



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Germinación de semillas y crecimiento inicial
de especies arbóreas del bosque seco
en la Depresión Central de Chiapas

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

ÁNGEL GABRIEL BECERRA VÁZQUEZ

TUTOR

DR. NEPTALÍ RAMÍREZ MARCIAL



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

2010



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.

1. Datos del alumno

Becerra
Vázquez
Ángel Gabriel
(01961) 61 2 34 68
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
404058476

2. Datos del tutor

Dr
Neptalí
Ramírez
Marcial

3. Datos del sinodal 1

Dra
Susana
Valencia
Ávalos

4. Datos del sinodal 2

Dra
Ana Elena
Mendoza
Ochoa

5. Datos del sinodal 3

Dra
Helia Reyna
Osuna
Fernández

6. Datos del sinodal 4

Dra
Martha Juana
Martínez
Gordillo

7. Datos del trabajo escrito

Germinación de semillas y crecimiento inicial de especies arbóreas del bosque seco en la
Depresión Central de Chiapas
110 p
2010

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal de Las Casas Chiapas, por la oportunidad brindada para la realización de este trabajo. A mi tutor, el Dr. Neptalí Ramírez Marcial, por su valiosa asesoría y disposición, y a la Dra. Silvia Cristina Holz, por sus aportes precisos e imprescindibles, y por fungir como una asesora adicional. Sin duda alguna fue muy grato trabajar con ambos, gracias. Al Dr. Mario González Espinosa, por ser el vínculo primario a través del cual fue posible inmiscuirme en el proyecto.

Al personal de ECOSUR que me auxilió en los albores del estudio, posibilitando que los primeros escarceos con el trabajo en vivero y en campo fueron más sencillos: al señor Alfonso Luna Gómez y a Pedro Girón Hernández. A Miguel Martínez Icó, por su ayuda en la identificación de las especies. Al QFB Miguel López Anaya por las facilidades dadas. Gracias.

Agradecimientos especiales al señor Amílcar Ovidio Gómez Pérez, quien otorgó todas las facilidades en el campo; por su interés, curiosidad, disposición, por su hospitalidad y amabilidad, y sobre todo por brindarme su amistad. Sin su apoyo este estudio no hubiera sido posible, gracias. A sus hijos: Luis, Javier y Raúl, por su cordialidad y apoyo complementario.

A la comunidad de Ocuilapa de Juárez, lugar sobrio de inquietante tranquilidad y belleza, a su gente; a los señores Leopoldo Gómez, Humberto Gómez y Roberto Morales, al permitirme el libre acceso a sus propiedades. A doña Concepción y a don Adalí, quienes desinteresadamente me ofrecieron apoyo, gracias por su gentileza.

A los amigos, cuya ayuda a distancia significó un gran aporte a este trabajo: Citlalli Fuentes, Marisol Sánchez y Óscar Hinojosa. A los sinodales, por sus valiosos comentarios.

Este estudio forma parte del Proyecto ReForLan (Restoration of forest landscapes for biodiversity conservation and rural development in the drylands of LatinAmerica) financiado por el programa INCO V, a través de la Comisión de Comunidades Europeas (FP6-2004-INCO-DEV-3 032132).

DEDICATORIAS

Con dedicatoria a mi familia, y con especial vehemencia a mis señoras madres: mi abuela y mi mamá; y a mi señor padre. A ellos les debo muchas cosas en la vida. Y a ti chayi, gracias por tu apoyo.

Este trabajo representa la culminación de una empresa iniciada hace ya mucho tiempo. Muchas personas, afortunadamente para mí, se han involucrado en su ejercicio directa e indirectamente. A todas ellas, mi más sincero y profundo agradecimiento, este trabajo ha sido posible gracias a ustedes: a Paco, a don José y doña Rosario; a don Manuel y doña Martha, a Luis y Gaby; a Mario, a don Mario y doña Lolita; a doña Margarita y doña Cristina; a Inti; a doña Guadalupe; a doña Micaela y Beti.

*A Ocuilapa voy mañana.
Resolana, sombra o mucha niebla,
que como escollos solaces se esparcen
por el rojo andar polvoriento
confundido con el aroma a viento;
al viento lleno de humo
de leña, de cuete, o de desvelos.
Son así las premuras cotidianas;
así son las bonanzas de esas vidas
con inciertas luces e inquietantes sorbos
de café, de barro, o mandarina.
Es agosto, es festejo:
a Ocuilapa voy mañana.*

Un hombre esparce la semilla en la tierra, y ya duerma o esté despierto, sea de noche o de día, la semilla brota y crece, sin que él sepa cómo. La tierra da fruto por sí misma: primero la hierba, luego la espiga, y por último la espiga se llena de granos. Y cuando el grano está maduro, se le mete la hoz, pues ha llegado el tiempo de la cosecha.

Jesús de Nazareth (Marcos 4: 26-29)

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	
II.a. El bosque seco en la Depresión Central de Chiapas.....	3
II.b. Regeneración de bosques.....	5
II.c. Importancia de las etapas iniciales de regeneración en la restauración y conservación de bosques.....	6
II.d. Especies nativas en la restauración ecológica.....	8
III. OBJETIVOS	11
IV. HIPÓTESIS	11
V. MATERIALES Y MÉTODOS	
V.a. Área de estudio.....	12
V.b. Selección de especies.....	15
V.c. Colecta de semillas.....	16
V.d. Separación de semillas por especie.....	18
V.e. Germinación de semillas, supervivencia y crecimiento inicial.....	21
V.f. Fenología.....	24
V.g. Análisis.....	25
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
VI.a. Germinación de semillas.....	29
VI.b. Supervivencia.....	40
VI.c. Crecimiento inicial.....	43
VI.d. Fenología.....	49
VI.e. Potencial de las especies para la restauración ecológica.....	56
VII. CONCLUSIONES	68
VIII. REFERENCIAS	69
IX. ANEXOS	97

RESUMEN

El bosque seco, bosque tropical seco o bosque tropical caducifolio, es un ecosistema amenazado en la actualidad, y particularmente en México se le encuentra muy perturbado. Una de las principales limitantes en la restauración de este ecosistema lo constituye la escasa o nula información en torno a las etapas iniciales en la biología de las especies. En esta tesis se analizó la germinación, supervivencia y crecimiento inicial de especies arbóreas propias de bosque tropical caducifolio dentro de un vivero rústico, así como la fenología reproductiva dentro de remanentes forestales en una localidad ubicada en la Depresión Central de Chiapas, México.

Las características germinativas y la supervivencia de nueve especies fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$). Los porcentajes de germinación finales (PG) estuvieron arriba del 40% para siete especies (con excepción de *Trichospermum mexicanum* y *Leucaena leucocephala*, con porcentajes debajo del 24%), lo que se considera adecuado para fines de propagación en vivero; sin embargo los valores que denotan la velocidad y sincronía en la germinación (el Tiempo Medio de Germinación TMG y el Valor de Germinación VG) fueron destacados en *Erythrina goldmanii* y *Acacia pennatula* (con valores de TMG de 11.5 y 13.3 días, y de VG de 34.7 y 22.7 respectivamente), por lo que puede sugerirse la presencia de algún mecanismo de latencia en las semillas de las demás especies (las cuales presentaron TMG por encima de 57 días y VG por debajo de 1). La supervivencia de plántulas fue relativamente alta (90-100%) para la mayoría de las especies (excepto para *T. mexicanum*, 76%). El crecimiento en altura y diámetro evaluado en ocho especies mostró diferencias significativas en las tasas relativas de crecimiento TRC entre las especies ($p < 0.05$), donde *T. mexicanum* fue la especie con los valores más altos de crecimiento. Respecto a la fenología registrada en 12 especies durante 12 meses (septiembre de 2008 y agosto de 2009), se observó que la floración comprendió de tres a

seis meses de duración, concentrándose en la estación seca, y la fructificación fue constante a lo largo del período de estudio, variando en duración entre las especies (de tres a más de 12 meses). La maduración de frutos y dispersión fue mayor entre el final de la temporada seca e inicio de la lluviosa; ocho de las 12 especies dispersaron sus semillas en la época de estiaje.

Todas las especies estudiadas tienen potencial para ser utilizadas con fines de restauración del paisaje forestal, considerando el valor de uso que les asigna la población local así como nuevas formas de explotación con base en las características biológicas de cada una de ellas.

Palabras clave: Restauración, árboles nativos, germinación, tasa relativa de crecimiento, supervivencia, fenología, bosque tropical caducifolio, Chiapas.

ABSTRACT

The tropical dry or deciduous forests are most of threatened ecosystems of the world. One of the main constraints for their potential restoration it is the little or no information about the initial stages in the biology of the species. In this study I analyzed the seed germination, seedling growth and survival of tree species typical of tropical deciduous forest in a rustic nursery and additionally, I recorded reproductive phenology in forest remnants in one locality in the Central Depression of Chiapas, Mexico.

Germinative characteristics and seedling survival were significantly different among nine tree studied species ($p < 0.05$). Final seed germination (SG) was greater than 40% for seven of the nine included species (except *Trichospermum mexicanum* and *Leucaena leucocephala*, which had SG below 24%), which is considered adequate for purposes of propagation in nurseries, but the high variation in SG denoting the speed and synchrony in germination (Mean Time of Germination MTG, and Germination Value GV) were deployed in *Acacia pennatula* and *Erythrina goldmanii* (MTG = 11.5 and 13.3 days, and GV = 34.7 and 22.7, respectively), so this could suggest the presence of some mechanism of seed dormancy in others species (MTG which presented over 57 days and VG under 1). Seedling survival was relatively high (90-100%) for most species (except for *T. mexicanum*, 76%). The height and diameter growth estimated at eight species showed significant differences in relative growth rates (RGR) between species ($p < 0.05$), where *T. mexicanum* was the species with the highest values of RGR. With respect to phenology recorded in 12 species during 12 months (September 2008 to August 2009) I found that flowering comprised of three to six months, focusing on the dry season, and fruiting was constant throughout the study period, varying in length between species (from three to more than 12

months). The ripening of fruits and dispersal was higher from the end of the dry season and beginning of the rainy season, eight of the 12 species disperse their seeds in the dry season.

All species studied have the potential to be used for purposes of forest landscape restoration, considering the value of local use and new forms of exploitation based on the biological characteristics of each.

Keywords: Restoration, native trees, germination, relative growth rate, survival, phenology, tropical deciduous forest, Chiapas.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las principales problemáticas del mundo actual es la destrucción y degradación del entorno natural, asunto en el que, directa o indirectamente, el ser humano ha contribuido significativamente. Este problema se ha acelerado en las últimas décadas principalmente en los bosques tropicales, los cuales representan el 52% del área total forestal mundial (UNESCO/PNUMA/FAO, 1980; Khurana y Singh, 2001). Estos ecosistemas tropicales sostienen aproximadamente 70% de las especies de flora y fauna mundiales (Cayuela, 2006), constituyéndose como los ecosistemas terrestres más diversos. Esta diversidad posee una importancia económica, social y cultural, reflejándose en bienes y servicios ambientales que coadyuvan en la integridad y bienestar de los ecosistemas (González-Rivas, 2005).

La mitad del total de países en el mundo albergan total o parcialmente ecosistemas secos, lo que en suma representan cerca de un tercio de la superficie terrestre del planeta (Ffolliot *et al.*, 1995). Los bosques secos (*tropical dry forest*, *sensu* Holdridge, 1967) representan el 42% del total de bosques tropicales en el mundo (Murphy y Lugo, 1986); en México es el tipo de vegetación tropical más ampliamente distribuido, constituyendo el 60% del total de ecosistemas tropicales del país (Cervantes *et al.*, 2001; Hernández-Oria, 2007), considerándose además entre los más biodiversos de América (González-Rivas, 2005). Este ecosistema ha estado sujeto históricamente a perturbaciones de diferente índole, por lo que ha sido complicada su descripción (Murphy y Lugo, 1986; Cervantes *et al.*, 2001). En la actualidad actividades humanas tales como la explotación y cambio de uso de suelo han contribuido en un grado importante a la degradación y fragmentación de este ecosistema (Rzedowski, 1978; Toledo *et al.*, 1989; Ffolliot *et al.*, 1995; Murphy y Lugo, 1995), siendo evidente en México (Toledo *et al.*, 1989; Ceccon y Hernández, 2009), lo que ha llevado a reconocer la necesidad de su restauración (Janzen, 2002).

La restauración ecológica se ha implementado como una estrategia para revertir y amortiguar esta problemática. La restauración, en sentido amplio, es el proceso de coadyuvar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido; su objetivo es retornar a una condición de estructura, productividad y diversidad de especies lo más semejante a la que imperaba de manera previa a la perturbación, logrando nuevamente cierta estabilidad sin necesidad de manejo posterior (Batis-Muñoz *et al.*, 1999; Lamb y Gilmour, 2003; Ramírez-Marcial *et al.*, 2005). Sin embargo, esta tarea resulta complicada en aquellos ecosistemas en los cuales el grado de disturbio es considerablemente grande, por lo que en estos casos se vislumbra una segunda opción, la cual considera a la restauración en un término práctico que pueda ligarse con actividades productivas. El objetivo de la restauración será entonces recuperar las principales funciones ambientales del ecosistema original, que permitan mantener algunas de sus propiedades más importantes, aunque otras de ellas se hayan perdido o modificado (Batis-Muñoz *et al.*, 1999; Ramírez-Marcial *et al.*, 2008). En esta línea, un concepto más específico es el de la rehabilitación o recuperación, la cual busca reparar inmediatamente el daño ecológico de un lugar, particularmente la productividad, al concentrarse en la estructura y función del ecosistema y en sus especies nativas (Aronson *et al.*, 1993). La rehabilitación pretende restaurar las funciones de un ecosistema estableciendo tantos elementos funcionales como sea posible, una productividad considerable de acuerdo a las condiciones locales, sólidas relaciones bióticas así como un poco de mantenimiento posterior (Walker y del Moral, 2003).

La restauración es una opción que debe conciliarse con otras demandas sociales, como los sistemas productivos para el autoconsumo y el mercado y la asignación de territorios extensos para la conservación (González-Espinosa *et al.*, 2007). Una de sus estrategias es la aceleración de la regeneración natural del bosque a la par de proveer recursos forestales de valor social y económico (Parrota *et al.*, 1997). Al respecto, el proyecto ReforLan (*Restoration of forest*

landscapes for biodiversity conservation and rural development in the drylands of Latin America;
(<http://reforlan.bournemouth.ac.uk/>) busca identificar e impulsar estrategias y metodologías para el manejo sustentable de bosques secos y semisecos estudiando técnicas de restauración ecológica que empleen especies nativas de valor económico, encaminadas a la recuperación de la funcionalidad y productividad de los bosques.

II. ANTECEDENTES

II.a. El bosque seco en la Depresión Central de Chiapas

Los bosques secos ocupan una mayor área en los trópicos en comparación con los bosques húmedos o lluviosos (Olivares y Medina, 1992). En un contexto global el bosque seco (*dry forest*, *sensu* Murphy y Lugo, 1995), bosque tropical seco (*tropical and subtropical dry forest*, *sensu* Holdridge, 1967), o bosque tropical estacionalmente seco (*seasonally dry tropical forest*, *sensu* Vieira y Scariot, 2006) es un ecosistema que a grandes rasgos se caracteriza por la presencia durante cada ciclo anual de una pronunciada estacionalidad en el régimen de lluvias, con precipitaciones que van de 250 a 2000 mm anuales, una evaporación potencial superior a la precipitación durante una parte significativa del año, una época de sequía de cuatro a ocho meses de duración, temperatura media anual superior a los 17 °C sin la ocurrencia de heladas, así como la presencia de una proporción de árboles deciduos o caducifolios de al menos el 50% (Holdridge, 1967; Olivares y Medina, 1992; Gerhardt y Hytteborn, 1992; Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2005).

En México este ecosistema recibe diferentes denominaciones como resultado de numerosos estudios sobre la vegetación del país, los que han arrojado algunas clasificaciones y nomenclaturas importantes como los de Miranda y Hernández X. (1963) y Rzedowski (1978). En Chiapas, Breedlove (1981) lo denomina como bosque tropical caducifolio (*tropical deciduous forest*), y enmarca a este tipo de vegetación dentro de formaciones estacionales que se presentan en suelos con buen drenaje, y que presentan una alternancia de estaciones secas y húmedas, con un intervalo del período seco que va de dos a seis meses. En la presente tesis se define al bosque seco para la Depresión Central de Chiapas de acuerdo al criterio de Breedlove (1981).

La Depresión Central es una de las siete provincias fisiográficas de Chiapas (Müllerried, 1957). Con una longitud aproximada de 280 km de largo por 30-55 km de ancho, esta provincia atraviesa la parte central del estado, presentando un área de 9000 km², que representa la octava parte de la superficie estatal. Se encuentra flanqueada al noroeste por las Montañas del Norte, al este y noreste por las pendientes pronunciadas de la Altiplanicie Central, y al sur y oeste por las pendientes de la Sierra Madre de Chiapas. Es una planicie irregular por la presencia de pequeños lomeríos y cerros, en general la altitud oscila entre los 420 y 900 m. El clima se caracteriza por ser caluroso y seco, aunque en algunas zonas altas el clima es caluroso y subhúmedo; la precipitación anual varía entre 850 y 1200 mm. Se encuentra completamente rodeada por áreas montañosas densamente boscosas y húmedas (Müllerried, 1957; Breedlove, 1981; Reyes-García y Sousa, 1997; WWF, 2008).

Aunque la mayor parte de la Depresión Central estuvo originalmente cubierta con bosque tropical caducifolio, la intensa presión antropogénica manifestada en actividades agrícolas y ganaderas la ha ido transformado en grandes extensiones de vegetación secundaria espinosa y sabanoide (*second-growth and sucesional forest, and shrub associations, sensu* Breedlove, 1981) (Breedlove, 1981; Palacios-Espinosa, 1993; WWF, 2008). Esta región alberga aproximadamente a 980 especies vegetales, además de un alto grado de endemismo, el cual representa el 40% del total de especies endémicas de flora y fauna del bosque seco en México (WWF, 2008).

II.b. Regeneración de bosques

Los cambios que ocurren en los bosques son constantes y diversos en respuesta a diferentes disturbios, los cuales pueden ser naturales (por las propiedades biológicas del sistema o por factores ambientales) o antropogénicos. El factor humano es trascendental en la actualidad (UNESCO/PNUMA/FAO, 1980; May *et al.*, 1995), pues actividades ligadas al desarrollo político, económico y social, tal como el cambio de uso de suelo, la explotación selectiva de madera y la construcción de infraestructura se han constituido como disturbios comunes en el ambiente (Scatena, 2002; Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2005).

