A, Ortiz T, Farfán B. 2017. Ciencia para la sustentabilidad: investigación, educación y procesos participativos. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **88**: 113-128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.003>
- Case RJ, Pauli GF, Soejarto DD. 2005. Factors in maintaining indigenous knowledge among ethnic communities of Manus Island. *Economic Botany* **59**: 356-365. DOI: [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2005\)059\[0356:FIMIKA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2005)059[0356:FIMIKA]2.0.CO;2)
- Castellanos-Camacho LI. 2011. Conocimiento etnobotánico, patrones de uso y manejo de plantas útiles en la cuenca del río Cane-Iguaque (Boyacá-Colombia); una aproximación desde los Sistemas de Uso de la Biodiversidad. *Ambiente and Sociedad* **14**: 45-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2011000100004>
- Challenger A. 1998. *Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México: pasado, presente y futuro*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. ISBN: 9709000020
- Challenger A, Soberón J. 2008. Los ecosistemas terrestres. In: Sarukhán J, coord. *Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento Actual de la Biodiversidad*, 87-108. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. ISBN: 978-607-7607-03-8
- Charnley S, Fischer AP, Jones ET. 2008. *Traditional and local ecological knowledge about forest biodiversity in the Pacific Northwest*. General Technical Report PNW-GTR-751, US. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Chazdon RL. 2008. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science* **320**: 1458-1460. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1155365>
- Chazdon R, Coe FG. 1999. Ethnobotany of woody species in second-growth, old-growth and selectively logged forests of Northeastern Costa Rica. *Conservation Biology* **13**: 1312-1322. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.98352.x>
- Chekole G. 2017. Ethnobotanical study of medicinal plants used against human ailments in Gubalafto District, Northern Ethiopia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **13**: 55. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-017-0182-7>
- Coe FG, Anderson GI. 1996. Ethnobotany of the Garifuna of Eastern Nicaragua. *Economic Botany* **50**: 71-107. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02862114>
- Cox PA. 2000. Will tribal knowledge survive the millennium? *Science* **287**: 44-45. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.287.5450.44>
- DeFries RS, Ellis EG, Chapin III FS, Matson PA, Turner II BL, Agrawal A, Crutzen PJ, Field C, Gleick P, Kareiva PM, Lambin E, Liverman D, Ostrom E, Sanchez PA, Syvitski J. 2012. Planetary opportunities: A social contract for global change science to contribute to a sustainable future. *BioScience* **62**:

- 603-606. DOI: <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.6.11>
- Eyssartier C, Ladio AII, Lozada M. 2008. Cultural transmission of traditional knowledge in two population of Northwestern Patagonia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **4**: 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-4-25>
- Fabricant DS, Farnsworth NR. 2001. The value of plants used in traditional medicine for drug discovery. *Environmental Health Perspectives* **109**: 69-75. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.01109s169>
- Fagetti A. 2011. Fundamentos de la medicina tradicional mexicana. In: Argueta A, Corona ME, Hersch P, eds. *Saberes Colectivos y Diálogo de Saberes en México*, 137-151. Universidad Nacional Autónoma de México, México. ISBN: 978-607-02-2367-9
- Foster GM. 1953. Relationships between Spanish and Spanish-American folk medicine. *The Journal of American Folklore* **66**: 201-217. DOI: <https://doi.org/10.2307/537230>
- García-Barrios L, González-Espinosa M. 2017. Investigación ecológica participativa como apoyo de procesos de manejo y restauración forestal, agroforestal y silvopastoril en territorios campesinos. Experiencias recientes y retos en la sierra Madre de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **88**: 129-140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.10.022>
- Garibaldi A, Turner N. 2004. Cultural Keystone species: Implications for conservation and restoration. *Ecology and Society* **9**: 1.
- Gollin LX. 1997. Taban Kenyah: a preliminary look at the healing plants and paradigms of the Kenyah Dayak people of Kayan Mentarang. In: Sorensen K, Morris B, eds. *People and Plants of Kayan Mentarang*, 135-148. Jakarta WWF, Indonesia. ISBN-10: 2880852153 ISBN-13: 978-2880852153
- Gómez-Álvarez R. 2012. Plantas Medicinales en una aldea del Estado de Tabasco, México. *Revista Fitotecnica Mexicana* **35**: 43-49.
- Gómez-Pompa A, Vazquez-Yanes C, Guevara S. 1972. The tropical rain forest: a nonrenewable resource. *Science* **177**: 762-765. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.177.4051.762>
- Gómez-Pompa A, Kaus A. 1999. From pre-Hispanic to future conservation alternatives: lessons from Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **96**: 5982-5986. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.96.11.5982>
- González-Cruz G, García-Frapolli E, Fernández AC, Rada JMD. 2014. Conocimiento tradicional maya sobre la dinámica sucesional de la selva. Un caso de estudio en la Península de Yucatán. *Etnobiología* **12**: 60-67.
- González-Espinosa M, Ramírez-Marcial N, Camacho-Cruz A, Rey-Benayas JM. 2008. Restauración de bosques en montañas tropicales de territorios indígenas de Chiapas, México. In: González-Espinosa M, Rey-Benayas JM, Ramírez-Marcial N, eds. *Restauración de Bosques en América Latina*, 137-162. Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (FIRE)/Editorial Mundi-Prensa México. México. ISBN: 9789687462493
- González-Espinosa M, Ramírez-Marcial N. 2013. Comunidades vegetales terrestres. In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Gobierno del Estado de Chiapas. *La Biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*, 21-42. México. ISBN Vol II: 978-607-8328-00-0
- Grande-Cano JD, Losada H, Cortés J, Rivera JG, Maldonado NM, Pérez-Gil F. 2009. Los árboles dispersos en potreros de la región de la Sierra de Tabasco, México. *Revista Brasileira de Agroecología* **4**. <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/90920>> (accessed april 23, 2019).
- Gupta AK. 2004. WIPO-UNEP Study on the Role of Intellectual Property Rights in the Sharing of Benefits Arising from the Use of Biological Resources and Associated Traditional Knowledge. World Intellectual Property Organization (WIPO)/United Nations Environment Programme (UNEP), India.
- Hamilton AC. 2004. Medicinal plants, conservation and livelihoods. *Biodiversity and Conservation* **13**: 1477-1517. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000021333.23413.42>
- Helida A, Zuhud EAM, Hardjanto H, Purwanto Y, Hikmat A. 2015. Index of cultural significance as a potential tool for conservation of plant diversity by communities in The Kerinci Seblat National Park. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* **21**: 192-201. DOI: <http://dx.doi.org/10.7226/jtfm.21.3.192>
- Hernández-Ramos J, Reynoso-Santos R, Hernández-Ramos A, García-Cuevas X, Hernández-Máximo E, Cob-Uicab JV, Sumano-López D. 2018. Distribución histórica, actual y futura de *Cedrela odorata* en México. *Acta Botanica Mexicana* **124**: 117-134. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1305>
- Hoffman B, Gallaher T. 2007. Importance indices in ethnobotany. *Ethnobotany Journal* **5**: 201-218.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2005. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tacotalpa, Tabasco*. Clave geoestadística 27015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI. 2010. *Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI. 2015. *Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2015*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Janzen DH. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist* **104**: 501-528. DOI: <https://doi.org/10.1086/282687>
- Kainer KA, Duryea M. 1992. Tapping women's knowledge: Plant resource use in extractive reserves, Acre Brazil. *Economic Botany* **46**: 408-425. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02866513>
- Koleff P, Urquiza-Haas T, Contreras B. 2012. Prioridades de conservación de los bosques tropicales en México: reflexiones sobre su estado de conservación y manejo. *Ecosistemas* **21**: 6-20.
- Kothari B. 2003. The invisible queen in the plant kingdom: Gender perspectives in medical ethnobotany. In: Howard PL, ed. *Women and Plants: Gender Relations in Biodiversity Management and Conservation*, 150-164. London and New York: Zed Books Ltd. ISBN: 9781842771570
- Levy-Tacher S, Ramírez-Marcial N, González-Espinosa M, Román-Dañobeytia F. 2012. Rehabilitación ecológica de áreas agropecuarias degradadas en la Selva Lacandona: una alternativa fincada en el conocimiento ecológico tradicional

- maya. In: Bello E, Naranjo EJ, Vandame R, eds. *La Otra Innovación para el Ambiente y la Sociedad en la Frontera Sur de México*, 248-258. El Colegio de la Frontera Sur, Chiapas, México. ISBN: 978-607-7637-45-5
- Linares E, Bye R. 1987. A study of four medicinal plant complexes of Mexico and adjacent United States. *Journal of Ethnopharmacology* **19**: 153-183. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(87\)90039-0](https://doi.org/10.1016/0378-8741(87)90039-0)
- Lindig-Cisneros R. 2017. *Ecología de la restauración y restauración ambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 9786070294495
- López-Hernández E. 1994. *La Vegetación y la Flora de la Sierra de Tabasco (Municipios de Tacotalpa y Teapa), México*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.
- Lulekal E, Kelbessa E, Bekele T, Yineger H. 2008. An ethnobotanical study of medicinal plants in Mana Angetu District, southeastern Ethiopia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **4**: 10. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-4-10>
- Luoga E, Witkowski E, Balkwill K. 2000. Differential utilization and ethnobotany of trees in Kitulughalo Forest Reserve and surrounding communal lands, Eastern Tanzania. *Economic Botany* **54**: 328-343. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02864785>
- Luziatelli G, Sörensen M, Theilade I, Mølgaard P. 2010. Asháninka medicinal plants: a case study from the native community of Bajo Quimiriki, Junín, Perú. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **6**: 1-21. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-6-21>
- Mace R, Pagel M. 1995. A latitudinal gradient in the density of human languages in North America. *Proceedings of the Royal Society: Biological Sciences* **261**: 117-121. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.1995.0125>
- Maffi L. 2005. Linguistic, cultural, and biological diversity. *Annual Review of Anthropology* **34**: 599-617. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.34.081804.120437>
- Magaña-Alejandro MA. 2006. *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas de Tabasco*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. ISBN: 9685748950
- Magaña-Alejandro MA, Gama Campillo LM, Mariaca-Méndez R. 2010. El uso de las plantas medicinales en las comunidades Maya-Chontales de Nacajuca, Tabasco, México. *Polibotánica* **29**: 213-262.
- Maldonado-Mares F. 2005. *Flora medicinal del Estado de Tabasco, uso, manejo y conservación*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.
- Masera O, Ordóñez MJ, Dirzo R. 1992. Emisiones de carbono a partir de la deforestación en México. *Ciencia* **43**: 151-153.
- Medellín-Morales S, Barrientos-Lozano L, Mora-Olivo A, Almaguer-Sierra P, Mora-Ravelo GS. 2017. Diversidad de conocimiento etnobotánico tradicional en la reserva de la biosfera "El Cielo", Tamaulipas, México. *Ecología Aplicada* **16**: 49-61. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i1.904>
- Miranda F, Hernández-X E. 2014. *Los Tipos de Vegetación de México y su clasificación*. Edición conmemorativa 1963-2013. Colec. Ediciones Científicas Universitarias. FCE, CONABIO. México. ISBN: 9786071618634; 9786078328086
- Moore JL, Manne L, Brooks T, Burgess ND, Davies R, Rahbek C, Williams P, Balmford A. 2002. The distribution of cultural and biological diversity in Africa. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **269**: 1645-1653. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2075>
- Myers N, Mittermeier R, Mittermeier GC, Dafonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**: 853-858. DOI: <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Novotny V, Drozd P, Miller SE, Kulfan M, Janda M, Basset Y, Weiblen GD. 2006. Why are there so many species of herbivorous insects in tropical rainforests? *Science* **313**: 1115-1118. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1129237>
- Ortiz-Pérez MA, Siebe C, Cram S. 2005. Diferenciación geográfica de Tabasco. In: Bueno-Soria J, Álvarez-Noguera F, Santiago S, eds. *Biodiversidad del Estado de Tabasco*, 305-322. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México. ISBN: 970-9000-26-8
- Parker T. 2008. *Trees of Guatemala*. The Tree Press, Austin, Texas. ISBN-10: 0971873909 ISBN-13: 978-0971873902
- Pei S, Zhang G, Huai H. 2009. Application of traditional knowledge in forest management: ethnobotanical indicators of sustainable forest use. *Forest Ecology and Management* **257**: 2017-2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.01.003>
- Pennington T, Sarukhán J. 2005. *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF: Fondo de Cultura Económica. ISBN: 9789681678555
- Phillips O, Gentry AH. 1993. The useful plants of Tambopata, Peru: II. Additional hypothesis testing in quantitative ethnobotany. *Economic Botany* **47**: 15-32. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02862204>
- Pochettino ML, Lema VS. 2008. La variable tiempo en la caracterización del conocimiento botánico Tradicional. *Darwiniana* **46**: 227-239. DOI: <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2014.462.285>
- Quinlan MB, Quinlan RJ. 2007. Modernization and medicinal plant knowledge in a Caribbean horticultural village. *Medical Anthropology Quarterly* **21**: 169-192. DOI: <https://doi.org/10.1525/maq.2007.21.2.169>
- Ramírez-Marcial N, González-Espinosa M, Musálem-Castillos K, Noguera-Savelli E, Gómez-Pineda E. 2014. Estrategias para una construcción social de la restauración forestal en comunidades de la cuenca media y alta del Río Grijalva. In: González-Espinosa M, Brunel-Manse C, coords. *Montañas, Pueblos y Agua. Dimensiones y Realidades de la Cuenca Grijalva*, 528-564. El Colegio de la Frontera Sur/Juan Pablos Editor. México. ISBN-10: 6078429019; ISBN-13: 978-6078429011
- Rangel-Landa S, Casas A, García-Frapolli E, Lira R. 2017. Sociocultural and ecological factors influencing management of edible and non-edible plants: the case of Ixcatlán, Mexico. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine* **13**: 59. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-017-0185-4>
- Reyes-García V, Vadez V, Huanca T, Leonard W, Wilkie D. 2005. Knowledge and consumption of wild plants: a comparative study in two Tsimane' villages in the Bolivian Amazon. *Ethnobotany Research and Applications* **3**: 201-207.



- Reyes-García V, Huanca T, Vadez V, Leonard W, Wilkie D. 2006. Cultural, practical and economic value of wild plants: A quantitative study in the Bolivian Amazon. *Economic Botany* **60**: 62-74.  
DOI: [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2006\)60\[62:CPAE VO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2006)60[62:CPAE VO]2.0.CO;2)
- Reyes-García V, Guéze M, Luz AC, Paneque-Gálvez J, Macía MJ, Orta-Martínez M, Pino J, Rubio-Campillo X. 2013. Evidence of traditional knowledge loss among a contemporary indigenous society. *Evolution and Human Behavior: official journal of the Human Behavior and Evolution Society* **34**: 249-257.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2013.03.002>
- Reyes-Tagle Y. 2007. La protección del conocimiento tradicional a través de las bases de datos y registros en la Convención sobre Diversidad Biológica y la Convención de Lucha Contra la Desertificación. *Agenda Internacional* **14**: 25-39.
- Ryan CJ. 1992. *Life Support: Conserving biological diversity*. Worldwatch Paper 108. Washington, DC: Worldwatch Institute. ISBN-10: 1878071092; 978-1878071095
- Rzedowski J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. In: Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J, eds. *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*, 129-145. Instituto de Biología, UNAM. ISBN: 9683665888
- Rzedowski J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Salazar-Conde EC, Zavala-Cruz J, Castillo-Acosta O, Cámara-Artigas R. 2004. Evaluation spatial and temporal of the vegetation Sierra Madrigal, State of Tabasco, México (1973-2003). *Investigaciones Geográficas* **54**: 7-23.
- Sánchez-Munguía A. 2005. *Uso del suelo agropecuario y deforestación en Tabasco 1950-2000*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 2da Sección, 30 de diciembre de 2010.
- Sepúlveda J. 1993. *La salud de los pueblos indígenas en México*. Secretaría de Salud. Instituto Nacional Indigenista. Impresiones y grabados M. Serna. México.
- Shaheen H, Qaseem MF, Amjad MS, Bruschi P. 2017. Exploration of ethno-medicinal knowledge among rural communities of Pearl Valley; Rawalakot, District Poonch Azad Jammu and Kashmir. *Plos One* **12**: 1-32.  
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183956>
- Sheil D, Lawrence A. 2004. Tropical biologists, local people and conservation: new opportunities for collaboration. *Trends in Ecology and Evolution* **19**: 634-638.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.09.019>
- Silalahi M, Supriatna J, Walujo EB, Nisyawati. 2015. Local knowledge of medicinal plants in sub-ethnic Batak Simalungun of North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas* **16**: 44-54.  
DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d160106>
- Silva ACO, Albuquerque UP. 2005. Woody medicinal plants of the Catinga in the state of Pernambuco (Northeast Brazil). *Acta Botanica Brasílica* **19**: 17-26.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062005000100003>
- Silva VA, Andrade LHC, Albuquerque UP. 2006. Revising the cultural significance index: the case of the Fulni-ô in northeastern Brazil. *Field Methods* **18**: 98-108.  
DOI: <https://doi.org/10.1177/1525822X05278025>
- SER [Society for Ecological Restoration]. 2004. Ponencia introductoria de SER International sobre la restauración ecológica. SER y Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- Stagegaard J, Sorensen M, Kvist L. 2002. Estimations of the importance of plant resources extracted by inhabitants of the Peruvian Amazon flood plain forests. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **5**: 103-122. DOI: <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00026>
- Stepp JR. 2004. The role of weeds as sources of pharmaceuticals. *Journal of Ethnopharmacology* **92**: 163-166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.03.002>
- Stoffle RW, Halmo DB, Evans MJ, Olmsted JE. 1990. Calculating the cultural significance of American Indian plants: Paiute and Shoshone ethnobotany at Yucca Mountain, Nevada. *American Anthropologist* **92**: 416-432.  
DOI: <https://doi.org/10.1525/aa.1990.92.2.02a00100>
- Suárez A, Williams-Linera G, Trejo C, Valdez-Hernández JJ, Cetina-Alcalá VM, Vibrans H. 2012. Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of central Veracruz, Mexico. *Agroforestry systems* **85**: 35-55. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9437-9>
- Suding K. 2011. Toward an era of restoration in ecology: successes, failures and opportunities ahead. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* **42**: 465-487. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102710-145115>
- Suding K, Higgs E, Palmer M, Callicott JB, Anderson CB, Baker M, Gutrich JJ, Hondula KL, LaFevor MC, Larson BMH, Randall A, Ruhl JB, Schwartz KZS. 2015. Committing to ecological restoration. *Science* **348**: 638-640.  
DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaa4216>
- Toledo VM. 1987. La etnobotánica en Latinoamérica. Vicisitudes, contextos, desafíos. Memorias del IV Congreso Latinoamericano de Botánica. Simposio de etnobotánica: perspectivas en Latinoamérica. Medellín, Colombia.
- Toledo VM, Batis AI, Becerra R, Esteban M, Ramos CH. 1992. Products from the tropical rain forests of Mexico: an ethnoecological approach. In: Plotkin M, Famolare L, eds. *Sustainable Harvest and Marketing of Rain Forest Products*, 99-109. Island Press, Washington, DC. ISBN-10: 1559631686; 978-1559631686
- Toledo VM, Batis AI, Becerra R, Martínez E, Ramos HC. 1995. La Selva útil: Etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del Trópico húmedo de México. *Interciencia* **20**: 177-187.
- Toscano GJY. 2006. Uso tradicional de plantas medicinales en la vereda San Isidro, Municipio de San José de Pare-Boyacá: Un estudio preliminar usando técnicas cuantitativas. *Acta Biológica Colombiana* **11**: 137-146.
- Tudela F. 1989. *La modernización forzada del trópico: El caso*

- de Tabasco*. Proyecto integrado del Golfo. El Colegio de México. ISBN: 968120419 0
- Turner NJ. 1988. "The importance of a rose": Evaluating the cultural significance of plants in Thompson and Lillooet interior Salish. *American Anthropologist* **90**: 272-290. DOI: <https://doi.org/10.1525/aa.1988.90.2.02a00020>
- Vandebroek I, Balick MJ. 2012. Globalization and loss of plant Knowledge: challenging the paradigm. *Plos One* **7**: e37643. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037643>
- Vázquez-Yanes C, Batis MAI, Aleocer SMI, Gual DM, Sánchez DC. 1999. *Arboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO-Instituto de Ecología, UNAM, México.
- Velázquez-Rosas N, Silva-Rivera E, Ruiz-Guerra B, Armenta-Montero S, Trejo González J. 2018. Traditional Ecological Knowledge as a tool for biocultural landscape restoration in northern Veracruz, Mexico: a case study in El Tajín region. *Ecology and Society* **23**: 6. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-10294-230306>
- Voeks RA. 1996. Tropical forest healers and habitat preference. *Economic Botany* **50**: 381-400. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02866520>
- Voeks RA. 2004. Disturbance pharmacopoeias: Medicine and myth from the humid tropics. *Annals of the Association of American Geographers* **94**: 868-888. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2004.00439.x>
- Voeks RA. 2007. A women reservoirs of traditional plant knowledge? Gender, ethnobotany and globalization in northeast Brazil. *Singapore Journal of Tropical Geography* **28**: 7-20. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9493.2006.00273.x>
- Voeks RA, Nyawa S. 2001. Healing flora of the Brunei Dusun. *Borneo Research Bulletin* **32**: 178-195.
- Voeks RA, Leony A. 2004. Forgetting the forest: assessing medicinal plant erosion in Eastern Brazil. *Economic Botany* **58**: 294-306. DOI: [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)58\[S294:FTFAMP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)58[S294:FTFAMP]2.0.CO;2)
- Weldegerima B. 2009. Review on the importance of documenting ethnopharmacological information on medicinal plants. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* **3**: 400-403.
- WHO [World Health Organization]. 2002. Medicina tradicional: necesidades crecientes y potencial. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. <<http://www.who.int/iris/handle/10665/67296>> (accessed January 16, 2019).
- WHO. 2013. WHO traditional medicine strategy: 2014-2023. World Health Organization. Geneva, Switzerland. <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/92455/1/9789241506090\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/92455/1/9789241506090_eng.pdf)> (accessed January 16, 2019).
- Wuethrich B. 2007. Reconstructing Brazil's Atlantic rainforest. *Science* **315**: 1070-1072. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.315.5815.1070>

---

**Associated editor:** Andrea Martínez Ballesté

**Author Contributions:** JGF conceived, designed and carried out the fieldwork, drafted and finalized the manuscript. MGE conceived and designed the fieldwork; translated parts of the text, drafted, reviewed and final-edited the manuscript. RLC reviewed drafts of the manuscript. AC conceived and designed the fieldwork, translated, drafted and reviewed the manuscript.



Traditional medicinal knowledge and ecological restoration

**Appendix 1**

Index of Knowledge Richness (*IKR*) by age range of women and men in each study community; n= number of interviewees; S= Number of known species; Max.= maximum, Min.= minimum.

Oxolotán										
Women ( <i>IKR</i> )						Men ( <i>IKR</i> )				
Age range	n	Max. <i>IKR</i>	<i>S</i> <sub>Max</sub>	Min. <i>IKR</i>	<i>S</i> <sub>Min</sub>	n	Max. <i>IKR</i>	<i>S</i> <sub>Max</sub>	Min. <i>IKR</i>	<i>S</i> <sub>Min</sub>
20-30	0	–	–	–	–	0	–	–	–	–
31-40	1	0.41	14	–	–	0	–	–	–	–
41-50	5	0.53	18	0.26	9	0	–	–	–	–
51-60	4	0.41	14	0.18	6	3	0.44	15	<b>0.06</b>	2
61-70	7	0.35	12	0.12	4	0	–	–	–	–
71-80	5	<b>0.62</b>	21	0.29	10	0	–	–	–	–
81-90	2	0.59	20	0.38	13	1	0.32	11	–	–
91-100	0	–	–	–	–	0	–	–	–	–
No. interviewees (%)	24 (86%)					4 (14%)				

Cerro Blanco Quinta Sección						
Women ( <i>IKR</i> )						
Age range	n	Max. <i>IKR</i>	<i>S</i> <sub>Max</sub>	Min. <i>IKR</i>	<i>S</i> <sub>Min</sub>	
20-30	1	0.39	11	–	–	
31-40	8	0.50	14	<b>0.11</b>	3	
41-50	8	<b>0.57</b>	16	0.18	5	
51-60	8	0.54	15	0.29	8	
61-70	3	0.39	11	0.21	6	
71-80	1	0.43	12	–	–	
81-90	–	–	–	–	–	
91-100	–	–	–	–	–	
No. interviewees (%)	29 (100%)					

Tomás Garrido Canabal										
Women ( <i>IKR</i> )						Men ( <i>IKR</i> )				
Age range	n	Max. <i>IKR</i>	<i>S</i> <sub>Max</sub>	Min. <i>IKR</i>	<i>S</i> <sub>Min</sub>	n	Max. <i>IKR</i>	<i>S</i> <sub>Max</sub>	Min. <i>IKR</i>	<i>S</i> <sub>Min</sub>
20-30	1	0.23	7	–	–	–	–	–	–	–
31-40	3	0.48	15	0.26	8	1	0.42	13	–	–
41-50	5	0.42	13	0.29	9	–	–	–	–	–
51-60	3	0.55	17	0.23	7	3	0.35	11	<b>0.19</b>	6
61-70	4	<b>0.58</b>	18	0.23	7	2	0.45	14	0.35	11
71-80	–	–	–	–	–	2	0.32	10	0.29	9
81-90	–	–	–	–	–	1	0.26	8	–	–
91-100	1	0.48	15	–	–	–	–	–	–	–
No. interviewees (%)	17 (65%)					9 (35%)				

La Cumbre										
Women ( <i>JKR</i> )						Men ( <i>JKR</i> )				
Age range	n	Max. <i>JKR</i>	<i>S</i> <sub>Max</sub>	Min. <i>JKR</i>	<i>S</i> <sub>Min</sub>	n	Max. <i>JKR</i>	<i>S</i> <sub>Max</sub>	Min. <i>JKR</i>	<i>S</i> <sub>Min</sub>
20-30	1	0.37	11	–	–	–	–	–	–	–
31-40	1	0.20	6	–	–	1	0.33	10	–	–
41-50	2	<b>0.53</b>	16	0.27	8	1	0.27	8	–	–
51-60	3	0.30	9	0.17	5	1	0.43	13	–	–
61-70	5	<b>0.53</b>	16	<b>0.13</b>	4	1	0.27	8	–	–
71-80	3	0.40	12	0.37	11	3	0.30	9	0.23	7
81-90	–	–	–	–	–	1	0.27	8	–	–
91-100	1	0.23	7	–	–	–	–	–	–	–
No. interviewees (%)	16 (67%)					8 (33%)				

### **Capítulo 3**

## **Germinación y supervivencia de nueve especies de árboles nativos del bosque tropical húmedo de la región Sierra, Tabasco, México**

**Germinación y supervivencia de nueve especies de árboles nativos del bosque tropical húmedo de la región Sierra, Tabasco, México**

Juana García-Flores<sup>1,2</sup>, Mario González-Espinosa<sup>1</sup>, Roberto Lindig-Cisneros<sup>2</sup>,  
Alejandro Casas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, Barrio de María Auxiliadora, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, 29290.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Colonia Ex-Hacienda de San José de la Huerta, Morelia, Michoacán, México, 58190.

## Resumen

El conocimiento sobre la germinación de semillas de especies tropicales es esencial para comprender procesos de sucesión ecológica relevantes en proyectos de restauración ecológica. El objetivo de este estudio fue evaluar la germinación y supervivencia en condiciones de vivero comunitario de nueve especies arbóreas nativas del bosque tropical húmedo de Tabasco. El estudio se llevó a cabo en las comunidades de Oxolotán y Tomás Garrido Canabal, en el municipio de Tacotalpa, Tabasco, México. Se recolectaron especímenes de herbario y frutos maduros para la obtención de semillas entre abril y septiembre de 2016. Se aplicaron tratamientos pre-germinativos a las semillas de tres especies para romper su latencia. Se registró el número de semillas germinadas cada cinco días durante 100 días; se obtuvo de cada especie la germinación acumulada en el tiempo (*GAT*), el tiempo máximo de germinación (*TMG*) y se analizó la supervivencia con el método de Kaplan-Meier. *Cedrela odorata* presentó la mayor *GAT* (95%), mientras que *Annona reticulata* tuvo la menor (6.4%). *Brosimum alicastrum*, *C. odorata*, *Ceiba pentandra*, *Guazuma ulmifolia* y *Tabebuia rosea* alcanzaron su máxima *GAT* en un *TMG* entre los 15 y 35 días. La supervivencia de las especies en condiciones de vivero fue diferente entre las especies y fue mayor a 95% para *B. alicastrum*, *Castilla elastica*, *C. odorata*, *Pimenta dioica* y *Pouteria sapota*.