El proceso de reemplazo de unas especies por otras a lo largo del tiempo se denomina sucesión ecológica; la sucesión puede ocurrir en superficies que han sufrido una alteración total de suelo (sucesión primaria), o en situaciones donde el suelo ha retenido su estructura y sus organismos asociados así como su banco de semillas (sucesión secundaria; Walker, 2002). En ambos casos la regeneración, su trayectoria y velocidad, estará sujeta a múltiples factores espacio-temporales, entre los que se encuentran la biología de las especies colonizadoras y su interacción, las condiciones bióticas y abióticas del medio y la disponibilidad de los recursos (propágulos, luz, nutrientes; Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes, 1985; Walker, 2002; Powers *et al.*, 2009). En el manejo de los bosques tropicales es necesario el conocimiento de los patrones que caracterizan cada grupo ecológico para poder comprender cabalmente los procesos de regeneración, establecimiento y sucesión de las poblaciones vegetales (Muñoz *et al.*, 2001). Sin embargo, el establecimiento de patrones es complicado, debido a la heterogeneidad ambiental dentro y fuera de un sitio, y por las diferencias en la biología de las especies y en sus historias de vida (Arriaga, 2000).

La restauración de ecosistemas forestales aspira a simular y acelerar los procesos que dirigen la sucesión secundaria, por lo que un paso importante lo constituye el estudio de las etapas iniciales de la sucesión, en particular del conocimiento autoecológico de las especies (González-Espinosa *et al.*, 2007). Por ello, la rehabilitación busca disminuir los efectos de la perturbación al iniciar, dirigir y acelerar los procesos sucesionales en las áreas degradadas de los ecosistemas, evitando además su detención (Brown y Lugo, 1994; Lamb y Gilmour, 2003).

II.c. Importancia de las etapas iniciales de regeneración en la restauración y conservación de bosques

Se ha reconocido la necesidad y prioridad de las investigaciones sobre los mecanismos básicos de la regeneración del bosque tropical seco, que desemboquen hacia su mejor manejo y conservación (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2005). Por un lado, los conocimientos de los procesos naturales que se presentan en los estadios de semilla y plántula son necesarios para la comprensión de la dinámica de las poblaciones y comunidades de este ecosistema (Ceccon y Hernández, 2009). La semilla constituye la fuente principal de germoplasma a partir del cual se lleva a cabo la regeneración natural de los bosques, pues este proceso está sujeto a la maduración, dispersión y movilidad de semillas en el reservorio de propágulos o banco de semillas del suelo (Córdova-Casillas, 1985; Niembro, 1988). Factores endógenos y exógenos influyen en su germinación, por lo que evolutivamente han desarrollado estrategias frente a la adversidad del medio. Una de ellas subyace en las características de la semilla relacionadas con su tolerancia a la desecación y al almacenaje: las recalcitrantes son semillas con testas suaves y altos contenidos de humedad que no pueden resistir la deshidratación, por lo que su viabilidad es muy corta; mientras que las ortodoxas, con bajos contenidos de humedad y testas duras y gruesas, germinan en el

momento en que las condiciones ambientales son favorables, por lo que pueden mantenerse viables por tiempos prolongados al tolerar niveles altos de deshidratación (Baskin y Baskin, 2001; Yu *et al.*, 2008). Hay además una categoría para las semillas con capacidad intermedia para permanecer latentes, en cuyo caso se denominan semillas intermedias (Baskin y Baskin, 2001). Las semillas de tipo ortodoxa son las más comunes en los ecosistemas estacionales, como el bosque tropical caducifolio (Daws *et al.*, 2005). Dependiendo de sus características, las semillas pueden requerir además de agentes ambientales como el paso por el conducto digestivo de animales, el calor presente en los incendios o en las fluctuaciones diarias de temperatura (semillas termoblásticas) y luz (fotoblásticas), elemento que al parecer es el más importante en la inducción de latencia y germinación de las semillas en los bosques tropicales (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994; Turner, 2001). Aparentemente, la presencia de latencia es más común en el bosque tropical seco en comparación con el bosque tropical húmedo (Khurana y Singh, 2001); en este ecosistema la mayoría de las semillas permanecen latentes hasta el inicio de la temporada de lluvias, germinando en un período limitado de tiempo, de tal manera que las plántulas se desarrollen bajo las condiciones más favorables (Ceccon *et al.*, 2006). Esto al parecer representa un carácter seleccionado evolutivamente que permite un mejor establecimiento y sobrevivencia hacia la temporada seca siguiente (Garwood, 1983).

Por otro lado, las plántulas representan el estadio más crítico en el ciclo de vida de las plantas, especialmente en ecosistemas secos (Turner, 2001; Poorter y Markesteijn, 2008). En esta etapa el índice de mortalidad es alto, debido a muchos factores que inciden en su supervivencia y establecimiento, como la depredación, sequía, baja fertilidad del suelo, ataque microbiano y competencia intra e interespecífica (Turner, 2001; Nagamatsu *et al.*, 2002), siendo el régimen estacional de las lluvias el principal factor que influye en el bosque tropical seco (Vieira *et al.*, 2008). Sin embargo, la mortalidad puede además estar determinada por la respuesta de la especie

a las condiciones ambientales y al régimen de perturbación (Ramírez-Marcial *et al.*, 2006). Por ejemplo, en un potrero se presentan un conjunto de condiciones bióticas y abióticas que pueden reducir la sobrevivencia y crecimiento de las plántulas, como condiciones microclimáticas estresantes, pobreza de nutrientes en el suelo, ausencia de micorrizas, alta herbivoría, y competencia con los pastos, siendo este factor uno de los más importantes en determinados contextos ecológicos (Holl, 2000).

La disponibilidad de propágulos (semillas y plántulas) no asegura el desarrollo de la vegetación si las condiciones microambientales son extremas para la germinación de las semillas, o para la supervivencia y el crecimiento de las plántulas (Holl, 1999), siendo principalmente la deforestación la causante de cambios drásticos en el ambiente (Martínez-Ramos y García-Orth, 2007).

El estudio de la variación en germinación, supervivencia y crecimiento inicial de plántulas bajo diferentes condiciones ambientales puede permitir la selección de especies adecuadas para recuperación de áreas degradadas (Ramírez-Marcial *et al.*, 1996; Hooper *et al.*, 2002; Sautu *et al.*, 2006; González-Rivas, 2005; Shankar-Raman *et al.*, 2008).

II.d. Especies nativas en la restauración ecológica

Uno de las principales acciones para contrarrestar la desaparición y degradación de los ecosistemas en México es la reforestación con especies exóticas o al menos no nativas a cada región, debido principalmente a la falta de conocimientos generales en especies nativas susceptibles de ser utilizadas para el mismo fin (Vázquez-Yanes y Batis-Muñoz, 1996). Si bien las especies exóticas cumplen con ciertas características (disponibilidad de propágulos, crecimiento, supervivencia), al final los resultados suelen ser perjudiciales por sus efectos

imponderados sobre la flora nativa, de tal manera que la utilización de especies nativas ofrece una perspectiva distinta.

Como ejemplo, el empleo de especies nativas para rehabilitar suelos es cada vez más atractivo, ya que se ha visto que en pocos años pueden mejorar las condiciones edáficas de ecosistemas tropicales muy degradados (Fisher, 1995; Hooper *et al.*, 2002), tales como zonas agropecuarias degradadas y abandonadas, al incrementar la materia orgánica y desencadenando el proceso de sucesión (Montagnini *et al.*, 1995). Por ello, recientemente se han realizado esfuerzos de reforestación con especies nativas en áreas degradadas de los trópicos (Holl *et al.*, 2000).

No obstante, se presentan dificultades como la poca información ecológica en torno a las especies nativas. El conocimiento de la dinámica de los bosques tropicales secos, y en particular de los requerimientos ecológicos para la regeneración de las especies (sobre todo en el caso de las especies más raras), es escaso o nulo (Gerhardt, 1993; Grime y Hillier, 2000). Aunque hay trabajos que priorizan la información concerniente a las especies nativas y su importancia en el contexto de la restauración (Batis-Muñoz *et al.*, 1999; Pakkad *et al.*, 2003; González-Rivas, 2005; Sautu *et al.*, 2006), aún se carece de la información relevante sobre ciertos aspectos como el manejo en vivero e información relacionada, como el tiempo de colecta de semillas, separación, tratamientos pregerminativos y métodos de almacenamiento (Blakesley *et al.*, 2002; Francis, 2002), por lo que para muchas especies se necesitan estudios, por ejemplo, de carácter fenológico (tiempo de floración, fructificación, producción de semillas y colecta de propágulos; Montagnini, 2005). Con tal de obtener los mejores resultados de la utilización de estas especies es indispensable profundizar en estos conocimientos, los cuales desemboquen en su mejor manejo y en el desarrollo de técnicas eficientes de propagación, tomando en cuenta además la utilidad de las especies para la población local, pues ello repercutirá en una mejor conservación de las zonas restauradas (Batis-Muñoz *et al.*, 1999). En este trabajo se pretende abordar algunos aspectos de

las etapas iniciales en la regeneración del bosque seco, como la germinación de semillas, la supervivencia y el crecimiento inicial de algunas especies de árboles, generando información accesoria (fenología, manejo en vivero, colecta de frutos, separación de semillas), que reditúe en la conservación, restauración, y más específicamente la rehabilitación de este ecosistema.

III. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la germinación, supervivencia y crecimiento inicial de plántulas en algunas especies de árboles nativos de bosque tropical caducifolio, y describir las características fenológicas de dichas especies.

Objetivos particulares

- Analizar el porcentaje de germinación de semillas y crecimiento y supervivencia de plántulas de nueve especies de árboles nativos en condiciones de vivero.
- Describir la fenología de floración y fructificación anual de 12 especies arbóreas en el área de estudio.
- Discutir el potencial que cada especie tendría para utilizarse en un contexto más amplio de restauración del paisaje forestal.

IV. HIPÓTESIS

Se parte de que en tanto es posible reconocer distintas especies de árboles, hay una historia evolutiva diferenciada entre ellas, de manera tal que la germinación de semillas, supervivencia y crecimiento de sus plántulas será diferente entre ellas. De cumplirse lo anterior, será posible identificar aquellas especies que por sus valores más altos de respuesta al ambiente, se podrían utilizar para propósitos de reforestación con especies nativas.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

V.a. Área de estudio

El estudio se realizó en el ejido Ocuilapa de Juárez, municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México (Fig. 1), el cual se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera “Selva El Ocote” (Escobar-Ocampo *et al.*, 2009). Se localiza aproximadamente a 10 km al norte de la cabecera municipal y a 30 km al noroeste de Tuxtla Gutiérrez (línea aérea), entre las coordenadas geográficas 16° 53’52’’ y 16° 50’47’’ N, y 93° 27’28’’ y 93° 24’17’’ W (INEGI, 2003; Gobierno del Estado de Chiapas, 2005), al noroeste de la Depresión Central de Chiapas, casi en los límites con las Montañas del Norte de Chiapas. El ejido tiene una superficie total de 2714 ha (Niños-Cruz, 2007); se encuentra flanqueado por dos vías de comunicación terrestres, en el lado oriente por la autopista de cuota Ocozocoautla-Las Choapas, y al poniente por la carretera estatal (CHIS 63) que comunica a la cabecera municipal con el Embarcadero Apicpac.

La región se caracteriza por un relieve de semiplano a accidentado, con lomeríos conspicuos; la altitud oscila de los 820 a 980 msnm; aproximadamente 10 km al norte se encuentran las principales elevaciones de la sierra El Limón, y los cerros El Carrizal (1100 m) y El Limón (1040 m; INEGI, 2003; Gobierno del Estado de Chiapas, 2005). Las rocas son sedimentarias, del período Cretácico, conformadas por caliza con lutita (INEGI, 2003). Los suelos presentes son el litosol, rendzina y luvisol plántico de textura fina (Gobierno del Estado de Chiapas, 2005).

La región hidrológica corresponde a la Grijalva-Usumacinta, dentro de la cuenca Río Grijalva-Tuxtla Gutiérrez, en la subcuenca El Chapopote (INEGI, 2003). Se presentan arroyos estacionales, aunque las corrientes y cuerpos de agua cercanos más importantes se encuentran al

norte, y corresponden a los arroyos El Cedro y El Achiote, y al embalse de la presa Netzahualcóyotl o Malpaso (INEGI, 2003). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media A(w1) (García, 1987), con una temperatura media anual de 23.4 °C, siendo mayo el mes más cálido (25.8 °C) y diciembre el más frío (21.0 °C). La precipitación promedio anual es de 951.2 mm, siendo marzo el mes más seco (6.0 mm) y septiembre el mes más lluvioso (202.9 mm); la canícula se presenta entre los meses de julio y agosto. La estación meteorológica más cercana es la Estación Ocozocoautla 07-060 (16° 45'00'' N, 93° 23'05'' W, 864 m), que se encuentra a 12 km al sur de la localidad, en la cabecera municipal (INEGI, 2003).

Hasta el momento no se han desarrollado estudios detallados de la vegetación del lugar; únicamente en los alrededores, como los realizados en la Reserva de la Biosfera El Ocote (Vásquez-Sánchez, 1988), en la Depresión Central (Reyes-García y Sousa, 1997) y en el Parque Educativo Laguna Bélgica (Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona, 2007), siendo este último sitio el que presenta el tipo de vegetación más semejante al del área de estudio, pues ambas regiones colindan. En dicho parque se han observado elementos de bosque tropical caducifolio (Breedlove, 1981), así como vegetación secundaria (IHN, 1994; Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona, 2007), lo cual concuerda con las observaciones personales hechas a lo largo de este estudio en Ocuilapa de Juárez. Escobar-Ocampo (2007) expone algunos de los elementos más representativos de la flora arbórea local.

Al igual que con la flora, en lo que respecta a la fauna presente en el área hay inventarios de zonas muy cercanas como en Laguna Bélgica y en la Sierra El Limón, en aves (Altamirano, 2004), mamíferos (Riechers, 2004) y reptiles (Luna-Reyes *et al.*, 2005).

La población total del ejido Ocuilapa de Juárez es de 3496 habitantes (INEGI, 2005). Las principales actividades productivas son la agricultura de temporal (maíz, frijol), cultivos perennes (café, cítricos, plátano, piña), ganadería extensiva de bovinos, así como la elaboración y comercio

de artesanías de barro (Escobar-Ocampo, 2007). La localidad es catalogada como de alto grado de marginación (INEGI, 2005).

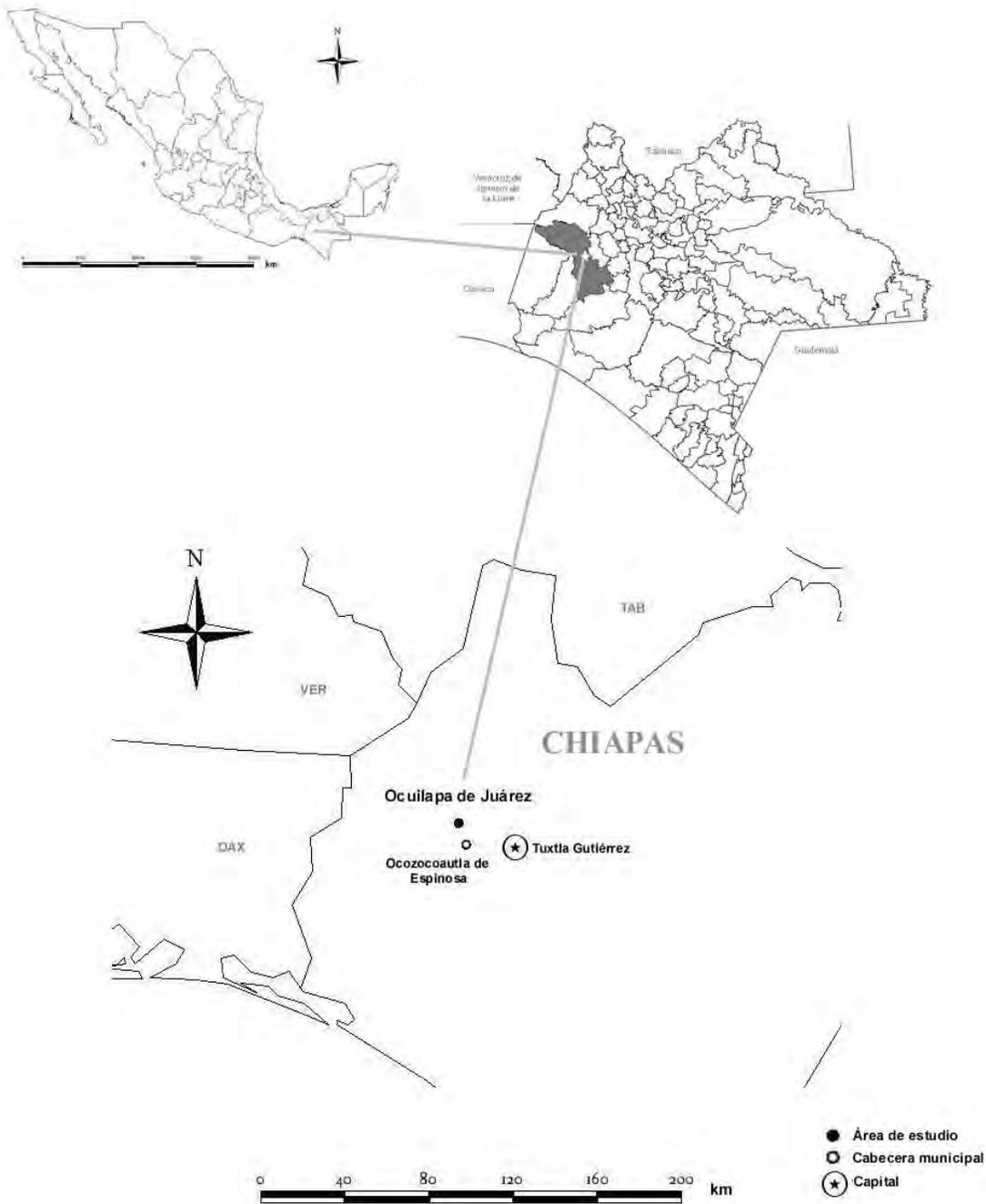


Figura 1. Localización del área de estudio (fuente: cuentame.inegi.gob.mx, www.seieg.chiapas.gob.mx).

V.b. Selección de especies

La elección de las especies estuvo basada en la disponibilidad de árboles y frutos, considerando también el aprovechamiento que les otorga la población local con relación a su empleo para fines diversos (leña, forraje, construcción, etc.; cuadro 1, Anexo 1); al respecto hay algunos trabajos de aprovechamiento de especies arbóreas en el área (Escobar-Ocampo, 2007; Niños-Cruz, 2007). Para la determinación de las especies se realizó una colecta de respaldo, la cual fue depositada en el Herbario de ECOSUR, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

Cuadro 1. Especies seleccionadas para el estudio, y valor de uso o de conservación.