*Palabras clave:* Annona, Brosimum, Cedrela, Ceiba, Guazuma, Pimenta, Pouteria, restauración ecológica, Tabebuia, viveros comunitarios.

## Introducción

El conocimiento de la biología de las especies vegetales, en particular de sus patrones de propagación a través de la germinación de semillas, permite comprender procesos básicos de la regeneración natural de las poblaciones y la sucesión ecológica en las comunidades vegetales (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1993). La germinación es un proceso fisiológico fundamental para la propagación sexual y la supervivencia de las especies vegetales que comienza con la imbibición de la semilla y culmina al emerger la radícula (Bewley y Black 1994, Bewley 1997, Vozzo 2010).

Las semillas, como reservorios del material genético, son estructuras que representan las formas más importantes del germoplasma vegetal (Hartmann y Kester 2001, Vozzo 2010, Ibarra-Manríquez *et al.* 2015). Por su forma de germinación, se reconocen tres tipos de semillas: las recalcitrantes, de corta viabilidad, las ortodoxas de larga viabilidad y las intermedias (Roberts 1973, Ellis *et al.* 1990, Arriaga *et al.* 1994, Vozzo 2010). Las semillas de numerosas especies tropicales son recalcitrantes y no presentan latencia; por su rápida germinación pueden escapar de la depredación y son propias de especies de etapas avanzadas de la sucesión (Wolf y Kamondo 1993, Norden *et al.* 2009, Vozzo 2010). Sin embargo, la germinación de algunas especies de árboles tropicales puede retrasarse, debido a una latencia determinada por las características de la testa de la semilla; en términos prácticos, es necesaria la escarificación de algún tipo para inducir la germinación de estas especies (Msanga 1998, Schmidt 2007).

Inducir la germinación de semillas para la propagación de especies y su establecimiento en comunidades degradadas, son acciones clave en los proyectos de restauración ecológica que promueven la recuperación de la cobertura forestal y de la composición florística (Arriaga *et al.* 1994). La restauración ecológica (RE) en los bosques tropicales es un proceso que pretende acelerar la regeneración forestal en las comunidades secundarias (acahuales) para mejorar la composición, la estructura y las funciones del ecosistema (Osborne 2012, Lindig-Cisneros 2017). La RE se practica con varios enfoques que siguen y persiguen diferentes estrategias y objetivos; es considerada como el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema degradado, dañado o destruido, a través de lo cual se pueden recuperar servicios ecosistémicos (SER 2004, Douterlungne y Ferguson 2012, Lindig-Cisneros 2017).

La RE del bosque tropical húmedo en México es particularmente necesaria, pues es un ecosistema fuertemente impactado (Koleff *et al.* 2012, Bonfil *et al.* 2017), al igual que en otros países del mundo (Chazdon 2014, Lewis *et al.* 2015, Bastin *et al.* 2019). La reproducción de especies de árboles del bosque tropical húmedo a través de la germinación en viveros comunitarios de semillas de especies arbóreas que puedan tener una alta supervivencia en su fase de establecimiento, puede proponerse como medida para obtener las plantas necesarias en acciones de restauración de comunidades degradadas (Arriaga *et al.* 1994, Douterlungne y Ferguson 2012, Ramírez-Marcial *et al.* 2012).

El presente estudio evalúa la germinación y supervivencia de nueve especies de árboles nativos del bosque tropical húmedo en condiciones de vivero comunitario, con el fin de contribuir al conocimiento ecológico requerido para su uso en la RE de acahuales

degradados en su composición florística en el sur de Tabasco. La germinación se realizó para obtener plantas que se pudieran reintroducir en comunidades arboladas secundarias (acahuales jóvenes) y recuperar la cobertura del dosel con una composición florística afín a la del bosque tropical.

## **Métodos**

*Área de estudio.* El estudio se realizó en las comunidades de Oxolotán y Tomás Garrido Canabal, ambas en el municipio de Tacotalpa, en la región Sierra del estado de Tabasco, México. Oxolotán tiene 1,886 habitantes y Tomás Garrido Canabal 389, de los cuales 10.4% y 8.5%, respectivamente, son hablantes de lenguas indígenas, principalmente ch'ol, zoque y tzotzil.

El municipio de Tacotalpa se ubica al sureste del estado (Fig.1). Pertenece a la Unidad Ecogeográfica Laderas Septentrionales de la Sierra Norte de Chiapas (Pérez-Ortíz *et al.* 2005). El clima es cálido húmedo con lluvias todo el año (Af[m]) (García 2004), con una amplitud de precipitación anual de 1,500-4,500 mm. La temperatura media anual es de 25° C, la máxima media mensual es de 29° C en mayo y la mínima es de 22° C en diciembre y enero (INEGI 2015). La litología superficial se caracteriza por rocas sedimentarias del Terciario (lutitas-areniscas, calizas y conglomerados); los suelos dominantes incluyen los luvisoles en pendientes suaves y los gleysoles en las áreas más bajas, cuya textura generalmente es arcillosa con drenaje deficiente (INEGI 2005, Palma-López *et al.* 2007). El municipio de Tacotalpa pertenece a la cuenca del río Grijalva. Los principales afluentes son los ríos Puxcatán y de La Sierra (el cual conjunta a los ríos Almandros, Amatán, Teapa y Tacotalpa) (Plascencia-Vargas *et al.* 2014). Los relictos de



vegetación corresponden a asociaciones de bosque tropical húmedo (Rzedowski 1978) o selva mediana subperennifolia y selva alta perennifolia (*sensu* Miranda y Hernández-X. 1963), en su mayor proporción con altos grados de disturbio humano por cambio de uso de suelo a monocultivos y ganadería (Ramírez-Marcial *et al.* 2014).

El trabajo fue realizado con el acompañamiento y apoyo del Colectivo Almandros por un Mundo Mejor (CAMUM). El colectivo está conformado por 15 personas de las comunidades de Oxolotán, Cerro Blanco Quinta Sección, Tomás Garrido Canabal, La Cumbre y La Pila, cuya visión de futuro implica restaurar y conservar sus bienes naturales. Se integró en 2014 durante el desarrollo del proyecto FORDECyT Cuenca Grijalva coordinado por El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) con apoyo del CONACYT y del Gobierno de Tabasco.

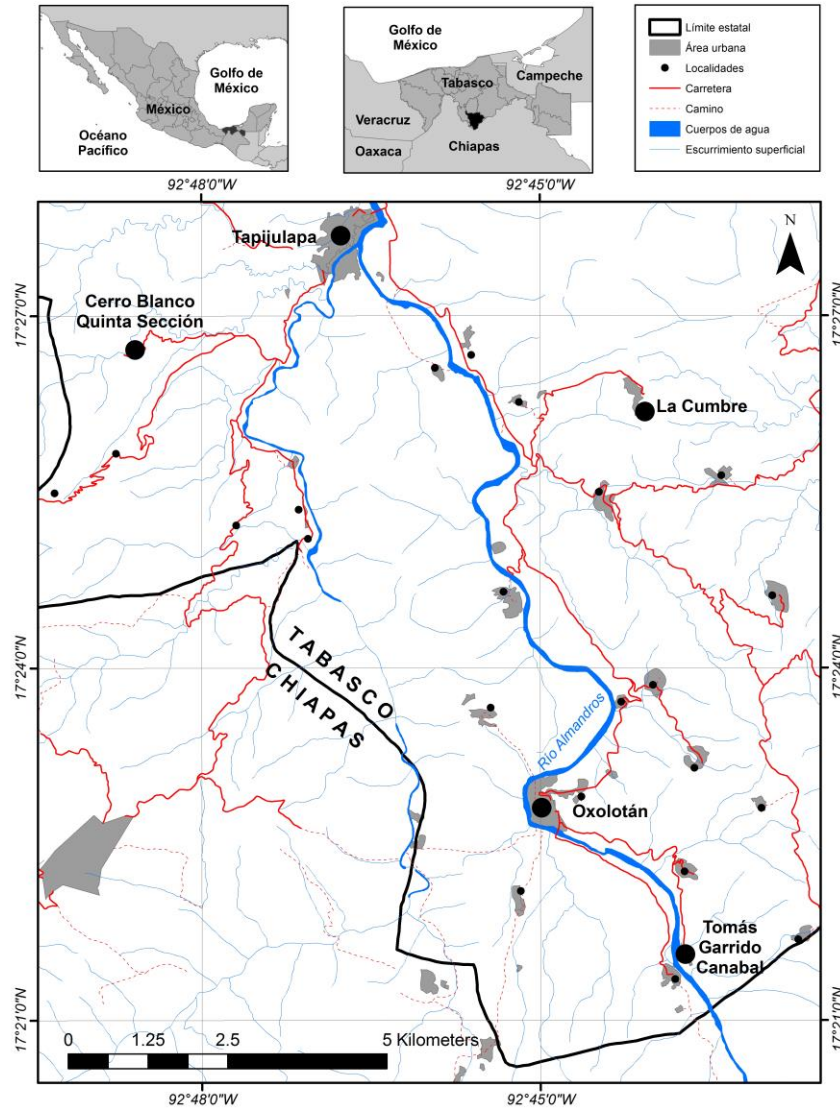


Fig. 1. Ubicación de las comunidades de Oxolotán y Tomás Garrido Canabal, donde se establecieron los ensayos de germinación y el mantenimiento de especies en vivero comunitario.

*Selección de especies.* La selección se basó en la evaluación de la importancia de uso medicinal en la región, así como en la percepción local de la importancia ecológica para su establecimiento y el enriquecimiento florístico de acahuales como acciones de restauración (García-Flores *et al.* 2019) (Cuadro 1). Las especies evaluadas fueron: *Annona reticulata* L. (Annonaceae), *Brosimum alicastrum* Sw. (Moraceae), *Castilla*

*elastica* Sessé. (Moraceae), *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn (Malvaceae), *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae), *Pimenta dioica* (L.) Merr. (Myrtaceae), *Pouteria sapota* (Jacq.) H. Moore & Stearn. (Sapotaceae) y *Tabebuia rosea* DC. (Bignoniaceae). En adelante se mencionará sin ambigüedad posible cada especie solamente por su género, dado que se incluye una única especie en cada caso.

Cuadro 1. Importancia cultural (usos medicinales, exclusividad y frecuencia de uso) y valor ecológico (importancia del recurso con base en la disponibilidad o escasez) local de las especies estudiadas, tomado y modificado de García-Flores *et al.* (2019). El valor ecológico va de 1 a 10; las especies con los valores asignados son prioritarias localmente para su uso en proyectos de restauración.

Especies	Importancia cultural	Valor ecológico (rango)
<i>Annona reticulata</i>	moderada	1 – 8
<i>Brosimum alicastrum</i>	muy baja	2 – 8
<i>Castilla elastica</i>	Baja	10
<i>Cedrela odorata</i>	moderada	1 – 3
<i>Ceiba pentandra</i>	muy baja	7 – 10
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Alta	9
<i>Pimenta dioica</i>	Alta	3 – 6
<i>Pouteria sapota</i>	moderada	1 – 6
<i>Tabebuia rosea</i>	moderada	1 – 8

*Establecimiento de viveros.* Se estableció un vivero rústico en la comunidad de Oxolotán en abril de 2016, donde se llevó a cabo la germinación y cuidado de las plántulas. También se construyó en la comunidad de Tomás Garrido Canabal en noviembre de 2016 un vivero-casa con malla-sombra, para el cuidado y mantenimiento de las plantas juveniles antes de su trasplante a condiciones de campo. Se realizaron talleres de capacitación al CAMUM durante febrero y mayo de 2016. Los talleres incluyeron temas sobre: recolección de frutos, semillas y especímenes para herbario; propagación de

especies y rompimiento de latencia; cuidado y mantenimiento de plantas en vivero y plantación de especies arbóreas nativas. Los talleres tuvieron la finalidad de fomentar la continúa participación y apropiación del estudio por los integrantes del CAMUM, con el fortalecimiento de las relaciones con la comunidad y entre quienes las conforman, durante el proceso de germinación de las semillas de las especies seleccionadas.

*Recolección de semillas.* Se recolectaron frutos maduros de 4-8 árboles progenitores, para la obtención de las semillas, de acuerdo a Douterlungne y Ferguson (2012). Para el caso de *Ceiba* se obtuvieron las semillas de los frutos caídos al suelo. La obtención de semillas viables de *Annona* fue difícil debido a que al sacarlas del fruto maduro se encontró que algunas presentaban orificios hechos por insectos; se seleccionaron las que no presentaban daño. La recolección se llevó a cabo entre abril y septiembre de 2016 en las comunidades de Tomás Garrido Canabal, Cerro Blanco Quinta Sección, La Cumbre y Oxolotán, con el acompañamiento de personas de las localidades y pertenecientes al CAMUM. También se recolectaron especímenes botánicos para su posterior confirmación taxonómica e incorporación en juegos completos a los herbarios de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) y el Herbario Nacional de México (MEXU).

*Germinación.* La germinación se realizó en el vivero rústico de Oxolotán, con base en los saberes comunitarios sobre el manejo de las especies seleccionadas, así como de estudios publicados sobre la morfología, fenología, técnicas pre-germinativas y germinación de semillas (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, Vozzo 2010, Ramírez-Marcial *et al.* 2012).

*Establecimiento del experimento.* Se aplicaron tratamientos pre-germinativos a *Annona*, *Ceiba* y *Guazuma*, debido a que se reporta en la literatura latencia física de las semillas de dichas especies (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, Vozzo 2010, Ochoa-Gaona *et al.* 2012). Se realizó la siembra directa, sin tratamientos, de *Brosimum*, *Castilla*, *Cedrela*, *Pimenta*, *Pouteria* y *Tabebuia* con información reportada por Vázquez-Yanes *et al.* (1999) (Cuadro 2). Las semillas se colocaron en charolas previamente llenas con suelo de la región. Debido a su tamaño (7-8 cm de largo), las semillas de *Pouteria* se colocaron directamente en bolsas negras de plástico para vivero, con la cicatriz lateral de la semilla hacia arriba, de acuerdo a sugerencias de habitantes de las comunidades. No se efectuó ningún tratamiento al suelo con la finalidad de que las técnicas de germinación de las especies fueran las más sencillas posibles de manejar por parte del CAMUM, quienes expresaron su intención por continuar con la reproducción de especies. Se aplicó riego tres veces por semana durante el periodo de germinación. Las plántulas se trasplantaron a bolsas negras de vivero llenas de tierra de la región, después de 5 o 8 semanas de su germinación (Arriaga *et al.* 1994). El mantenimiento de las plantas fue en el vivero-casa con malla-sombra de Tomás Garrido Canabal, donde se aplicó riego dos veces a la semana por un periodo de 11 meses.

Cuadro 2. Tiempo de recolección, especificaciones de los tratamientos aplicados para la germinación, tipo de semillas, número de semillas germinadas y tiempo de mantenimiento de las especies en vivero.

Especie	Meses de recolección	Tipo de semilla (Vázquez-Yanes <i>et al.</i> 1999, Vozzo 2010, Chan-Quijano 2011)	Tratamientos germinativos (Vázquez-Yanes <i>et al.</i> 1999, Vozzo 2010, Ochoa-Gaona <i>et al.</i> 2012)	Número de semillas	Mantenimiento Plantas en vivero (meses)
<i>Annona reticulata</i>	mayo-junio, 2016	Ortodoxa	T1. Remojo en H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> por 24 h	200	11
			T2. Remojo en agua a temperatura ambiente por 48 h	400	11
			Testigo	200	0
<i>Guazuma ulmifolia</i>	abril-mayo, 2016	Ortodoxa	1. Inmersión en agua en ebullición por 10 s + remojo 24 h en agua a temperatura ambiente + lavado	800	11
			Testigo	100	0
<i>Ceiba pentandra</i>	abril, 2016	Ortodoxa	1. Remojo en agua a temperatura ambiente por 24 h	700	11
			Testigo	100	0
<i>Brosimum alicastrum</i>	mayo, 2016	Recalcitrante	Siembra directa en charolas	1170	9
<i>Castilla elastica</i>	mayo, 2016	Ortodoxa	Siembra directa en charolas	600	9
<i>Cedrela odorata</i>	abril, 2016	Ortodoxa	Siembra directa en charolas	600	11
<i>Pimenta dioica</i>	septiembre, 2016	Ortodoxa	Siembra directa en charolas	880	6
<i>Pouteria sapota</i>	abril-junio, 2016	Recalcitrante	Siembra directa en bolsas	255	11
<i>Tabebuia rosea</i>	mayo, 2016	Recalcitrante Intermedia	Siembra directa en charolas	500	9

**Análisis.** La germinación se evaluó con el número de semillas germinadas de cada especie cada cinco días por un periodo de 100 días (Mostacedo y Fredericksen 2000). Se registró la capacidad germinativa a través de gráficos de germinación acumulada por intervalos de tiempo (*GAT*) y el tiempo (días) en el que se obtuvo el número máximo de semillas germinadas (*TMG*) (Arriaga *et al.* 1994, González-Zertuche y Orozco-Segovia 1996).

Para evaluar la supervivencia de las especies (número de plantas vivas), se registró el número inicial de plántulas provenientes de las semillas germinadas al tiempo

máximo de cien días y se efectuó un conteo cada mes por un periodo máximo de 11 meses, antes del trasplante a parcelas experimentales. Se utilizó el análisis de Kaplan-Meier (Kaplan y Meier 1958) para estimar las curvas de supervivencia. La comparación de las curvas de supervivencia de las nueve especies se realizó mediante la prueba *log rank*, cuyo fundamento es comparar los eventos observados versus los esperados. El análisis se llevó a cabo en el lenguaje R versión 3.5.2. (R Core Team 2018) y XLSTAT Software, 2015.

## Resultados

*Germinación.* Las especies *Annona*, *Ceiba* y *Guazuma* presentaron porcentajes de 0% de germinación en el testigo (Fig. 2 A, E, F) mientras que con los tratamientos aplicados *Annona* presentó la menor *GAT* (6.4% en T1 y 6.7% en T2) en un *TMG* de 80 y 100 días. *Cedrela* fue la especie que alcanzó la mayor *GAT* (95%) en un *TMG* de 20 días (Fig. 2D). *Brosimum*, *Ceiba*, *Guazuma* y *Tabebuia* alcanzaron su máxima *GAT* en un *TMG* de entre 15 y 35 días (Fig. 2 B, E, F, I), mientras que *Castilla*, *Pimenta* y *Pouteria* la alcanzaron en un *TMG* de 65 a 80 días (Fig.2 C, G, H).

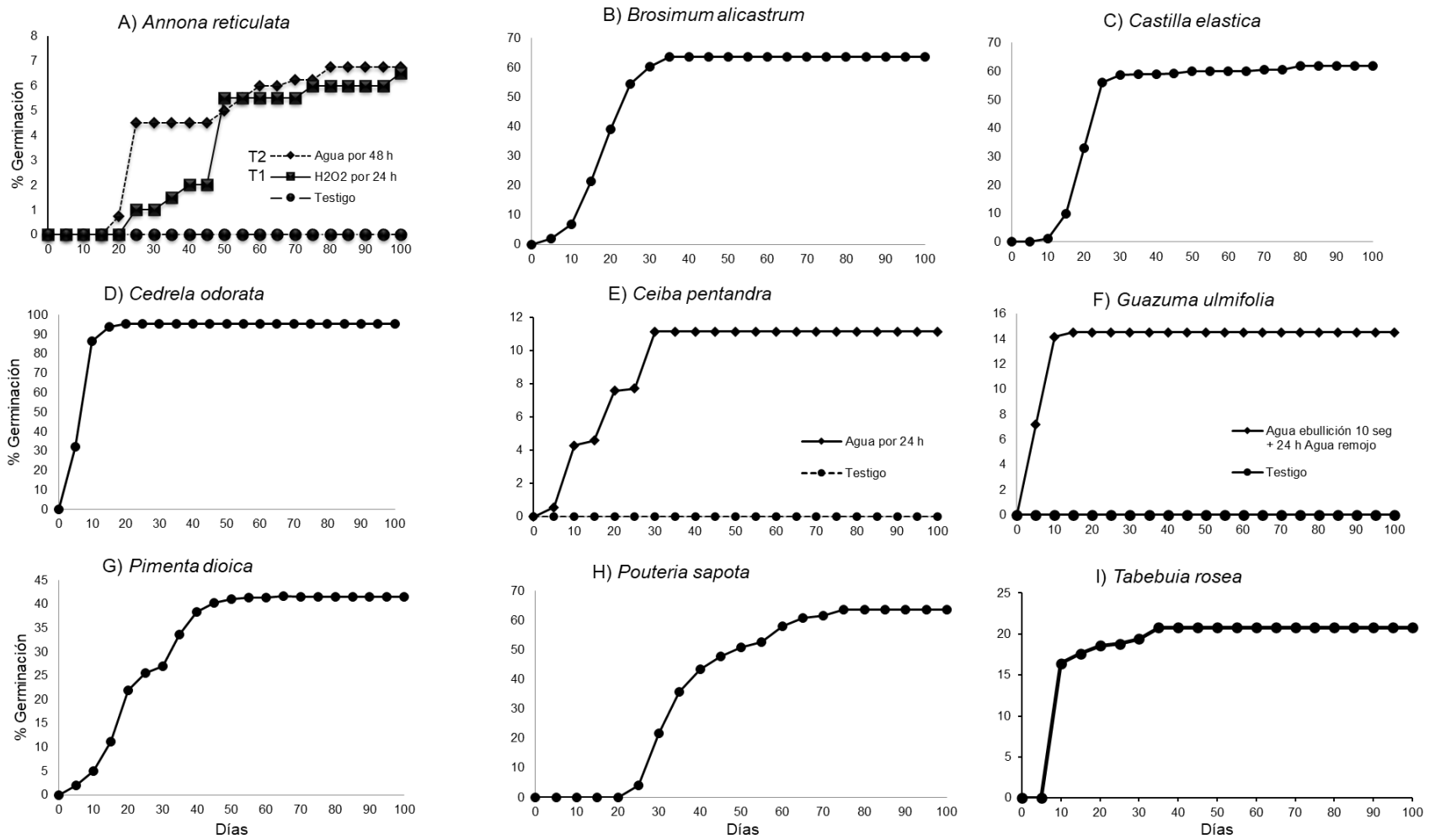


Fig. 2. Germinación acumulada en el tiempo (GAT) y tiempo en el que se alcanzó la máxima germinación (TMG; punto en el que la línea de tendencia se mantiene horizontal) de nueve especies tropicales a 100 días de la siembra de semillas en condiciones de vivero comunitario.



*Supervivencia.* La supervivencia acumulada fue mayor para *Pimenta* (99.7%) y menor para *Guazuma* (27.5%) a 6 y 11 meses de cuidado en vivero, respectivamente. *Brosimum* (98.1%), *Cedrela* (98.6%), *Castilla* (97.0%) y *Pouteria* (95.1%) presentaron valores altos de supervivencia (Fig. 3). La mediana del tiempo de supervivencia se calculó en 4.4 meses en *Annona* y para *Cedrela* y *Pouteria* fue de 9.9 meses (Cuadro 3). La prueba *log rank* mostró significancia en la comparación de las curvas de supervivencia de las especies ( $\chi^2=1242.2$ ,  $gl=9$ ,  $p<0.0001$ ) (Cuadro 3).

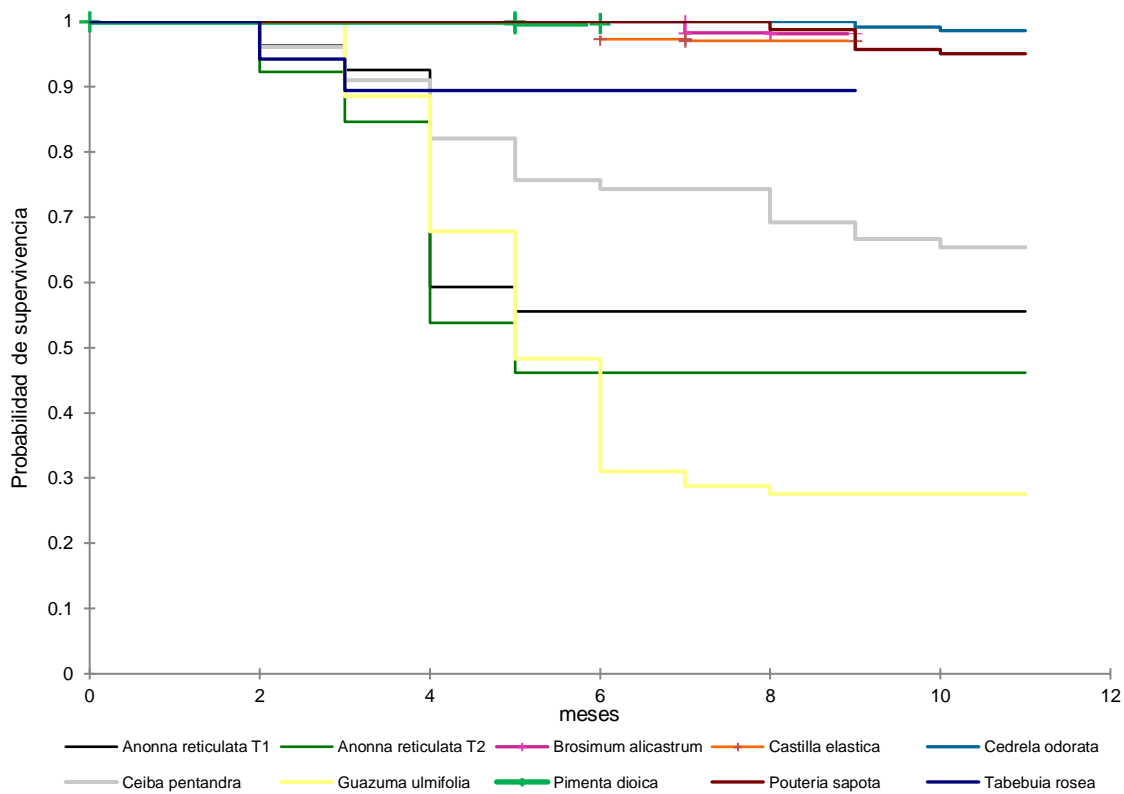


Fig. 3. Estimaciones de Kaplan-Meier de la función de supervivencia acumulada de nueve especies tropicales en condiciones de vivero comunitario. T1= tratamiento de remojo en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por 24 h; T2= tratamiento de remojo en agua a temperatura ambiente por 48 h.

Cuadro 3. Resultados de supervivencia (método Kaplan-Meier) de las nueve especies. T1= tratamiento de remojo en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por 24 h; T2= tratamiento de remojo en agua a temperatura ambiente por 48 h.

Especie	Total	Muertas Observadas	Muertas Esperadas	Mediana tiempo de supervivencia (meses)	Desviación típica	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
<i>Annona reticulata</i> T1	27	12	15	4.48	0.149	4.190	4.773
<i>Annona reticulata</i> T2	13	7	6	4.31	0.273	3.773	4.842
<i>Brosimum alicastrum</i>	745	14	731	7.98	0.005	7.973	7.992
<i>Castilla elastica</i>	372	11	361	6.97	0.009	6.956	6.990
<i>Cedrela odorata</i>	572	8	564	9.99	0.004	9.983	9.999
<i>Ceiba pentandra</i>	78	27	51	8.29	0.313	7.682	8.907
<i>Guazuma ulmifolia</i>	87	63	24	5.64	0.190	5.271	6.017
<i>Pimenta dioica</i>	369	1	368	5.00	0.003	0.992	1.000
<i>Pouteria sapota</i>	162	8	154	9.94	0.023	9.899	9.990
<i>Tabebuia rosea</i>	104	11	93	2.94	0.024	2.895	2.989

## Discusión

*Germinación de semillas.* La germinación de semillas de especies de árboles tropicales en ambientes naturales brinda información sobre la morfología, fisiología y requerimientos ecológicos de las semillas, lo cual es un conocimiento útil en la propagación de especies (Moreno-Casasola 1976, Vázquez-Yanes 1979, 1980, González 1991, Norden *et al.* 2009, Pérez-Hernández *et al.* 2011, Orantes-García *et al.* 2013).

Las especies estudiadas poseen semillas ortodoxas, recalcitrantes e intermedias (Ellis *et al.* 1990, Vázquez-Yanes *et al.* 1999, Vozzo 2010). Las semillas ortodoxas son propias de especies pioneras típicas de una sucesión forestal secundaria temprana. Generalmente las semillas de estas especies son de tamaño pequeño, latentes, de fácil dispersión, fotoblásticas o termoblásticas y forman bancos de semillas (Gómez-Pompa *et al.* 1991, Vozzo 2010). En nuestro estudio se caracterizan por poseer semillas

ortodoxas *Annona*, *Castilla*, *Cedrela*, *Ceiba*, *Guazuma* y *Pimenta*. Se realizaron tratamientos germinativos a las semillas de *Annona*, *Ceiba* y *Guazuma* para romper la latencia física; sin embargo, la germinación fue baja. Las semillas recalcitrantes o intermedias generalmente son propias de especies de etapas avanzadas de la sucesión, tienen viabilidad corta y germinan rápidamente formando bancos de plántulas (Vozzo 2010). En este estudio las semillas recalcitrantes se asociaron con *Brosimum* y *Pouteria*. Aunque su germinación puede ser alta y rápida (Vozzo 2010), encontramos que este comportamiento no se observa para *Pouteria* (el *TMG* lo alcanzó a los 75 días y la *GAT* fue de 64 %). Las semillas intermedias corresponden a *Tabebuia*, cuyas semillas pueden sobrevivir a una desecación que no llega a los niveles tolerados por las semillas ortodoxas.

Los resultados muestran que *Annona* presentó el menor porcentaje de germinación en ambos tratamientos aplicados, alcanzando el *TMG* entre los 80 y 100 días. Después de los 100 días las semillas que no germinaron estaban muertas, sólo se mantenía la testa de la semilla. La germinación de *Brosimum* se inició a los 5 días y alcanzó el máximo (64%) a los 35 días, lo cual contrasta con los resultados reportados por Vázquez-Yanes *et al.* (1999), quienes obtuvieron 88% de germinación a los 24 días y Benítez *et al.* (2004) observaron 85% a los 15 días. La germinación de *Castilla* comenzó a los 10 días y se completó en un *TMG* de 80 días, lo cual fue 10% menor que lo reportado por Vázquez-Yanes *et al.* (1999) en un lapso de 30 días; estos autores también señalan que esta especie tiene germinación epígea (los cotiledones son expuestos sobre el suelo) y no presenta latencia.

Las semillas de *Cedrela* pierden viabilidad rápidamente y tratándose de una especie de alta importancia para la industria forestal, se almacenan en cámaras frías; no presentan latencia y su germinación es de tipo hipógea (los cotiledones permanecen

enterrados). Entre las especies incluidas en este estudio fue la que mostró el mayor porcentaje de germinación (95%), alcanzando en el día 15 el 93% y con un *TMG* de 20 días. Nuestros resultados son similares a los de Vázquez-Yanes *et al.* (1999), quienes reportan 93% alcanzados en 30 días y Ochoa-Gaona *et al.* (2012) reportan una germinación de 80% a 95% en 15 días. Sin embargo, nuestros resultados contrastan marcadamente con los obtenidos por Quinto *et al.* (2009) de 22% y en menor grado, con los de Chan-Quijano *et al.* (2012) de 83%. Cuando las semillas de *Cedrela* son sometidas a remojo en agua destilada por 24 h a temperatura ambiente Espitia *et al.* (2016) han obtenido germinación de 77.5% y Chan-Quijano *et al.* (2012) al remojar las semillas en agua durante 12 h y 6 h han obtenido 96 y 100% respectivamente.

*Ceiba* es un caso entre los estudiados en el que las semillas presentan latencia física, lo cual hizo necesario realizar un tratamiento de germinación. Nuestros resultados muestran un bajo porcentaje de germinación. Ello, probablemente pueda deberse a que el tiempo de remojo en agua fue demasiado, ya que, al escurrir las semillas, estas tenían un leve aroma fétido y algunas presentaban consistencia blanda. Aunque, Vázquez-Yanes *et al.* (1999) reportan 50 a 85% de germinación en un tratamiento de inmersión en agua hirviendo y remojo dentro de la misma por 24 h y Ochoa-Gaona *et al.* (2012), reportan 95% de germinación con semillas frescas. Por esta razón, consideramos que la baja germinación pudo deberse a la calidad de las semillas, al ser recogidas del suelo, ya que pudieron presentar depredación posdispersión. Las semillas de esta especie conservan la viabilidad por un año en condiciones naturales y la germinación es de tipo epigea y rápida (hasta cuatro semanas) (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, Ochoa-Gaona *et al.* 2009), nuestros resultados mostraron un *TMG* de 30 días.

Con *Guazuma* es necesario llevar a cabo tratamientos germinativos para obtener un alto porcentaje de germinación, ya que las semillas muestran latencia física y exógena. Nuestros resultados muestran que la germinación fue baja (14.5%) con el

tratamiento aplicado; lo que es similar a los valores (13%) de germinación reportados por Vázquez-Yanes *et al.* (1999) sin tratamiento aplicado. Para obtener una mayor germinación Chan-Quijano *et al.* (2012) han reportado que cuando se cambia el tiempo de inmersión de 30 segundos a 10 minutos y de agua hirviendo a agua caliente los resultados de germinación aumentan de 6% a 83 y 90%. El *TMG* en este estudio fue a los 15 días, coincidente con lo reportado por Ochoa-Gaona *et al.* (2012), lo que sugiere que se trata de una germinación rápida respecto a lo reportado por Vázquez-Yanes *et al.* (1999), quienes reportan que el tiempo promedio que tardan las semillas en germinar es de 70 días; estos autores también mencionan que las semillas pueden almacenarse en cámaras frías hasta por un año y que pierden su viabilidad si no se refrigeran.

La *GAT* de *Pimenta* fue de 42%, alcanzando en el día 45 el 40% y a los 65 días el *TMG*, resultados que contrastan considerablemente con los presentados por Vázquez-Yanes *et al.* (1999) y Ochoa-Gaona *et al.* (2012), con 70% de germinación entre los 8 y 10 días. Estos últimos autores argumentan que las semillas conservan su poder germinativo por 2 semanas, favoreciéndoles la media sombra.

Las semillas de *Pouteria* pierden viabilidad en corto tiempo y su germinación es de tipo hipógea (Vozzo 2010). Esta especie presentó una germinación de 64%, la cual comenzó a partir del día 25 y alcanzó el máximo de germinación el día 75; nuestros resultados contrastan con lo reportado por Román-Dañobeytia *et al.* (2013) quienes reportaron una germinación de 80% a partir de los 20 o 30 días después de la siembra.

*Tabebuia* presentó bajo porcentaje de germinación (21%), en coincidencia con Quinto *et al.* (2009), quienes muestran resultados de 12.2%, y bajo diferentes tratamientos (15.5 a 31.7%). Sin embargo, Chan-Quijano *et al.* (2012) reportaron porcentajes de germinación de 73% y Vázquez-Yanes *et al.* (1999) de 80%. Estos últimos autores argumentan que las semillas de esta especie tienen una rápida germinación que

inicia a los 7 y se completa a los 27 días, lo que pudimos observar en nuestro estudio, ya que la germinación inicio en el décimo día y concluyó a los 35 días.

Nuestros resultados muestran que *Brosimum*, *Cedrela*, *Ceiba*, *Guazuma* y *Tabebuia* alcanzaron su máxima *GAT* en un *TMG* entre los 15 y 35 días, pudiéndose considerar como una rápida germinación con respecto a *Annona*, *Castilla*, *Pouteria* y *Pimenta* que alcanzaron una máxima *GAT* en un *TMG* de 65 a 100 días. Norden *et al.* (2009) argumentan que la germinación de semillas pequeñas es más rápida que la de semillas grandes; en nuestro estudio se puede observar este caso con *Pouteria*, cuyas semillas son grandes (8 cm) y alcanzaron su *TMG* a los 75 días.

*Supervivencia de las especies en vivero.* Las curvas de supervivencia de *Annona*, *Ceiba* y *Guazuma* disminuyen marcadamente en el tiempo. Estas especies muestran el menor porcentaje de supervivencia en comparación con la alta supervivencia registrada (> 95%) de *Brosimum*, *Castilla*, *Cedrela*, *Pimenta* y *Pouteria* en condiciones de vivero. El mayor valor de supervivencias es para *Pimenta*, esta especie tiene buena respuesta en condiciones de vivero; al respecto (Ochoa-Gaona *et al.* (2012) reportan que requiere al menos de 7 meses de cuidado. Por otra parte, *Cedrela*, a pesar de su alto porcentaje de supervivencia, fue susceptible al ataque de la plaga del algodoncillo (*Mastigimas* sp.) (Ruíz-Cancino y Coronado-Blanco 2010); con la finalidad de evitar la propagación de la plaga las plantas dañadas se separaron del resto. Los menores porcentajes de supervivencia se registran en *Annona* y *Guazuma* las cuales también presentan una baja germinación. Por el contrario, *Ceiba* y *Tabebuia* muestran alta supervivencia en el vivero comunitario, aunque también presentan baja germinación.

Con respecto al tiempo de supervivencia se observa que *Brosimum*, *Cedrela*, *Pimenta* y *Pouteria* son especies que resisten muy bien bajo condiciones de vivero, ya que se registra para estas especies la muerte de algunas plantas tan solo un mes antes de su

trasplante a campo. La prueba *log rank* (García 2012), muestra diferencia significativa en las curvas de supervivencia de las especies, lo cual cabe esperarse debido a la diferencia misma de las especies.

*Importancia de las especies en la restauración ecológica.* En la propagación de especies con fines de restauración activa de comunidades forestales degradadas se debe tomar en cuenta la importancia que tienen éstas localmente, debido a sus usos, manejo, aprovechamiento y su papel ecológico en las comunidades sucesionales (Maldonado-Mares 2002, González-Espinosa *et al.* 2008, Levy-Tacher *et al.* 2012, Casas *et al.* 2014, Gómez-Pineda *et al.* 2014, Ramírez-Marcial *et al.* 2014). Las especies consideradas en este estudio son nativas de la región y se ha documentado que tienen un valor cultural y ecológico local relevante para ser consideradas en programas de restauración ecológica de comunidades degradadas del bosque tropical húmedo (García-Flores *et al.* 2019). A través de su uso combinado puede incidirse en el enriquecimiento de especies propias de varias etapas de la sucesión secundaria del bosque tropical. Así, *Annona* y *Guazuma* pueden incorporarse como parte de la vegetación secundaria temprana, *Guazuma* es una especie pionera, favorecida por la luz directa; *Cedrela* y *Ceiba* son especies intermedias en la sucesión que pueden establecerse en los claros, éstas forman parte de la vegetación primaria y secundaria del BTH; *Castilla*, *Pimenta* y *Tabebuia* también son especies consideradas intermedias y estas pueden establecerse en etapas más avanzadas de la sucesión, ya que son tolerantes a la sombra mientras que *Brosimum* y *Pouteria* son altamente tolerantes a la sombra del dosel, siendo consideradas especies sucesionalmente tardías. Las especies consideradas en este estudio tienen características para ser utilizadas en la restauración de comunidades degradadas del BTH en diferente estado sucesional (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, Pennington y Sarukhán

2005, Ochoa-Gaona *et al.* 2012, Román-Dañobeytia *et al.* 2013, Macías-Sámano *et al.* 2015).

*Conclusiones.* *Brosimum*, *Cedrela*, *Castilla* y *Pouteria* presentaron porcentajes de germinación mayores a 60% y altos porcentajes de supervivencia, sobresaliendo *Pimenta* con el mayor porcentaje de supervivencia en condiciones de vivero. En *Annona*, *Guazuma* y *Ceiba* se deberá considerar la aplicación de tratamientos de escarificación diferentes que permitan una alta obtención de plántulas. *Annona*, *Castilla*, *Cedrela*, *Ceiba*, *Guazuma* y *Tabebuia* se pueden considerar en la restauración del bosque tropical húmedo en estado sucesional temprano e intermedio; mientras que *Brosimum* y *Pouteria* pueden ser consideradas en etapas más avanzadas de la sucesión, ya que son especies propias de comunidades de desarrollo más tardíos. Las anteriores especies pueden considerarse para la restauración de comunidades forestales degradadas a través del enriquecimiento de especies en fragmentos de vegetación secundaria (acahuales) en diferentes etapas de la sucesión ecológica del bosque tropical húmedo.

## **Agradecimientos**

La primera autora agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, No. Reg. 168333), por apoyar sus estudios de doctorado. Se agradece también a la Rufford Foundation por dos subvenciones otorgadas (19541-1 y 23400-2), a los proyectos IN206217 (UNAM) y CB-2013-01-221800 (CONACYT) a través de AC, y fondos fiscales disponibles a MGE a través de ECOSUR. Se agradece a Leticia Cruz Ruiz, Mario Alberto Marchena Priego, Fidencio Vázquez Ruiz y su esposa Angélica, todos ellos estudiantes de servicio social de la Universidad Intercultural del Estado de Tabasco (UIET, Campus Oxolotán). Una mención especial merecen quienes integran el Colectivo Almandros por un Mundo Mejor (CAMUM) por su interés y apoyo en esta



investigación realizada con su participación en sus territorios. Agradecemos al señor Henry E. Castañeda Ocaña por su apoyo técnico en todas las actividades del trabajo de campo. Se agradece a la doctora Consuelo Bonfil Sanders (UNAM), a la licenciada Lucy Dale, al doctor Neptalí Ramírez Marcial (ECOSUR), así como al maestro Juan Luis Viveros (CONABIO), quienes apoyaron a JGF con su opinión favorable ante la Rufford Foundation.

## Referencias

- Arriaga MV, Cervantes GV, Vargas-Mena A. 1994. *Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas*. México, DF: Secretaría Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. 179 pp.
- Bastin JF, Finegold Y, Garcia C, Mollicone D, Rezende M, Routh D, Zohner MC, Crowther TW. 2019. The global tree restoration potential. *Science* **365**: 76-79.
- Benítez BG, Pulido ST, Equihua ZM. 2004. *Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones*. México, Veracruz: Instituto de Ecología. 288 pp.
- Bewley JD. 1997. Seed germination and dormancy. *Plant Cell* **9**: 1055-1066.
- Bewley JD, Black M. 1994. *Seeds: Physiology of development and germination*. 2nd ed. New York: Plenum Press. 445 pp.
- Bonfil C, Meli P, Rovere AE, Nelson C, Castañeda- Sánchez M, González-Espinosa M. 2017. Prioridades de investigación científica en Latinoamérica (Plenaria). En: Zuleta GA, Rovere EA, Mollard FPO (eds). *SIACRE-2015: Aportes y Conclusiones. Tomando decisiones para revertir la degradación ambiental*. Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editores, pp. 79-86.
- Casas A, Camou A, Otero-Arnaiz A, Rangel-Landa S, Cruse-Sanders J, Solís L, Torres I, Delgado A, Moreno-Calles AI, Vallejo M, Guillén S, Blancas J, Parra F, Farfán-Heredia B, Aguirre-Dugua X, Arellanes Y, Pérez-Negrón E. 2014. Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: el Valle de Tehuacán. *Investigación Ambiental Ciencia y Política Pública* **6**: 23-44.

- Chan-Quijano JG. 2011. *Aplicación de técnicas de germinación a semillas de especies leñosas nativas promisorias para la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos en Tabasco, México*. Tesis Licenciatura. Universidad de Quintana Roo.
- Chan-Quijano JG, Hernández IP, Aguirre MG, Méndez JS. 2012. Germinación y sobrevivencia de especies arbóreas que crecen en suelos contaminados por hidrocarburos. *Teoría y Praxis* **12**: 102-119.
- Chazdon RL. 2014. *Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation*. U.S.A: The University of Chicago Press. 429 pp.
- Douterlungne D, Ferguson BG. 2012. *Manual para la restauración campesina en la selva Lacandona*. México, Chiapas: El Colegio de la Frontera Sur. 94 pp.
- Ellis RH, Hong TD, Roberts EH. 1990. An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. *Journal of Experimental Botany* **41**: 1167-1174.
- Espitia M, Cardona C, Araméndiz H. 2016. Pruebas de germinación de semillas de forestales nativos de Cordoba, Colombia, en laboratorio y casa-malla. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica* **19**: 307-315.
- García E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Serie Libros, número 6. 5ta ed. México, DF: Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 90 pp.
- García J. 2012. Análisis de supervivencia aplicado al estudio de la mortalidad en injertos de inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten). *Revista Científica UDO Agrícola* **12**: 759-769.
- García-Flores J, González-Espinosa M, Lindig-Cisneros R, Casas A. 2019. Traditional medicinal knowledge of tropical trees and its value for restoration of tropical forests. *Botanical Sciences* **97**: 336-354.
- Gómez-Pineda E, González-Espinosa M, Parra-Vázquez MR, Díaz-Hernández BM, Musálem-Castillejos K, Ramírez-Marcial N. 2014. Medios de vida y condicionantes que enfrenta la restauración forestal: experiencias en la cuenca alta del río Grijalva, Chiapas. En: González-Espinosa M, Brunel-Manse MC (coords). *Montañas, pueblos y agua: dimensiones y realidades de la Cuenca Grijalva*. Volumen I. México: El Colegio de la Frontera Sur, Juan Pablos Editor, pp. 257-282.
- Gómez-Pompa A, Whitmore TC, Hadley M. 1991. *Tropical rain forest: Regeneration and management*. París, FR: UNESCO, Programme on Man and the Biosphere. 457 p.
- González E. 1991. Recolección y germinación de semillas de 26 especies arbóreas del bosque húmedo tropical. *Revista de Biología Tropical* **39**: 47-51.

- González-Espinosa M, Ramírez-Marcial N, Camacho-Cruz A, Rey-Benayas JM. 2008. Restauración de bosques en montañas tropicales de territorios indígenas de Chiapas, México. En: González-Espinosa M, Rey-Benayas JM, Ramírez-Marcial N (eds). *Restauración de Bosques en América Latina*. México: Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas, Mundi-Prensa, pp. 137-162
- González-Zertuche L, Orozco-Segovia A. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **58**: 15-30.
- Hartmann HT, Kester DE. 2001. *Propagación de plantas: principios y prácticas*. 2a ed. México, DF: Continental. 760 pp.
- Ibarra-Manríquez G, Martínez-Morales M, Cornejo-Tenorio G. 2015. *Frutos y semillas del bosque tropical perennifolio: región de Los Tuxtlas, Veracruz*. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 352 pp.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2005. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tacotalpa, Tabasco*. Clave geoestadística 27015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2015. *Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2015*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Kaplan EL, Meier P. 1958. Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the American Statistical Association* **53**: 457-481.
- Koleff P, Urquiza-Haas T, Contreras B. 2012. Prioridades de conservación de los bosques tropicales en México: reflexiones sobre su estado de conservación y manejo. *Ecosistemas* **21**: 6-20.
- Levy-Tacher S, Ramírez-Marcial N, González-Espinosa M, Román-Dañobeytia F. 2012. Rehabilitación ecológica de áreas agropecuarias degradadas en la selva Lacandona: una alternativa fincada en el conocimiento ecológico tradicional maya. En: Bello BE, Naranjo PEJ, Vandame R (eds). *La otra innovación para el ambiente y la sociedad en la frontera Sur de México*. México, Chiapas: El Colegio de la Frontera Sur, Red de Espacios de Innovación Socioambiental, pp. 248-258.
- Lewis SL, Edwards DP, Galbraith D. 2015. Increasing human dominance of tropical forests. *Science* **349**: 827-832.
- Lindig-Cisneros R. 2017. *Ecología de la restauración y restauración ambiental*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México. 321 pp.

- Maldonado-Mares F. 2002. *Flora medicinal del Estado de Tabasco: uso, manejo y conservación*. México, Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 123 pp.
- Macías-Sámamo JE, Ochoa-Gaona S, Zamora-Cornelio LF, Martínez-Icó M, Peters-Grether W. 2015. *Guía de campo para la identificación de árboles de la vertiente Pacífico de Chiapas*. México, Chiapas: El Colegio de la Frontera Sur. 226 p.
- Miranda F, Hernández-X. E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **28**: 29-179.
- Moreno-Casasola P. 1976. Viabilidad de semillas de árboles tropicales y templados: una revisión bibliográfica. En: Gómez-Pompa A, Vázquez-Yanes C, Del Amo RS (eds). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. México, DF: Continental, pp. 471-526.
- Mostacedo B, Fredericksen TS. 2000. *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz, Bolivia: Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). 87 pp.
- Msanga HP. 1998. *Seed germination of indigenous trees in Tanzania*. Edmonton, Canada: Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre. 292 pp.
- Norden N, Daws MI, Antoine C, González MA, Garwood NC, Chave J. 2009. The relationship between seed mass and mean time to germination for 1037 tree species across five tropical forests. *Functional Ecology* **23**: 203-210.
- Ochoa-Gaona S, Zamora CLF, Reyes DA, Ramírez MDS, Hernández de la Cruz S. 2009. *Manejo, colecta y caracterización de seis especies de árboles nativos con potencial para la restauración de humedales*. México, Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur. 69 pp.
- Ochoa-Gaona S, Zamora CLF, Cabrera PS, González VNA, Pérez HI, López MV. 2012. *Flora leñosa útil de la Sierra de Tenosique, Tabasco, México*. México, Chiapas: El Colegio de la Frontera Sur. 311 pp.
- Orantes-García C, Pérez-Farrera MÁ, Rioja-Paradela TM, Garrido-Ramírez ER. 2013. Viabilidad y germinación de semillas de tres especies arbóreas nativas de la selva tropical, Chiapas, México. *Polibotánica* **36**: 117-127.
- Osborne PL. 2012. *Tropical ecosystems and ecological concepts*. 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 522 pp.
- Palma-López DJ, Cisneros DJ, Moreno CE, Rincón-Ramírez JA. 2007. *Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable*. México, Tabasco: Colegio de Posgraduados, ISPROTAB, Fundación Produce Tabasco. 199 pp.

- Pennington TD, Sarukhán J. 2005. Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. 3a. ed. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica. 523 pp.
- Pérez-Hernández I, Ochoa-Gaona S, Vargas-Simón G, Mendoza-Carranza M, González-Valdivia NA. 2011. Germinación y supervivencia de seis especies nativas de un bosque tropical de Tabasco, México. *Madera y Bosques* **17**: 71-91.
- Pérez-Ortíz MA, Siebe C, Cram S. 2005. Diferenciación geográfica de Tabasco. En: Bueno J, Álvarez F, Santiago S (eds). *Biodiversidad del estado de Tabasco*. Cap. 14. México, DF: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 305-321.
- Plascencia-Vargas H, González-Espinosa M, Ramírez-Marcial N, Álvarez-Solís D, Musálem-Castillejos K. 2014. Características físico-bióticas de la cuenca del río Grijalva. En: González-Espinosa M, Brunel-Manse MC (coords). *Montañas, pueblos y agua: dimensiones y realidades de la Cuenca Grijalva*. Volumen I. México: El Colegio de la Frontera Sur, Juan Pablos Editor, pp. 29-79.
- Quinto L, Martínez-Hernández PA, Pimentel-Bribiesca L, Rodríguez-Trejo DA. 2009. Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **15**: 23-28.
- R Core Team. 2018. *R: A language and environment for statistical computing*, v 3.5.2. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/> (acceso septiembre 20, 2018).
- Ramírez-Marcial N, Luna-Gómez A, Castañeda-Ocaña HE, Martínez-Icó M, Holz SC, Camacho-Cruz A, González-Espinosa M. 2012. *Guía de propagación de árboles nativos para la recuperación de bosques*. México, Chiapas: El Colegio de la Frontera Sur. 95 p.
- Ramírez-Marcial N, González-Espinosa M, Musálem-Castillejos K, Noguera-Savelli E, Gómez-Pineda E. 2014. Estrategias para una construcción social de la restauración forestal en comunidades de la cuenca media y alta del río Grijalva. En: González-Espinosa M, Brunel-Manse MC (coords). *Montañas, pueblos y agua: dimensiones y realidades de la Cuenca Grijalva*. Volumen II. México: El Colegio de la Frontera Sur, Juan Pablos Editor, pp. 528-564.
- Roberts EH. 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology* **1**: 499-514.

- Román-Dañobeytia FJ, Levy-Tacher S, Aguirre RRJ, Sánchez GA. 2013. *Árboles de la selva Lacandona útiles para la restauración ecológica*. México, Jalisco. Comisión Nacional Forestal. 89 p.
- Ruíz-Cancino E, Coronado-Blanco JM. 2010. Manual de plagas y enemigos naturales en cedro rojo de Tamaulipas, norte de Veracruz y de San Luis Potosí. México, DF: Universidad Autónoma de Tamaulipas, Plaza y Valdés. 75pp.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. México, DF: Limusa. 432 pp.
- Schmidt LH. 2007. *Tropical forest seed*. Berlin: Springer Science, 421 pp.
- SER [Society for Ecological Restoration International, Grupo de trabajo sobre ciencias y políticas]. 2004. *Ponencia introductoria de SER International sobre la restauración ecológica*. [www.ser.org](http://www.ser.org) y Tucson: Society for Ecological Restoration International. 15 pp.
- Vázquez-Yanes C. 1979. Estudios sobre la ecofisiología de la germinación en *Cecropia obtusifolia* Bertol. *Turrialba* **29**: 147-149.
- Vázquez-Yanes C. 1980. Notas sobre la autoecología de los árboles pioneros de la selva tropical húmeda. *Tropical Ecology* **21**: 103-112.
- Vázquez-Yanes C, Orozco-Segovia A. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematics* **24**: 69-87.
- Vázquez-Yanes C, Batis MAI, Alcocer SMI, Gual DM, Sánchez DC. 1999. *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. 263 pp.
- Vozzo JA. 2010. *Manual de semillas de árboles tropicales*. Washington, DC: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. 887 p.
- Wolf H, Kamondo B. 1993. Seed pre-sowing treatment. In: Albrecht J (ed). *Tree seed handbook of Kenya*. Nairobi, Kenya: Kenya Forestry Research Institute, pp. 55-62.
- XLSTAT. 2015. *XLSTAT software. Xlstat for Windows Release 2015.1.01*. Copyright Addinsoft 1994-2014. URL: <https://www.xlstat.com/es/> (acceso marzo 21, 2015).

## **Capítulo 4**

**Establecimiento de especies arbóreas nativas con fines de restauración en el bosque tropical húmedo de la región Sierra, Tabasco, México**

**Establecimiento de especies arbóreas nativas con fines de restauración en el  
bosque tropical húmedo de la región Sierra, Tabasco, México**

Juana García-Flores<sup>1,2</sup>, Mario González-Espinosa<sup>1</sup>, Roberto Lindig-Cisneros<sup>2</sup> Alejandro  
Casas<sup>2</sup>, Francisco Mora<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, Barrio de María Auxiliadora, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, 29290.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Colonia Ex-Hacienda de San José de la Huerta, Morelia, Michoacán, México, 58190.



## Resumen

Las acciones de restauración ecológica en el bosque tropical húmedo son necesarias y urgentes debido al fuerte impacto antrópico que lo han degradado o eliminado. Evaluamos el establecimiento inicial de ocho especies arbóreas nativas y las variables ambientales que tienen un efecto en la supervivencia y el crecimiento de las especies. El estudio se llevó a cabo en las comunidades Tomás Garrido Canabal (TG) y La Cumbre (LC) pertenecientes al municipio de Tacotalpa en la región Sierra, Tabasco, México. En TG se plantó un total de 196 plantas de siete especies, mientras que en LC se plantaron 256 plantas de ocho especies, en cuatro parcelas en cada sitio. Se evaluó durante un año la supervivencia y el crecimiento de las plantas. Se registraron datos ambientales y se obtuvieron muestras de suelo para su análisis fisicoquímico en laboratorio. Se analizó el efecto de las variables ambientales sobre el crecimiento mediante modelos mixtos lineales y la supervivencia a través de modelos mixtos de riesgos proporcionales de Cox. La supervivencia fue >90% en *Brosimum alicastrum*, *Ceiba pentandra*, *Manilkara zapota* y *Tabebuia rosea* y fue influenciada por la interacción especie-pH y especie-dosel. El mayor crecimiento en altura, diámetro basal y cobertura lo presentó *Ceiba pentandra* (54 cm, 9.7 mm, 1897 cm<sup>2</sup>, respectivamente). La cobertura del dosel y la capacidad de intercambio catiónico tuvieron efectos significativos sobre todas las variables de respuesta del crecimiento y la supervivencia. Este trabajo aporta elementos esenciales sobre los requerimientos ambientales de las especies estudiadas para favorecer su establecimiento en programas de restauración ecológica.

*Palabras clave:* restauración ecológica, bosque tropical húmedo, arboles tropicales nativos, suelos.