Familia*	Nombre científico*	Nombre común	Usos
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Mulato	Cerca viva, madera, combustible.
Fabaceae	<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth.	Quebracho	Combustible, madera, forraje, sombra para ganado, cerca viva.
Fabaceae	<i>Erythrina goldmanii</i> Standley	Machetillo	Cerca viva, alimento (flor), combustible.
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	Guaje, guash	Combustible, madera, alimento (semilla), forraje.
Flacourtiaceae	<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britt. & Millsp.	Paragua	Madera, combustible, cerca viva.
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i> (Sw.) Griseb.	Humo amarillo	Combustible, madera, cerca viva.
Magnoliaceae	<i>Magnolia mexicana</i> DC.	Flor de corazón	Medicinal y comercio (flor), ornato, madera, combustible.
Pentaphylacaceae	<i>Ternstroemia tepezapote</i> Schltdl. & Cham.	Turumbuchi, trompo	Combustible, medicinal y comercio (flor), cerca.
Polygonaceae	<i>Coccoloba escuintlensis</i> Lundell	Carnero	Combustible, madera.
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> Moc. & Sessé ex DC.	Cola de pava	Madera, combustible, cerca viva.
Sapindaceae	<i>Matayba oppositifolia</i> Britton	Musucuy, chingastillo	Madera, combustible, cerca viva.
Sapotaceae	<i>Sideroxylon</i> sp.	Zapotillo	Madera, combustible.
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis americana</i> (Mill.) J.R. Johnst.	Talismecate	Madera, combustible, cerca viva.
Tiliaceae	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	Jolocín	Madera, combustible, cerca viva.

* Krukoff, 1939; Standley y Steyermark, 1946, 1949; Standley y Williams, 1961; Nevling Jr. y Barringer, 1988; Pennington, 1990; Howard, 1992; Rohwer, 1993; OFI-CATIE, 2003; Pennigton y Sarukhán, 2005; Cicuzza *et al.*, 2007; Heywood *et al.*, 2007.

V.c. Colecta de semillas

La colecta de semillas se realizó dentro de los límites correspondientes al ejido Ocuilapa de Juárez. Debido a que la colecta estuvo sujeta a la dependencia del cronograma de trabajo con la disponibilidad de frutos maduros, únicamente se colectaron frutos de siete especies; por otro lado, se contó anticipadamente con semillas de *Erythrina goldmanii* y *Leucaena leucocephala*, mismas que fueron colectadas un año previo en municipios cercanos, para un total de nueve especies (cuadro 2).

Se colectaron frutos y semillas de al menos 10 árboles maduros y sanos en el mismo período (de una a dos semanas) para cada especie, comenzando en el mes de septiembre de 2008. Los frutos fueron colectados directamente de los árboles utilizando una garrocha telescópica (Sautu *et al.*, 2006, figura 2), trepando en ellos en los casos en que fue necesario obtener frutos de las partes más altas. En ocasiones se trozaron ramas altas por medio de una cuerda atada a un lastre en uno de sus extremos; éste era lanzado por encima de la rama en cuestión, para después jalar ambos extremos de la cuerda hasta romper la rama.



Figura 2. Colecta y beneficio de frutos y semillas.

Una vez colectados, los frutos fueron transportados en bolsas de plástico hasta un lugar fresco y seco, en donde se colocaron en cajas de cartón bajo la sombra. Posteriormente se procedió al beneficio de la semilla (obtención, limpieza, manejo y selección de las semillas; Aguirre y Peske, 1992; Francis, 2002) utilizando los métodos sugeridos por Arriaga *et al.* (1994) y Ramírez-Marcial *et al.* (2003); sin embargo, para aquellas especies en las que no se encontró metodología en la literatura (*Magnolia mexicana*, *Ternstroemia tepezapote* y *Trichospermum mexicanum*), se desarrollaron procedimientos propios. Las semillas de todas las especies permanecieron remojadas durante la noche previa a su siembra. Debido a que las semillas de *Acacia pennatula* y *Erythrina goldmanii* son ortodoxas (Arriaga *et al.*, 1994; Hammond, 1995), se escarificaron mecánicamente desgastando la testa por fricción (Cervantes *et al.*, 2001; González-Gutiérrez, 2004; Ramírez-Marcial *et al.*, 2005) antes del remojo. Para las especies restantes no se aplicaron tratamientos de escarificación adicionales al remojo, esto con el fin de investigar la presencia de latencia en las semillas (Sautu *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Especies utilizadas, fechas de colecta y siembra de semillas.

ESPECIE	COLECTA	LUGAR	SIEMBRA	TRATAMIENTO PREGERMINATIVO
<i>Acacia pennatula</i>	Marzo 2009	Ocuilapa de Juárez	3 de abril de 2009	Abrasión
<i>Coccoloba escuintlensis</i>	Octubre-noviembre 2008	Ocuilapa de Juárez	12 de noviembre de 2008	Remojo
<i>Erythrina goldmanii</i>	Marzo 2008	Ocozacoautla	30 de marzo de 2009	Abrasión
<i>Leucaena leucocephala</i>	Enero 2009	Chiapa de Corzo	27 de marzo de 2009	Remojo
<i>Magnolia mexicana</i>	Marzo-abril 2009	Ocuilapa de Juárez	13 de abril de 2009	Remojo
<i>Nectandra coriacea</i>	Septiembre 2008	Ocuilapa de Juárez	12 de noviembre de 2008	Remojo
<i>Sideroxylon</i> sp.	Diciembre 2008-enero 2009	Ocuilapa de Juárez	30 de enero de 2009	Remojo
<i>Ternstroemia tepezapote</i>	Enero-febrero 2009	Ocuilapa de Juárez	20 de febrero de 2009	Abrasión
<i>Trichospermum mexicanum</i>	Noviembre 2008	Ocuilapa de Juárez	21 de noviembre de 2008	Remojo

V.d. Separación de semillas por especie

Acacia pennatula. Luego de una semana de colectados los frutos, se separaron las semillas de la forma siguiente: las vainas se golpearon con un martillo suavemente por el costado hasta el momento en el que se fracturaba lo suficiente para retirar manualmente las semillas (fig. 3). Después de eliminar las semillas que a simple vista parecían dañadas o inviables, las semillas viables se almacenaron por espacio de dos semanas, esto para que las posibles semillas con presencia de larvas fueran identificadas, pues se observó la aparición de semillas infestadas por larvas y adultos de escarabajos brúquidos, cuyas semillas presentaron orificios de salida.

La escarificación se realizó con una lija en la parte distal del embrión, hasta el punto en el que se notaba un cambio de coloración en la testa. Se remojaron toda la noche previa a la siembra.



Figura 3. Separación de semilla en *A. pennatula*.

Coccoloba escuintlensis, *Nectandra coriacea* y *Sideroxylon* sp. La pulpa se removió manualmente de los frutos tan pronto como se colectaron, procedimiento realizado en un par de horas (figura 4). Ya limpias las semillas fueron remojadas en agua durante toda la noche previa al sembrado.



Figura 4. Separación de semilla en *Sideroxylon*.

Erythrina goldmanii. Las semillas se escarificaron desgastando la testa en una superficie rugosa de concreto hasta el punto en el cual se notó un cambio en la coloración de rojo a blanco (fig. 5). Luego se remojaron durante toda la noche previa a la siembra.



Figura 5. Escarificación de semillas de *E. goldmanii*.

Leucaena leucocephala. Las semillas fueron sumergidas en agua durante todo el transcurso de la noche previa a la siembra (fig. 6).



Figura 6. Separación de semilla en *L. leucocephala*.

Magnolia mexicana. Luego de colectados, los frutos se colocaron en cajas de cartón en un lugar seco bajo la sombra (fig. 7a), procurando un suficiente espacio entre ellos. Una vez abiertos los frutos (entre dos a cuatro días) la semilla se extrajo manualmente (fig. 7b). Para facilitar la remoción de la sarcotesta carnosa, las semillas estuvieron bajo agua durante 24 horas (fig. 7c).



Figura 7. Separación de semilla en *M. mexicana*.

Ternstroemia tepezapote. Para facilitar la apertura de los frutos se realizó un pequeño corte en la punta del fruto con una navaja (fig. 8a). Las semillas están recubiertas por un arilo pulveruloso color rojo (fig. 8b); para eliminarlo se colocaron las semillas en un recipiente de plástico con arena de río, agitando la mezcla con las manos por unos minutos (fig. 8c). La fricción de las semillas con la arena pudo funcionar como escarificación mecánica. Para terminar de limpiar las semillas, éstas fueron lavadas con agua corriente, dejándolas remojadas en agua toda la noche antes de su siembra.



Figura 8. Separación de semilla de *T. tepezapote*.

Trichospermum mexicanum. Para facilitar la liberación de las semillas, pequeñas ramas con frutos se golpearon contra la superficie de una criba o malla coladera asentada sobre una caja de cartón; al liberarse de las cápsulas las semillas se depositaron en el fondo de la caja (fig. 9a); el procedimiento se realizó con cuidado, pues el polvillo que recubre las cápsulas es urticante. Parte de este polvillo quedó mezclado con las semillas; para eliminarlo se utilizó una malla de plástico de poro fino (fig. 9b). Una vez limpias se eliminó la cubierta con tricomas que rodea a las semillas, remojándolas durante algunos minutos para facilitar el proceso. Las semillas permanecieron sumergidas en agua durante toda la noche previa a su siembra.



Figura 9. Separación de semilla de *T. mexicanum*.

Para tener una estimación del tamaño y peso promedio de los frutos y semillas de las especies, se realizaron mediciones en 30 semillas y frutos recién colectados (Anexo 4) empleando un vernier (precisión 0.1 mm) y una balanza analítica (Sartorius, $d= 0.1$ mg).

V.e. Germinación de semillas, supervivencia y crecimiento inicial

Se delimitó un área de 625 m² (25 x 25 m) cercada en su perímetro por malla gallinera con una altura de 1.5 m (fig. 10). El área se ubicó en el rancho “Señor del Pozo”, previo acuerdo con el propietario, el señor Amílcar Ovidio Gómez Pérez. Esta propiedad se localiza en el límite del

ejido de Ocuilapa de Juárez, entre los kilómetros 183 y 184 de la autopista Ocozocoautla – Las Choapas (16° 51'19.81'' N, 93° 23'43.07'' W, 900 m).



Figura 10. Aspecto general del vivero.

Dentro de esta área se establecieron varias camas de germinación que consistieron en cajas de poliestireno de 53 por 35 por 13 cm de profundidad (fig. 11), las cuales fueron llenadas con una mezcla de tierra-abono propia del lugar (33% tierra negra, 33% tierra-abono de cafetal, 33% abono de aserrío; Anexo 4); dicha mezcla fue tratada con insecticida (Foley 2%) para evitar la presencia de plagas.

Transcurrida una semana de su colecta, se procedió a la siembra de 100 semillas por caja para cada especie (cuadro 2, Anexos 2 y 4), empleando un diseño de bloques completamente al azar, con cinco repeticiones para cada especie (en total 500 semillas por especie); en el caso de *Erythrina goldmanii* se sembraron 70 semillas por repetición (350 semillas en total), y en *Nectandra coriacea* se consideraron cuatro repeticiones (400 semillas). Las semillas fueron sembradas a una profundidad de entre 2 y 3 cm, dependiendo de sus dimensiones. Posteriormente se colocó en cada una de las cajas una capa delgada de hojarasca propia del mantillo de las áreas boscosas aledañas, con el objetivo de aminorar la pérdida de humedad.

Las cajas se colocaron en filas de 10, en camellones de 0.65 x 5 m, cubiertos por malla de 50% de sombra, a una altura de 50 cm sobre el nivel de suelo, con el fin de amortiguar los efectos

de la luz solar y el disturbio mecánico del riego y la lluvia (fig. 11). En cada camellón se distribuyeron 10 cajas, las cuales se rotaron semanalmente para evitar el efecto del micrositio (Anexo 4). El riego se realizó periódicamente (en promedio cada dos días, dependiendo de las condiciones climáticas) por la mañana (7:00-9:00 hrs.), de forma manual, o asistida por medio de manguera y aspersor; se realizaron deshierbes manuales constantemente.



Figura 11. Cajas de germinación y camellones.

Las cajas de germinación se revisaron en intervalos de tres y cuatro días, contabilizando el número de plántulas emergidas. Se consideró una plántula emergida cuando la radícula era perceptible a simple vista en la superficie. La supervivencia se evaluó en las especies a partir de la germinación de la primera semilla hasta el final del estudio (agosto 2009).

Una vez que un número suficiente de plántulas estuvo disponible, se realizó una selección de 10 individuos (plántulas con dimensiones semejantes) por repetición para cada especie (excepto *Leucaena leucocephala*, debido a su poca germinación), para realizar las mediciones de altura (de la base del tallo al meristemo apical; fig. 12a) con un flexómetro (precisión 0.1 cm), y diámetro basal del tallo con el auxilio de un vernier (precisión 0.1 mm; fig. 12b). Se realizaron tres evaluaciones del crecimiento, con intervalos aproximados de un mes entre cada una de ellas (ver Resultados y Discusión, cuadro 4.).



Figura 12. Mediciones de crecimiento en plántulas.

V.f. Fenología

Para las observaciones fenológicas se contemplaron las siete especies de las que se colectaron frutos (excepto *Erythrina* y *Leucaena*), así como cinco especies adicionales, siendo un total de 12 especies (ver en Resultados y Discusión, cuadros 5 y 6), todas presentes en los remanentes forestales de bosque tropical caducifolio presentes en el área de estudio.

Se seleccionaron un número adecuado de individuos (al menos 10) para cada especie, considerando individuos adultos con buen porte y salud. Las observaciones se realizaron en períodos uniformes quincenales o mensuales a lo largo de un año, iniciándolas en septiembre de 2008 y culminándolas en agosto de 2009, y en general se siguió el método propuesto por otros autores (Morellato *et al.*, 2000; Mantovani *et al.*, 2003; Ochoa-Gaona *et al.*, 2008).

Se evaluó la floración y fructificación, para lo cual se establecieron tres estadios o fenofases: sin estructuras reproductivas sexuales, floración (Fl), y en fructificación (Fr); la fenofase floración abarca desde la aparición de botones florales o primordios, y la fenofase fructificación desde que el inicio de la formación del fruto es conspicua (Camacho y Orozco, 1998; Morellato *et al.*, 2000; Ochoa-Gaona y de la Cruz-Arias, 2002; Ochoa-Gaona *et al.*, 2008). Se indicó además el momento en que los árboles presentaron frutos maduros adecuados para colectarse. Para realizar las estimaciones visuales de la proporción de las estructuras

reproductivas presentes en el árbol se utilizaron binoculares (Bushnell, 10-50x). Las proporciones de flores y frutos se registraron dentro de una escala creciente equivalente con cada porcentaje, de acuerdo con Fournier (1974), la cual se expresa de la siguiente forma: 0= 0%, 1= 1-25%, 2= 26-50%, 3 \geq 50%. Este método, aunque posee desventajas, es la forma más práctica de estimación, además de tener la ventaja de poder establecer variaciones de cada estadio para cada estructura, aunque es indispensable que la estimación sea hecha por sólo una persona, para evitar sesgos. Estudios que han aplicado este tipo de metodología han tenido buenos resultados (Carabias-Lilo y Guevara, 1985; Villasana y Suárez, 1997; Sánchez *et al.*, 2005; O'Brien *et al.*, 2008).

V.g. Análisis

Germinación de semillas. El número de semillas germinadas n por repetición por especie se contabilizó en diferentes evaluaciones a través del tiempo t en días, expresándose de la forma siguiente (Arriaga *et al.*, 1994):

Porcentaje de germinación diario (Pgd) = Porcentaje de semillas germinadas en cada evaluación, con respecto al total de semillas sembradas.

$Pgd = (ni \times 100)/N$, en donde ni es el número de semillas germinadas en i evaluación, y N es el total de semillas sembradas.

Porcentaje de germinación acumulado (Pga) = Valor sumatorio del porcentaje de germinación de cada evaluación, calculado de la siguiente manera:

$$Pga = \sum Pgd$$

Con estos datos se realizaron los siguientes cálculos para cada especie (Czabator, 1962; Labouriau, 1983; Sautu, 2004; Yu *et al.*, 2008; González-Rivas *et al.*, 2009), expresados a través de los principales estadísticos descriptivos (media, error y desviación estándar):

Porcentaje de Germinación (PG): Valor del Porcentaje de Germinación Acumulado final, una vez que no se registró germinación después de dos semanas consecutivas.

Tiempo de Germinación Inicial (TGi): Tiempo transcurrido a partir de la siembra hasta la germinación de la primera semilla, considerando el total de semillas sembradas N .

Tiempo de Germinación Final (TGF): Período transcurrido entre la siembra y la germinación de la última semilla.

Tiempo Medio de Germinación (TMG): Media ponderada del tiempo de germinación de todas las semillas obtenida por medio de la siguiente ecuación:

$TMG = \sum n_i t_i / \sum n_i$, en donde n_i es el número de semillas germinadas en t_i , y t_i el número de días correspondientes a esa evaluación a partir de la siembra.

Velocidad de Germinación Diaria (VeGd): Expresa la razón entre el porcentaje acumulado de semillas germinadas y el tiempo para alcanzarlo para cada evaluación, de la siguiente manera:

$$VeGd = P_{ga} / t_i$$

Valor de Germinación (VG): Medida de la velocidad de germinación que se calcula de la siguiente manera:

$$VG = VeGd_{\text{final}} \times VeGd_{\text{máxima}}$$

Para detectar posibles diferencias significativas entre las especies se llevaron a cabo análisis estadísticos univariados (Selvin, 1995; Sokal y Rohlf, 1995). Para las pruebas paramétricas fue necesario cumplir con los supuestos del ANOVA (Dytham, 2003), para lo cual se realizó la transformación de los datos con la siguiente ecuación: $\arcsen[\sqrt{(PG/100)}]$, siendo PG el Porcentaje de Germinación. En los casos contrarios se realizaron análisis no paramétricos, aplicando una prueba de Kruskal-Wallis con los datos originales del Tiempo Medio de Germinación (TMG) y Valor de Germinación (VG).

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA simple, o de un factor) considerando a PG como variable de respuesta y a las especies como variable explicativa (factor). Posteriormente se llevó a cabo una prueba de Tukey HSD para detectar las medias significativamente diferentes entre las especies.

Supervivencia de plántulas. Se obtuvo el porcentaje de plántulas supervivientes (S) al final del estudio de la siguiente forma:

$S = n \times 100 / PG$, en donde n es el número de plántulas supervivientes al final del estudio y PG el Porcentaje de Germinación.