## Introducción

Uno de los ecosistemas fuertemente impactado por acciones antrópicas es el bosque tropical húmedo (Gómez-Pompa 1998, Achard *et al.* 2002, Clark 2007, Ghazoul y Sheil 2010, Chazdon 2014, Gallery 2014, Durán-Fernández *et al.* 2018). Este ecosistema es considerado uno de los principales reservorios de biodiversidad en el mundo (Martínez-Ramos y García-Orth 2007, Lewis *et al.* 2015) y se estima que en México alberga cerca de 17% de la flora del país (Carabias *et al.* 1994, Challenger 1998). Masera *et al.* (1992), Challenger y Soberón (2008) y Koleff *et al.* (2012) estiman que, de su extensión original, que cubría aproximadamente 9.1% del territorio mexicano, solamente se conserva 4.8% de tal extensión y esta continúa su disminución de forma preocupante. Para el estado de Tabasco, Sánchez-Munguía (2005) reportó que el bosque tropical húmedo cubría solamente 1.6% de la superficie estatal, en comparación con la proporción que ocupaba originalmente (21.7%).

Ante estos escenarios, la restauración ecológica (RE) adquiere gran relevancia para recuperar condiciones y niveles poblacionales que permitan la conservación de la biodiversidad del bosque tropical húmedo (Sarukhán *et al.* 2015). En este trabajo se adopta la definición de RE como el proceso de asistir el restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER 2004) por causas naturales o antrópicas, buscando recuperar la composición, estructura, funcionalidad y autosuficiencia que presentaba tal ecosistema antes del disturbio (Bradshaw 1987, Ewel 1987, Jordan *et al.* 1987, Márquez-Huitzil 2005, Lindig-Cisneros 2017). En función del tipo y grado de perturbación del sitio, deberá considerarse un proyecto de restauración que contemple actividades que busquen recuperar las principales funciones y servicios del ecosistema (González-Espinosa *et al.* 2007, Levy-Tacher *et al.* 2012). Al pretender

recuperar la composición y estructura del ecosistema, la RE de un sistema boscoso busca el establecimiento exitoso de la cobertura vegetal. Así, el establecimiento de especies nativas en la RE está enfocado a recuperar la abundancia de especies que se han extinguido localmente o cuyas poblaciones han disminuido a niveles demográficamente comprometidos (Lindig-Cisneros 2017), además de buscar favorecer las características físico-químicas del suelo y los procesos de sucesión ecológica del sistema (Montagnini *et al.* 1995, Diemont *et al.* 2006, Román-Dañobeytia *et al.* 2007, Lindig-Cisneros 2017). Para ello, es necesario el conocimiento sobre la autoecología y el manejo de las especies nativas que se emplean en la RE (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, Ochoa-Gaona *et al.* 2009), así como considerar el valor de uso que las poblaciones humanas locales asignan a las especies. Esto último podría ser un factor importante que promueva entre los habitantes locales la conservación de las comunidades restauradas (Ramírez-Marcial *et al.* 2014, García-Flores *et al.* 2019).

La recuperación de un sitio cuyos bosques han sido talados o degradados en su estructura y composición se puede iniciar con el establecimiento de las especies que las comunidades u otros actores sociales han identificado como de su mayor interés para la recuperación de la cubierta forestal (Chazdon y Brancalion 2019). Este estudio evalúa el establecimiento inicial de ocho especies arbóreas nativas y analiza las variables ambientales que pueden explicarlo. Partimos de la hipótesis de que la supervivencia y el crecimiento de las especies dependen de las condiciones particulares de luz (dosel de la cobertura arbórea) y atributos del suelo en que se desarrollan las plantas jóvenes. Para probarlo realizamos un ensayo de campo durante 12 meses en dos sitios de bosque tropical húmedo secundario temprano (acahual arbóreo de origen antrópico). Las especies estudiadas (*Brosimum alicastrum*, *Castilla elastica*, *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra*, *Manilkara zapota*, *Pimenta dioica*, *Pouteria sapota* y *Tabebuia rosea*) han

sido identificadas como potencialmente valiosas para prácticas de RE en bosques tropicales húmedos (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, García-Flores *et al.* 2019).

## **Métodos**

*Área de estudio.* Se trabajó en dos comunidades de la región Sierra del estado de Tabasco, La Cumbre (LC) y Tomás Garrido Canabal (TG), ambas pertenecientes al municipio de Tacotalpa (Fig. 1). La unidad ecogeográfica en la que se ubican estas comunidades es la de Laderas Septentrionales de la Sierra Norte de Chiapas (Pérez-Ortíz *et al.* 2005). El clima regional es cálido húmedo con lluvias todo el año (Af[m]) (García 2004), con precipitación anual de 1,500-4,500 mm. La temperatura media anual es de 25° C, la máxima media mensual es de 29° C en mayo y la mínima es de 22° C en diciembre y enero (INEGI 2015). La litología superficial incluye rocas sedimentarias del Terciario (lutita-areniscas, calizas y conglomerados) y los suelos dominantes incluyen luvisoles en pendientes suaves y gleysoles en las áreas más bajas, cuya textura es generalmente arcillosa y tienen drenaje deficiente (INEGI 2005, Palma-López *et al.* 2007).

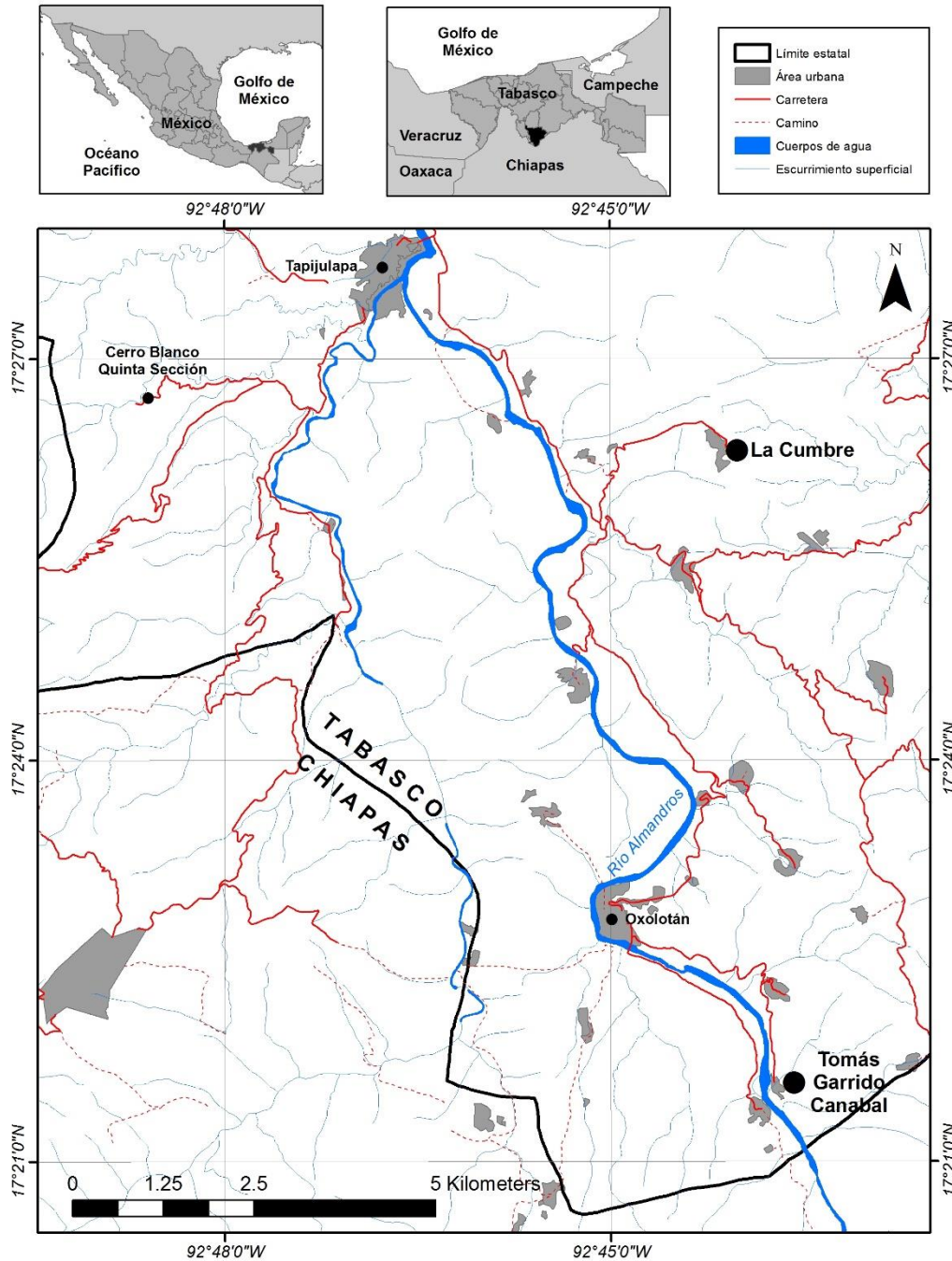


Fig. 1. Ubicación de las comunidades de estudio Tomás Garrido Canabal y La Cumbre.

El municipio de Tacotalpa se encuentra dentro de la cuenca del río Grijalva y sus principales afluentes son los ríos Puxcatán y el de la Sierra (que conjunta los ríos Almandros, Amatán, Teapa y Tacotalpa) (Plascencia-Vargas *et al.* 2014). Los fragmentos de vegetación menos perturbadas corresponden a asociaciones de bosque tropical húmedo (*sensu* Rzedowski 1978) o selva mediana subperennifolia y selva alta

perennifolia (*sensu* Miranda y Hernández-X 1963). En la mayor parte de la región la vegetación ha sido deforestada para dedicar los terrenos a la agricultura o la ganadería y la vegetación arbolada muestra un alto grado de disturbio humano (Ramírez-Marcial *et al.* 2014).

*Descripción de los sitios.* Las lenguas originarias que se hablan en las comunidades son el ch'ol y el zoque, principalmente, aunque también hay hablantes de tzotzil en ambas comunidades (INEGI 2010). En TG hay 389 habitantes de los cuales 8.5% son hablantes de alguna lengua indígena; LC tiene 238 habitantes y 19.1% son hablantes de lengua indígena. El acahual (etapa sucesional arbolada temprana) de TG se encuentra a una altitud de 176-225 m y tiene una superficie de 8,651 m<sup>2</sup>. Los colaboradores locales indicaron que antes de 1967 el sitio fue utilizado como campo de cultivo agrícola tradicional (milpa). Posteriormente, se abandonó para el desarrollo del acahual; en 1985 se desmontó para establecer un potrero y en este uso duró alrededor de 12 años, a lo que siguió nuevamente el desarrollo del acahual y la siembra de milpa en algunas partes del área. A partir de 2005 se dejó permanentemente como acahual. El acahual de LC se encuentra entre 376-413 m y tiene una superficie de 13,248 m<sup>2</sup>. Igualmente, colaboradores locales señalaron que el sitio fue dedicado a la siembra de milpa durante 10 años; a partir de 2004 se abandonó como acahual con manejo de especies comestibles como la “chapaya” (*Astrocaryum mexicanum*).

*Selección de especies.* Las ocho especies fueron elegidas con criterios etnobotánicos basados en García-Flores *et al.* (2019), quienes identificaron especies arbóreas de interés comunitario para la restauración ecológica del bosque tropical húmedo de la región, con base en una evaluación de su importancia ecológica y cultural (Cuadro 1). Las especies seleccionadas pertenecen a la vegetación primaria y secundaria del bosque

tropical húmedo de la región. *Brosimum alicastrum* y *Manilkara zapota* son parte de la vegetación primaria y co-dominantes del estrato superior, *Pouteria sapota* y *Pimenta dioica* se encuentran tanto en la vegetación primaria como en la secundaria, *Castilla elastica* y *Cedrela odorata* son especies sucesionalmente intermedias, al igual que *Ceiba pentandra* y *Tabebuia rosea* (Vázquez-Yanes 1999, Pennington y Sarukhán 2005, Parker 2008, Vozzo 2010). En lo subsecuente se nombrará a cada especie solamente por su género; en el área de estudio cada género incluye solamente una especie.

Cuadro 1. Importancia cultural (usos medicinales, exclusividad y frecuencia de uso) y valor ecológico (importancia del recurso con base en la disponibilidad o escasez) local de las especies estudiadas, tomado y modificado de García-Flores *et al.* (2019). Los autores especifican el valor ecológico de 1 a 10; cuyas especies con estos valores son consideradas localmente con prioridad para su uso en proyectos de restauración.

Especies	Importancia cultural	Valor ecológico (rango)
<i>Brosimum alicastrum</i>	muy baja	2 – 8
<i>Castilla elastica</i>	Baja	10
<i>Cedrela odorata</i>	Moderada	1 – 3
<i>Ceiba pentandra</i>	muy baja	7 – 10
<i>Manilkara zapota</i>	Media	4
<i>Pimenta dioica</i>	Alta	3 – 6
<i>Pouteria sapota</i>	Moderada	1 – 6
<i>Tabebuia rosea</i>	Moderada	1 – 8

*Producción de plántulas.* Se recolectaron entre abril y septiembre de 2016 frutos de 4 a 8 individuos por especie para la obtención de semillas; para *Manilkara zapota* se obtuvieron plántulas (8-10 cm) de un relicto de vegetación de TG, debido a que no se encontraron semillas de esta especie en el año de recolección. Durante la misma temporada se sembraron y germinaron las semillas (García-Flores *et al.* artículo en preparación), después de seleccionarlas por sus características morfológicas y buen estado fitosanitario (Ochoa-Gaona *et al.* 2009, Ramírez-Marcial *et al.* 2012). La siembra

de las semillas se efectuó en charolas y bolsas negras de vivero, en un vivero rústico instalado para este propósito en la comunidad de Oxolotán. Las plantas se mantuvieron entre 6 y 11 meses en condiciones comunes en un vivero establecido para este fin en la comunidad TG. Las edades de las plantas al momento de la plantación fueron: 11 meses para *Ceiba*, *Cedrela* y *Pouteria*; 9 meses para *Castilla*, *Brosimum* y *Tabebuia*; 8 meses para *Manilkara* y 6 meses para *Pimenta*.

*Arreglo espacial del experimento.* La plantación de juveniles se hizo en cuatro parcelas en cada sitio con un arreglo espacial de cuadro latino, el cual incluye a un individuo de cada especie en cada una de las hileras y de las columnas de la matriz.

En el acahual de LC la plantación se hizo en cuatro parcelas (40 m x 40 m) cada una, con una matriz de plantación de 8 x 8 especies; en cada parcela se plantaron 64 plantas con un total de 256 individuos de las ocho especies arriba indicadas; el espaciamiento entre individuos fue de 5 m y se plantaron a una profundidad de 20 cm (Vázquez-Yanes 1999). En el acahual de TG se plantaron en cada parcela (35 m x 35 m) 49 juveniles, con un total de 196 individuos de siete especies; que incluyeron las ya mencionadas, excepto *Ceiba*, debido al tamaño del acahual y a la insuficiente disponibilidad de plantas jóvenes (Fig.2).



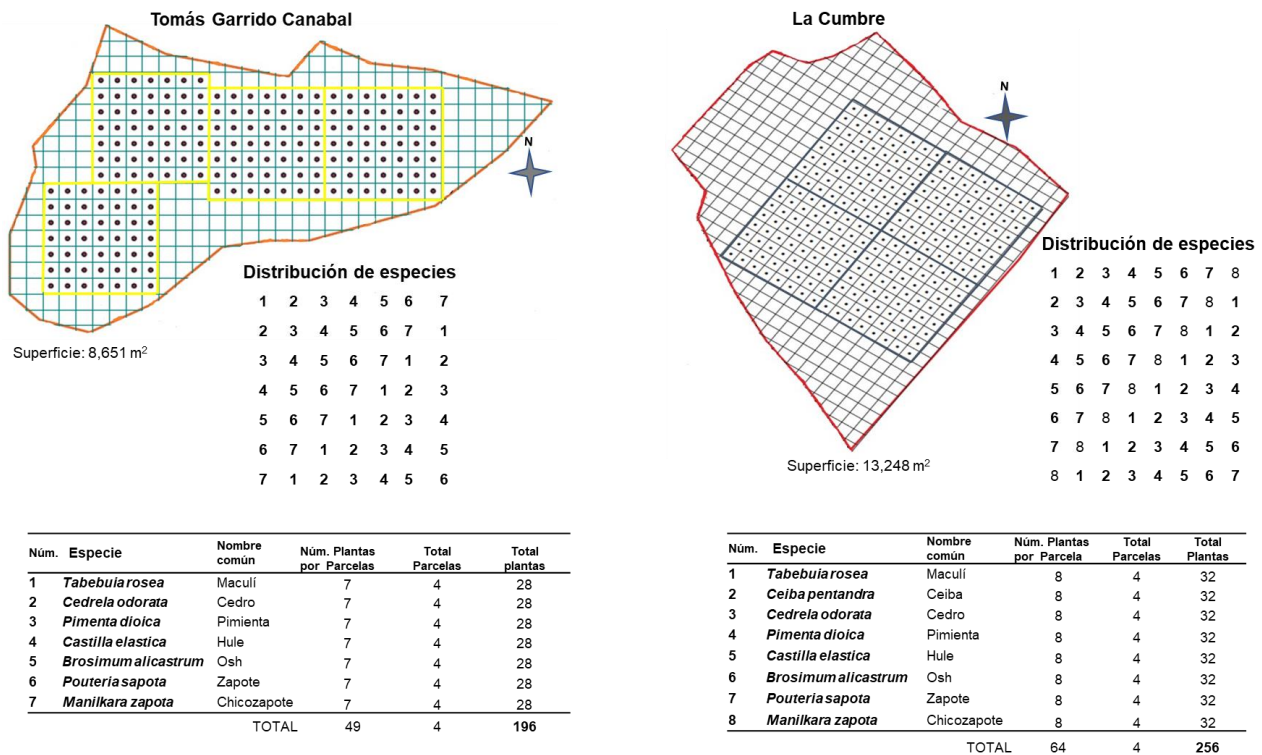


Fig.2. Arreglo espacial de la plantación de las especies en dos acahuales del bosque tropical húmedo. A la izquierda acahuale en la comunidad Tomás Garrido Canabal, a la derecha acahuale de la comunidad La Cumbre.

Se obtuvieron dos muestras compuestas del suelo en cada parcela, con un total de ocho muestras compuestas por cada sitio. Cada muestra compuesta se obtuvo de cinco submuestras obtenidas en los primeros 20 cm de profundidad (sub-parcela). Las muestras compuestas se analizaron en el Laboratorio de Suelos y Plantas de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), un laboratorio con certificación nacional. Los análisis fisicoquímicos realizaron la Norma Oficial Mexicana NOM-021, SEMARNAT 2002, que establece las especificaciones de fertilidad de los suelos. Las variables evaluadas fueron: clase textural (porcentaje de arcilla, limo y arena), pH, porcentaje de materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC, cmol/kg), fósforo disponible (P, mg/kg), porcentaje de nitrógeno total (N) y potasio disponible (K, cmol/kg).

*Supervivencia y crecimiento.* Se registró la supervivencia y el crecimiento de las plantas durante un periodo de 13 meses a partir de marzo de 2017, con evaluaciones cada tres meses. En el momento de la plantación y en las fechas de evaluación posteriores, a cada planta se le midió la altura con un flexómetro (del cuello de la raíz hasta la yema apical del tallo principal); el diámetro basal (DB), la lectura se tomó con un vernier digital en la base de la planta justo arriba del suelo; el diámetro menor y el diámetro mayor de la copa con un flexómetro, para obtener la cobertura a través de la fórmula de la elipse (Corona-Álvarez 2011, Montero-Solís *et al.* 2011). En cada fecha de evaluación en cada punto donde se plantaron los juveniles, se registró el grosor de la capa de mantillo con un flexómetro y la cobertura del dosel asociada a cada individuo con un densiómetro esférico cóncavo (Mostacedo y Fredericksen 2000). Se obtuvo un único registro de las variables de cada sitio en el punto en que se plantó cada individuo: altitud con un GPS Garmin MAP64, pendiente con un clinómetro Suunto y profundidad del suelo con una barreta, la cual se marcó y posteriormente se midió de la punta hasta la marca con un flexómetro.

*Análisis estadístico.* Se obtuvo el crecimiento absoluto en altura, DB y cobertura (diferencia de crecimiento promedio del tiempo final con respecto al tiempo inicial). Se exploró la asociación entre las variables de crecimiento de las especies con el coeficiente de correlación de Pearson (Sokal y Rohlf 1995) y las condiciones de las variables ambientales mediante diagramas de caja (Hair *et al.* 1999). Para evaluar el efecto de las variables ambientales sobre el incremento de la altura, el DB y la cobertura de la copa después de la plantación se emplearon modelos lineales mixtos (Bolker 2015, Correa-Morales y Salazar-Uribe 2016, Di Rienzo *et al.* 2017, Harrison *et al.* 2018). Los modelos incluyeron como efectos fijos al tiempo transcurrido, la especie y las variables ambientales (altitud, pendiente, cobertura del dosel, espesor del mantillo y las variables

fisicoquímicas de los suelos: profundidad, clase textural, materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico, fósforo, nitrógeno y potasio). Puesto que se quería probar si las variables ambientales influían en el cambio de estos atributos del desempeño de las plantas a través del tiempo (varios momentos a lo largo de un año en total), y si dicho efecto dependía de la especie, el modelo general incluyó la interacción triple del tiempo y la especie con cada una de las variables ambientales. En el caso de la cobertura, debido a su clara relación no lineal con el tiempo, se incluyó también un término cuadrático para el tiempo y su interacción con la especie. Los modelos incluyeron efectos aleatorios anidados para representar la jerarquía del diseño experimental (parcelas dentro de sitios, sub-parcelas dentro de parcelas), así como el carácter repetido de las medidas realizadas sobre una misma planta (planta dentro de subparcela). Los modelos fueron ajustados empleando la función 'lme' de la biblioteca 'nlme' para R (Pinheiro *et al.* 2018). Con el fin de cumplir con el supuesto de normalidad en el modelo de cobertura, dicha variable fue transformada previamente a su valor logarítmico. En el caso del DB y la altura se incluyó en los modelos un término para modelar la heterocedasticidad de la varianza con el uso de la función 'varPower' (Pinheiro *et al.* 2018).

La probabilidad de supervivencia fue modelada empleando modelos mixtos de riesgos proporcionales de Cox (Austin 2017). En estos modelos se incluyeron como efectos fijos a la especie y su interacción con cada una de las variables ambientales, y como efectos aleatorios al sitio, la parcela y la sub-parcela. Para el caso de la variable predictiva "dosel", solamente se incluyeron los datos de la medición de la cobertura de dosel en el punto al momento de efectuarse el trasplante. Para todos los modelos se realizaron análisis de devianza, empleando pruebas de ji-cuadrada de Wald de tipo II con el fin de establecer cuáles de los predictores presentaban efectos significativos, para lo cual se empleó la función 'Anova' de la biblioteca 'car' para R (Fox y Weisberg 2011).

Finalmente, se calcularon los valores de  $R^2$  para los modelos mediante la función 'r.squaredGLMM' del paquete 'MuMIn' (Barton 2018). Todos los análisis se llevaron a cabo en el lenguaje R (R Core Team 2018).

## Resultados

*Condiciones físicas de los sitios.* Las variables físicas y químicas de los suelos fueron similares en los sitios, con excepción del contenido de materia orgánica y el nitrógeno total, con valores más altos en LC (Fig. 3). La cobertura del dosel y la profundidad del mantillo fueron similares en los diferentes tiempos de muestreo en ambos sitios (Fig. A1), así como, la profundidad del suelo y la pendiente (Fig. A2).

*Supervivencia.* Las especies con mayor porcentaje de supervivencia (>91%) a un año de su establecimiento fueron *Brosimum*, *Ceiba*, *Manilkara* y *Tabebuia* mientras que el más bajo porcentaje se observó en *Cedrela* (63%) (Fig. 4). El análisis de devianza del modelo de riesgos proporcionales de Cox, mostró que la supervivencia dependió de la interacción entre la especie y el pH ( $\chi^2=20.38$ ,  $gl=7$ ,  $p=0.0048$ ) y entre la especie y el dosel ( $\chi^2=16.93$ ,  $gl=7$ ,  $p=0.0178$ ). Solamente *Brosimum* mostró valores de riesgo de muerte de acuerdo al modelo de Cox superiores a 25%; estos valores se presentaron de manera acentuada en suelos fuertemente ácidos ( $pH < 5.2$ ) aunque en una amplia gama de valores de cobertura de dosel (50-85%) (Fig. 5). Las restantes especies tuvieron menores riesgos de muerte (<12%); la especie con menor riesgo de muerte (<2%) fue *Tabebuia*, en toda la gama de valores de pH y cobertura de dosel. En *Castilla*, *Cedrela*, *Ceiba* y *Manilkara* el modelo mostró que el riesgo de muerte se asoció a un incremento en la cobertura del dosel y al pH del suelo con valores moderadamente ácidos (Fig. 5).

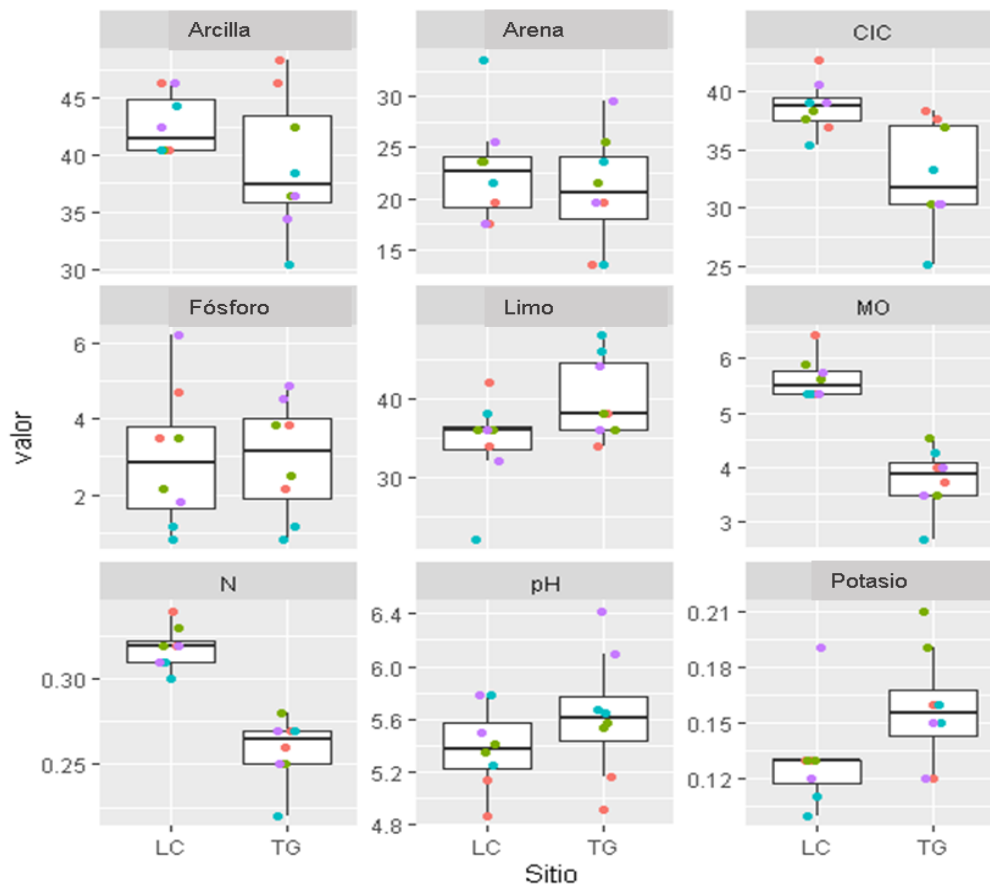


Fig. 3. Variables fisicoquímicas de los suelos en los dos sitios del estudio. LC = La Cumbre, TG = Tomás Garrido Canabal. Clase textural (arcilla, limo y arena (%)). Capacidad de intercambio catiónico (CIC, cmol/kg), valores= alta (25.1 – 40.0), muy alta (> 40.1). Materia orgánica (MO, %), valores= medio (1.6–3.5), alto (3.6–6.0), muy alto (>6.0). Fósforo disponible (mg/kg), valores= bajo (< 5.5), medio (5.6-11). Nitrógeno total (N, %), valores= alto (0.16–0.25), muy alto (> 0.26). pH, valores= fuertemente ácido (< 5.0), moderadamente ácido (5.1-6.5). Potasio disponible (cmol/kg), valores= muy bajos (< 0.2), Bajo (0.21-0.3). Los puntos representan las parcelas evaluadas, (2 subparcelas en cada parcela).

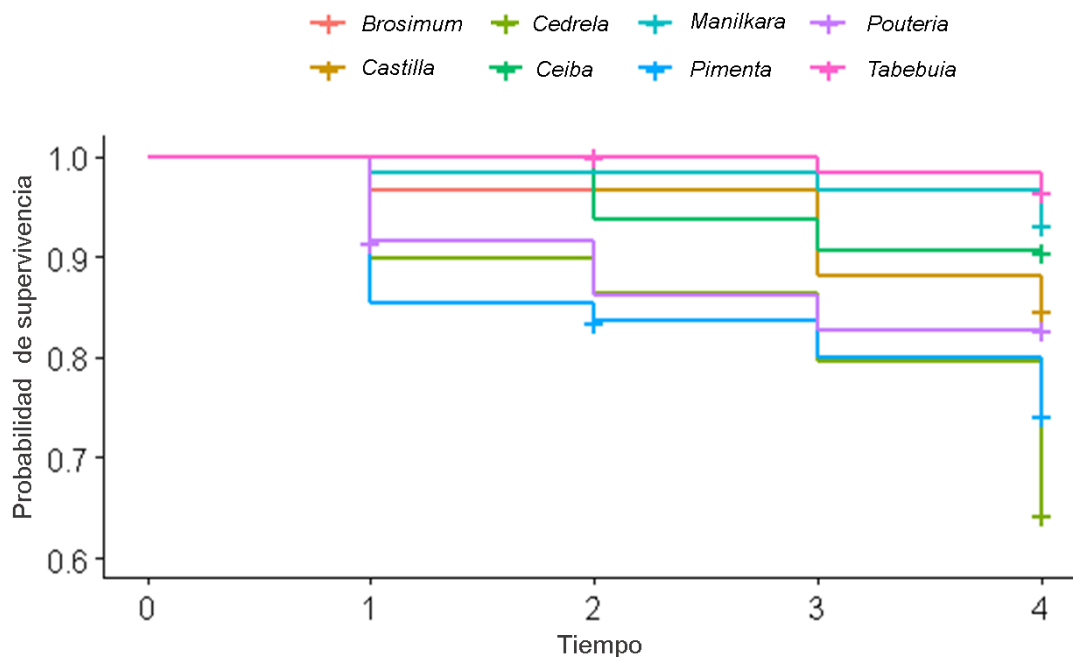


Fig. 4. Curvas de supervivencia de las ocho especies a través del tiempo y hasta un año de su establecimiento. 0 = inicio, plantación; 1 = 3 meses, 2 = 6 meses, 3 = 9 meses, 4 = 12 meses.

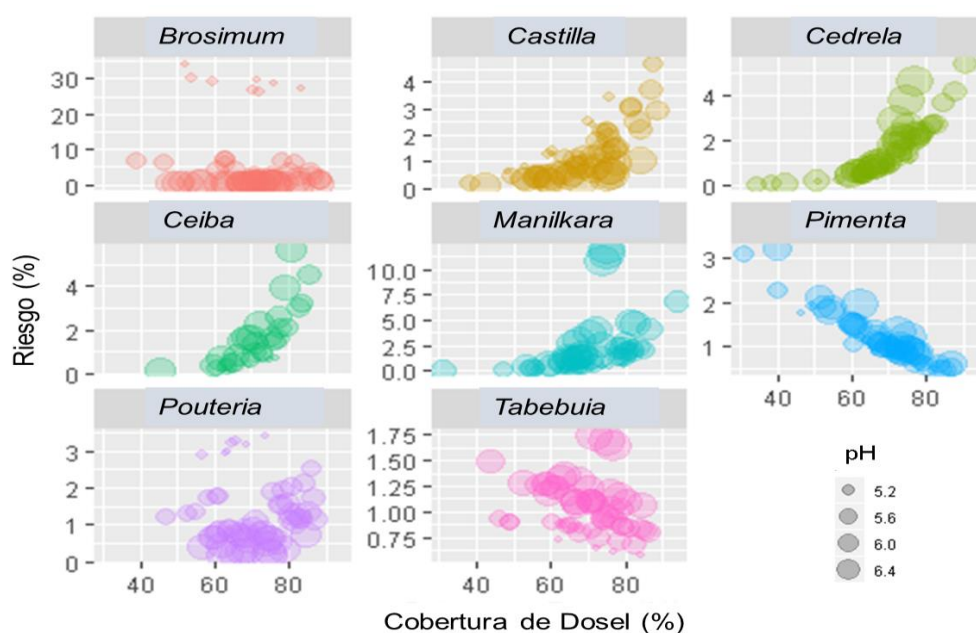


Fig. 5. Riesgo de muerte (modelo de riesgos proporcionales de Cox, véanse Métodos) de las especies en función del pH y la cobertura de dosel.

*Crecimiento.* El crecimiento en altura tuvo una correlación positiva con el crecimiento en DB ( $r=0.852$ ,  $gl=452$ ,  $p<0.0001$ ) y la cobertura ( $r= 0.725$ ,  $gl=452$ ,  $p<0.0001$ ); también se

observó una correlación positiva entre la cobertura y el DB ( $r=0.776$ ,  $gl=452$ ,  $p<0.0001$ ) (Fig. A3). Los valores de crecimiento absoluto en altura, DB y cobertura fueron mayores en *Ceiba* (54.2 cm, 9.7 mm, 1897 cm<sup>2</sup>, respectivamente) en el sitio de LC y para *Tabebuia* en ambos sitios, contrario a los valores que se observaron en *Manilkara*, *Pimenta* y *Pouteria* (Cuadro 2).

El crecimiento en altura mostró una triple interacción de las variables especie y tiempo con potasio, CIC y cobertura de dosel ( $R^2_m = 0.982$ ,  $p\leq 0.001$ ) (Cuadro A1). El crecimiento en DB dependió de una triple interacción entre especie y tiempo con pendiente, pH y potasio ( $R^2_m=0.984$ ;  $p\leq 0.01$ ), CIC y cobertura de dosel ( $R^2_m=0.984$ ;  $p\leq 0.001$ ) (Cuadro A2). El crecimiento en cobertura dependió de una triple interacción entre especie y tiempo con profundidad del suelo, fósforo, pH, CIC y cobertura de dosel ( $R^2_m=0.675$ ;  $p\leq 0.05$ ) (Cuadro A3). Se observó para las tres variables de crecimiento una interacción significativa especie-tiempo-dosel y especie-tiempo-CIC.

Cuadro 2. Crecimiento (media  $\pm$  e.e.) absoluto en altura (cm), diámetro basal (DB, mm) y cobertura (cm<sup>2</sup>) de las ocho especies a un año de establecimiento en ambos sitios. e.e.= error estándar;  $n$ = número final de plantas ( $n$  inicial en Tomás Garrido = 28,  $n$  inicial en La Cumbre = 32). Los valores negativos de cobertura se deben a una reducción al final por caída de hojas.

Especie	Tomás Garrido			La Cumbre				
	$n$	Altura $\pm$ e.e.	DB $\pm$ e.e.	Cobertura $\pm$ e.e.	$n$	Altura $\pm$ e.e.	DB $\pm$ e.e.	Cobertura $\pm$ e.e.
<i>Brosimum alicastrum</i>	27	19.5 $\pm$ 2.6	3.6 $\pm$ 0.3	100.9 $\pm$ 41.3	28	5.2 $\pm$ 1.0	3.4 $\pm$ 0.3	17.8 $\pm$ 32.3
<i>Castilla elastica</i>	25	23.9 $\pm$ 4.6	4.8 $\pm$ 0.8	274.9 $\pm$ 124.2	25	9.5 $\pm$ 1.7	2.9 $\pm$ 0.4	37.0 $\pm$ 102.5
<i>Cedrela odorata</i>	20	23.1 $\pm$ 3.5	5.7 $\pm$ 0.8	-374.5 $\pm$ 136.4	18	6.7 $\pm$ 2.1	2.6 $\pm$ 0.4	-536.5 $\pm$ 39.4
<i>Ceiba pentandra</i>	–	–	–	–	29	54.2 $\pm$ 6.3	9.7 $\pm$ 0.8	1897.0 $\pm$ 275.5
<i>Manilkara zapota</i>	25	12.8 $\pm$ 1.5	2.2 $\pm$ 0.2	168.4 $\pm$ 32.1	30	9.9 $\pm$ 1.4	1.9 $\pm$ 0.2	132.9 $\pm$ 28.6
<i>Pimenta dioica</i>	19	13.6 $\pm$ 1.3	1.8 $\pm$ 0.2	225.8 $\pm$ 49.3	21	7.9 $\pm$ 0.9	1.3 $\pm$ 0.1	135.5 $\pm$ 26.3
<i>Pouteria sapota</i>	21	10.6 $\pm$ 1.5	3.2 $\pm$ 0.5	222.4 $\pm$ 317.7	26	8.2 $\pm$ 1.4	3.8 $\pm$ 0.5	268.9 $\pm$ 328.2
<i>Tabebuia rosea</i>	27	38.8 $\pm$ 6.8	7.3 $\pm$ 1.0	1089.9 $\pm$ 276.9	30	22.2 $\pm$ 3.9	5.4 $\pm$ 0.7	673.2 $\pm$ 179.5

En relación con la cobertura del dosel del estrato arbóreo de los acahuales se registró que *Brosimum*, desde su trasplante, respondió en altura a una cobertura de dosel >90%. *Castilla*, *Cedrela* y *Tabebuia* alcanzaron altos valores de altura en condiciones de dosel relativamente abierto (<60%). Por su parte, *Ceiba*, *Manilkara*, *Pimenta* y *Pouteria* mostraron altos valores de altura en toda la gama de porcentajes de dosel registrados en el estudio (Fig. 6A). *Brosimum*, *Manilkara* y *Pimenta* mostraron valores altos de crecimiento en DB en toda la gama de cobertura de dosel desde los primeros meses de trasplante; las demás especies alcanzaron sus valores más altos de DB en un dosel <80% (Fig. 6B). *Pimenta* alcanzó su máximo valor de crecimiento en cobertura en un dosel cerrado >80%, contrario a lo registrado en *Castilla* (<50%). En *Cedrela* se registraron los valores más altos de cobertura hasta la primera mitad de la evaluación; en *Tabebuia* se observó el patrón contrario. *Ceiba* mostró altos valores de cobertura desde la mitad del periodo de evaluación. *Manilkara* alcanzó su máximo valor de cobertura en toda la gama de dosel hacia la mitad y final de la evaluación, contrariamente al patrón registrado en *Pouteria*. *Brosimum* mostró altos valores de cobertura en dosel relativamente cerrado (>50%) a lo largo de la evaluación (Fig. 6C).

*Ceiba* y *Pimenta* alcanzaron mayor altura en toda la gama de valores de CIC a partir de los seis meses desde su trasplante. Por su parte, *Brosimum*, *Castilla*, *Cedrela*, *Manilkara*, *Pouteria* y *Tabebuia* alcanzaron sus mayores alturas en los niveles intermedios y bajos de CIC encontrados en este estudio, considerados en la NOM-021, SEMARNAT 2002, como valores altos (Fig. 7A). *Brosimum*, *Ceiba* y *Manilkara* alcanzaron los mayores valores de DB a mitad de la evaluación y en toda la gama de CIC. Por su parte, las restantes especies estudiadas alcanzaron sus máximos valores de DB hasta cerca del año de la evaluación y en suelos con alto valor de CIC (Fig. 7B). Todas las especies estudiadas, con excepción de *Pimenta*, presentaron un patrón



unimodal de desarrollo de la cobertura, con un máximo hacia la parte media del periodo de evaluación, dependiente de la fenología del follaje; *Pimenta* alcanzó su mayor desarrollo de cobertura hasta el final del periodo de estudio (Fig. 7C).

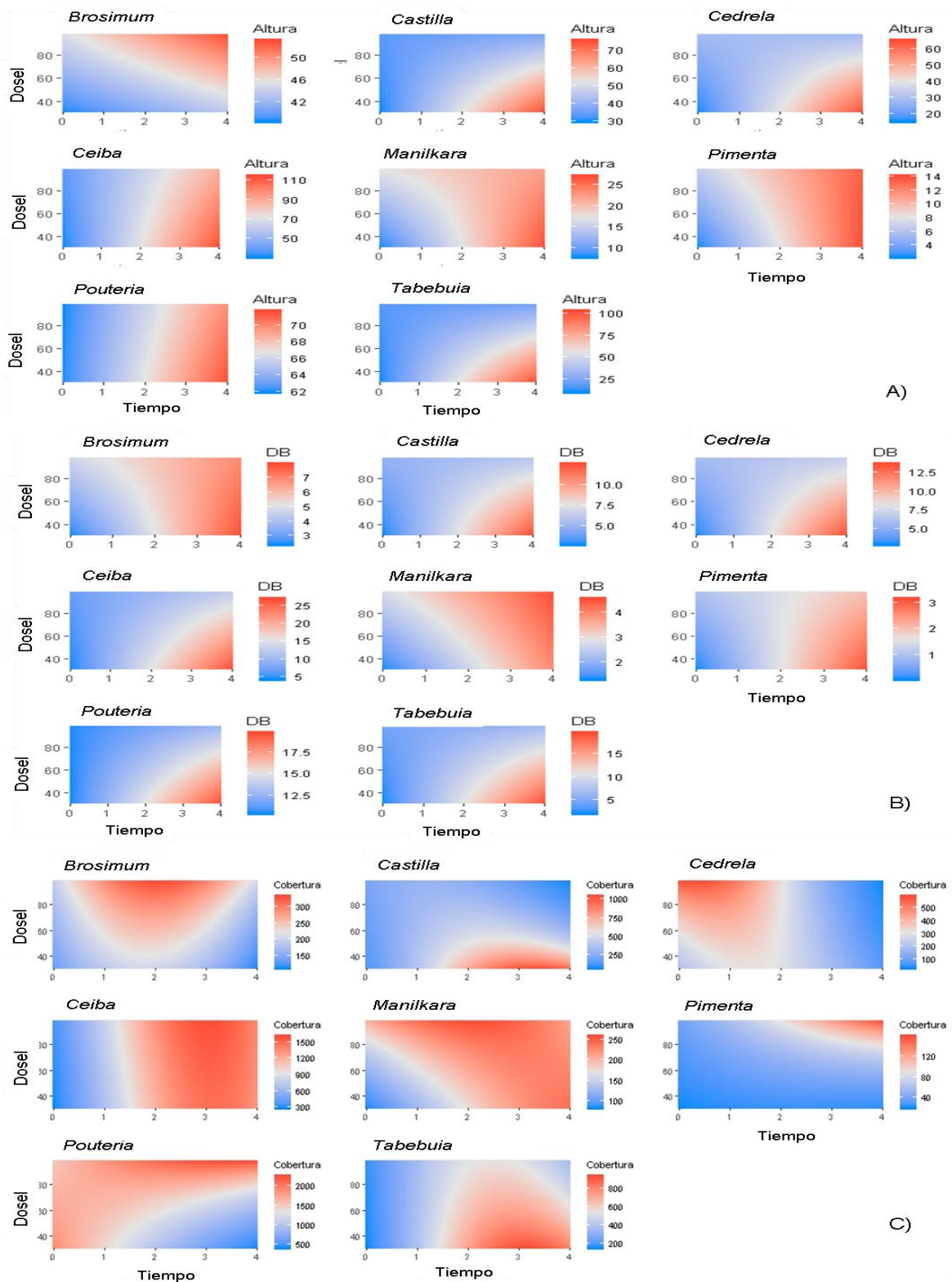


Fig. 6. Crecimiento en altura (cm) (A), diámetro basal (DB, mm) (B) y cobertura (cm<sup>2</sup>) (C) de las diferentes especies en las cinco fechas de evaluación en función de la cobertura del dosel.

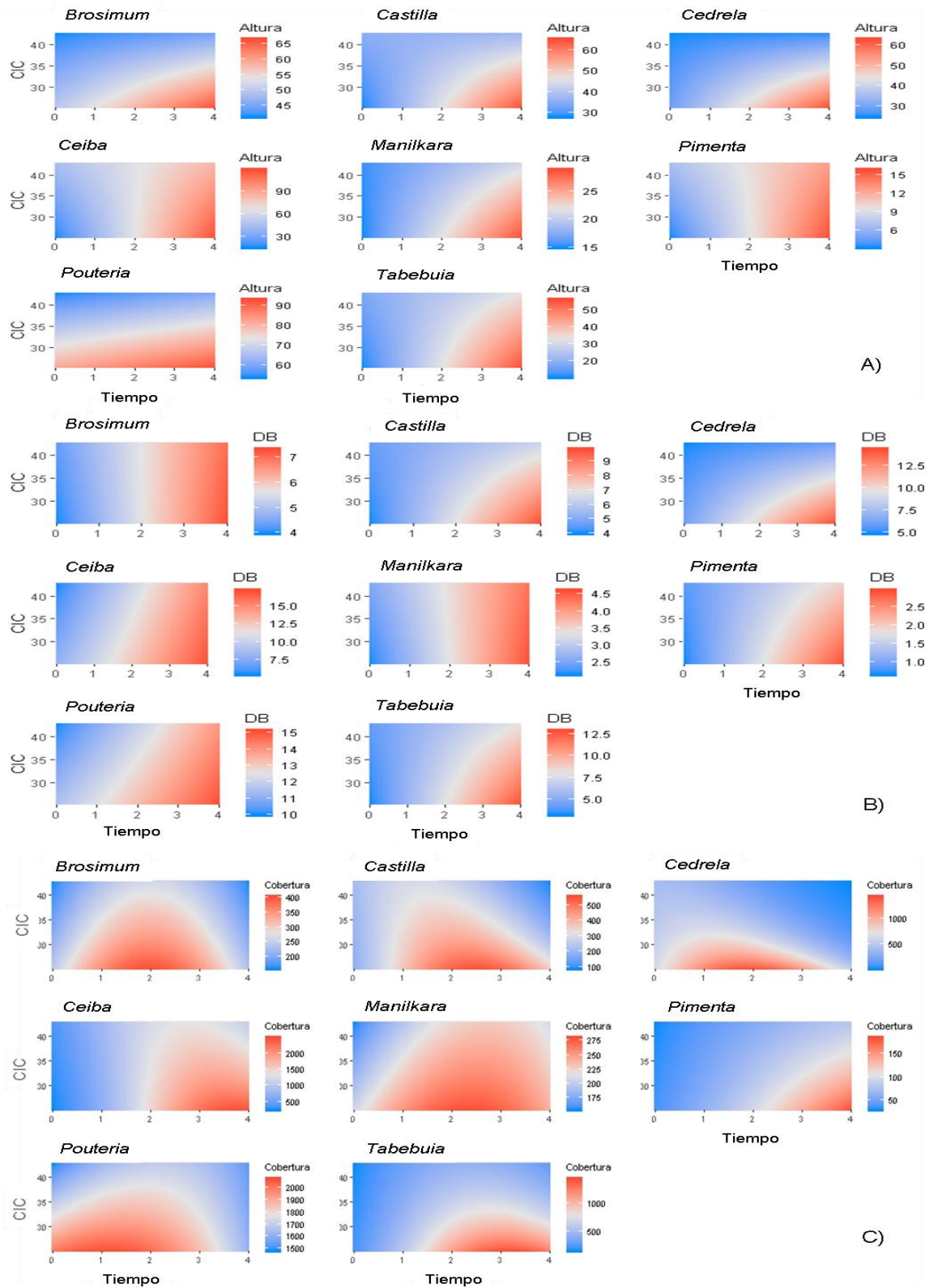


Fig. 7. Crecimiento en altura (cm) (A), diámetro basal (DB, mm) (B) y cobertura (cm<sup>2</sup>) (C) de las diferentes especies en las cinco fechas de evaluación en función de la CIC del suelo.

## Discusión

*Condiciones de sitio.* Con base en los resultados obtenidos en este estudio, se observa que las variables ambientales que influyen en la supervivencia y crecimiento de las especies son similares en ambos sitios de acahual. La cobertura de dosel, la pendiente y las variables edáficas CIC, pH, P, K y profundidad del suelo, tienen un efecto significativo en la supervivencia y crecimiento de las especies a un año de su establecimiento. Esto permite aceptar la hipótesis planteada, ya que la cobertura de dosel sí tiene un efecto en la supervivencia y el crecimiento de las especies, además de que la pendiente y las variables edáficas antes mencionadas son atributos que también influyen. Estos resultados suman a los reportados por Harms y Paine (2003), Campanello *et al.* (2011), Osborne (2012), Benítez-Malvido y Martínez-Ramos (2013), quienes argumentan que el establecimiento de especies en el trópico húmedo está determinado por factores bióticos y abióticos, como la disponibilidad de luz, agua, temperatura y nutrientes del suelo.

*Supervivencia de las especies.* El menor porcentaje de supervivencia lo presentó *Cedrela*, esta especie tiene un mayor riesgo en condiciones de pH tendientes a fuertemente ácidos ( $\text{pH} < 5.0$ ) y a doseles cerrados (70-95%), por lo que requiere de un dosel más abierto para su supervivencia, en coincidencia con resultados de Hayashida-Oliver *et al.* (2001) y Montero-Solís *et al.* (2011). *Pimenta* se ve beneficiada en su supervivencia bajo una cobertura de dosel cerrada ya que el riesgo de muerte de esta especie se incrementa al disminuir la cobertura de dosel, lo que coincide con la exposición de las plántulas en campo a condiciones de dosel abierto al inicio de su plantación; Martínez-Garza y Howe (2010) también encontraron una baja supervivencia de esta especie en condiciones similares. *Brosimum*, *Ceiba*, *Manilkara* y *Tabebuia*

muestran una alta supervivencia a un año de su establecimiento, como reportan Román-Dañobeytia *et al.* (2007) y Montero-Solís *et al.* (2011); sin embargo, nuestros datos contrastan con los resultados de pobre supervivencia (15.6%) reportados para *Brosimum* por Guzmán-Luna y Martínez-Garza (2016), así como lo reportado para *Manilkara* por Pérez-Hernández *et al.* (2011) en acahuales. Welden *et al.* (1991), Osunkoya *et al.* (1994), Wright (2002), Wright *et al.* (2003) y Osborne (2012) argumentan que algunas especies de ambiente tropical húmedo son tolerantes a bajas o altas condiciones de luz, así como a una variación continua de luz debido a cobertura variable del dosel. Nuestros resultados muestran que la supervivencia de *Brosimum*, *Manilkara* y *Pimenta* es propia de especies tolerantes a la sombra, ya que la supervivencia se favorece en condiciones de dosel cerrado, mientras que *Ceiba* y *Cedrela* se comportaron como especies intolerantes a la sombra, al sobrevivir mejor bajo doseles abiertos; *Castilla*, *Pouteria* y *Tabebuia* no mostraron un patrón claro de tolerancia/intolerancia a la sombra.

Diversos trabajos han documentado que las características fisicoquímicas de los suelos tropicales influyen en la disponibilidad de nutrientes, así como la cobertura de dosel como indicador de las condiciones de luz en el interior del bosque que repercute en la supervivencia de las especies (Chazdon *et al.* 1988, Denslow *et al.* 1990, Clark *et al.* 1996, Poorter 1999, Poorter y Werger 1999, Guariguata y Ostertag 2002, Walker y Reddell 2007, López-Toledo *et al.* 2008, Osborne 2012). Los resultados muestran que la supervivencia de todas las especies son sensibles a las condiciones de suelos fuertemente ácidos, en particular *Brosimum*.

*Crecimiento de las especies.* En cuanto a las variables de crecimiento, podemos interpretar que para el caso de *Ceiba* y *Tabebuia*, a mayor crecimiento en altura también alcanzaron mayor crecimiento en DB y en cobertura a un año de su establecimiento. El

menor crecimiento en altura lo muestran *Pouteria*, *Pimenta* y *Manilkara*; estas dos últimas especies también tienen el menor crecimiento en DB. La cobertura no es lineal en relación con el tiempo para algunas especies, como es el caso de *Cedrela*. Ello se puede explicar porque es una especie caducifolia que había perdido sus hojas al momento del último registro, como posible respuesta fenológica para un uso más eficiente de los nutrientes dirigidos a su crecimiento en altura y DB; esta pérdida del follaje tiene un efecto en el crecimiento y supervivencia de las plantas (Martínez-Garza y Howe 2010).

En este estudio se encontró que la fertilidad del suelo (estimada en parte por la CIC) y el grado de cobertura de dosel afectaron el crecimiento en la altura, el diámetro basal y la cobertura del follaje de las especies a lo largo del periodo estudiado. Se considera que la luz es el factor que más influencia tiene en el crecimiento de las plantas en el bosque tropical (Campanello *et al.* 2011). De manera convencional, se reconocen dos grupos funcionales de especies arbóreas de acuerdo a sus requerimientos de radiación solar durante el crecimiento. Aquellas especies que toleran las condiciones de sombra que prevalecen en el sotobosque de rodales con cobertura cerrada y las que requieren de mayor radiación solar, ya sea en claros o por heterogeneidad del ambiente lumínico en el sotobosque dada por el moteado de luz (Orians 1982, Denslow 1987, Swaine y Whitmore 1988, Whitmore 1989, Chazdon y Pearcy 1991, Clark y Clark 1992, Osborne 2012, Méndez-Dewar *et al.* 2014, 2015). Los resultados muestran que el crecimiento en altura y cobertura de *Ceiba* se da en un gradiente de cobertura del dosel entre 30 a 90% a partir de los seis meses de establecida la especie y que cuando el dosel es relativamente abierto (<60%) se observan mayores valores de crecimiento en DB. *Castilla*, *Cedrela* y *Tabebuia* requieren de condiciones de dosel abierto (30-60%), esto es, mayor iluminación del piso forestal para su crecimiento en altura y DB. Esto es congruente con su calificación como especies sucesionalmente tempranas e intermedias

de la vegetación secundaria, esto es especies relativamente demandantes de alta iluminación para su desarrollo (Vázquez-Yanes 1999, Peña-Becerril *et al.* 2005, Vozzo 2010).

También se pudo observar que las especies incluidas en este estudio responden en su crecimiento a condiciones favorables de fertilidad del suelo estimada con un CIC alto (25-40 cmol/kg) a muy alto (>40.1 cmol/kg). Un CIC alto se relaciona con la disponibilidad de nutrientes para las plantas, directamente con la disponibilidad de calcio, magnesio y potasio, así como el fósforo, nutriente que estimula el desarrollo radical y ayuda al establecimiento inicial de las plantas (Brady y Weill 1999, Muñoz-Iniestra *et al.* 2000, Guariguata y Ostertag 2002). Tanto el contenido de fósforo como el de potasio tuvieron en este estudio efectos significativos, el potasio sobre el crecimiento en altura y el diámetro basal, mientras el fosforo en la cobertura. El fósforo disponible en los suelos del área de estudio tiende a ser bajo (<5.5 mg/kg), como es común en los bosques tropicales (Reich *et al.* 2009, Wright *et al.* 2011, Yang *et al.* 2014). El contenido de potasio registrado en los suelos de los sitios de estudio tiende a valores muy bajos (<0.2 cmol/kg); se reporta que este nutriente es retenido en la fase de intercambio cuando la CIC es alta, quedando en la solución del suelo una mínima fracción que es asimilada rápidamente por las plantas, lo que genera niveles críticos en su disponibilidad (Fassbender y Bornemisza 1987, Jiménez-Espinosa 1993, Brady y Weill 1999, Arias-Jiménez 2001, Osborne 2012). En las capas superficiales del suelo (horizontes O y parte superior de A) es donde ocurre la actividad biológica y química del suelo, generándose el reciclamiento de nutrientes que permite abastecer a las plantas de nutrimentos, además de agua y oxígeno (Sánchez 1976, Brady y Weill 1999, Hernández-Jiménez *et al.* 2010). Las profundidades del suelo (20–127 cm) que se encontraron en el área de estudio también tuvieron efectos significativos. La importancia de la pendiente reside en que favorece o impide la formación y acumulación de suelo, así como la detención o

acumulación del agua en el perfil edáfico. Así, en pendientes ligeras hay una mayor acumulación y por lo tanto mayor profundidad para el crecimiento radical de las plantas, lo que ayuda al establecimiento de éstas; además de ser un indicador de la infiltración, escurrimiento superficial y humedad del suelo (Siebe *et al.* 2003, Lavelle y Spain 2005, García-Flores 2008).