Estos porcentajes fueron transformados por medio de la ecuación $\arcsen[\sqrt{(S/100)}]$ para realizar un ANOVA simple que permitiera encontrar diferencias significativas en la supervivencia entre las especies. Para discernir las medias significativamente diferentes se realizó una prueba de Tukey HSD.

Crecimiento inicial. Se calcularon la media y error estándar para las mediciones de altura y diámetro a la altura de la base de cada plántula por especie en diferentes periodos de evaluación. La tasa de crecimiento de las plántulas se analizó por medio de la Tasa Relativa de Crecimiento TRC, definida por las siguientes ecuaciones (Hooper *et al.*, 2002; Pakkad *et al.*, 2003; Quintana-Ascencio *et al.*, 2004):

Tasa Relativa de Crecimiento en diámetro basal del Tallo (TRC DAB) =

$$\ln(x_2) - \ln(x_1) / t_2 - t_1$$

En donde x_2 es la medición final, x_1 es la inicial, y $t_2 - t_1$ es el número de días entre ambas mediciones.

Tasa Relativa de Crecimiento en Altura (TRC ALT) =

$$\ln(x_2) - \ln(x_1) / t_2 - t_1$$

En donde x_2 es la medición final, x_1 es la inicial, y $t_2 - t_1$ es el número de días entre ambas mediciones.

Para evaluar posibles diferencias en las TRC de las especies se aplicó un ANOVA, previa transformación de los datos con la ecuación $\arcsen[\sqrt{(\text{TRC})}]$. La prueba de Tukey HSD fue utilizada para diferenciar las medias significativamente diferentes.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS ver. 17.0 (SPSS Inc., Chicago E.U.A.).

Fenología. Se obtuvo el número de individuos mensual por especie para cada fenofase, construyéndose gráficas que mostraron el comportamiento fenológico mensual a lo largo del año. Para caracterizar la fenología de cada especie se obtuvieron las siguientes variables (Morellato *et al.*, 2000): a) inicio y término floración, b) inicio y término fructificación, c) pico floración, y fructificación (frutos maduros), d) duración floración y fructificación (expresado en número de meses), e) colecta (en las especies en que se obtuvo beneficio de semilla).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VI.a. Germinación de semillas

Se encontraron diferencias significativas en el Porcentaje de Germinación (PG) de las especies (ANOVA, $F= 113.476$, g.l.= 8, $p<0.05$; cuadro 3). De manera general se obtuvieron valores altos de PG (fig. 13), con siete de las nueve especies en estudio con PG por arriba del 40%, el cual representa un porcentaje adecuado para una producción en vivero (Elliot *et al.*, 2002; Pakkad *et al.*, 2003). En lo que respecta al tiempo, se encontraron diferencias significativas tanto en el Tiempo Medio de Germinación (TMG) (Kruskal-Wallis, $\chi^2= 41.488$, g.l.= 8, $p<0.05$) como en el Valor de Germinación (VG) de las especies (Kruskal-Wallis, $\chi^2= 41.796$, g.l.= 8, $p<0.05$). El TMG de las especies comprendió de 11.5 días a 150.6 días, mientras que VG fue de 0.009 a 34.78 (cuadro 3). El Tiempo Medio de Germinación suele ser un parámetro para evaluar la presencia de latencia en las semillas (Labouriau, 1983; Sautu, 2004), por lo que puede sugerirse que las semillas de siete de las nueve especies (y en las cuales no se aplicaron tratamientos de escarificación distintos al remojo) podrían haber manifestado latencia debido a sus TMG sustancialmente mayores que los de las especies con TMG más cortos, aunque para establecer esto se necesita mayor experimentación, por ejemplo, bajo diferentes tratamientos de escarificación y almacenamiento (Sautu *et al.*, 2006). Estas siete especies resultaron además con los VG más bajos. El Valor de Germinación muestra la sincronía de la germinación, ya que los índices de velocidad pueden ser interpretados como indicadores de la homogeneidad de la germinación a través del tiempo: valores altos indican mayor sincronía, y viceversa (Vallejo-Marín *et al.*, 2006). Por otro lado, el tiempo de germinación inicial (TGi) abarcó de siete a 79 días, mientras que el tiempo de germinación final (TGf) comprendió de 21 a 238 días para las nueve especies.

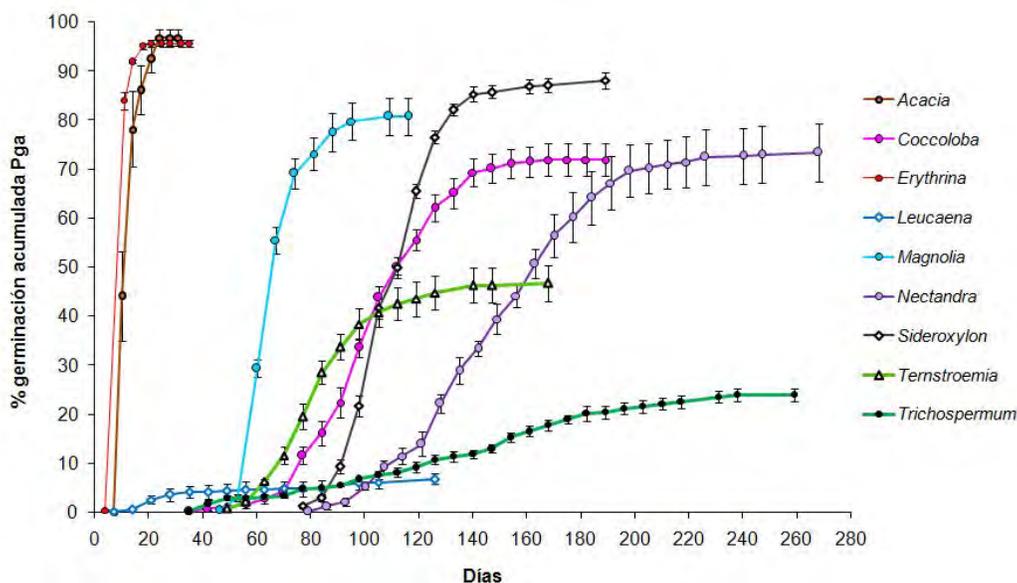


Figura 13. Curvas de porcentajes de germinación acumulada (Pga) en el tiempo de las especies estudiadas (las líneas verticales muestran el error estándar).

Cuadro 3. Características germinativas y de supervivencia de las nueve especies (media \pm error estándar). Valores del porcentaje de germinación (PG) y supervivencia (S) de plántulas entre especies que no comparten letras iguales son significativamente diferentes (Tukey HSD $p < 0.05$).

Especie	N	PG	TGi (días)	TGf (días)	TMG (días)	VG	S
<i>Acacia pennatula</i>	500 (100 x 5)	97 \pm 1.64 a	7	24	13.3 (2.05)	22.74 (4.593)	97.7 \pm 0.4 b, c
<i>Coccoloba escuintlensis</i>	500 (100 x 5)	72 \pm 3.28 d	35	168	104.4 (2.28)	0.21 (0.0402)	83.06 \pm 1.98 d
<i>Erythrina goldmanii</i>	350 (70 x 5)	95.7 \pm 0.63 a, b	4	21	11.5 (0.24)	34.78 (1.405)	97.6 \pm 0.59 b, c
<i>Leucaena leucocephala</i>	500 (100 x 5)	6.8 \pm 1.06 g	7	126	57.1 (26.53)	0.009 (0.0084)	100 a
<i>Magnolia mexicana</i>	500 (100 x 5)	80.8 \pm 3.82 c, d	46	109	68.4 (0.97)	0.69 (0.134)	94.9 \pm 2.01 c
<i>Nectandra coriacea</i>	400 (100 x 4)	73.5 \pm 5.97 d	79	268	150.6 (2.04)	0.09 (0.028)	99.5 \pm 0.44 a, b
<i>Sideroxylon</i> sp.	500 (100 x 5)	88.2 \pm 1.71 b, c	77	189	113 (2.04)	0.29 (0.021)	100 a
<i>Ternstroemia tepezapote</i>	500 (100 x 5)	46.8 \pm 3.73 e	49	168	86.7 (2.05)	0.11 (0.036)	98.1 \pm 0.48 a, b, c
<i>Trichospermum mexicanum</i>	500 (100 x 5)	24 \pm 1.3 f	35	238	134.8 (9.56)	0.01 (0.0029)	75.8 \pm 2.72 d

N: Total de semillas sembradas; PG: Porcentaje de Germinación; TGi: Tiempo de Germinación inicial; TGf: Tiempo de Germinación final; TMG: Tiempo Medio de Germinación (desviación estándar); VG: Valor de Germinación (desviación estándar); S: Supervivencia.

Las especies con los valores más altos fueron *Acacia pennatula* y *Erythrina goldmanii*, con PG de 97 ± 1.64 % y 95.7 ± 0.63 respectivamente (figura 13), así como TMG de 13.3 y 11.5 días y VG de 22.74 y 34.78 respectivamente (cuadro 3). Estos valores son semejantes a los obtenidos en otros estudios de germinación bajo condiciones similares para las mismas especies o géneros (Arriaga *et al.*, 1994; Cervantes, 1996; Cervantes *et al.*, 1996; González-Gutiérrez, 2004). El TMG y VG de estas especies son los más elevados (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$), por lo que muestran una rápida germinación y sincronía a través del tiempo. *A. pennatula* y *E. goldmanii* son muy abundantes en áreas degradadas bajo constante presión en Chiapas (Rubio-Delgado *et al.*, 2002; Gómez-Castro *et al.*, 2006; Escobar-Ocampo *et al.*, 2009), debido a sus características de regeneración acelerada, entre ellas la germinación, por lo que se consideran especies pioneras o tempranas (Martínez-Ramos, 1985). Adicionalmente, muchas especies de leguminosas se caracterizan por presentar semillas con largos períodos de latencia conferidos por la presencia de una testa dura en ellas (Cervantes, 1996), y su germinación se acelera al someterlas bajo algún tratamiento de escarificación, especialmente de tipo mecánico (Friday, 2000; Cervantes *et al.*, 2001; OFI-CATIE, 2003; Ramírez-Marcial *et al.*, 2005). En este estudio las semillas de ambas especies fueron escarificadas por medio de una abrasión. En *A. pennatula* se observó un considerable grado de infestación por larvas de escarabajos brúquidos en las semillas, fenómeno que ya ha sido señalado para esta especie (Arriaga *et al.*, 1994), pero parece ser que el beneficio de la semilla fue adecuado y este factor no influyó en los resultados obtenidos, sin embargo esto debe tomarse en cuenta en futuras colectas en la región.

Sideroxylon sp. fue la tercera especie con el PG más alto, 88.2 ± 1.71 % (fig. 13), mostrando un TMG de 113 días (cuadro 3). Aunque su germinación fue alta, el VG en *Sideroxylon* fue de 0.29, lo cual es bajo a comparación de las especies con los valores más altos

señaladas en el párrafo anterior, lo cual indica una poca sincronía en la germinación. Considerando el TMG y VG de *Sideroxylon*, y dado que la testa de su semilla es dura, podría sugerirse la presencia de latencia. García y Di Stefano (1998) y Di Stefano y García (2000) encontraron porcentajes de germinación de 60 a 80% en una especie muy semejante, *Sideroxylon capiri*, tanto en condiciones de campo como de laboratorio, y debido al corto tiempo total de germinación (aproximadamente 30 días) sugirieron que la semilla no parece necesitar tratamiento pregerminativo alguno. La colecta de frutos fue directamente del suelo en esos estudios, aunque los autores señalan el desconocimiento acerca de la influencia de las oscilaciones diarias en temperatura sobre los frutos en la superficie; en cambio, los frutos de *Sideroxylon* sp. se colectaron directamente del árbol, esto representaría una variable a considerar, pues las semillas no estuvieron expuestas a las mismas condiciones de microhábitat. Di Stefano y García (2000), en condiciones de laboratorio evaluaron el efecto de varias temperaturas sobre la germinación de *S. capiri*, encontrando que el porcentaje de germinación era significativamente mayor (60%) con las temperaturas altas (30 y 35 °C), además de un retraso en el tiempo de germinación. En lo que respecta a su almacenamiento, García y Di Stefano (1998) mencionan que la semilla de esta especie pierde rápidamente la viabilidad. Por otro lado, se han establecido tratamientos de escarificación adecuados para esta especie, los cuales consisten en sumergir las semillas en agua caliente y luego en agua fría durante 24 horas, o bien realizar un corte a la testa y remojando en agua por 24 horas (OFI-CATIE, 2003), aunque sin establecer la forma de colecta (del suelo o de los árboles). De acuerdo con observaciones personales independientes, la germinación de *Sideroxylon* sp. al parecer fue más rápida en semillas con la testa fracturada y dispuestas en macetas de jardín. Por lo tanto se necesitaría evaluar la germinación de *Sideroxylon* sp. considerando varios factores, entre los que se incluyan la forma de colecta de frutos, almacenamiento de semillas, escarificación, así como la época de siembra, con el fin de

establecer las condiciones más óptimas que incidan positivamente en las características germinativas, especialmente en el TMG.

La siguiente especie que mostró alta germinación fue *Magnolia mexicana*, con un PG de 80.8 ± 3.82 % (figura 13) y TMG de 68.4 días (cuadro 3); el VG en esta especie fue de 0.69, que a pesar de que es el tercer valor más alto de todas las especies, queda muy debajo de los resultantes en *Acacia* y *Erythrina*, debido principalmente al TMG más prolongado. Para *M. mexicana*, los valores de PG y TMG resultan excepcionales si se considera que muchas de las especies del género *Magnolia* poseen semillas con rápida pérdida de viabilidad, además de diferentes tipos de latencia (Alemañy-Merly, 1999; Weaver, 1997; Saldaña-Acosta *et al.*, 2001; OFI-CATIE, 2003). Adicionalmente, algunos comentarios hechos al autor por algunos pobladores del área anticipaban que la germinación de esta especie sería muy baja. Al respecto, Osuna (1997) encontró una nula germinación en las semillas de esta especie en condiciones de laboratorio, aún bajo varios tratamientos de escarificación, estableciendo como posibles causas la barrera mecánica que podría representar la testa de la semilla en el crecimiento del embrión, una pérdida rápida de la viabilidad, o la presencia de inmadurez embrionaria, recomendando mayores estudios que permitan evaluar los factores que influyen en la germinación. En estudios similares realizados con otras especies del género se han encontrado porcentajes y tiempos de germinación altos bajo tratamientos que parecen superar algunos de las barreras naturales de la semilla, en particular la naturaleza aceitosa de la sarcotesta o arilo carnosos, y la lignificación progresiva de la testa. Trocones *et al.* (2000) obtuvieron el mayor porcentaje de germinación para *Magnolia cubensis* (50%) en vivero combinando un remojo previo de las semillas de 24 horas con un sustrato de una gran capacidad de retención hídrica, concluyendo que son necesarias condiciones de humedad muy grandes para aumentar el porcentaje de germinación. Realizando una prueba de germinación en *M. iltisiana* bajo condiciones de vivero, Saldaña-Acosta *et al.* (2001) obtuvieron

un porcentaje de germinación del 60% en 140 días al macerar previamente el arilo de las semillas y remojándolas durante 48 horas. Corral-Aguirre y Sánchez-Velásquez (2006) encontraron que el mejor tratamiento pregerminativo para *M. dealbata* fue el remojo por 24 horas de semillas sin arilo, con lo cual obtuvieron un porcentaje de germinación del 100%. De acuerdo con lo anterior, el alto porcentaje de germinación obtenido en este estudio posiblemente se deba a varias causas, entre ellas las siguientes: (1) a la pronta siembra postcolecta de las semillas, (2) la remoción del arilo y (3) al remojo por un período prolongado. Con base a la absorción de agua por parte de las semillas, éstas estuvieron remojadas durante un día completo, pues de acuerdo a Trocones *et al.* (2000) y a observaciones personales en el campo, las semillas desprenden fácilmente el arilo carnoso después de estar en contacto prolongado con el agua; este procedimiento bien pudo hidratar las semillas lo suficiente para activar el proceso de germinación en la gran mayoría de ellas. Sin embargo un remojo prolongado podría contrarrestar la germinación, como se ha comprobado en *Talauma (Magnolia) ovata* (Sotelo-Castan *et al.*, 2007), mientras que Osuna (1997) encontró que las semillas de *Talauma (Magnolia) mexicana* se embeben luego de dos horas de remojo. Un aspecto a señalar es que debido al gran beneficio de semillas que se obtuvo, y a la presencia en el fruto agregado de una a dos semillas por lóculo, se escogieron las semillas que ocupaban un solo lóculo (semillas “enteras”), las cuales resultaban ser las más grandes. Aunque el autor observó la germinación de semillas “divididas” (un lóculo con dos semillas), resulta interesante realizar un estudio para evaluar la germinación en ambos tipos de semillas.

Nectandra coriacea presentó un PG de 73.5 ± 5.97 % (figura 13), un TMG de 150.6 días, y un VG de 0.09 (cuadro 3). El PG obtenido es similar al encontrado en otras especies de *Nectandra* (Moreno-Casasola, 1976; CATIE, 2001; Vallejo-Marín *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2008). Debido al TMG extenso es posible la presencia de latencia en esta especie, sin embargo la mayoría de las especies de la familia Lauraceae se caracterizan por no presentar latencia (Baskin

y Baskin, 2001). Por otro lado, para algunas especies de este género se ha observado poca viabilidad de las semillas con el tiempo de almacenamiento (Moreno-Casasola, 1976; CATIE, 2001; OFI-CATIE, 2003; Carvalho *et al.*, 2008), pero aún se debe experimentar más para tener mayor certidumbre del posible efecto de almacenamiento sobre la viabilidad y poder germinativo de las semillas de especies forestales nativas (González, 1991). Las semillas de *N. coriacea* que no se sembraron perdieron su viabilidad aproximadamente a los cuatro meses estando almacenadas en condiciones rústicas (bolsas de papel a temperatura ambiente), pues al someterlas a flotación en agua prácticamente todas flotaron, y al revisar el embrión, éste estaba completamente endurecido en todas ellas. Semillas de tipo recalcitrante han sido reportadas en especies del género *Nectandra* (González, 1991; Vallejo-Marín *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2008). Aún es necesario encontrar un tratamiento pregerminativo adecuado. OFI-CATIE (2003) mencionan que para homogeneizar la germinación de *N. hihua* la semilla debe remojar durante 24 horas. Se ha encontrado que el tiempo de germinación se reduce en *Nectandra* cf. *cuneatocordata* después de ser ingerida por depredadores (Rivadeneira-Canedo, 2008), mientras que en *N. lanceolata* una escarificación química con ácido sulfúrico se ha establecido como la más adecuada (CATIE, 2001), por lo que podría experimentarse con un tratamiento de escarificación similar. Otra observación pertinente es referente al daño de semillas por parte de larvas de insectos brúquidos que atacan a esta especie, pues fue necesario coleccionar un número considerable de frutos debido al gran número de semillas dañadas, hecho que se repitió en la siguiente temporada reproductiva. Este problema se ha observado en *Nectandra ambigens*, la que puede tener parasitados hasta un 40% de los frutos (Córdova-Casillas, 1985). Esta situación debe tomarse en consideración en futuros estudios con esta especie.

Coccoloba escuintlensis alcanzó un porcentaje total de germinación de 72.4 ± 3.37 % (figura 13) así como un TMG de 104.4 días y VG de 0.21 (cuadro 3). Aunque es un alto porcentaje, el TMG es prolongado, por lo que es probable que haya algún mecanismo de latencia en las semillas de esta especie. Por ejemplo, la testa es dura, lo que sería indicio de una latencia de tipo primario. Aunque no se dispone de información previa sobre la germinación de *C. escuintlensis*, se sabe que *Coccoloba uvifera* presenta semillas ortodoxas, las cuales estando frescas tienen un porcentaje de germinación entre 60 y 80%, iniciándose en un tiempo promedio de 30 días sin requerir de ningún tratamiento pregerminativo (Parotta, 1994; Batis-Muñoz *et al.*, 1999). Ellis *et al.* (1985) usaron un tratamiento que consiste en el remojo durante 24 hrs. para luego someterse a una estratificación en agua caliente. Debe señalarse que esta especie se distribuye en ecosistemas costeros, los cuales presentan condiciones ambientales diferentes a los del área de estudio. *C. escuintlensis* presenta un tiempo para la primera germinación (TGi) de 35 días. Es necesario realizar nuevos ensayos que involucren diferentes tratamientos (escarificación, almacenamiento) con tal de establecer la verdadera naturaleza de la semilla, y que permita la mejora de las características germinativas de esta especie.

Ternstroemia tepezapote tuvo un PG de 46.8 ± 3.7 % (figura 13), con un TMG de 86.7 días y un VG de 0.11 (cuadro 3). Aunque no se han publicado ensayos de germinación en esta especie, otras especies del género muestran PG similares en condiciones de campo y vivero (Raich y Gong, 1990; Camacho-Cruz *et al.*, 2000; Camacho-Cruz y González-Espinosa, 2002; Pires *et al.*, 2009). Sin bien la germinación obtenida aquí es buena con fines de propagación en vivero (Elliot *et al.*, 2002; Pakkad *et al.*, 2003), es posible que algunos factores hayan influido para no obtener un porcentaje más elevado. En un ensayo bajo condiciones de laboratorio Pires *et al.* (2009) encontraron porcentajes y tiempos de germinación muy altos en *Ternstroemia brasiliensis* bajo luz y temperaturas entre 25 y 30 °C, mencionando además que un aumento de

agua en el sustrato ejerce una influencia negativa en la germinación; adicionalmente, obtuvieron resultados similares en el campo, en donde la mejor germinación se presentó en ambientes de bosque y claros secos (>80%) en comparación de los ambientes de bosque y claros húmedos (40-60%). Las semillas de *T. tepezapote* se remojaron durante seis horas antes de su siembra (siendo probable que su limpieza con arena las haya escarificado en algún grado), y las condiciones bajo las cuales germinó eran húmedas en todo momento, ya que la malla-sombra y el sustrato de hojas secas evitaron su pérdida excesiva, por lo que los niveles de humedad pudieron influir de manera similar. Además, Pires *et al.* (2009) encontraron una alta tasa de absorción de agua por parte de la semilla así como una pérdida drástica en la viabilidad con el almacenamiento, concluyendo que se trata de una semilla de tipo recalcitrante. Si se considera los valores de TMG y VG, así como los tiempos de inicio y final de germinación (49 y 168 días), podrían indicar lo contrario, aunque como se señaló en *T. brasiliensis*, la temperatura influye en la velocidad de germinación. Se hacen necesarios ensayos de germinación en los cuales se involucren los aspectos que puedan influir, para así determinar las mejores condiciones en las cuales pueda germinar esta especie. Adicionalmente, es justo mencionar que fue necesario coleccionar una gran cantidad de frutos debido a que una gran cantidad de semillas resultaron vanas (inmaduras, infestadas con larvas), por lo que es necesario realizar la separación de semillas de la manera más cuidadosa posible con tal de optimizar los esfuerzos.

Las especies con PG más bajos fueron *Trichospermum mexicanum* con 24 ± 1.30 % y *Leucaena leucocephala*, con 6.8 ± 1.06 % (figura 13). El TMG fue de 134.8 y 57.1 días respectivamente; así también, los VG fueron los más exiguos en ambas especies, con 0.01 para *Trichospermum* y 0.009 para *Leucaena* (cuadro 3). En el caso de *L. leucocephala*, su poca germinación puede deberse a sus características físicas, en especial su testa, la cual le confiere

una latencia de tipo primario (Batis-Muñoz *et al.*, 1999), que impide la entrada de agua y la semilla no germina a menos que la testa sea escarificada (Poulsen y Stubsgaard, 1995). Dado que las semillas empleadas en este estudio no se sometieron a un tratamiento pregerminativo distinto al remojo, es posible que ellas no hubieran absorbido una cantidad suficiente de agua, a pesar de que Batis-Muñoz *et al.* (1999) y SIRE-Paquetes Tecnológicos (s.f.e.) contemplan el remojo a temperatura ambiente como adecuado en tiempos de hasta 24 horas. Empero Cervantes *et al.* (2001) señalan que una especie afín, *L. esculenta*, presenta polimorfismo germinativo, lo que significa que en un lote de semillas el 60% presenta latencia, y el 40% restante no, por lo cual es necesario aplicar un tratamiento de calor húmedo para homogeneizar la germinación. Hugues (1998) menciona que para las especies del género *Leucaena* los tratamientos con agua caliente son los más aceptados por su sencillez y buenos resultados, lo cual ha sido confirmado en pruebas de germinación en campo para ésta y otras especies afines del género (Arriaga *et al.*, 1994; Cervantes, 1996); por lo que para *L. leucocephala* un tratamiento adecuado ha sido una inmersión en agua caliente a 80 °C por tres a cuatro minutos seguido de un remojo en agua a temperatura ambiente por 12 hrs. (Parotta, 1992). De acuerdo con lo anterior, las semillas probablemente no se embebieron por completo debido a que el tiempo de remojo fue corto (ocho horas), o también es posible que las semillas presentaran polimorfismo germinativo tal como *L. esculenta*. Otro aspecto a considerar es la presencia muy evidente de larvas de escarabajos brúquidos en las semillas antes de su siembra, aunque los filtros de selección de semillas realizados previos a la siembra (flotación, inspección visual periódica) se aplicaron concienzudamente. Estos insectos pueden reducir sustancialmente el número de semillas viables, y las poblaciones naturales de todas las especies de *Leucaena* son atacadas en algún nivel (Hugues, 1998).

Los valores bajos encontrados en la germinación de *Trichospermum mexicanum* son probablemente indicadores de la presencia de latencia en sus semillas. Dalling *et al.* (1997)

mencionan un período de latencia de hasta dos años o más para esta especie en un bosque tropical estacional de Panamá. González-Gutiérrez (2004) en un ensayo de germinación bajo condiciones de laboratorio encontró un porcentaje de germinación de 10% en esta especie, discutiendo la posibilidad de una respuesta positiva hacia algún tratamiento de escarificación, mientras que Sautu *et al.* (2006) encontraron valores muy similares en porcentaje y tiempo en una especie congénere, *T. galeottii* en condiciones de vivero (15% alcanzado en 222 días). Por otro lado, Guariguata (2000), al evaluar la germinación de *T. grewiifolium* en claros y bajo el dosel del bosque, encontró diferencias en los porcentajes de germinación (>75% y <25% respectivamente), concluyendo que las condiciones de luz y temperatura parecen influir en la germinación. *T. mexicanum* es considerada una especie pionera (Martínez-Ramos, 1985; Dalling *et al.*, 1997; Benítez-Malvido *et al.*, 2001), por lo que su germinación podría estar sujeta a la conjunción de condiciones microambientales, lo cual es una característica de las semillas de especies pioneras (Dalling, 2002) que les permite establecerse en áreas abiertas y semiabiertas (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994; Baskin y Baskin, 2001). Muñoz-García *et al.* (2005) establecen que la germinación óptima de esta especie está determinada por condiciones térmicas e hídricas especiales, por lo que un método de escarificación adecuado incrementaría el porcentaje de germinación, tal y como lo demuestran Sánchez *et al.* (2006) al emplear un tratamiento pregerminativo de hidratación-deshidratación y choque térmico (semillas robustecidas), que al combinarse arrojó un porcentaje de germinación de 88.6% en aproximadamente once días, bajo condiciones de vivero similares a las del presente estudio. Un aspecto importante es que los frutos de *T. mexicanum* permanecen durante mucho tiempo en el árbol, por lo que la dispersión de las semillas no es un evento repentino, pues el autor observó la presencia de semillas en las cápsulas varios meses después de la maduración de los frutos (noviembre). Además de buscar un método adecuado y accesible de escarificación, se necesitaría evaluar la germinación de la semilla en

diferentes tiempos de colecta dentro de la misma temporada de dispersión, para así definir las condiciones que ayuden a obtener los mejores resultados.

VI.b. Supervivencia

Para el final del estudio se observó que en general los porcentajes de supervivencia de las plántulas fueron altos entre las especies, con intervalos de variación entre 75 y 100% (figura 14), encontrando diferencias significativas entre las especies (ANOVA, $F= 42.91$, g.l.= 8, $p<0.05$; cuadro 3). Esto quizá refleje las condiciones adecuadas bajo las cuales las plántulas se desarrollaron y garantizarían en una primera instancia el éxito para obtener plántulas de buena calidad; siendo la disponibilidad de agua el factor principal que determina la germinación, establecimiento y supervivencia de las plántulas en los bosques tropicales secos (Hammond, 1995; McLaren y McDonald, 2003; Poorter y Markesteijn, 2008; González-Rivas *et al.*, 2009). El riego, el uso de malla-sombra y de una capa de hojarasca solventó adecuadamente esta limitante, inclusive durante los meses de la temporada de estiaje, en los cuales se ha observado que la mortalidad de plántulas es mayor (Ramírez-Marcial, 2003). De hecho, las especies de bosque tropical seco pueden tolerar hasta dos veces más la escasez de agua en comparación con las especies del bosque tropical húmedo (Poorter y Markesteijn, 2008).

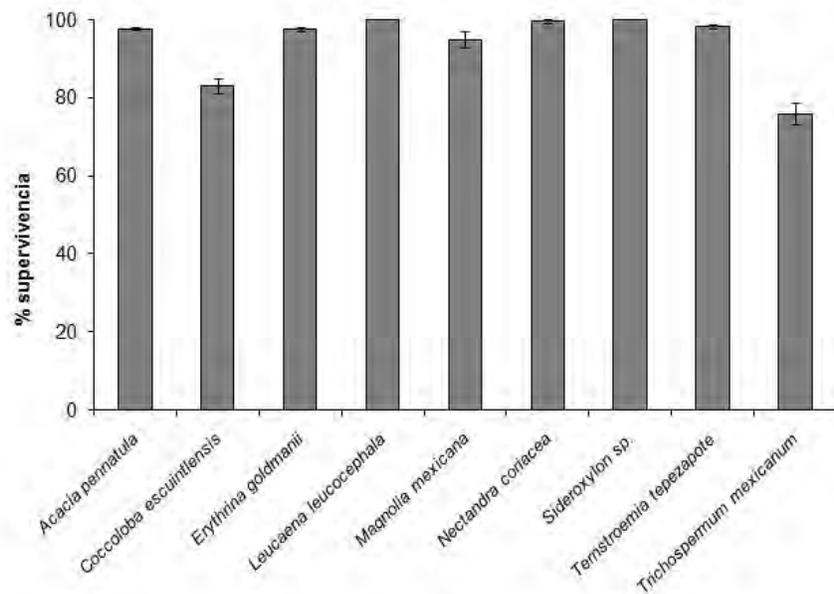


Figura 14. Porcentajes de supervivencia de plántulas para las nueve especies estudiadas (las líneas verticales arriba de las barras muestran el error estándar).

Por otra parte hay que considerar que los tiempos de evaluación fueron diferentes, debido a los tiempos de colecta-siembra y a las características germinativas para cada especie. *Leucaena leucocephala* y *Sideroxylon sp.* mostraron un 100% de supervivencia dentro de un período de observación de cinco y siete meses respectivamente. En *Leucaena* este porcentaje estaba representado por un número reducido de individuos debido a su poca germinación, mientras que en *Sideroxylon*, la germinación estuvo por encima del 80%. *Magnolia mexicana* ($94.9 \pm 2.01\%$), *Erythrina goldmanii* (97.6 ± 0.59), *Acacia pennatula* (97.7 ± 0.4), *Ternstroemia tepezapote* (98.1 ± 0.48) y *Nectandra coriacea* (99.5 ± 0.44) tuvieron porcentajes muy similares, aunque las primeras cuatro especies estuvieron alrededor de cinco meses bajo observación. Las especies con los menores porcentajes fueron *Cocoloba escuintlensis* (83.06 ± 1.98) y *Trichospermum mexicanum* (75.8 ± 2.72), aunque estas especies fueron junto con *N. coriacea* las que estuvieron

sujetas a un mayor período de observación, alrededor de nueve meses desde su siembra hasta el final de la evaluación.

Se ha establecido un porcentaje de 70% de supervivencia como aceptable dentro de la producción de planta en vivero (Blakesley *et al.*, 2002; Pakkad *et al.*, 2003). Los porcentajes de las especies en este estudio son consistentes con lo anterior. Sin embargo, la germinación de semillas no es suficiente para calificar la producción de planta como exitosa; un alto porcentaje de supervivencia puede compensar porcentajes de germinación bajos (Pakkad *et al.*, 2003). Ya que las plántulas permanecieron dentro de las cajas de germinación, sería necesario evaluar un porcentaje de supervivencia diferente si se realiza su trasplante hacia recipientes individuales como bolsas de polietileno, pues este proceso somete a las plántulas a un estrés mecánico en todas sus partes, lo que generalmente provoca pérdidas de plántulas debido a una crisis de trasplante (Arriaga *et al.*, 1994).

La evaluación de la supervivencia de estas especies en condiciones de vivero representa un paso inicial, ya que son necesarios estudios posteriores que evalúen la supervivencia de cada una de las especies en el campo, entorno en el cual las plántulas están expuestas a diferentes condiciones de estrés, naturales y antropogénicas (Turner, 2001; Barchuk *et al.*, 2006; Ramírez-Marcial, 2003; Ramírez-Marcial *et al.*, 2006).

Estos resultados probablemente reflejan además las condiciones *in situ* bajo las cuales las plántulas crecieron, por lo que la infraestructura del vivero no representó una desventaja, todo lo contrario, lo que posibilita el establecimiento de viveros baratos en la región que rindan buenos resultados y que no demanden un gasto muy elevado en recursos de cualquier índole, considerando que el costo económico que demanda un vivero con fines de restauración a largo plazo suele ser sustancialmente elevado (Zahawi y Holl, 2009); además de que en la producción de plántulas en vivero, uno de los principales objetivos es la obtención de individuos de buena

calidad, para lograr una buena supervivencia posterior a su plantación (Sosa-Pérez y Rodríguez-Trejo, 2003).

VI.c. Crecimiento inicial

Las mediciones iniciales del crecimiento en plántulas variaron entre las especies (figura 15, cuadro 4). La menor altura inicial fue para *Coccoloba escuintlensis* (3.7 ± 0.06), *Trichospermum mexicanum* (3.8 ± 0.27) y *Ternstroemia tepezapote* (3.9 ± 0.07), pasando por *Erythrina goldmanii* (6.1 ± 0.15), *Magnolia mexicana* (7.1 ± 0.1) y *Nectandra coriacea* (7.6 ± 0.13); la mayor altura inicial fue para *Sideroxylon* sp. (11.2 ± 0.2) y *Acacia pennatula* (11.3 ± 0.22). El menor crecimiento en altura al final de las evaluaciones (entre 54 y 60 días después) correspondió a *C. escuintlensis* (7.9 ± 0.3) y *T. tepezapote* (7.9 ± 0.18), y el mayor a *A. pennatula* (30.1 ± 0.94) y *T. mexicanum* (31.9 ± 2.02); las especies restantes tuvieron alturas que oscilaron entre los 13 y 16 cm aproximadamente (figura 15a, cuadro 4). En lo que respecta al diámetro a la altura de la base al inicio de las evaluaciones (figura 15b, cuadro 4), *A. pennatula* (0.15 ± 0.002), *C. escuintlensis* (0.13 ± 0.002), *N. coriacea* (0.15 ± 0.003), *Sideroxylon* (0.19 ± 0.002), *T. tepezapote* (0.18 ± 0.001) y *T. mexicanum* (0.15 ± 0.008) tuvieron diámetros similares; *M. mexicana* (0.30 ± 0.003) y *E. goldmanii* (0.40 ± 0.007) registraron el mayor diámetro inicial. Al final *M. mexicana* (0.40 ± 0.005), *E. goldmanii* (0.56 ± 0.014) y *T. mexicanum* (0.57 ± 0.041) presentaron los diámetros más grandes; para las demás especies los diámetros finales oscilaron entre 0.21 y 0.29 cm aproximadamente.

Trichospermum mexicanum y *Acacia pennatula* resultaron las especies con el mayor incremento en las dos variables de crecimiento. *Trichospermum* incrementó su altura casi diez veces y su diámetro cuatro veces, y *Acacia* lo hizo el triple para la altura y el doble para el diámetro; para el resto de las especies la proporción del crecimiento fue alrededor del doble de la

altura inicial (excepto *Erythrina*, con un incremento de más del doble, y *Sideroxylon*, con un incremento de la mitad de su altura inicial) e incrementos discretos en el diámetro (excepto *Coccoloba*, la cual casi duplicó su diámetro inicial). Este fenómeno se expresa de manera más clara con la Tasa Relativa de Crecimiento mostrado más adelante.