Las especies de árboles tropicales incluidas en este estudio tienen requerimientos edáficos y de luz específicos en su establecimiento inicial en acahuals del bosque tropical húmedo. Se observa que *Brosimum*, *Manilkara*, *Pimenta* y *Pouteria* requieren de condiciones ambientales que proporcionan los acahuals en estado sucesional avanzado, mientras que *Castilla*, *Cedrela*, *Ceiba* y *Tabebuia* tienen requerimientos de especies sucesionalmente tempranas e intermedias de la vegetación secundaria. Lo anterior permite diferenciar a dos grupos funcionales entre las especies estudiadas en cuanto a los requerimientos ambientales para su supervivencia y crecimiento (Clark y Clark 1992, Rocha-Loredo *et al.* 2010). El conocimiento sobre los requerimientos ambientales de las especies para su establecimiento inicial es de suma importancia, ya que ello contribuye al éxito de todo el proceso de restauración forestal. La restauración de la cobertura forestal se considera como un mecanismo para lograr beneficios ambientales y sociales a largo plazo que contribuirán en la conservación de la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la mitigación del cambio climático en la "década de restauración del ecosistema 2021–2030" (United Nations General Assembly 2019, Bastin *et al.* 2019, Chazdon y Brancalion 2019).

*Conclusiones.* Las condiciones ambientales de los sitios fueron similares por lo que la supervivencia y el crecimiento de las especies no dependió de las condiciones particulares de cada sitio. Las variables que tienen un efecto significativo en la



supervivencia y el crecimiento de las especies son la cobertura de dosel, la pendiente, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el pH, el contenido de fósforo y potasio y la profundidad del suelo. El dosel tuvo efecto sobre la supervivencia y el crecimiento en la altura, el diámetro basal y la cobertura de las especies, así como la CIC lo fue para todas las variables de crecimiento. Los resultados de este estudio muestran los requerimientos para el establecimiento inicial de las especies estudiadas, las cuales pueden ser consideradas en los programas de restauración de la cobertura forestal que se implementan en las zonas tropicales, siempre que las comunidades locales como las estudiadas, aprecien los bienes y servicios que proporcionan.

## **Agradecimientos**

La primera autora agradece al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, No. Reg. 168333) por apoyar sus estudios de doctorado. Se agradece a la Rufford Foundation (Reino Unido) por las dos subvenciones otorgadas en 2016 y 2017 (19541-1 y 23400-2), a los proyectos IN206217 (UNAM) y CB-2013-01-221800 (CONACYT) a través de AC, así como a los fondos fiscales disponibles a MGE a través de ECOSUR. Se agradece al Colectivo Almandros por un Mundo Mejor (CAMUM) por su interés y apoyo en esta investigación realizada con su participación en sus territorios. Agradecemos a Henry E. Castañeda Ocaña, técnico en ECOSUR, por su apoyo en todas las actividades del trabajo de campo. Se agradece a la doctora Fabiola Parra (UNALM), a la doctora Consuelo Bonfil Sanders (UNAM), al doctor Neptalí Ramírez Marcial (ECOSUR), al doctor Hans Van der Wal (ECOSUR), al biólogo Juan Luis Viveros (CONABIO), al maestro Ramón Contreras (UIET) y a la licenciada Lucy Dale quienes apoyaron a JGF ante la Rufford Foundation.

## Referencias

- Achard F, Eva HD, Stibig HJ, Mayaux P, Gallego J, Richards T, Malingreau JP. 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science* **297**: 999-1002.
- Arias-Jiménez AC. 2001. *Suelos tropicales*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia, EUNED. 169 pp.
- Austin PC. 2017. A tutorial on multilevel survival analysis: Methods, models and applications. *International Statistical Review* **85**: 185–203.
- Barton K. 2018. MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.42.1. <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn> (acceso septiembre 10, 2018).
- Bastin JF, Finegold Y, Garcia C, Mollicone D, Rezende M, Routh D, Zohner MC, Crowther TW. 2019. The global tree restoration potential. *Science* **365**: 76-79.
- Benítez-Malvido J, Martínez-Ramos M. 2013. Longterm performance and herbivory of tree seedlings planted into primary and secondary forests of Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* **29**: 301-311.
- Bolker BM. 2015. Linear and generalized linear mixed models. In: Fox GA, Negrete-Yankelevich S, Sosa VJ (eds). *Ecological Statistics: Contemporary theory and application*. Oxford, UK: Oxford University Press, pp. 309–333.
- Bradshaw AD. 1987. Restoration: an acid test for ecology. In: Jordan III WR, Gilpin ME, Aber JD (eds). *Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research*. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press, pp. 23-29.
- Brady NC, Weill RR. 1999. *The nature and properties of soils*. 11th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall. 881 pp.
- Campanello PI, Gatti MG, Montti L, Villagra M, Goldstein G. 2011. Ser o no ser tolerante a la sombra: economía de agua y carbono en especies arbóreas del Bosque Atlántico (Misiones, Argentina). *Ecología Austral* **21**: 285-300.
- Carabias J, Durazo EP, Toledo C. 1994. *Manejo de los recursos naturales y pobreza rural*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica. 138 pp.
- Challenger A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Agrupación Sierra Madre. 847 pp.

- Challenger A, Soberón J. 2008. Los ecosistemas terrestres. En: *Capital natural de México, volumen I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 87-108.
- Chazdon RL. 2014. *Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation*. U.S.A: The University of Chicago Press. 429 pp.
- Chazdon R, Brancalion P. 2019. Restoring forests as a means to many ends. *Science* **365**: 24-25.
- Chazdon R, Pearcy RW. 1991. The importance of sunflecks for forest understory plants. *BioScience* **41**: 760-766.
- Chazdon RL, Williams K, Field CB. 1988. Interactions between crown structure and light environment in five rainforest Piper species. *American Journal of Botany* **75**: 1459-1471.
- Clark DA, Clark DB. 1992. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. *Ecological Monographs* **62**: 315-344.
- Clark DB, Clark DA, Rich PM, Weiss S, Oberbauer SF. 1996. Landscape-scale evaluation of understory light and canopy structures: methods and application in a neotropical lowland rain forest. *Canadian Journal of Forest Research* **26**: 747-757.
- Clark DA. 2007. Detecting tropical forests responses to global climatic and atmospheric change: current challenges and a way forward. *Biotropica* **39**: 4-19.
- Corona-Álvarez G. 2011. *Reintroducción de Quercus mexicana Bonpl. y Quercus rugosa Neé en la barranca de Tarango, México, D.F.* Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Correa-Morales JC, Salazar-Uribe JC. 2016. *Introducción a los modelos mixtos*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Escuela de Estadística. 257 pp.
- Denslow JS. 1987. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* **18**: 431-451.
- Denslow JS, Schultz JC, Vitousek P M, Strain BR. 1990. Growth responses of tropical shrubs to tree fall gap environments. *Ecology* **71**: 165-179.
- Diemont SA, Martin JF, Levy-Tacher SI, Nigh RB, Lopez PR, Golicher JD. 2006. Lacandon Maya forest management: restoration of soil fertility using native tree species. *Ecological Engineering* **28**: 205-212.
- Di Rienzo JA, Macchiavelli R, Casanoves F. 2017. *Modelos lineales generalizados mixtos aplicaciones en InfoStat*. Córdoba, Argentina: Edición especial. 101 pp.

- Durán-Fernández A, Aguirre-Rivera JR, Levy-Tacher SI, Nova JAD. 2018. Estructura de la selva alta perennifolia de Nahá, Chiapas, México. *Botanical Sciences* **96**: 218-245.
- Ewel JJ. 1987. Restoration is the ultimate test of ecological theory. In: Jordan III WR, Gilpin ME, Aber JD (eds). *Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research*. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press, pp. 31-33.
- Fassbender HW, Bornemisza E. 1987. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. 2a ed. San José, Costa Rica: Servicio Editorial IICA. 423 pp.
- Fox J, Weisberg S. 2011. *An R companion to applied regression*. 2nd edn. SAGE Publications. Thousand Oaks CA: Sage. 449 pp. <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion-2E/index.html>. (acceso noviembre 13, 2019).
- Gallery RE. 2014. Ecology of Tropical Rain Forests. In: Monson R (ed). *Ecology and the Environment*. New York, NY: Springer, pp. 247-272.
- García E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Serie Libros, número 6. 5ta ed. México, DF: Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 90 pp.
- García-Flores J. 2008. *Diagnóstico ambiental de las unidades naturales de la estación de restauración ecológica "Barrancas del río Tembembe", con fines de restauración*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García-Flores J, González-Espinosa M, Lindig-Cisneros R, Casas A. 2019. Traditional medicinal knowledge of tropical trees and its value for restoration of tropical forests. *Botanical Sciences* **97**: 336-354.
- García-Flores J, González-Espinosa M, Lindig-Cisneros R, Casas A. (artículo en preparación). Germinación y supervivencia de nueve especies de árboles nativos del bosque tropical húmedo de la región Sierra, Tabasco, México. Artículo en preparación.
- Ghazoul J, Sheil D. 2010. *Tropical rain forest ecology, diversity, and conservation (No. 577.34 G4)*. Oxford, UK: Oxford University Press. 516 pp.
- Gómez-Pompa A. 1998. La conservación de la biodiversidad en México: mitos y realidades. *Botanical Sciences* **63**: 33-41.
- González-Espinosa M, Ramírez-Marcial N, Camacho-Cruz A, Holz SC, Rey-Benayas JM, Parra-Vázquez MR. 2007. Restauración de bosques en territorios indígenas de Chiapas: modelos ecológicos y estrategias de acción. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **80** (Suplemento):11-23.

- Guariguata MR, Ostertag R. 2002. Sucesión secundaria. En: Guariguata MR, Kattan GH (eds). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Cartago, Costa Rica: Libro Universitario Regional, Editorial Tecnológica, pp. 591-623.
- Guzmán-Luna A, Martínez-Garza C. 2016. Performance of 15 tropical tree species recruited or transplanted on restoration settings. *Botanical Sciences* **94**: 757-773.
- Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC. 1999. *Análisis multivariante*. 5a ed. Madrid, España: Prentice Hall. 832 pp.
- Harms KE, Paine CET. 2003. Regeneración de los árboles tropicales e implicaciones para el manejo de bosques naturales. *Revista Ecosistemas* **12**:16.
- Harrison XA, Donaldson L, Correa-Cano ME, Evans J, Fisher DN, Goodwin C, Robinson B, Hodgson DJ, Inger R. 2018. A brief introduction to mixed effects modelling and multi-model inference in ecology. *PeerJ Preprints* **6**: e3113v2.
- Hayashida-Oliver Y, Boot RG, Poorter L. 2001. Influencia de la disponibilidad de agua y luz en el crecimiento y la morfología de plantines de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Bertholletia excelsa*. *Ecología en Bolivia* **35**: 51-60.
- Hernández-Jiménez A, Bojórquez SJI, Morell PF, Cabrera RA, Ascanio GMO, García PJD, Madueño MA. 2010. *Fundamentos de la estructura de suelos tropicales*. México, Nayarit: Universidad Autónoma de Nayarit, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 76 pp.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2005. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tacotalpa, Tabasco*. Clave geoestadística 27015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2010. *Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2015. *Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2015*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Jiménez-Espinosa A. 1993. *Potasio en Suelos Tropicales*. INPOFOS-Informe Técnico. Norte de América Latina. 11 pp.
- Jordan III WR, Gilpin ME, Aber JD. 1987. Restoration ecology: ecological restoration as a technique for basic research. In: Jordan III WR, Gilpin ME, Aber JD (eds). *Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research*. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press, pp. 3-22.

- Koleff P, Urquiza-Haas T, Contreras B. 2012. Prioridades de conservación de los bosques tropicales en México: reflexiones sobre su estado de conservación y manejo. *Ecosistemas* **21**: 6-20.
- Lavelle P, Spain AV. 2005. *Soil ecology*. Dordrecht, Netherlands: Springer. 663 pp.
- Levy-Tacher S, Ramírez-Marcial N, González-Espinosa M, Román-Dañobeytia F. 2012. Rehabilitación ecológica de áreas agropecuarias degradadas en la selva Lacandona: una alternativa fincada en el conocimiento ecológico tradicional maya. En: Bello BE, Naranjo PEJ, Vandame R (eds). *La otra innovación para el ambiente y la sociedad en la frontera Sur de México*. México, Chiapas: El Colegio de la Frontera Sur, Red de Espacios de Innovación Socioambiental, pp. 248-258.
- Lewis SL, Edwards DP, Galbraith D. 2015. Increasing human dominance of tropical forests. *Science* **349**: 827-832.
- Lindig-Cisneros R. 2017. *Ecología de la restauración y restauración ambiental*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México. 321 pp.
- López-Toledo L, Martínez M, Van Breugel M, Sterck FJ. 2008. Soil and light effects on the sapling performance of the shade-tolerant species *Brosimum alicastrum* (Moraceae) in a Mexican tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology* **24**: 629-637.
- Márquez-Huitzil R. 2005. Fundamentos teóricos y convenciones para la restauración ecológica: aplicación de conceptos y teorías a la resolución de problemas en restauración. En: Sánchez O, Peters E, Márquez-Huitzil R, Vega E, Portales G, Valdés M, Azuara D (eds). *Temas sobre restauración ecológica*. México, DF: Instituto Nacional de Ecología, pp. 159-168.
- Martínez-Garza C, Howe HF. 2010. Características foliares y tasas vitales de árboles sucesionales tardíos de un bosque tropical perennifolio. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **86**: 1-10.
- Martínez-Ramos M, García-Orth X. 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **80**: 69-84.
- Masera O, Ordóñez MJ, Dirzo R. 1992. Emisiones de carbono a partir de la deforestación en México. *Ciencia* **43**: 151-153.
- Méndez-Dewar G, González-Espinosa M, Equihua M. 2014. Spatial heterogeneity of light and tree sapling responses in the understory of disturbed montane forests. *iForest - Biogeosciences and Forestry* **8**: 448-455.

- Méndez-Dewar G, González-Espinosa M, Equihua M. 2015. From seedling to sapling: Tree species responses to spatial and temporal understory light heterogeneity. *Botanical Sciences* **93**: 719-729.
- Miranda F, Hernández-X. E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **28**:29-179.
- Montagnini F, Fanzeres A, Da Vinha SG. 1995. The potentials of 20 indigenous tree species for soil rehabilitation in the Atlantic forest region of Bahia, Brazil. *Journal of Applied Ecology* **32**: 841-856.
- Montero-Solís FM, Valdez-Hernández JI, De Los Santos PHM, Cetina Alcalá VM, Sánchez-Velázquez LR. 2011. Crecimiento inicial de especies arbóreas multipropósito en un terreno ganadero del norte de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* **2**: 53-68.
- Mostacedo B, Fredericksen TS. 2000. *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz, Bolivia: Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOS). 87 pp.
- Muñoz-Iniestra DJ, Mendoza-Cantú A, López-Galindo F, Soler-Aburto A, Hernández-Moreno MM. 2000. *Manual de métodos de análisis de suelos*. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, 82 pp.
- Ochoa-Gaona S, Zamora CLF, Reyes DA, Ramírez MDS, Hernández de la Cruz S. 2009. *Manejo, colecta y caracterización de seis especies de árboles nativos con potencial para la restauración de humedales*. México, Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur. 69 pp.
- Orians GH. 1982. The influence of tree-falls in tropical forests in tree species richness. Influencia de los claros del bosque tropical en la riqueza de especies de árboles. *Tropical Ecology* **23**: 255-279.
- Osborne PL. 2012. *Tropical ecosystems and ecological concepts*. 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 522 pp.
- Osunkoya OO, Ash JE, Hopkins MS, Graham AW. 1994. Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance of rain-forest tree species in Northern Queensland. *Journal of Ecology* **82**: 149–163.
- Palma-López DJ, Cisneros DJ, Moreno CE, Rincón-Ramírez JA. 2007. *Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable*. México, Tabasco: Colegio de Posgraduados, ISPROTAB, Fundación Produce Tabasco. 199 pp.
- Parker T. 2008. *Trees of Guatemala*. Austin, Texas: The Tree Press. 1033 pp.

- Pennington TD, Sarukhán J. 2005. Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. 3a. ed. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica. 523 pp.
- Peña-Becerril JC, Monroy-Ata A, Álvarez-Sánchez FJ, Orozco-Almanza M. 2005. Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. *TIP. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* **8**: 91-98.
- Pérez-Hernández I, Ochoa-Gaona S, Vargas-Simón G, Mendoza-Carranza M, González-Valdivia NA. 2011. Germinación y supervivencia de seis especies nativas de un bosque tropical de Tabasco, México. *Madera y Bosques* **17**: 71-91.
- Pérez-Ortíz MA, Siebe C, Cram S. 2005. Diferenciación geográfica de Tabasco. En: Bueno J, Álvarez F, Santiago S (eds). *Biodiversidad del estado de Tabasco*. Cap. 14. México, DF: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 305-321.
- Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D, Team RC. 2018. *nlme: linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-137*. R Found. Stat. Comput. <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>. (acceso febrero 6, 2019).
- Plascencia-Vargas H, González-Espinosa M, Ramírez-Marcial N, Álvarez-Solís D, Musálem-Castillejos K. 2014. Características físico-bióticas de la cuenca del río Grijalva. En: González-Espinosa M, Brunel-Manse MC (coords). *Montañas, pueblos y agua: dimensiones y realidades de la Cuenca Grijalva*. Volumen I. México: El Colegio de la Frontera Sur, Juan Pablos Editor, pp. 29-79.
- Poorter L. 1999. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. *Functional Ecology* **13**: 396-410.
- Poorter L, Werger MJ. 1999. Light environment, sapling architecture, and leaf display in six rain forest tree species. *American Journal of Botany* **86**: 1464-1473.
- Prance GT. 1991. A commentary on: Tropical forests: present status and future outlook. *Climatic Change* **19**: 33–35.
- R Core Team. 2018. *R: A language and environment for statistical computing, v 3.5.2*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/> (acceso septiembre 20, 2018).
- Ramírez-Marcial N, Luna-Gómez A, Castañeda-Ocaña HE, Martínez-Icó M, Holz SC, Camacho-Cruz A, González-Espinosa M. 2012. *Guía de propagación de árboles*



*nativos para la recuperación de bosques*. México, Chiapas: El Colegio de la Frontera Sur. 95 p.

- Ramírez-Marcial N, González-Espinosa M, Musálem-Castillejos K, Noguera-Savelli E, Gómez-Pineda E. 2014. Estrategias para una construcción social de la restauración forestal en comunidades de la cuenca media y alta del río Grijalva. En: González-Espinosa M, Brunel-Manse MC (coords). *Montañas, pueblos y agua: dimensiones y realidades de la Cuenca Grijalva*. Volumen II. México: El Colegio de la Frontera Sur, Juan Pablos Editor, pp. 528-564.
- Reich PB, Oleksyn J, Wright IJ. 2009. Leaf phosphorus influences the photosynthesis–nitrogen relation: a cross-biome analysis of 314 species. *Oecologia* **160**: 207-212.
- Rocha-Loredo AG, Ramírez-Marcial N, González-Espinosa M. 2010. Riqueza y diversidad de árboles del bosque tropical caducifolio en la depresión central de Chiapas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **87**: 89-103.
- Román-Dañobeytia F, Levy-Tacher S, Perales-Rivera H, Ramírez-Marcial N, Douterlungne D, López-Mendoza S. 2007. Establecimiento de seis especies arbóreas nativas en un pastizal degradado en la selva Lacandona, Chiapas, México. *Ecología Aplicada* **6**: 1-8.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. México, DF: Limusa. 432 pp.
- Sánchez PA. 1976. *Properties and management of soils in the tropics*. 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 666 pp.
- Sánchez-Munguía A. 2005. *Uso del suelo agropecuario y deforestación en Tabasco 1950-2000*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Colección José N. Roviroso. 123 pp.
- Sarukhán J, Urquiza-Haas T, Koleff P, Carabias J, Dirzo R, Ezcurra E, Cerdeira-Estrada S, Soberón J. 2015. Strategic actions to value, conserve, and restore the natural capital of megadiversity countries: The case of Mexico. *BioScience* **65**: 164–173.
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2002. *Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT- 2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis*. Diario Oficial de la Federación. 2da Sección, 31 de diciembre de 2002.
- Siebe C, Bocco G, Sánchez J, Velázquez A. 2003. Suelos: distribución, características y potencial de uso. En: Velázquez A, Torres A, Bocco G (compiladores). *Las enseñanzas de San Juan: investigación participativa para el manejo integral de*

- recursos naturales*. México, DF: Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, pp. 127-163.
- SER [Society for Ecological Restoration International, Grupo de trabajo sobre ciencias y políticas]. 2004. *Ponencia introductoria de SER International sobre la restauración ecológica*. [www.ser.org](http://www.ser.org) y Tucson: Society for Ecological Restoration International. 15 pp.
- Sokal RR, Rohlf FJ. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 3a ed. New York, USA: Freeman. 776 pp.
- Swaine MD, Whitmore TC. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio* **75**: 81-86.
- United Nations General Assembly. 2019. *Resolution adopted by the general assembly on 1 March 2019. United Nations Decade on Ecosystem Restoration (2021–2030)*. A/RES/73/284. [www.un.org/en/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/73/284](http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/73/284). (acceso septiembre 09, 2019)
- Vázquez-Yanes C, Batis MAI, Alcocer SMI, Gual DM, Sánchez DC. 1999. *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. 263 pp.
- Vozzo JA. 2010. *Manual de semillas de árboles tropicales*. Washington, DC: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. 887 p.
- Walker J, Reddell P. 2007. Retrogressive succession and restoration on old landscapes. In: Walker LR, Walker J, Hobbs RJ (eds). *Linking restoration and ecological succession*. Nueva York, USA: Springer, Pp. 69-89.
- Welden CW, Hewett SW, Hubbell SP, Foster RB. 1991. Sapling survival, growth and recruitment: relationship to canopy height in a neotropical forest. *Ecology* **72**: 35–50.
- Whitmore TC. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology* **70**: 536-538.
- Wright JS. 2002. Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. *Oecologia* **130**: 1-14.
- Wright SJ, Muller-Landau HC, Condit R, Hubbell SP. 2003. Gap-dependent recruitment, realized vital rates, and size distributions of tropical trees. *Ecology* **84**: 3174-3185.
- Wright, SJ, Yavitt JB, Wurzburger N, Turner BL, Tanner EV, Sayer EJ, Santiago L S, Kaspari M, Hedin LO, Harms KE, García MN, Corre MD. 2011. Potassium,

phosphorus, or nitrogen limit root allocation, tree growth, or litter production in a lowland tropical forest. *Ecology* **92**: 1616-1625.

Yang X, Thornton PE, Ricciuto DM, Post WM. 2014. The role of phosphorus dynamics in tropical forests a modeling study using CLM-CNP. *Biogeosciences* **11**: 1667-1681.

## Apéndice

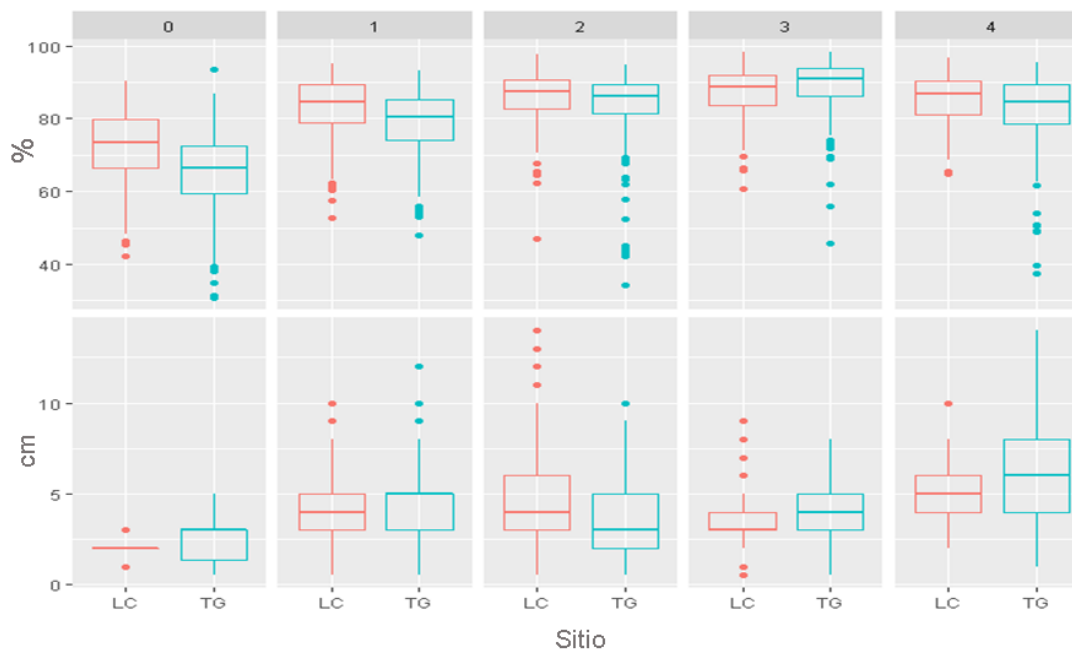


Fig. A1. Cobertura del dosel (%) y espesor del mantillo (cm) en los dos sitios de estudio en las cinco fechas de evaluación. LC = La Cumbre, TG = Tomás Garrido Canabal. 0 = inicio plantación 1 = 3 meses, 2 = 6 meses, 3 = 9 meses, 4 = 12 meses.

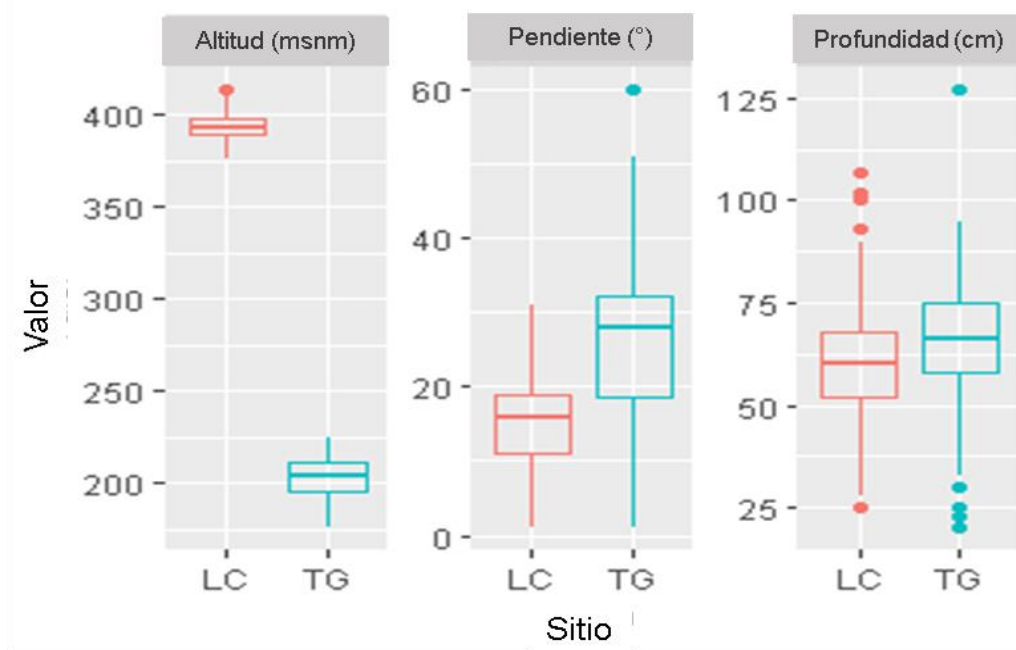


Fig. A2. Altitud, pendiente y profundidad del suelo en ambos sitios de estudio; LC = La Cumbre, TG = Tomás Garrido Canabal.

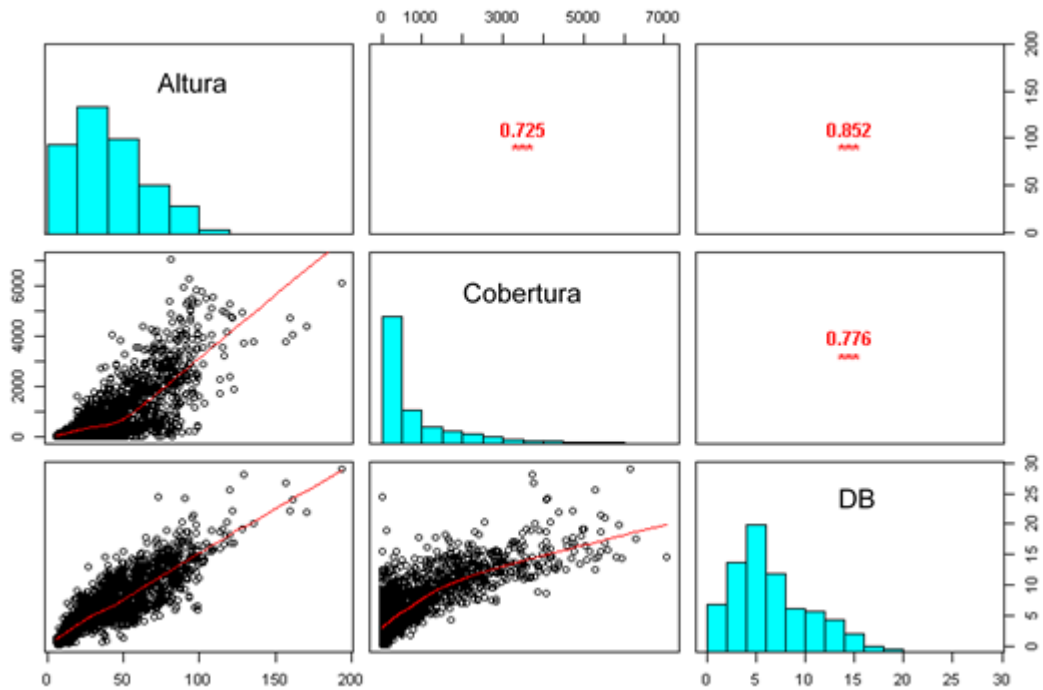


Fig. A3. Correlación de Pearson entre las variables de crecimiento altura (cm), diámetro basal (DB, mm) y cobertura (cm<sup>2</sup>) de las especies. Las tres variables tienen una fuerte correlación, particularmente altura y diámetro basal.

Cuadro A1. Análisis de devianza de la variable de respuesta *altura* y sus interacciones significativas,  $R^2_m=0.983$ ,  $R^2_c=0.999$ ,  $p \leq 0.001=***$ ,  $p \leq 0.01=**$ ,  $p \leq 0.05=*$

Altura			
Variable	$\chi^2$	Gl	P
Especie	8622.3242	7	***
Tiempo	446.2514	1	***
Pendiente	8.6426	1	**
Fósforo	7.9535	1	**
Ph	4.2419	1	*
Arena	9.2621	1	**
Dosel	8.0141	1	**
especie:tiempo	235.8196	7	***
especie:pendiente	26.3852	7	***
especie:profundidad	31.4437	7	***
especie:fosforo	64.4414	7	***
especie:pH	57.5406	7	***
especie:potasio	113.6885	7	***
especie:CIC	55.1694	7	***
especie:arena	38.224	7	***
tiempo:fósforo	18.872	1	***
tiempo:CIC	39.6907	1	***
tiempo:dosel	46.504	1	***
especie:tiempo:potasio	25.2899	7	***
especie:tiempo:CIC	29.8132	7	***
especie:tiempo:dosel	75.6434	7	***

Cuadro A2. Análisis de devianza de la variable de respuesta *diámetro basal* y sus interacciones significativas,  $R^2_m=0.984$ ,  $R^2_c=0.994$ ,  $p \leq 0.001=***$ ,  $p \leq 0.01=**$ ,  $p \leq 0.05=*$ .

Diámetro basal			
Variable	$\chi^2$	Gl	P
Especie	10293.164	7	***
Tiempo	866.3263	1	***
Dosel	23.1663	1	***
especie:tiempo	341.1698	7	***
especie:pendiente	21.9354	7	**
especie:profundidad	27.3909	7	***
especie:fósforo	39.4148	7	***
especie:pH	108.1333	7	***
especie:potasio	56.4314	7	***
especie:CIC	40.9529	7	***
especie:arena	23.4699	7	**
tiempo:pendiente	4.7282	1	*
tiempo:profundidad	13.6784	1	***
tiempo:pH	11.0909	1	***
tiempo:CIC	26.3519	1	***
tiempo:dosel	60.5527	1	***
especie:tiempo:pendiente	18.9758	7	**
especie:tiempo:pH	22.9729	7	**
especie:tiempo:potasio	19.63	7	**
especie:tiempo:CIC	28.1362	7	***
especie:tiempo:dosel	64.6985	7	***

Cuadro A3. Análisis de devianza de la variable de respuesta *cobertura* y sus interacciones significativas,  $R^2_m=0.675$ ,  $R^2_c=0.704$ ,  $p \leq 0.001=***$ ,  $p \leq 0.01=**$ ,  $p \leq 0.05=*$ .

log(cobertura)			
Variable	$\chi^2$	Gl	P
Especie	3035.3706	7	***
Tiempo	120.7329	1	***
Potasio	7.2808	1	**
CIC	11.6487	1	***
l(tiempo^2)	93.7761	1	***
especie:tiempo	40.9048	7	***
especie:pendiente	25.709	7	***
especie:profundidad	14.1075	7	*
especie:fósforo	23.0665	7	**
especie:pH	48.8061	7	***
especie:potasio	44.0239	7	***
especie:CIC	24.6358	7	***
especie:arena	29.8286	7	***
especie:dosel	14.2165	7	*
tiempo:fósforo	9.8195	1	**
tiempo:pH	4.2311	1	*
tiempo:CIC	8.3146	1	**
especie:l(tiempo^2)	30.7524	7	***
especie:tiempo:profundidad	16.1473	7	*
especie:tiempo:fósforo	17.5432	7	*
especie:tiempo:pH	17.9017	7	*
especie:tiempo:CIC	16.283	7	*
especie:tiempo:dosel	14.211	7	*



## Capítulo 5

### Discusión general y conclusiones

La investigación etnobotánica resultó eficaz para identificar aquellas especies arbóreas con mayor interés para la restauración por las comunidades locales. Son en principio plantas con usos medicinales, pero en realidad son especies de usos múltiples. Su aprovechamiento incorpora una base cultural para establecer criterios de interés comunitario para mantener los recursos. La investigación ecológica aportó información sobre el papel de tales especies en los ecosistemas que se busca restaurar e información autoecológica sobre su germinación, establecimiento y supervivencia, así como su asociación con otras especies; información que integralmente puede ser útil para normar criterios y diseñar estrategias de restauración.

La participación activa de las comunidades locales es esencial para generar procesos sociales para la restauración de los ecosistemas de un área dada (Cardona-Carlin 2005, García-Frapolli y Lindig-Cisneros 2011, Gómez-Pineda *et al.* 2014, Ramírez-Marcial *et al.* 2014, García-Barrios *et al.* 2017, Reyes-García *et al.* 2019). Si no se genera una participación efectiva de la población, se pueden frenar los proyectos de restauración que desde diferentes puntos de vista eran importantes y viables (García-Flores 2008, Bonfil *et al.* 2016). En la presente investigación se resalta la participación que tuvo la población a través del colectivo comunitario “Colectivo Almandros por un Mundo Mejor” (CAMUM). El colectivo se conformó en el año 2014 con integrantes de las comunidades de Oxolotán, Tomás Garrido Canabal, Cerro Blanco Quinta Sección, La Cumbre y La Pila, pertenecientes al municipio de Tacotalpa, Tabasco, cuya visión se ha enmarcado en el cuidado, protección, conservación y restauración de sus recursos naturales. En la región de estudio se ha dado un amplio proceso de deforestación del bosque tropical húmedo a gran escala desde la década de 1940-1950, con cambios de uso de suelo

forestal a potreros para ganadería bovina extensiva desde finales de los años treinta, que ha tenido severas consecuencias de degradación ambiental hasta el presente (Tudela 1989, Sánchez-Munguía 2005). Las consecuencias ambientales por la carencia de una cobertura vegetal se manifiestan en la desecación y compactación de los suelos debido a la incidencia directa de la radiación solar, la pérdida de nutrientes de los suelos por lixiviación y el arrastre de materia orgánica laderas abajo por fuertes escorrentías; la simplificación del ecosistema por disminución drástica de la diversidad de especies, y el desequilibrio del ciclo hidrológico (Tudela 1989, Sayer y Whitmore 1991, Osborne 2012), lo cual repercute fuertemente en los modos de vida de las poblaciones (Senos *et al.* 2006, Gómez-Pineda *et al.* 2014). Los colaboradores locales de las comunidades expresaron que cada año se observan deslizamientos de suelo cerca de sus asentamientos, lo que ha traído como consecuencia pérdidas materiales y de vidas humanas. También se ha mencionado la disminución del caudal de riachuelos que mantienen su flujo todo el año y del agua de manantiales, que abastecen a algunas de las comunidades (como Tomás Garrido y La Cumbre), lo cual han provocado escasez para el consumo en el hogar y para las diferentes actividades de la población. La participación de CAMUM ha sido determinante para el desarrollo de los objetivos planteados en esta tesis. Su participación e involucramiento han permitido generar acuerdos a largo plazo sobre el cuidado y monitoreo de las especies establecidas en los acahuals de las comunidades de Tomás Garrido y La Cumbre, además de la continua activación del vivero comunitario para reproducir especies de interés local que pueden ser reintroducidas en terrenos de propiedad particular y comunal.

La documentación del conocimiento tradicional asociado a especies de árboles medicinales nativos del bosque tropical húmedo pretende aportar información a los inventarios sobre medicina tradicional del estado de Tabasco, los cuales generalmente incluyen en mayor proporción especies herbáceas, tanto nativas como exóticas, y cuyo

mantenimiento se da principalmente en los huertos y solares (Maldonado-Mares 2002, Magaña-Alejandro *et al.* 2010, Gómez-Álvarez 2012, Mariaca-Méndez 2012). En este estudio se presenta información sobre el estado actual del conocimiento tradicional medicinal de especies arbóreas, cuya riqueza mantienen en la memoria y ponen en práctica las mujeres, como sucede también en muchas otras regiones tropicales (Kainer y Duryea 1992, Kothari 2003, Voeks 2007, Quinlan y Quinlan 2007, Silalahi *et al.* 2015). El conocimiento medicinal tradicional en la región se usa para atender diversas afecciones como las gastrointestinales, respiratorias, dolores corporales, viruela, sarampión, varicela, oculares, dermatológicas, las relacionadas al daño por brujería, maldad o posesión del alma y espíritu, entre otras que son recurrentes en las poblaciones rurales (Sepúlveda 1993, Bronfman 1994, Gómez-Álvarez 2012, García-Flores *et al.* 2019). La preservación del recurso vegetal medicinal se relaciona con la disponibilidad de uso para la atención de las diferentes afecciones que padece la población de la región (García-Flores *et al.* 2019) y el uso constante y la permanencia del conocimiento para la práctica médica con las plantas, tiende a mantener vigente su valor cultural (Toledo *et al.* 1995, Toledo 2005, Sheil y Lawrence 2004, Reyes-Tagle 2007, González-Cruz *et al.* 2014). Lo anterior ha sido de gran interés para el CAMUM y se ha manifestado con su participación activa y el compromiso de dar continuidad al proyecto de restauración iniciado en su región.

Las especies seleccionadas tienen el aprecio de la población local por los beneficios medicinales que les brindan y por su creciente escasez; lo que se manifiesta en la importancia cultural y ecológica local sobre la especie (García-Flores *et al.* 2019). El caso de *Brosimum alicastrum* es un ejemplo de baja disponibilidad del recurso asociado a un bajo valor cultural, ya que al no disponer del recurso la práctica tradicional medicinal se ha visto limitada. Localmente esta especie es conocida como *osh* y se

reconoce la dificultad de su regeneración natural (o “que críen solos”, como lo dice la población), debido a las condiciones ambientales de los sitios dónde se desearía su recuperación, como los acahuales en estado sucesional temprano. López (1980) y Cano *et al.* (2009) han reportado que *Brosimum alicastrum* era una especie dominante en fragmentos de bosque tropical húmedo de la región Sierra, Tabasco, que actualmente se encuentran convertidos en potreros y acahuales. Otro caso, es *Cedrela odorata*, especie sujeta a protección especial (NOM-059, SEMARNAT 2010) debido a su baja población (Hernández-Ramos *et al.* 2018).

Las acciones de restauración enfocadas en la reproducción de especies en condiciones locales tienden a facilitar el éxito en el establecimiento, debido al previo acondicionamiento de la especie al ambiente particular de la región (Douterlungne y Ferguson 2012, Ramírez-Marcial *et al.* 2012). Así, la propagación de especies en viveros comunitarios cercanos a las áreas de plantación se vuelve una ventaja, ya que las plantas se mantienen con ciertos cuidados hasta el momento de su trasplante (Martínez-Ramos y García-Orth 2007, Ferguson y Golicher 2013). Para el cuidado de las plantas es necesario brindar capacitación sobre el mantenimiento en vivero de las especies a la población local (Ramírez-Marcial *et al.* 2012). El CAMUN se ha hecho cargo del vivero comunitario establecido en la comunidad de Oxolotán para la germinación de las semillas y del vivero establecido en Tomás Garrido para el cuidado de las plantas, lo cual ha sido benéfico al proceso de involucramiento de la población en la restauración de sus bosques.

En este estudio se reconocieron especies con semillas recalcitrantes, ortodoxas e intermedias, lo cual está relacionado con su capacidad y tiempo necesario de germinación (Norden *et al.* 2009, Vozzo 2010). *Brosimum alicastrum*, *Cedrela odorata*,

*Ceiba pentandra*, *Guazuma ulmifolia* y *Tabebuia rosea* alcanzaron su máxima germinación entre los 15 a 35 días, lo que muestra que en aproximadamente un mes se puede contar con plántulas de estas especies. Datos similares son reportados por los trabajos de Vázquez-Yanes *et al.* (1999), Benítez *et al.* (2004) y Ochoa-Gaona *et al.* (2009), (2012). En este estudio *Cedrela odorata* fue la única especie con una germinación superior a 90% sin aplicarse algún tratamiento pregerminativo, como sí lo reportan necesario Quinto *et al.* (2009), Chan-Quijano *et al.* (2012) y Espitia *et al.* (2016) para obtener altos porcentajes de germinación. Las especies *Annona reticulata*, *Ceiba pentandra* y *Guazuma ulmifolia* tuvieron porcentajes menores a 15%, por lo que se sugiere que se empleen tratamientos de rompimiento de la latencia diferentes a los aquí usados para la obtención de un mayor número de plantas, seguido de una evaluación de la viabilidad de las semillas. Igualmente, para *Brosimum alicastrum*, *Castilla elastica*, *Pimenta dioica*, *Pouteria sapota* y *Tabebuia rosea* que mostraron porcentajes de germinación no mayores a 65%, se debiera considerar algún tratamiento previo a la germinación, aunque algunos reportes en la literatura señalan que no son necesarios (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, Vozzo 2010). A pesar de la baja germinación de las anteriores especies, junto con *Cedrela odorata* mostraron porcentajes de supervivencia por arriba de 90% en condiciones de vivero comunitario. En los procesos de restauración es necesario conocer las características morfológicas y fisiológicas de las semillas y sus requerimientos para la germinación, ya que ello permitirá la obtención de plantas de calidad para las fases siguientes como el del establecimiento (Moreno-Casasola 1976, Vázquez-Yanes 1979,1980, González 1991, Norden *et al.* 2009, Pérez-Hernández *et al.* 2011, Orantes-García *et al.* 2013).

Para llevar a cabo el ensayo de restauración se requirió de las plantas producidas y mantenidas en los viveros comunitarios. Sin embargo, debido al escaso número

conseguido de plantas de algunas especies y por el espacio disponible en los acahuales, sólo se pudieron considerar siete especies para ser plantadas en el acahual de Tomás Garrido Canabal y ocho especies en el acahual de La Cumbre. Al cabo de un año, se pudo observar que los requerimientos ambientales para la supervivencia y crecimiento en altura, diámetro basal y cobertura de copa de las especies se asocia a condiciones particulares de luz del sotobosque y a características fisicoquímicas del suelo como los son la capacidad de intercambio catiónico, el fósforo, el potasio, el pH y la profundidad del suelo. Se observó que *Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota*, *Pimenta dioica* y *Pouteria sapota* requieren de condiciones ambientales que proporcionan los acahuales en estado sucesional relativamente avanzado, mientras que *Castilla elastica*, *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra* y *Tabebuia rosea* tienen requerimientos de especies propias de etapas sucesionalmente tempranas o intermedias de la vegetación secundaria. El ensayo de restauración en los acahuales brinda resultados sobre los requerimientos ecológicos de las especies en las etapas iniciales de su ciclo biológico que inciden en su establecimiento. Estos resultados contribuyen al conocimiento autoecológico básico de las especies, que se deberán considerar al tomar decisiones sobre los sitios que se quieren restaurar. Diversos autores han abordado que las especies vegetales tropicales tienen como condicionantes para su crecimiento y supervivencia al factor luz y suelo (Denslow 1987, Guariguata y Ostertag 2002, Walker y Reddell 2007, López-Toledo *et al.* 2008, Osborne 2012, Benítez-Malvido y Martínez-Ramos 2013).

En esta investigación se efectuaron acciones de restauración basadas en el enriquecimiento de acahuales, ya que las especies *Castilla elastica*, *Manilkara zapota*, *Pimenta dioica* y *Pouteria sapota* plantadas en las parcelas de la comunidad La Cumbre, y las mismas, junto con *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea* plantadas en las parcelas de la comunidad de Tomás Garrido, no se registraron en el inventario florístico efectuado en las parcelas. Sin embargo, todas las especies (excepto *Castilla elastica* y *Pimenta dioica*)

sí se registraron en el inventario obtenido de los relictos de vegetación relativamente poco perturbados de las dos localidades (véanse los listados de vegetación en los cuadros A1-A4 del Apéndice). El registro de la composición florística en los relictos está estimado en 108 especies arbóreas en una hectárea (datos estimados de 10 relictos de 1000 m<sup>2</sup>). En la misma región López (1980), reportó 81 especies de árboles y en sistemas similares como los alrededores de la Zona Arqueológica de Bonampak, Meave del Castillo (1983) reportó 160 especies de árboles y en la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Flores (1971) reportó 73 especies arbóreas, en la misma superficie. Se deberán analizar datos actuales sobre la composición florística de sistemas similares a los del área de estudio, con la finalidad de reconocer el grado de perturbación de los relictos de vegetación de bosque tropical húmedo que se mantienen en la región (ello, no es abordado en la presente investigación).

Se esperaba que el ensayo de restauración ecológica iniciado en las comunidades de estudio de la región Sierra en el estado de Tabasco, brinde beneficios ambientales y sociales a largo plazo, que trasciendan positivamente en sus modos de vida. Se espera que en la "*Década de restauración del ecosistema 2021–2030*" (United Nations General Assembly 2019), la restauración enfocada a la cobertura forestal además de brindar beneficios sociales y ambientales contribuya en la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Bastin *et al.* 2019, Chazdon y Brancalion 2019).

*Conclusiones generales.* Se considera que el conocimiento tradicional medicinal puede aportar criterios útiles para seleccionar especies de interés local para usarse en la restauración ecológica del bosque tropical húmedo. La elección de las especies por la población local como potenciales para ser empleadas en proyectos de restauración en la región surge de su importancia ecológica local y de su significancia cultural. Esto, se

manifiesta en los beneficios medicinales que brindan las especies y por la baja disponibilidad para su uso. La restauración de acahuales con las especies medicinales de interés local puede contribuir al mantenimiento del recurso vegetal para su disponibilidad de uso y, por el momento, al menos, para la continúa práctica del conocimiento asociado a ellas.

Esta investigación también aporta conocimiento sobre las características y requerimientos ambientales específicos que tienen algunas especies, las cuales podrían ser empleadas en programas de restauración de la cobertura forestal del bosque tropical húmedo. La germinación y el mantenimiento en condiciones de vivero de las diferentes especies fue favorable para su establecimiento en la vegetación secundaria del bosque tropical húmedo. Se considera que el enriquecimiento de acahuales con especies que están presentes en relictos cercanos puede apoyar la recuperación de la cobertura forestal que se espera se vea reflejado en un largo plazo en la composición florística, en la estructura y funciones de estos ecosistemas.

Esta investigación muestra que puede dirigirse con éxito durante sus primeros años un proceso comunitario de restauración ecológica en el bosque tropical húmedo, con base en el conocimiento tradicional comunitario, el conocimiento científico a través de la investigación ecológica de las especies implicadas, la ecología de la restauración y las relaciones adecuadas entre académicos y la población local. Se espera que el proceso social de restauración ecológica que se gestó a partir de este proyecto de investigación, continúe con aumento de su fuerza local y detone procesos regionales encaminados a generar diversas acciones de restauración en el bosque tropical húmedo.



## Referencias

- Bastin JF, Finegold Y, Garcia C, Mollicone D, Rezende M, Routh D, Zohner MC, Crowther TW. 2019. The global tree restoration potential. *Science* **365**: 76-79.
- Benítez BG, Pulido ST, Equihua ZM. 2004. *Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones*. México, Veracruz: Instituto de Ecología. 288 pp.
- Benítez-Malvido J, Martínez-Ramos M. 2013. Longterm performance and herbivory of tree seedlings planted into primary and secondary forests of Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* **29**: 301-311.
- Bonfil C, García-Barríos R, Barrales-Alcalá B, Mendoza-Hernández P, Alavez M. 2016. Los límites sociales del manejo y la restauración de ecosistemas: una historia en Morelos. En: Ceccon E, Martínez-Garza C (coord). *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas*. México, Morelos: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 323- 346.
- Bronfman M. 1994. *La salud de los pueblos indígenas: una conquista impostergable*. Cuadernos de salud 1. México, DF: Secretaría de Salud, Interés Regional. 58 pp.
- Cano JDG, Losada H, Cortés J, Rivera JG, Maldonado NM, Pérez-Gil F. 2009. Los árboles dispersos en potreros de la región de la Sierra de Tabasco, México. *Revista Brasileira de Agroecologia* **4**: 4489-4492
- Cardona-Carlin N. 2005. Consideraciones socioeconómicas en el diseño de proyectos sustentables de restauración ecológica. En: Sánchez O, Peters E, Márquez-Huitzil R, Vega E, Portales G, Valdés M, Azuara D (eds). *Temas sobre restauración ecológica*. México, DF: Instituto Nacional de Ecología, pp. 45-56.
- Chan-Quijano JG, Hernández IP, Aguirre MG, Méndez JS. 2012. Germinación y sobrevivencia de especies arbóreas que crecen en suelos contaminados por hidrocarburos. *Teoría y Praxis* **12**: 102-119.
- Chazdon R, Brancalion P. 2019. Restoring forests as a means to many ends. *Science* **365**: 24-25.
- Denslow JS. 1987. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* **18**: 431-451.

- Douterlungne D, Ferguson BG. 2012. *Manual para la restauración campesina en la selva Lacandona*. México, Chiapas: El Colegio de la Frontera Sur. 94 pp.
- Espitia M, Cardona C, Araméndiz H. 2016. Pruebas de germinación de semillas de forestales nativos de Cordoba, Colombia, en laboratorio y casa-malla. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica* **19**: 307-315.
- Ferguson BG, Golicher DJ. 2013. Restauración ecológica a la Chiapaneca. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (ed). *La biodiversidad en Chiapas. Estudio de Estado*. Volumen 1. México, Chiapas: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Chiapas, pp. 497-505.
- Flores JS. 1971. *Estudio de la vegetación del cerro El Vigía de la estación de Biología Tropical Los Tuxtles, Veracruz*. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García-Barrios L, González-Espinosa M. 2017. Investigación ecológica participativa como apoyo de procesos de manejo y restauración forestal, agroforestal y silvopastoril en territorios campesinos. Experiencias recientes y retos en la sierra Madre de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **88**: 129-140.
- García-Flores J. 2008. *Diagnóstico ambiental de las unidades naturales de la estación de restauración ecológica "Barrancas del río Tembembe", con fines de restauración*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García-Flores J, González-Espinosa M, Lindig-Cisneros R, Casas A. 2019. Traditional medicinal knowledge of tropical trees and its value for restoration of tropical forests. *Botanical Sciences* **97**: 336-354.
- García-Frapolli E, Lindig-Cisneros R. 2011. Barreras e incentivos económicos para la restauración de la biodiversidad. *Acta Biológica Colombiana* **16**: 269-280.
- Gómez-Álvarez R. 2012. Plantas medicinales en una aldea del estado de Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* **35**: 43-49.
- Gómez-Pineda E, González-Espinosa M, Parra-Vázquez MR, Díaz-Hernández BM, Musálem-Castillejos K, Ramírez-Marcial N. 2014. Medios de vida y condicionantes que enfrenta la restauración forestal: experiencias en la cuenca alta del río Grijalva, Chiapas. En: González-Espinosa M, Brunel-Manse MC (coords). *Montañas, pueblos y agua: dimensiones y realidades de la Cuenca Grijalva*. Volumen I. México: El Colegio de la Frontera Sur, Juan Pablos Editor, pp. 257-282.

- González E. 1991. Recolección y germinación de semillas de 26 especies arbóreas del bosque húmedo tropical. *Revista de Biología Tropical* **39**: 47-51.
- González-Cruz G, García-Frapolli E, Fernández AC, Rada JMD. 2014. Conocimiento tradicional maya sobre la dinámica sucesional de la selva. Un caso de estudio en la Península de Yucatán. *Etnobiología* **12**: 60-67.
- Guariguata MR, Ostertag R. 2002. Sucesión secundaria. En: Guariguata MR, Kattan GH (eds). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica, pp. 591-623.
- Hernández-Ramos J, Reynoso-Santos R, Hernández-Ramos A, García-Cuevas X, Hernández-Máximo E, Cob-Uicab JV, Sumano-López D. 2018. Distribución histórica, actual y futura de *Cedrela odorata* en México. *Acta Botánica Mexicana* **124**: 117-134.
- Kainer KA, Duryea M. 1992. Tapping women's knowledge: Plant resource use in extractive reserves, Acre Brazil. *Economic Botany* **46**: 408-425.
- Kothari B. 2003. The invisible queen in the plant kingdom: gender perspectives in medical ethnobotany. In: Howard PL (ed). *Women and plants: gender relations in biodiversity management and conservation*. London, UK: Zed Books Ltd, pp. 150-164.
- López MR. 1980. *Tipos de vegetación y su distribución en el estado de Tabasco y norte de Chiapas*. Colección de cuadernos universitarios, número 1. Serie Agronomía. México: Universidad Autónoma de Chapingo. 121 pp.
- López-Toledo L, Martínez M, Van Breugel M, Sterck FJ. 2008. Soil and light effects on the sapling performance of the shade-tolerant species *Brosimum alicastrum* (Moraceae) in a Mexican tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology* **24**: 629-637.
- Magaña-Alejandro MA, Gama-Campillo LM, Mariaca-Méndez R. 2010. El uso de las plantas medicinales en las comunidades Maya-Chontales de Nacajuca, Tabasco, México. *Polibotánica* **29**: 213-262.
- Maldonado-Mares F. 2002. *Flora medicinal del Estado de Tabasco: uso, manejo y conservación*. México, Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 123 pp.
- Mariaca-Méndez R. 2012. *El huerto familiar del sureste de México*. México, Tabasco: Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur. 544 pp.

- Martínez-Ramos M, García-Orth X. 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **80**:69-84
- Meave del Castillo JA. 1983. *Estructura y composición de la selva alta perennifolia en los alrededores de Bonampak, Chiapas*. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Moreno-Casasola P. 1976. Viabilidad de semillas de árboles tropicales y templados: una revisión bibliográfica. En: Gómez-Pompa A, Vázquez-Yanes C, Del Amo RS (eds). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. México, DF: Continental, pp. 471-526.
- Norden N, Daws MI, Antoine C, Gonzalez MA, Garwood NC, Chave J. 2009. The relationship between seed mass and mean time to germination for 1037 tree species across five tropical forests. *Functional Ecology* **23**: 203-210.
- Ochoa-Gaona S, Zamora CLF, Reyes DA, Ramírez MDS, Hernández de la Cruz S. 2009. *Manejo, colecta y caracterización de seis especies de árboles nativos con potencial para la restauración de humedales*. México, Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur. 69 pp.
- Ochoa-Gaona S, Zamora CLF, Cabrera PS, González VNA, Pérez HI, López MV. 2012. *Flora leñosa útil de la Sierra de Tenosique, Tabasco, México*. México, Chiapas: El Colegio de la Frontera Sur. 311 pp.
- Orantes-García C, Pérez-Farrera MÁ, Rioja-Paradela TM, Garrido-Ramírez ER. 2013. Viabilidad y germinación de semillas de tres especies arbóreas nativas de la selva tropical, Chiapas, México. *Polibotánica* **36**: 117-127.
- Osborne PL. 2012. *Tropical ecosystems and ecological concepts*. 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 522 pp.
- Pérez-Hernández I, Ochoa-Gaona S, Vargas-Simón G, Mendoza-Carranza M, González-Valdivia NA. 2011. Germinación y supervivencia de seis especies nativas de un bosque tropical de Tabasco, México. *Madera y Bosques* **17**: 71-91.
- Quinlan MB, Quinlan RJ. 2007. Modernization and medicinal plant knowledge in a Caribbean horticultural village. *Medical Anthropology Quarterly* **21**: 169-192.
- Quinto L, Martínez-Hernández PA, Pimentel-Bribiesca L, Rodríguez-Trejo DA. 2009. Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **15**: 23-28.
- Ramírez-Marcial N, Luna-Gómez A, Castañeda-Ocaña HE, Martínez-Icó M, Holz SC, Camacho-Cruz A, González-Espinosa M. 2012. *Guía de propagación de árboles*

*nativos para la recuperación de bosques*. México, Chiapas: El Colegio de la Frontera Sur. 95 p.