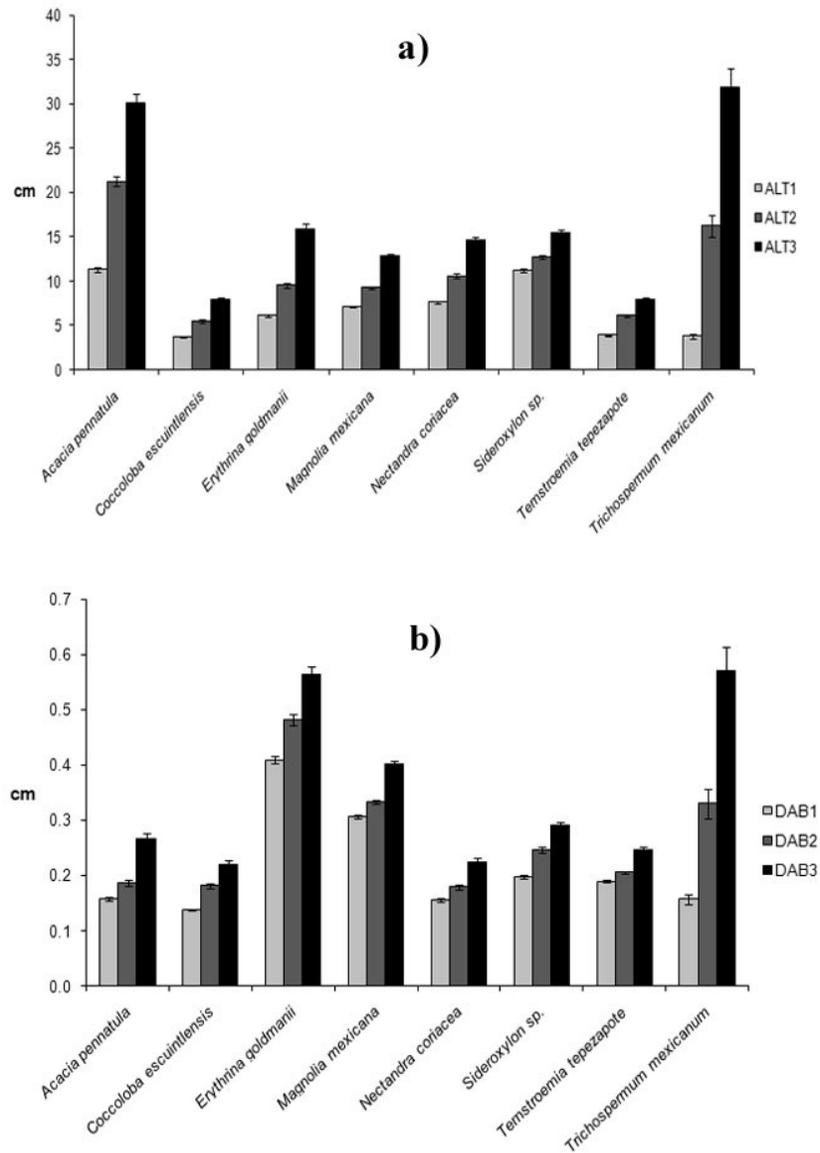


Figura 15. Altura ALT (a) y diámetro a la altura de la base DAB (b) para las tres evaluaciones mensuales (las líneas verticales arriba de las barras muestran el error estándar). ALT 1, DAB 1= primer mes; ALT 2, DAB 2= segundo mes; ALT 3, DAB 3= tercer mes.

Cuadro 4. Crecimiento inicial (Ev1), intermedio (Ev2) y final (Ev3) para la altura (ALT) y diámetro a la base del tallo (DAB) de las ocho especies estudiadas (media \pm error estándar). N: Número de plántulas medidas; TRC: Tasa Relativa de Crecimiento ($\text{cm}^*\text{cm}^{-1}*\text{día}^{-1}$); Días/Ev: Días entre evaluaciones: (Ev2-Ev1, Ev3-Ev2, y Ev3-Ev1).

Especie	N	ALT			DAB			TRC ALT	TRC DAB	Días/Ev
		Ev 1	Ev 2	Ev 3	Ev 1	Ev 2	Ev 3			
<i>Acacia pennatula</i>	50 (10 x 5)	11.3 \pm 0.22	21.2 \pm 0.57	30.1 \pm 0.94	0.15 \pm 0.002	0.18 \pm 0.005	0.26 \pm 0.009	0.0178 \pm 0.00058	0.0092 \pm 0.00055	(24, 30, 54)
<i>Coccoloba escuintlensis</i>	50 (10 x 5)	3.7 \pm 0.06	5.5 \pm 0.14	7.9 \pm 0.3	0.13 \pm 0.002	0.18 \pm 0.004	0.21 \pm 0.008	0.0121 \pm 0.00063	0.0073 \pm 0.00056	(30, 30, 60)
<i>Erythrina goldmanii</i>	50 (10 x 5)	6.1 \pm 0.15	9.5 \pm 0.31	15.8 \pm 0.68	0.40 \pm 0.007	0.48 \pm 0.009	0.56 \pm 0.014	0.0157 \pm 0.00068	0.0053 \pm 0.00032	(28, 30, 58)
<i>Magnolia mexicana</i>	50 (10 x 5)	7.1 \pm 0.1	9.2 \pm 0.13	12.8 \pm 0.29	0.30 \pm 0.003	0.33 \pm 0.003	0.40 \pm 0.005	0.0095 \pm 0.0003	0.0044 \pm 0.00023	(30, 30, 60)
<i>Nectandra coriacea</i>	50 (12 x 4)	7.6 \pm 0.13	10.6 \pm 0.26	14.5 \pm 0.48	0.15 \pm 0.003	0.17 \pm 0.003	0.22 \pm 0.007	0.0104 \pm 0.00046	0.0058 \pm 0.00044	(30, 30, 60)
<i>Sideroxylon</i> sp.	50 (10 x 5)	11.2 \pm 0.2	12.7 \pm 0.2	15.5 \pm 0.34	0.19 \pm 0.002	0.24 \pm 0.004	0.29 \pm 0.004	0.0053 \pm 0.00042	0.0063 \pm 0.00027	(30, 30, 60)
<i>Ternstroemia tepezapote</i>	50 (10 x 5)	3.9 \pm 0.07	6.1 \pm 0.11	7.9 \pm 0.18	0.18 \pm 0.001	0.20 \pm 0.002	0.24 \pm 0.003	0.0118 \pm 0.00041	0.0043 \pm 0.00024	(30, 30, 60)
<i>Trichospermum mexicanum</i>	30 (6 x 5)	3.8 \pm 0.27	16.2 \pm 1.23	31.9 \pm 2.02	0.15 \pm 0.008	0.33 \pm 0.026	0.57 \pm 0.041	0.0397 \pm 0.0011	0.02334 \pm 0.001	(24, 30, 54)

Se encontraron diferencias significativas en la Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) entre las especies en altura (ANOVA, $F= 97.78$, $g.l.= 7$, $p<0.05$) y en diámetro a la altura de la base (ANOVA, $F= 30.1$, $g.l.= 7$, $p<0.05$) (cuadro 4, figura 16). La especie que se diferenció del resto fue *Trichospermum mexicanum* (Tukey HSD, $p<0.05$), la cual presentó las mayores tasas de crecimiento tanto en altura ($0.039 \pm 0.001 \text{ cm}^*\text{cm}^{-1}*\text{día}^{-1}$) como en diámetro de la base del tallo (0.023 ± 0.001). Esta especie se caracteriza por su rápido crecimiento (Herrera-Peraza *et al.*, 1997; Pennington y Sarukhán, 2005).

Otras especies con crecimientos intermedios en la TRC en altura fueron *Acacia pennatula* ($0.0178 \pm 0.0005 \text{ cm}^*\text{cm}^{-1}*\text{día}^{-1}$) y *Erythrina goldmanii* (0.0157 ± 0.0006), seguidas de *Coccoloba escuintlensis* (0.0121 ± 0.0006), *Ternstroemia tepezapote* (0.0118 ± 0.0004), *Nectandra coriacea* (0.0104 ± 0.0004) y *Magnolia mexicana* (0.0095 ± 0.0003). *Sideroxylon* sp. (0.0053 ± 0.0004) fue la especie con la menor TRC (cuadro 4, figura 16).

Respecto a la TRC en diámetro a la base de tallo, después de *T. mexicanum* siguieron *A. pennatula* ($0.0092 \pm 0.0005 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$). *C. esculentensis* (0.0073 ± 0.0005), *Sideroxylon* sp. (0.0063 ± 0.0002), *N. coriacea* (0.0058 ± 0.0004) y *E. goldmanii* (0.0053 ± 0.0003). *M. mexicana* (0.0044 ± 0.0002) y *T. tepezapote* (0.0043 ± 0.0002) fueron las especies con las menores tasas de crecimiento (cuadro 4, figura 16).

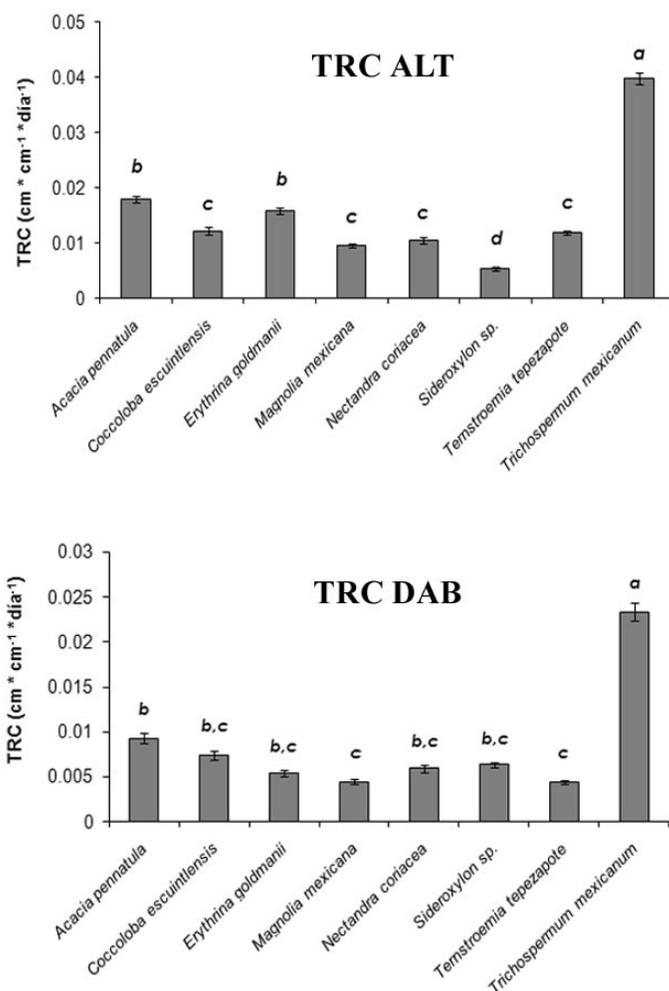


Figura 16. Tasa Relativa de Crecimiento en altura (TRC ALT) y diámetro a la altura de la base (TRC DAB) para las ocho especies estudiadas (las líneas verticales arriba de las barras muestran el error estándar). Barras que no comparten letras iguales representan medias significativamente diferentes (Tukey HSD $p < 0.05$).

La descripción del crecimiento de las plantas es importante, pues con ella se puede analizar la influencia de diferentes factores sobre el desarrollo de las mismas (Cobas-López *et al.*, 2003). La calidad y cantidad de la luz puede influir en el crecimiento en altura y morfología de las plántulas (Loik y Holl, 1999; Turner, 2001). Dado que la luz resulta un factor primordial en las primeras etapas del crecimiento de una plántula, las diferencias que puedan encontrarse probablemente obedezcan a la plasticidad ecológica de las especies hacia este elemento (Quero *et al.*, 2008), ya que la respuesta a la luz es altamente variable en las especies de bosque tropical seco (Vieira *et al.*, 2008), y en general las especies pueden clasificarse como tolerantes y no tolerantes a la sombra (Walter y Reich, 1996). Sin embargo, para todas las especies las condiciones de luminosidad fueron homogéneas en este experimento (50% sombra). *T. mexicanum*, *A. pennatula*, así como especies del género *Erythrina* son consideradas pioneras (Martínez-Ramos, 1985; Herrera-Peraza *et al.*, 1997; González-Gutiérrez, 2004; Ramírez-Marcial *et al.*, 2005; Zahawi y Holl, 2009), especies que se caracterizan por una tasa de crecimiento elevada en su estadio de plántula y en general durante todo el ciclo vital (Martínez-Ramos, 1985). Estas tres especies son las que mostraron las tasas de crecimiento más altas, lo que indicaría que se trata de especies pioneras, lo que además es consistente con los resultados de los ensayos de germinación para el caso de *Erythrina* y *Acacia*. La menor TRC en altura de las especies restantes, ligada a la información obtenida en los ensayos de germinación, podría indicar que se encuentran dentro de una categoría sucesional más avanzada (Martínez-Ramos, 1985; Quintana-Ascencio y González-Espinosa, 1993), como lo están otras especies de los géneros en cuestión: *Coccoloba* (Ray y Brown, 1995; Otero-Arnaiz *et al.*, 1999; Rivera *et al.*, 2000; Santiago-García *et al.*, 2008), *Ternstroemia* (Raich y Gong, 1990; Camacho-Cruz *et al.*, 2000; Ramírez Marcial *et al.*, 2005; Pires *et al.*, 2009), *Nectandra* (Martínez-Ramos, 1985; Benítez-Malvido *et al.*, 2001; Paz, 2003; Carvalho *et al.*, 2008), *Magnolia* (Arriaga, 2000; Ramírez-Bamonde *et al.*, 2005;

Ramírez-Marcial *et al.*, 2005; 2008) y *Sideroxylon* (Loik y Holl, 1999; Harvey, 2000; Rivera *et al.*, 2000; Schultz, 2005). No obstante, para establecer dichas categorías con mayores fundamentos se necesita de información relacionada a su biología y ecología, junto con nuevos ensayos que involucren el escenario natural y mayores tiempos de evaluación.

Además de la luz, la disponibilidad de agua es un factor clave que influye en el crecimiento de los elementos vegetales en el bosque tropical seco (González-Rivas *et al.*, 2009). Sin embargo, al igual que con la luz las condiciones de riego fueron uniformes a lo largo del estudio, además de que la malla-sombra actuó como amortiguador con relación a la pérdida de humedad. La dependencia de sombra de las especies de bosque tropical seco puede ser conceptualizada como una propiedad ecológica que integra la tolerancia a la sequía y los requerimientos lumínicos (Ray y Brown, 1995).

Se ha observado que las especies con mayor supervivencia muestran una menor tasa relativa de crecimiento, a manera de *trade-off* (Kitajima, 2002; Baraloto *et al.*, 2005). Aparentemente, *Sideroxylon* sp. podría mostrar esta respuesta, pues su supervivencia fue del 100%, pero presentó la menor TRC en altura. Contrariamente *T. mexicanum*, la especie con menor porcentaje de supervivencia (75.8%), tuvo una TRC en altura casi ocho veces más alta que la de *Sideroxylon*.

Los ensayos en condiciones de vivero conducen a conclusiones parciales y sus resultados pueden enmascarar lo que sucede realmente en el ambiente si se consideran definitivas. Por ejemplo, la tasa relativa de crecimiento de una especie evaluada en vivero puede llegar a ser hasta cinco veces más grande que la registrada en el campo, entorno natural que a fin de cuentas alberga las condiciones dentro de las cuales opera la restauración (Ramírez-Marcial *et al.*, 2006). Por lo tanto, se establece la necesidad de realizar análisis de crecimiento en condiciones naturales

que abarquen un mayor período de tiempo (Cervantes *et al.*, 1998; Sack y Grubb, 2001; Ramírez-Marcial *et al.*, 2005; 2008), y que impliquen variables ambientales (Loik y Holl, 1999).

VI.d. Fenología

La floración de la mayoría de las especies estudiadas se presentó principalmente entre los meses de enero a junio de 2009, siendo el mes de abril en donde el evento tuvo una mayor ocurrencia en 10 de las 12 especies (figuras 17 y 19). La mayor parte de estos meses corresponden a la temporada de secas, pues de acuerdo con los datos de precipitación para la región (INEGI, 2003), entre los meses de enero a abril la precipitación pluvial promedio mensual no va más allá de los 10 mm mensuales (figura 19). Esto es similar a lo señalado para otros ecosistemas tropicales con una estación seca marcada (Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Villasana y Suárez, 1997; Camacho y Orozco, 1998; Justiniano y Fredericksen, 2000; Selwyn y Parthasarathy, 2006; Maciel-Quirino *et al.*, 2007); incluso se han encontrado patrones similares en ecosistemas tropicales húmedos en los cuales no se presenta una estación seca conspicua (Carabias-Lillo y Guevara, 1985; Morellato *et al.*, 2000; Mantovani *et al.*, 2003; O'Brien *et al.*, 2008; Ochoa-Gaona *et al.*, 2008). La presencia de una sequía estacional se ha señalado como el principal factor externo que influye en los patrones fenológicos de los bosques tropicales estacionalmente secos (Borchert, 1983; Bullock, 1995), específicamente influidos por la periodicidad de las lluvias y la disponibilidad de agua en el subsuelo (Singh y Kushwaha, 2005), por lo que en estos ecosistemas la floración es más común en la estación seca (Montagnini, 2005). *Trichospermum mexicanum* y *Cupania dentata* fueron las especies que iniciaron su floración al final de la temporada de estiaje, presentando picos en pleno inicio de la temporada lluviosa, aunque de acuerdo con INEGI (2003) es en los meses de julio y agosto cuando se presenta la canícula, la cual se caracteriza por una disminución en la precipitación. Una menor

proporción de especies en floración se observó entre los meses de septiembre a noviembre de 2008, y julio y agosto de 2009, los cuales corresponden a la temporada lluviosa (INEGI, 2003) (figura 19).