- Ramírez-Marcial N, González-Espinosa M, Musálem-Castillejos K, Noguera-Savelli E, Gómez-Pineda E. 2014. Estrategias para una construcción social de la restauración forestal en comunidades de la cuenca media y alta del río Grijalva. En: González-Espinosa M, Brunel-Manse MC (coords). *Montañas, pueblos y agua: dimensiones y realidades de la Cuenca Grijalva*. Volumen II. México: El Colegio de la Frontera Sur, Juan Pablos Editor, pp. 528-564.
- Reyes-García V, Fernández-Llamazares Á, McElwee P, Molnár Z, Öllerer K, Wilson SJ, Brondizio ES. 2019. The contributions of indigenous peoples and local communities to ecological restoration. *Restoration Ecology* **27**: 3-8.
- Reyes-Tagle Y. 2007. La protección del conocimiento tradicional a través de las bases de datos y registros en la Convención sobre Diversidad Biológica y la Convención de Lucha Contra la Desertificación. *Agenda Internacional* **14**: 25-39.
- Sánchez-Munguía A. 2005. *Uso del suelo agropecuario y deforestación en Tabasco 1950-2000*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Colección José N. Roviroso. 123 pp.
- Sayer JA, Whitmore TC. 1991. Tropical moist forests: destruction and species extinction. *Biological Conservation* **55**: 199-213.
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT- 2010, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 2da Sección, 30 de diciembre de 2010.
- Senos R, Lake FK, Turner N, Martinez D. 2006. Traditional ecological knowledge and restoration practice. In: Apostol D, Sinclair M (eds). *Restoring the Pacific Northwest: the art and science of ecological restoration in Cascadia*. Washington, DC: Island Press, pp. 393-426.
- Sepúlveda AJ. 1993. *La salud de los pueblos indígenas en México*. México: Impresiones y grabados M. Serna. 52 pp.
- Sheil D, Lawrence A. 2004. Tropical biologists, local people and conservation: new opportunities for collaboration. *Trends in Ecology and Evolution* **19**: 634-638.

- Silalahi M, Supriatna J, Walujo EB, Nisyawati. 2015. Local knowledge of medicinal plants in sub-ethnic Batak Simalungun of North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas* **16**: 44-54.
- Toledo VM, Batis AI, Becerra R, Martínez E, Ramos HC. 1995. La selva útil: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia* **20**: 177-187.
- Toledo VM. 2005. La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. LEISA. *Revista de Agroecología* **20**: 16-19.
- Tudela F. 1989. *La modernización forzada del trópico: El caso de Tabasco*. Proyecto integrado del Golfo. México: El Colegio de México. 496 pp.
- United Nations General Assembly. 2019. *Resolution adopted by the general assembly on 1 March 2019. United Nations Decade on Ecosystem Restoration (2021–2030)*. A/RES/73/284. [www.un.org/en/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/73/284](http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/73/284). (acceso septiembre 09, 2019)
- Vázquez-Yanes C. 1979. Estudios sobre la ecofisiología de la germinación en *Cecropia obtusifolia* Bertol. *Turrialba* **29**: 147-149.
- Vázquez-Yanes C. 1980. Notas sobre la autoecología de los árboles pioneros de la selva tropical húmeda. *Tropical Ecology* **21**: 103-112.
- Vázquez-Yanes C, Batis MAI, Alcocer SMI, Gual DM, Sánchez DC. 1999. *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. 263 pp.
- Voeks RA. 2007. A women reservoirs of traditional plant knowledge? Gender, ethnobotany and globalization in northeast Brazil. Singapore. *Journal of Tropical Geography* **28**: 7-20.
- Vozzo JA. 2010. *Manual de semillas de árboles tropicales*. Washington, DC: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. 887 p.
- Walker J, Reddell P. 2007. Retrogressive succession and restoration on old landscapes. In: Walker LR, Walker J, Hobbs RJ (eds). *Linking restoration and ecological succession*. Nueva York, USA: Springer, Pp. 69-89.

## Apéndice

En este apartado se muestran diversas figuras y cuadros. La Fig. A1 hace referencia al documento del permiso para llevar a cabo la presente investigación en el área de estudio. Las Figs. A2 y A3, muestran el esquema de plantación en la vegetación secundaria (acahuales) del bosque tropical húmedo de las comunidades de Tomás Garrido Canabal (TG) y La Cumbre (LC). La Fig. A4 presenta el esquema de muestreo del suelo en las parcelas de TG y LC.

Los cuadros A1 y A2 muestran la composición florística arbórea registrada en las parcelas de las comunidades TG y LC respectivamente; se registraron las especies con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayores a 3 cm, en un radio de 2.5 m a partir de cada uno de los individuos de las especies plantadas. Los cuadros A3 y A4 hacen referencia a la composición florística arbórea de cuatro y seis rodales relictos de vegetación de bosque tropical húmedo, respectivamente. El muestreo se realizó en un total de 10 relictos aledaños a las parcelas de plantación de las comunidades de TG y LC y se registraron por medio de parcelas circulares de 1000 m<sup>2</sup> las especies arbóreas con un DAP a partir de 5 cm (Fig. A5). Los especímenes recolectados se determinaron taxonómicamente e incorporaron en juegos completos a los herbarios de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR, números de folios: 25906 - 25963) y el Herbario Nacional de México (MEXU). Los nombres de los autores de cada especie se basan en el *International Plant Names Index* (IPNI).

Tacotalpa, Tabasco, a 21 de septiembre de 2015.

**A Quien Corresponda**  
**Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad San Cristóbal.**  
**Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), UNAM.**

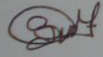
Por este medio queremos informar que tenemos en conocimiento que la M en C. Juana García Flores quién se identifica con credencial para votar IFE: GRFLJN81080815M200, está realizando sus estudios de Doctorado en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en vinculación con El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) unidad San Cristóbal de las Casas, Chiapas, y que su investigación aborda la conservación y el manejo de las plantas medicinales silvestres perennes, con un enfoque de restauración ecológica y desarrollo comunitario por el periodo de 2015 a 2019. Y que es de su interés desarrollar su investigación en nuestras comunidades de Oxolotán, Tomás Garrido Canabal, Cerro Blanco Sta. Sección y La Cumbre del municipio de Tacotalpa, Tabasco. Donde estamos enterados que como parte de la investigación se estarán realizando colectas de semillas y muestras botánicas. (Se nos proporcionó Carta de solicitud de permiso para trabajar en las comunidades de Interés).

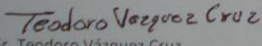
Por ello extendemos la presente carta para informar que sabemos al respecto de la investigación de la M. en C. Juana García Flores y que damos el permiso para que se realice la investigación y la colecta de semillas y ejemplares botánicos, ya que ella cuenta con un permiso de colecta expedido por su Universidad el cual es otorgado por SEMARNAT, (Se entregó copia del permiso de colecta). Además informamos que estaremos participando y colaborando en los diferentes procesos que la investigación requiera.

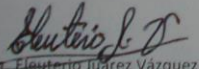
Sin más por el momento, enviamos saludos.

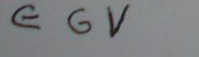
Atentamente:

Autodenominado Colectivo Almandros  
Por un Mundo Mejor.

  
Sra. Severa Estrada Méndez  
Presidenta T.É. 9321006336

  
Sr. Teodoro Vázquez Cruz  
Secretario

  
Sr. Eleuterio Juárez Vázquez  
Tesorero

  
Sr. Ernesto Gómez Vázquez  
Consejero de Vigilancia

Autoridades Agrarias y Municipales.

**JEFE DE SECTOR**  
**COL. TOMAS GARRIDO**  
  
H. Ayuntamiento Constitucional  
**TACOTALPA**  
Gobernando con la gente 2013 - 2015

**SUBDELEGADO**  
**POBLADO OXOLOTAN**  
  
H. Ayuntamiento Constitucional  
**TACOTALPA**  
Gobernando con la gente 2013 - 2015

**JEFE DE SECTOR**  
**EJ. CERRO BLANCO STA. SECC.**  
  
H. Ayuntamiento Constitucional  
**TACOTALPA**  
Gobernando con la gente 2013 - 2015

Comisariado Ejidal  
87-015-1-00208  
EJIDO CERRO BLANCO  
TACOTALPA, TAB.

**JEFE DE SECTOR**  
**EJIDO LA CUMBRE**  
  
H. Ayuntamiento Constitucional  
**TACOTALPA**  
Gobernando con la gente 2013 - 2015

Fig. A1. Documento del permiso otorgado para realizar el trabajo de investigación en las comunidades de Oxolotán, Tomás Garrido Canabal, Cerro Blanco Quinta Sección y La Cumbre, pertenecientes al municipio de Tacotalpa en la región Sierra del estado de Tabasco, México.



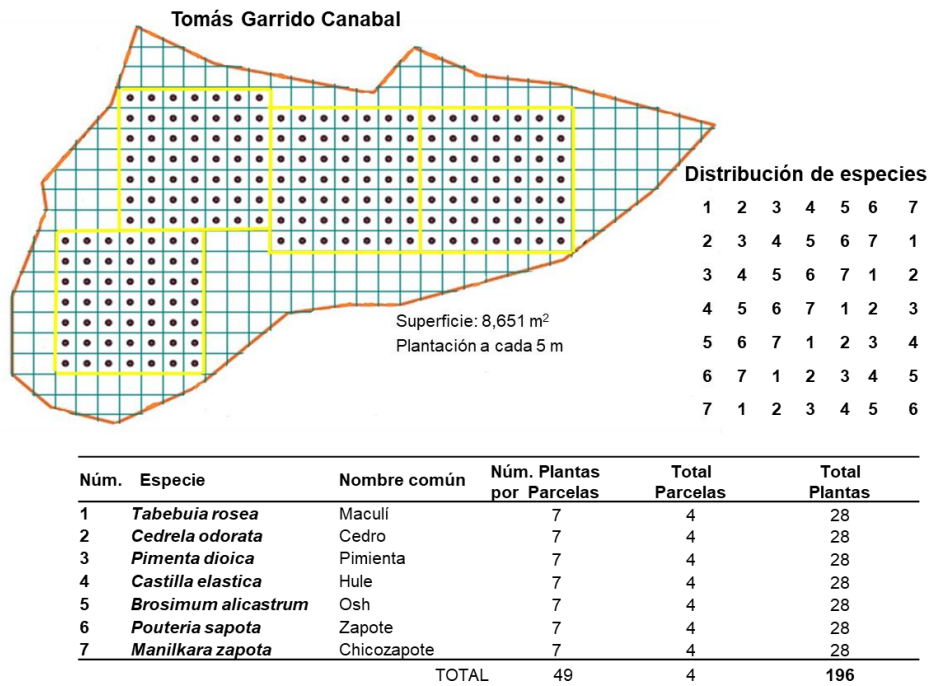


Fig. A2. Distribución de la plantación de siete especies en cuatro parcelas en el acahual de bosque tropical húmedo de la comunidad de Tomás Garrido Canabal, Tacotalpa, Tabasco, México.

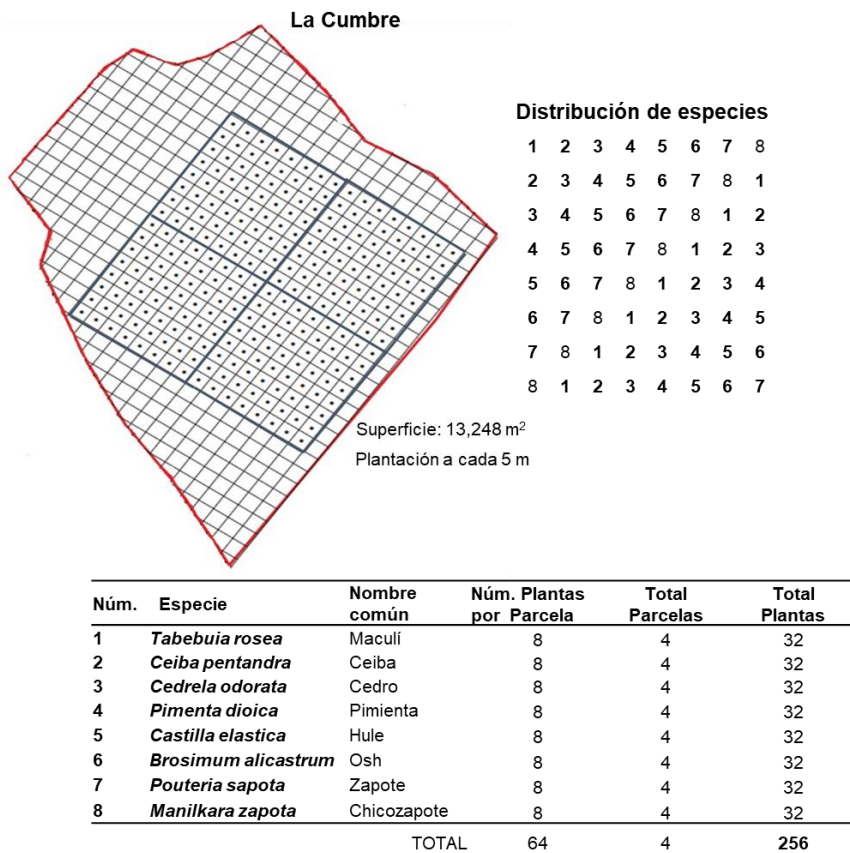


Fig. A3. Distribución de la plantación de ocho especies en cuatro parcelas en el acahual de bosque tropical húmedo de la comunidad de La Cumbre, Tacotalpa, Tabasco, México.

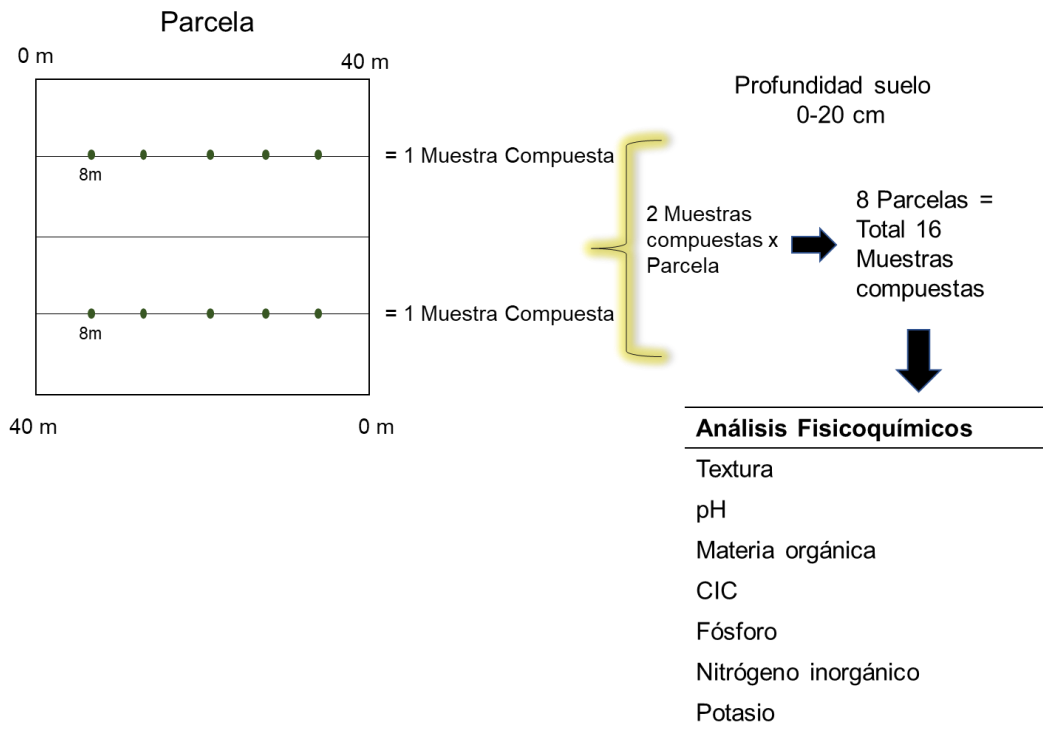
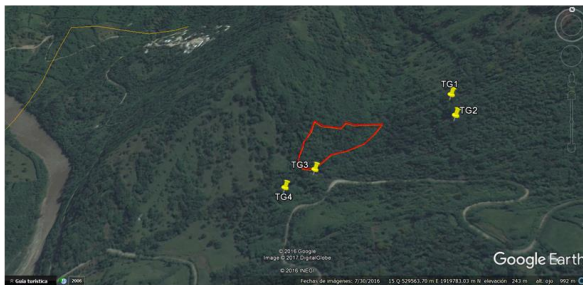


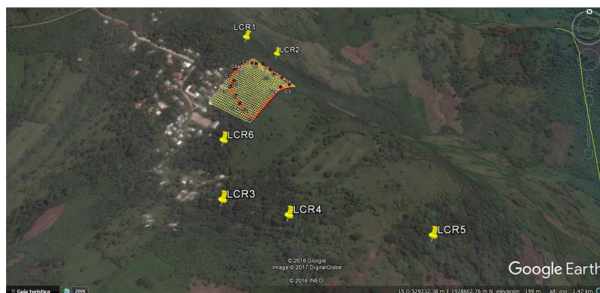
Fig. A4. Esquema del muestreo de suelo en las parcelas de los dos sitios de acahual y los análisis físicoquímicos realizados en laboratorio.

### Relictos forestales

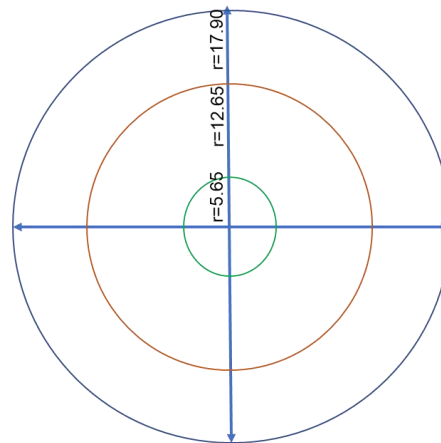
Tomás Garrido Canabal



La Cumbre



### Parcelas circulares



Área	Especies (DAP)
1000 m <sup>2</sup>	≥ 20 cm
500 m <sup>2</sup>	10-19 cm
100 m <sup>2</sup>	5-9 cm

Ramírez-Marcial *et al.* 2001.

Fig. A5. Muestreo de identificación de especies prioritarias y su asociación con otras especies arbóreas en relictos de vegetación del bosque tropical húmedo.

Cuadro A1. Listado de especies arbóreas registradas en las parcelas de la comunidad Tomás Garrido Canabal.

Núm.	Familia	Especie
1	Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.
2		<i>Annona</i> sp.
3		<i>Rollinia mucosa</i> Jacq.
4	Apocynaceae	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i> Woodson
5	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> Sarg.
6	Fabaceae	<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth.
7		<i>Gliricidia sepium</i> Kunth
8		<i>Inga</i> sp.
9		<i>Leptolobium panamense</i> (Benth.) Sch.Rodr. & A.M.G.Azevedo
10		<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake
11		<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby
12		<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Killip
13	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> Kunth
14	Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
15		<i>Heliocharpus donnellsmithii</i> Rose
16		<i>Mortoniendron guatemalense</i> Standl. & Steyerf.
17		<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.
18	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.
19	Monimiaceae	<i>Siparuna thecaphora</i> A.DC.
20	Rubiaceae	<i>Rondeletia</i> sp.
21	Rutaceae	<i>Citrus</i> sp.
22		<i>Zanthoxylum kellermanii</i> P.Wilson
23	Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> Moc. & Sessé
24	Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.

Cuadro A2. Listado de especies arbóreas registradas en las parcelas de la comunidad La Cumbre.

Núm.	Familia	Especie
1	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.
2		<i>Spondias mombin</i> L.
3	Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.
4		<i>Annona</i> sp.
5	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.
6	Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i> DC.
7	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> Sarg.
8	Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.
9		<i>Erythrina</i> sp.
10		<i>Gliricidia sepium</i> Kunth
11		<i>Inga oerstediana</i> Benth.
12		<i>Inga</i> sp.
13		<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby
14	Lauraceae	<i>Cinnamomum</i> sp.
15		<i>Ocotea cernua</i> (Nees) Mez
16	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> Kunth
17	Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.
18		<i>Ceiba</i> sp.
19		<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
20		<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose
21		<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.
22	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.
23	Monimiaceae	<i>Siparuna thecaphora</i> A.DC.
24	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.
25		<i>Ficus</i> sp.
26	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.
27	Piperaceae	<i>Piper diandrum</i> C.DC.
28	Rubiaceae	<i>Blepharidium mexicanum</i> Standl.
29		<i>Genipa americana</i> L.
30		<i>Rondeletia</i> sp.
31	Rutaceae	<i>Citrus</i> sp.
32	Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> Moc. & Sessé
33	Sapotaceae	<i>Pouteria</i> sp.
34	Sterculiaceae	<i>Theobroma cacao</i> L.
35	Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.
36	Vochysiaceae	<i>Vochysia guatemalensis</i> Standl.

Cuadro A3. Listado de especies arbóreas registrados en cuatro relictos de vegetación de bosque tropical húmedo en la comunidad Tomás Garrido Canabal.

Núm.	Familia	Especie
1	Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.
2		<i>Spondias mombin</i> L.
3	Annonaceae	<i>Anonna</i> sp.
4		<i>Rollinia mucosa</i> Jacq.
5	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.
6	Apocynaceae	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i> Woodson
7	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken
8	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> Sarg.
9		<i>Protium copal</i> (Schltdl. & Cham.) Engl.
10	Celastraceae	<i>Wimmeria bartlettii</i> Lundell
11	Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.
12		<i>Croton xalapensis</i> Hook.f.
13		<i>Mabea occidentalis</i> Benth. in Hook.
14	Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.
15		<i>Acacia glomerosa</i> Benth.
16		<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth.
17		<i>Calliandra erythrocephala</i> H.M.Hern. & M.Sousa
18		<i>Inga</i> sp.
19		<i>Gliricidia sepium</i> Kunth
20		<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.
21		<i>Lonchocarpus hondurensis</i> Benth.
22		<i>Pterocarpus acapulcensis</i> Rose
23		<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby
24		<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake
25		<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Killip
26	Lauraceae	<i>Ocotea cernua</i> (Nees) Mez
27		<i>Ocotea helicterifolia</i> (Meisn.) Hemsl.
28	Lacistemataceae	<i>Lacistema aggregatum</i> Fawc. & Rendle
29	Malvaceae	<i>Bernoullia flammea</i> Oliv.
30		<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
31		<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose
32		<i>Mortoniendron guatemalense</i> Standl. & Steyerm.
33		<i>Pachira aquatica</i> Aubl.
34		<i>Quararibea funebris</i> Vischer
35		<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.
36	Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i> DC.
37	Meliaceae	<i>Guarea glabra</i> Vahl
38		<i>Guarea grandifolia</i> DC.
39	Monimiaceae	<i>Siparuna thecaphora</i> A.DC.
40	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.
41		<i>Brosimum panamense</i> (Pittier) Standl. & Steyerm.
42		<i>Ficus insipida</i> Willd.

43		<i>Poulsenia armata</i> (Miq.) Standl.
44	Piperaceae	<i>Piper diandrum</i> C.DC.
45	Polygonaceae	<i>Coccoloba cozumelensis</i> Hemsl.
46	Rubiaceae	<i>Rondeletia</i> sp.
47	Sabiaceae	<i>Meliosma idiopoda</i> S.F.Blake
48	Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> Moc. & Sessé
49		<i>Exothea paniculata</i> Radlk. in Durand
50		<i>Sapindus saponaria</i> L.
51	Sapotaceae	<i>Manilkara chicle</i> (Pittier) Gilly
52		<i>Pouteria durlandii</i> (Standl.) Baehni
53	Surianaceae	<i>Recchia simplicifolia</i> T.Wendt & E.J.Lott
54	Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.
55	Violaceae	<i>Orthion malpighiifolium</i> (Standl.) Standl. & Steyerm.

---

Cuadro A4. Listado de especies arbóreas registrados en seis relictos de vegetación de bosque tropical húmedo en la comunidad La Cumbre.

Núm.	Familia	Especie
1	Actinidiaceae	<i>Saurauia scabrida</i> Hemsl.
2		<i>Saurauia yasicae</i> Loes.
3	Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.
4		<i>Mangifera indica</i> L.
5		<i>Mosquitoxylum jamaicense</i> Krug & Urb.
6		<i>Tapirira mexicana</i> Marchand
7		<i>Spondias mombin</i> L.
8	Annonaceae	<i>Rollinia mucosa</i> Jacq.
9		<i>Annona</i> sp.
10		<i>Annona muricata</i> L.
11	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.
12	Arecaceae	<i>Geonoma</i> sp.
13	Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i> DC.
14	Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> Spreng.
15	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken
16	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> Sarg.
17		<i>Protium copal</i> (Schltdl. & Cham.) Engl.
18	Clusiaceae	<i>Vismia camparaguey</i> Sprague & L.Riley
19	Euphorbiaceae	<i>Alchornea latifolia</i> Klotzsch
20		<i>Croton carpostellatus</i> B.L.León & Mart.Gord.
21		<i>Croton draco</i> Schltdl.
22		<i>Sapium lateriflorum</i> Hemsl.
23		<i>Sapium</i> sp.
24		<i>Tetrorchidium rotundatum</i> Standl.
25	Fabaceae	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith in A.C.Sm.
26		<i>Gliricidia sepium</i> Kunth
27		<i>Inga oerstediana</i> Benth.
28		<i>Inga</i> sp.
29		<i>Lonchocarpus</i> sp.
30		<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.
31		<i>Lonchocarpus hondurensis</i> Benth.
32		<i>Leptolobium panamense</i> (Benth.) Sch.Rodr. & A.M.G.Azevedo
33		<i>Pterocarpus acapulcensis</i> Rose
34		<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby
35		<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake
36		<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Killip
37	Lamiaceae	<i>Aegiphila monstrosa</i> Moldenke
38	Lauraceae	<i>Nectandra cuspidata</i> Nees & Mart.
39	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> Steud.
40	Malvaceae	<i>Bernoullia flammea</i> Oliv.
41		<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.
42		<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
43		<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose

44		<i>Luehea candida</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Mart.
45		<i>Quararibea funebris</i> Vischer
46		<i>Theobroma bicolor</i> Bonpl.
47		<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.
48	Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i> DC.
49		<i>Miconia impetiolearis</i> D. Don
50		<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.
51		<i>Miconia trinervia</i> Cogn
52	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.
53		<i>Guarea glabra</i> Vahl
54		<i>Guarea grandifolia</i> DC.
55	Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg
56		<i>Brosimum panamense</i> (Pittier) Standl. & Steyererm.
57		<i>Ficus insipida</i> Willd.
58		<i>Ficus</i> sp.
59		<i>Poulsenia armata</i> (Miq.) Standl.
60		<i>Trophis mexicana</i> (Liebm.) Bureau
61	Myrtaceae	<i>Calyptanthus elegans</i> Krug & Urb.
62		<i>Eugenia capuloides</i> Lundell
63	Piperaceae	<i>Piper diandrum</i> C. DC.
64	Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.
65		<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Roem. & Schult.
66		<i>Psychotria chiapensis</i> Standl.
67		<i>Psychotria limonensis</i> K. Krause
68	Rutaceae	<i>Citrus x aurantium</i> L.
69		<i>Citrus</i> sp.
70		<i>Zanthoxylum kellermanii</i> P. Wilson
71		<i>Zanthoxylum</i> sp.
72	Salicaceae	<i>Casearia commersoniana</i> Cambess.
73		<i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz.) Sleumer
74		<i>Zuelania guidonia</i> Britton & Millsp.
75	Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> Moc. & Sessé
76		<i>Cupania macrophylla</i> A. Rich.
77	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen
78		<i>Pouteria auahiensis</i> (Rock) Fosberg
79		<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H. E. Moore & Stearn
80	Solanaceae	<i>Cestrum racemosum</i> Ruiz & Pav.
81	Ulmaceae	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.
82	Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.
83	Vochysiaceae	<i>Vochysia guatemalensis</i> Standl.

---