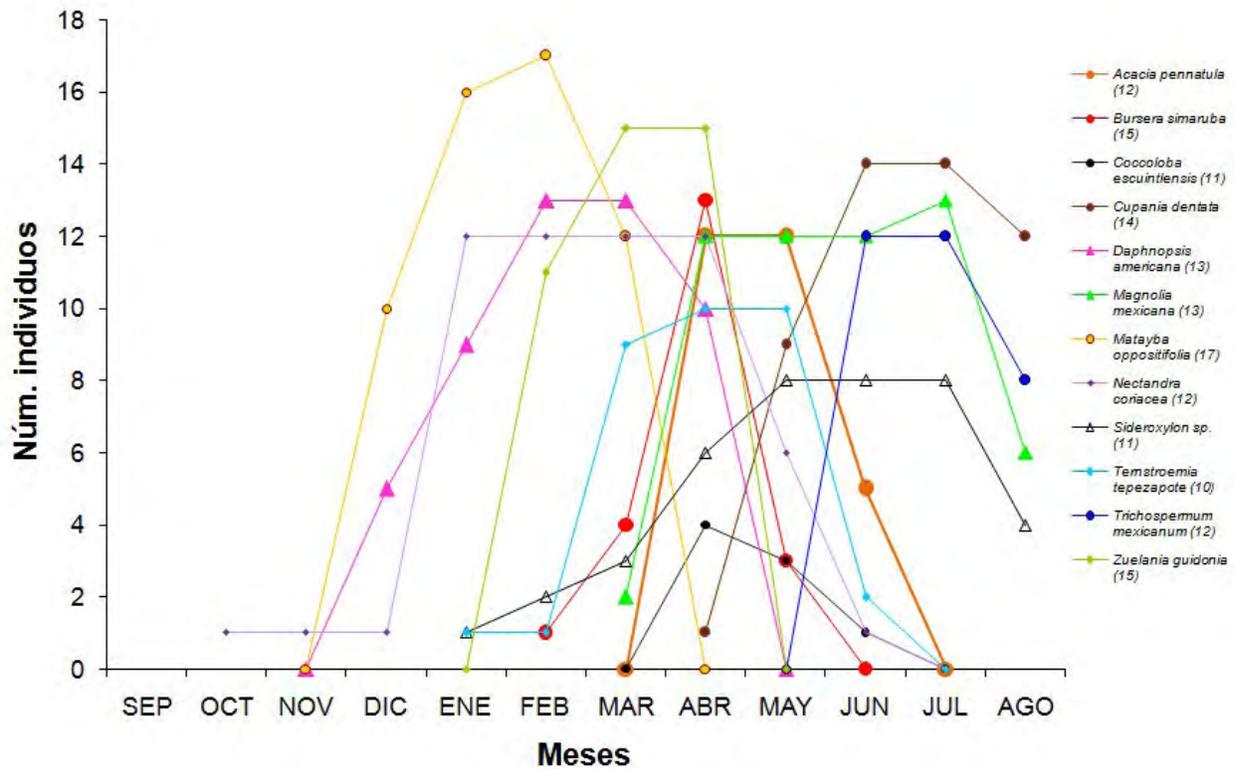


Figura 17. Patrón de floración de las doce especies estudiadas durante septiembre de 2008 a agosto de 2009. Entre paréntesis se indica el número total de individuos observados por especie.

Respecto a la fructificación, ésta se verificó de forma casi constante a lo largo del año, con alrededor de 10 de las 12 especies fructificando en el período de mayo a agosto de 2009 (figura 18 y 19). En primera instancia es posible diferenciar a las especies entre sí de acuerdo con la duración del evento (figura 18). En *Acacia pennatula*, *Bursera simaruba*, *Magnolia mexicana*, *Sideroxylon sp.* y *Ternstroemia tepezapote* el proceso de formación y maduración de los frutos es lento y abarca casi todo el año; en *Trichospermum mexicanum* este proceso es rápido, sin

embargo los frutos ya maduros permanecen durante gran tiempo en el árbol hasta la siguiente temporada reproductiva. En contraparte están *Zuelania guidonia*, *Matayba oppositifolia* y *Daphnopsis americana*, en las cuales el proceso total dura entre tres y seis meses. En un término medio se encuentran *Nectandra coriacea* y *Coccoloba escuintlensis*, con una duración de siete y nueve meses respectivamente. Se pudo observar en ciertas especies que algunos árboles no fructificaron luego de su floración, lo cual fue especialmente evidente en *C. dentata*, *D. americana* y *Sideroxylon*, para lo cual pueden existir numerosas razones que involucran factores internos y externos (Brearley *et al.*, 2007), por lo que se hace necesario un mayor tiempo de estudio como se expone más adelante.

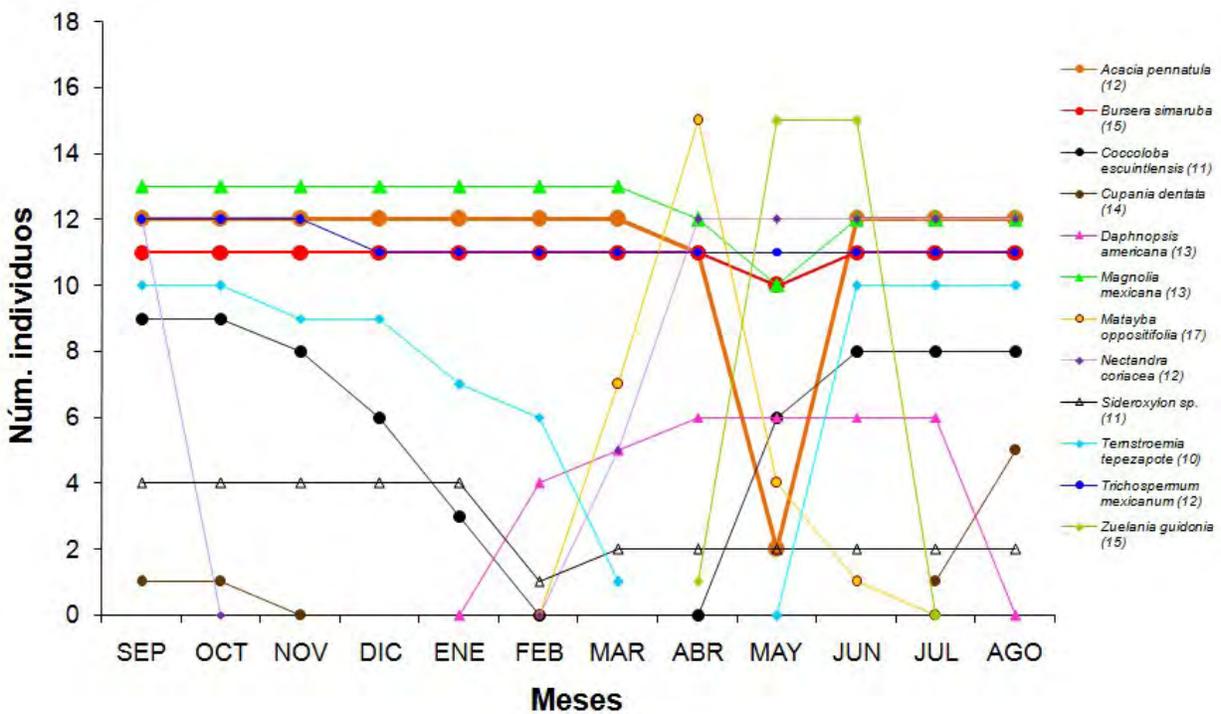


Figura 18. Patrón de fructificación de las 12 especies estudiadas durante septiembre de 2008 a agosto de 2009. Entre paréntesis se indica el número total de individuos observados por especie.

Relacionando los datos de precipitación para la región (INEGI, 2003) con la maduración de frutos y dispersión de semillas, este evento se presentó en una mayor cantidad de especies durante la mitad de la temporada de secas e inicio de la lluviosa, en el período comprendido entre los meses de febrero y junio de 2009 (figura 19). La ocurrencia de este evento se verificó tanto en la estación seca como en la lluviosa, por lo que se puede considerar una clasificación de las especies de acuerdo a la estación en la que dispersan sus semillas (Elliot *et al.*, 2002): al principio de la temporada lluviosa presentaron dispersión *D. americana* y *Z. guidonia*; y durante ella *N. coriacea*. En la temporada seca la dispersión ocurrió en su inicio en *Sideroxylon* sp. y *C. escuintlensis*; a lo largo de ella en *T. mexicanum* y *T. tepezapote*; y a finales en *A. pennatula*, *B. simaruba*, *M. mexicana* y *M. oppositifolia*. En los bosques tropicales estacionalmente secos el tiempo de dispersión de frutos es muy predecible (Vieira y Scariot, 2006; Vieira *et al.*, 2008), y por lo general la dispersión es más frecuente en la temporada seca (Bullock y Solís-Magallanes, 1990). Por otro lado se ha observado que los árboles con frutos secos dispersan sus semillas en la temporada seca, mientras que aquéllos con frutos carnosos lo hacen en la temporada lluviosa (Bullock, 1995; Justiniano y Fredericksen, 2000; Griz y Machado, 2001). De acuerdo con lo anterior, en las especies de fruto seco como *A. pennatula*, *C. escuintlensis*, *B. simaruba*, *M. mexicana*, *M. oppositifolia* y *T. mexicanum* la dispersión se efectuó en la temporada de secas, mientras que las de fruto carnoso como *D. americana*, *Z. guidonia* y *N. coriacea*, el evento ocurrió en la temporada lluviosa. Las excepciones fueron especies de frutos carnosos como *Sideroxylon* sp. y *T. tepezapote*; si bien las dos primeras especies iniciaron su dispersión durante el final de las lluvias, el evento se prolongó hasta que la temporada de estiaje se había establecido por completo. En conclusión, de 11 especies en total, ocho presentaron dispersión en temporada seca, de las cuales seis son de fruto seco y dos de fruto carnoso; y tres especies dispersaron sus semillas en temporada lluviosa, siendo todas ellas de fruto carnoso.

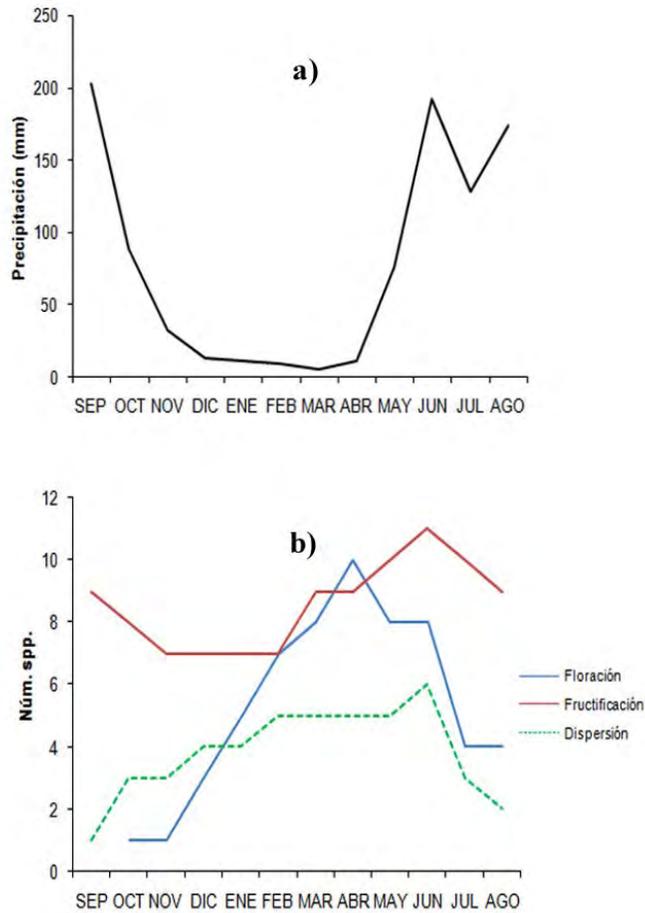


Figura 19. (a) Precipitación pluvial total mensual para la región (1940-2001; INEGI, 2003), y (b) número de especies con fenofases durante el período de estudio.

Resulta preciso señalar que no en todas las especies se observó el inicio y final de un evento fenológico en sentido cronológico (floración-fructificación-dispersión de semillas) para una temporada reproductiva, pues el período de estudio abarcó 12 meses, por lo que en esos casos la fenología se describió a partir de observaciones de dos temporadas reproductivas (fructificación-dispersión de semillas, floración). Las especies en las que sí fue posible hacerlo fueron *Daphnopsis americana*, *Matayba oppositifolia* y *Zuelania guidonia*, debido a que sus temporadas reproductivas fueron las más cortas (cuadros 5 y 6) y coincidieron totalmente con el

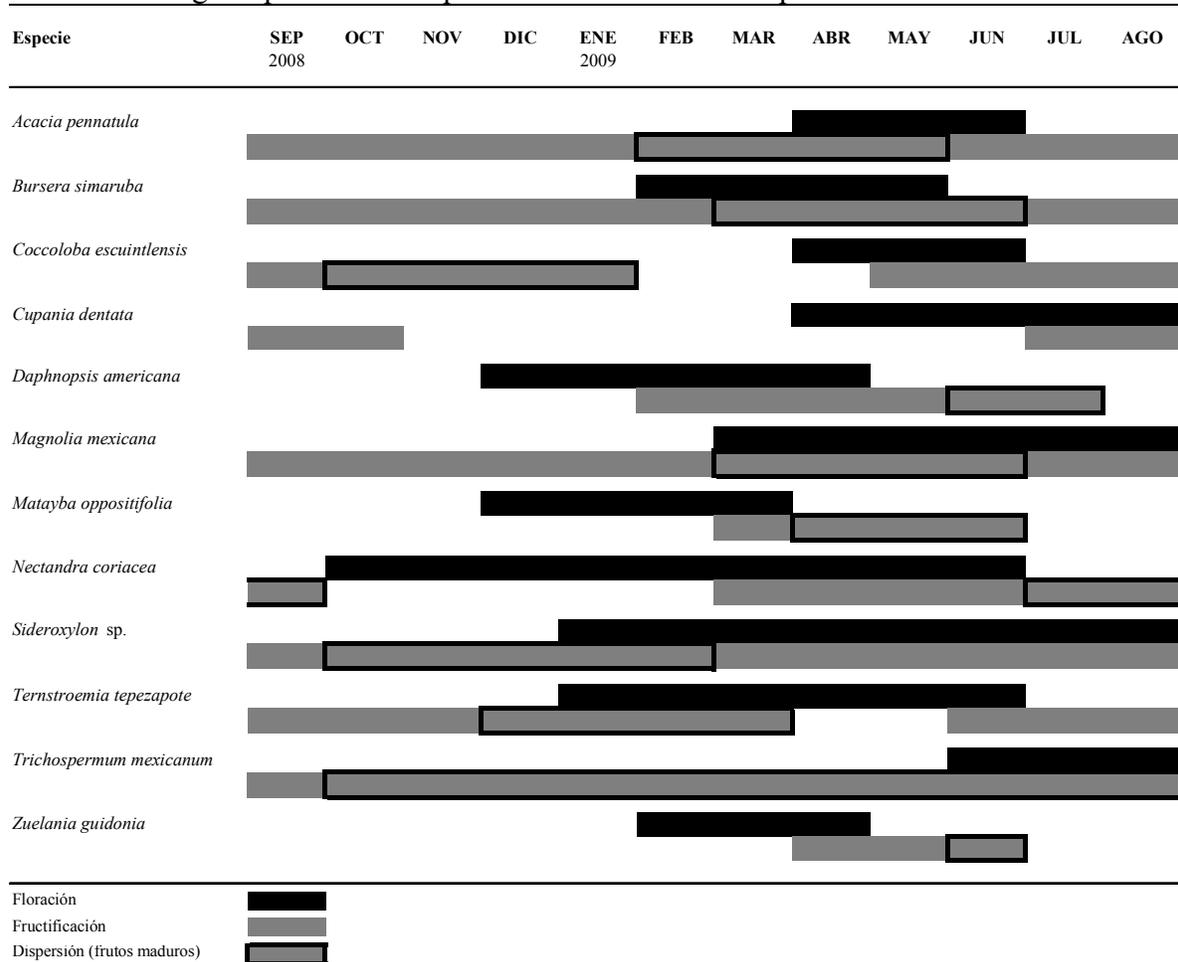
período de estudio. Sin embargo, para la mayoría de las especies se observó una regularidad en la fenología dentro de los dos años solapados con el período de estudio (septiembre 2008-agosto 2009), por lo que podría inferirse un patrón, por lo menos con respecto a la floración. De esta manera, de acuerdo con la clasificación de Newstrom *et al.* (1994), para ocho de las 12 especies (con excepción de *Daphnopsis*, *Matayba* y *Zuelania*, en las cuales no se alcanzó a observar una segunda temporada reproductiva) se presentaría un patrón de floración anual. En el caso de *Cupania dentata* no se observó una regularidad, pues en el inicio de las observaciones (septiembre de 2008) sólo un individuo presentaba estructuras reproductivas (remanentes de frutos), y al término del estudio (agosto de 2009), cuatro individuos (de 14 observados) presentaban frutos aún en proceso de formación. Los bosques tropicales secos muestran gran diversidad de patrones fenológicos así como una gran variabilidad interanual en las especies debido a respuestas intra e interespecíficas, por ejemplo, del estatus fisiológico o localización en determinados microhábitats, e incluso al comportamiento desigual de las partes de un individuo (Borchert, 1983; Newstrom *et al.*, 1994; Singh y Kushwaha, 2005). Además, hay que considerar la influencia de las variaciones anuales en el clima local, pues las condiciones ambientales afectan directa e indirectamente la fenología de los árboles (Singh y Kushwaha, 2005; Yadav y Yadav, 2008) Con relación a esto, comentarios de pobladores locales, así como observaciones personales dan cuenta de una disminución evidente en la precipitación pluvial y un aumento en la temperatura en el 2009 con respecto a la de años anteriores. Por tal motivo, es necesario conducir un estudio fenológico en la región que comprenda un mayor intervalo espacio-temporal, además de un número significativo de especies, lo que posibilitará el establecimiento de patrones fenológicos más definitivos.

Cuadro 5. Fenología reproductiva de las especies estudiadas. El período de observación comprendió de septiembre de 2008 a agosto de 2009.

Especie	Floración				Fructificación				Colecta
	Inicio	Final	Pico	Duración (meses)	Inicio	Final	Pico (frutos maduros)	Duración (meses)	
<i>Acacia pennatula</i>	Abril	Junio	Abr-may	3	Jun B	May B	Feb-may	12*	Mar B
<i>Bursera simaruba</i>	Febrero	Mayo	Abr	4	May B	Jun B	Mar-jun	14*	NR
<i>Coccoloba escuintlensis</i>	Abril	Junio	Abr-may	3	May B	Ene B	Oct A- ene B	9*	Oct-nov A
<i>Cupania dentata</i>	Abril	>Ago***	Jun-jul	5 +	Jul B	Oct A	ND	ND	NR
<i>Daphnopsis americana</i>	Diciembre	Abril	Feb-mar	5	Feb	Jul	Jun-jul	6	NR
<i>Magnolia mexicana</i>	Marzo	Agosto	Abr-jul	6	May B	Jun B	Mar-jun	14*	Mar-abr B
<i>Matayba oppositifolia</i>	Diciembre	Marzo	Ene-feb	4	Mar	Jun	Abr-jun	4	NR
<i>Nectandra coriacea</i>	Enero	Junio	Ene-abr	6	Mar B	Sep A	Jul B-sept A	7*	Sep A
<i>Sideroxylon</i> sp.	Enero	Agosto	May-jul	6	<Sep**	Feb	Oct A-feb B	6 +	Dic A-ene B
<i>Ternstroemia tepezapote</i>	Enero	Junio	Abr-may	6	Jun B	Mar B	Dic A- mar B	10*	Ene-feb B
<i>Trichospermum mexicanum</i>	Junio	Agosto	Jun-jul	3	Jul B	Ago B	Oct A-ago B	14*	Nov A
<i>Zuelania guidonia</i>	Febrero	Abril	Mar-Abr	3	Abr	Jun	Junio	3	NR

*La duración se infiere de la observación de 2 temporadas reproductivas; **<(mes): la fructificación inició antes del período de estudio; ***>(mes): la floración continuó concluido el período de estudio; (mes) +: la fenofase tiene mayor duración; (mes) A: año 2008; (mes) B: año 2009; ND: no determinada; NR: no realizada.

Cuadro 6. Fenología reproductiva esquematizada de las doce especies estudiadas.



VI.e. Potencial de las especies para la restauración ecológica

Como ya se ha mencionado el bosque tropical seco o caducifolio es uno de los ecosistemas más amenazados en el planeta, y gran parte de su desaparición y deterioro ha sido causada por actividades humanas ligadas a su crecimiento y sostenibilidad. En la Depresión Central de Chiapas esto no es la excepción, tal y como lo acotó Breedlove (1981), y en la actualidad las prácticas agropecuarias son concomitantes en el estado y especialmente en esta región (Gómez-Castro *et al.*, 2006; Miceli-Méndez, 2008). De forma particular, en el área de estudio se observa una perturbación evidente de las zonas boscosas principalmente por

actividades agrícolas, pecuarias, y de aprovechamiento forestal (fig. 20), actividades que de alguna manera influyen además en la regeneración de los sitios perturbados.



Figura 20. Zonas agropecuarias en el área de estudio.

Los atributos de algunas especies que persisten en sitios perturbados pueden aprovecharse con fines de restauración; hoy en día los estudios de sucesión se han enfocado sobre la ecología de las especies que permanecen en un sitio posteriormente a un disturbio y que pueden subsecuentemente restablecerse e invadirlo (Myster, 2004). Las características más sobresalientes de estas especies las representan el alto índice de crecimiento y supervivencia en áreas degradadas, atributos que si se vinculan a otros como una buena propagación en vivero y capacidad para acelerar la recuperación de la biodiversidad, sirven como punto de partida para la búsqueda de especies “base” o “nodriza” que posean un potencial dentro de un esquema de restauración ecológica (Goosem y Tucker, 1995; Elliot *et al.*, 2003; Pakkad *et al.*, 2003).

Las especies que cuenten con las características señaladas podrían incorporarse, por ejemplo, en sistemas agroforestales y silvopastoriles, los cuales coadyuvan a la restauración al proveer un conjunto de servicios ambientales junto con su productividad, convirtiéndose en una opción viable para mitigar los procesos de degradación de los ecosistemas naturales (López-Merlín *et al.*, 2003; Soto-Pinto *et al.*, 2007; Holz y Ramírez-Marcial, en revisión). Las especies contempladas dentro de sistemas agrosilvopastoriles dotan de una fuente alternativa y sustentable

de madera, leña, y alimento al ganado en épocas de escasez, favorecen la protección del suelo y las fuentes de agua, mejoran el reciclaje de nutrientes y contribuyen a la conservación de la biodiversidad (Ibrahim y Camargo, 2001; Gómez-Castro, *et al.* 2006), constituyéndose en una estrategia viable y posible para muchos productores de bajos recursos (López-Merlín *et al.*, 2003).

En el área de estudio *Acacia pennatula* es la especie más conspicua en áreas abiertas como potreros y parcelas (fig. 21a) debido a que es una especie pionera muy abundante en sitios perturbados por sus características reproductivas y de crecimiento, así como a su alta resistencia a niveles altos de disturbio (Purata *et al.*, 1999; OFI-CATIE, 2003; Ramírez-Marcial *et al.*, 2005). Es además la especie que presenta un mayor aprovechamiento por parte de la población de los alrededores, ya que se obtienen diferentes beneficios de ella (Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona, 2007), y particularmente es muy apreciada como combustible (Escobar-Ocampo, 2007; Escobar-Ocampo *et al.*, 2009; Holz y Ramírez-Marcial, en revisión), tal y como sucede en otras comunidades del sureste del país (Jiménez-Ferrer *et al.*, 2008). Su importancia como especie forrajera ha sido comprobada (Ibrahim y Camargo, 2001; OFI-CATIE, 2003; Jiménez-Ferrer *et al.*, 2007; Miceli-Méndez, 2008). Adicionalmente, se ha observado que *A. pennatula* facilita el establecimiento de otras especies en sitios con algún grado de perturbación, funcionando como planta nodriza (Rubio-Delgado, 2001; Rubio-Delgado *et al.*, 2002). Las especies facilitadoras o nodrizas fomentan el establecimiento de las plántulas al aminorar las condiciones ambientales extremas a las que están sujetas, aumentando la disponibilidad de agua y nutrientes y actuando a su vez como sitios de percha, protección y lluvia de semillas proveniente de fauna dispersora (Callaway y Pugnaire, 1999; Zahawi 2008). Además, pueden proveer de beneficios adicionales a los propietarios como es su aprovechamiento forestal (Holl *et al.*, 2000). Con los resultados de este estudio se observó que las características de germinación, crecimiento y supervivencia hacen

de *A. pennatula* una especie que puede propagarse fácil y rápidamente en vivero, tal y como ya se ha establecido en otros lugares (Cervantes *et al.*, 2001; OFI-CATIE, 2003). Se puede considerar a esta especie dentro de un esquema de restauración forestal local, tomando en cuenta además todas las ventajas que le confiere su autoecología y cualidad multiuso en el sitio de estudio.



Figura 21. (a) Potrero con abundancia de *Acacia pennatula*. (b) Cerca viva de *Bursera simaruba*.

Al igual que *A. pennatula*, *Leucaena leucocephala* y *Erythrina goldmanii* son leguminosas que poseen atributos ecológicos similares (Hammond, 1995; Santiago-García *et al.*, 2008; Zahawi y Holl, 2009), y que han sido reconocidas como especies promisorias dentro de sistemas agrosilvopastoriles, como árboles de uso múltiple en el estado de Chiapas (Gómez-Castro *et al.*, 2006). Por tal razón pueden ser susceptibles de un manejo análogo en el área de estudio. En conjunto estas tres especies de leguminosas tienen la ventaja adicional de enriquecer el sitio en donde se establecen por medio de la fijación del nitrógeno atmosférico al suelo, por lo que se considera esencial incorporar especies de leguminosas dentro de programas de reforestación en zonas tropicales (Cobbina *et al.*, 1989; Cervantes *et al.*, 1998). Incluso se ha observado que *L. leucocephala*, además de ser facilitadora y restauradora de suelos actúa como inhibidora de incendios (Santiago-García *et al.*, 2008). Este fenómeno es una perturbación latente y frecuente en el bosque tropical caducifolio (Otterstrom *et al.*, 2006), ecosistema muy sensible al

fuego (Rodríguez-Trejo, 2008), y que representa un serio riesgo en cualquier proyecto de restauración (Santiago-García *et al.*, 2008). A pesar de que *E. goldmanii* se puede propagar fácil y rápidamente a partir de semillas, puede regenerarse además vegetativamente, por lo que esta cualidad debe ser aprovechada con fines de restauración. Estudios han demostrado la ventaja que puede obtenerse de especies que pueden regenerarse vegetativamente, obteniendo algunas veces resultados más alentadores en comparación con el esquema de propagación a partir de semilla, por lo que deben ser incluidas dentro del repertorio de herramientas de restauración de bosques tropicales (Zahawi y Holl, 2009). Estas ventajas han sido demostradas en especies del género *Erythrina* y *Bursera* (Zahawi y Augspurger, 2006; Zahawi, 2008). Al respecto *E. goldmanii* y *B. simaruba* son apreciadas debido a esta característica al utilizarse como cercas vivas en el área de estudio (fig. 21b), por lo que este empleo podría vislumbrarse como una alternativa de conservación de la cobertura arbórea, fungiendo como árboles remanentes que faciliten el establecimiento y supervivencia de otras especies. Con relación a lo anterior, se ha observado que la remoción de semillas y mortalidad de plántulas de *Bursera simaruba* es menor mientras más conservado se encuentre su hábitat (Hammond, 1995; Andresen *et al.*, 2005), por lo que su regeneración a partir de semillas se vería favorecida con la existencia de un dosel arbóreo considerable.

Trichospermum mexicanum es otra de las especies características del área de estudio, ya que es frecuente encontrarla tanto en áreas abiertas como boscosas; por lo regular es un elemento común en la vegetación secundaria de las zonas tropicales de México (Hugues *et al.*, 1999; Benítez-Malvido *et al.*, 2001; Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona, 2007). En la región la especie goza de una buena aceptación, ya que se emplea como madera, combustible, sombra para cultivos de café, así como en cercas vivas. Pennington y Sarukhán (2005) mencionan que, a pesar de no tener un uso extendido en el país, *T. mexicanum* bien puede considerarse de interés con fines

distintos al aserrío, ya que es muy abundante y su crecimiento es rápido. Al respecto Herrera-Peraza *et al.* (1997) contemplan a *T. mexicanum* como especie nodriza que además de mejorar las condiciones del suelo promueve el establecimiento de especies de etapas sucesionales avanzadas, debido a su crecimiento acelerado. Aunque sus características germinativas no fueron tan altas, su porcentaje de supervivencia fue elevado, y su tasa de crecimiento en vivero fue el más alto en comparación con las demás especies en estudio, por lo que puede considerarse a esta especie como promisoría, aunque resta la tarea de encontrar las mejores condiciones que permitan una mejor propagación a través de semilla.

Coccoloba escuintlensis, *Nectandra coriacea* y *Ternstroemia tepezapote* son especies apreciadas con relación a su uso como leña en la región (Escobar-Ocampo, 2007; Escobar-Ocampo *et al.*, 2009), empleo que podría significar una amenaza a mediano y largo plazo. Sin embargo, ya que los requerimientos de germinación, crecimiento y supervivencia mostrados en el estudio fueron en general adecuados para las tres especies, resulta factible propagarlas en vivero hacia un perfil de plantación forestal con fines de obtención de combustible, tal y como lo señala Niños-Cruz (2007) para *T. tepezapote* y *A. pennatula*. Sin embargo, también podría plantearse un uso con fines maderables, pues se ha observado en varias especies de *Coccoloba* características anatómicas y estéticas de la madera muy atractivas que posibilitan un empleo diverso (Ruiz-Olvera *et al.*, 1980; Rebollar y Quintanar, 2000), y en general las especies del género *Nectandra* son consideradas económicamente importantes para el mismo fin (Rohwer, 1993). No obstante como ya se ha indicado, es necesario encontrar condiciones adecuadas para estas especies que repercutan en mejores tiempos de germinación. Las tres especies se pueden localizar en áreas de potrero y cultivo con relativa facilidad, por lo que otra alternativa sería la conservación de los árboles en estos lugares que posibiliten su papel como especies facilitadoras con todos los beneficios ecológicos y productivos que tal función conlleva. Un potencial similar se ha

encontrado en especies de *Nectandra* en pastizales de Costa Rica (Harvey y Haber, 1999) y en *Coccoloba barbadensis* en la Planicie Costera de Chiapas (Otero-Arnaiz *et al.*, 1999). Bajo este perfil de uso, simultáneamente actuarían como fuente de recursos no maderables. Por ejemplo los árboles de *T. tepezapote* tienen un aprovechamiento complementario a su empleo como combustible en la región, pues las flores son utilizadas y comercializadas informalmente con fines medicinales (fig. 22a), de manera similar a lo que ocurre con esta especie en Morelos y Puebla (Hersch-Martínez, 1997) y como sucede con otras especies del género *Ternstroemia* en diferentes partes del país (Marshall y Newton, 2003; Merino-Pérez y Hernández-Apolinar, 2004; Farfán *et al.*, 2007). Esto le otorga un valor adicional a esta especie con respecto a su conservación, incluso se ha señalado que al ser un árbol de un porte muy vistoso puede ser utilizado como ornamental (Angulo, 2005). Así también, a *N. coriacea* y a *Coccoloba* sp. se les emplea como forraje en la comunidad de Lacanhá Chansayab, en la Selva Lacandona (Levy-Tacher *et al.*, 2006), utilidad que podría contemplarse en la región.



Figura 22. (a) Flor de *Ternstroemia tepezapote*. (b) Flor de *Magnolia mexicana*.

Magnolia mexicana es una especie que por sus características reproductivas y el grado de perturbación y presión antropogénica de su hábitat podría estar amenazada en la región. Aunque la IUCN considera a cerca de la mitad de las especies de la familia Magnoliaceae como amenazadas, aún no cuenta con la información suficiente para evaluar la condición de esta

especie (Cicuzza *et al.*, 2007); empero, la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001) la cataloga como Amenazada. N. Ramírez-Marcial (com. pers.) menciona que *M. mexicana* es más afín a ambientes húmedos. Por lo anterior expuesto la presencia de la especie en el área de estudio estaría condicionada a la disponibilidad continua de humedad, pues Palacios (2006) establece que *Talauma (Magnolia) mexicana* es una especie que por su endemismo y especificidad de hábitat es vulnerable a los cambios en los ecosistemas en los que habita. *M. mexicana* es una especie poco frecuente en el área de estudio, aunque es protegida y apreciada por la población local, siendo posible encontrarla dentro de huertos familiares, o como árboles remanentes dentro de parcelas (fig. 23), fungiendo a su vez como sombra en cultivos de café. Otros beneficios adicionales de esta especie son las flores (fig. 22b), que tienen un valor medicinal y que se recolectan para uso personal o bien para su comercio. Al respecto Pennigton y Sarukhán (2005) mencionan que las flores y la corteza se emplean medicinalmente contra afecciones del corazón, conocimiento que data de tiempos prehispánicos (Heyden, 2002) y que se ha comprobado que persiste en lugares de Chiapas, Puebla, Morelos y Veracruz (Hersch-Martínez, 1997; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1997; Osuna, 1997; Levy-Tacher *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2007); Wayzel (2002) la cataloga como una especie muy prometedora en investigaciones futuras en este contexto. Otro elemento que aboga en su conservación local es su fisonomía, pues es un árbol muy estético; en general, las magnoliáceas son muy apreciadas como plantas de ornato (Cicuzza *et al.*, 2007). Ya que la germinación, supervivencia y crecimiento inicial de esta especie fueron aceptables en este estudio, es posible propagar esta especie en vivero con una logística similar. La observación personal de que el reclutamiento únicamente ocurrió en parcelas destinadas al cultivo de café y árboles frutales, los lugares seleccionados para reforestar deberían presentar condiciones ambientales similares en primera instancia, a la espera de evaluaciones necesarias del desempeño de las plántulas en sitios con características diferentes. Mientras tanto

es necesaria la permanencia de los árboles fomentando los usos principales que se le dan en el área, siempre y cuando se realicen de forma mesurada, hacia un aprovechamiento sistemático y racional.



Figura 23. *Magnolia mexicana* en parcela de cultivo.

Al igual que con *M. mexicana*, *Sideroxylon* sp. es una especie considerada escasa por los pobladores. Esta especie es apreciada como recurso maderable y como leña, de hecho, otras especies del género se aprovechan de manera similar en otros lugares (Ibarra-Manríquez *et al.*, 1997; Harvey y Haber, 1999; Loik y Holl, 1999; García y Di Stefano, 2005; Pennington y Sarukhán, 2005). Sin embargo es probable que su regeneración sea baja debido al contraste entre sus características ecológicas y de su demanda local. Aunque la germinación de esta especie y la supervivencia fueron altas, el tiempo medio de germinación es considerablemente amplio; además, su crecimiento inicial es lento, lo cual podría extrapolarse al ciclo de vida en general, pues otras especies del género se caracterizan por su lento crecimiento (Loik y Holl, 1999; OFI-CATIE, 2003); estas características representarían factores a considerarse con relación a su poca abundancia. Sin embargo es posible encontrar usos alternativos en esta especie que impliquen la permanencia de árboles y que fomenten su regeneración; un beneficio inmediato sería la

protección de los cuerpos de agua, debido a que el autor observó que esta especie es especialmente característica de las riveras de los arroyos (fig. 24). El árbol presenta un porte atractivo, lo cual podría considerarse para su contemplación como especie de ornato; esto conllevaría a que desempeñe el papel de árbol remanente fuente de semillas y que facilite el establecimiento de otras especies, aportando utilidades con las cuales pueda considerarse una especie multiuso, tales como madera comercial, cerca viva, sombra y forraje, beneficios encontrados en otras especies del género (Booner, s.f.e.; Harvey y Haber, 1999; Carranza-Montaño *et al.*, 2003; Manzanero y Pinelo, 2004; OFI-CATIE, 2003).



Figura 24. Árbol de *Sideroxylon* sp. en el margen de un arroyo.

Las especies restantes (incluso las ya mencionadas en párrafos previos) podrían sujetarse a un empleo acorde con sus características, fomentando los usos no destructivos que se les dan en la región, o acondicionándolos a nuevos esquemas de empleo dentro de un contexto alternativo de producción sustentable. Especies frecuentes como *Cupania dentata*, *Daphnopsis americana*, *Matayba oppositifolia* y *Zuelania guidonia* son consideradas muy buen combustible con relación a su uso como leña, la cual es la principal fuente de energía en la localidad (Escobar-Ocampo, 2007; Escobar-Ocampo *et al.*, 2009). Por otro lado, se ha considerado a *Acacia pennatula*,

Bursera simaruba, *Coccoloba* sp., *Cupania dentata*, *Sideroxylon* sp. y *Trichospermum mexicanum* como flora de importancia apícola en el Estado de Chiapas (Villegas-Durán *et al.*, 2000), pero sin duda muchas más especies en el área tendrían potencial para serlo, como el autor lo observó con *M. oppositifolia* y *Z. guidonia*, entre otras (fig. 25a). *M. oppositifolia* es una especie con potencial maderable comercial (Manzanero y Pinelo, 2004) por lo que podría considerársele como a las especies que se comentan más adelante. *D. americana* es una especie muy común dentro de los potreros en el área de estudio (fig. 25b), y se ha observado que es especialmente abundante en pastizales de zonas tropicales de Centroamérica debido quizá a su rápido crecimiento (Harvey y Haber, 1999). Esta característica alienta investigaciones futuras en torno a su propagación y conservación con un perfil semejante al de las especies características de áreas perturbadas que ya se han discutido, incentivando un aprovechamiento alternativo. Por ejemplo, como árbol ornamental ofrecería protección al ganado a la vez de otros productos como fibras para fines de jarciería (Nevling Jr. y Barringer, 1988). Ya que se ha comprobado que la regeneración natural de esta especie se ve favorecida por la presencia de un dosel arbóreo, y que la dispersión de sus semillas la efectúan aves (Harvey, 2000), su conservación, al igual que muchas otras especies, se verá favorecida con la presencia de árboles remanentes.



Figura 25. (a) Inflorescencia de *Zuelania guidonia*. (b) Potrero con *Daphnopsis americana*.

Otro aspecto importante a señalar lo representa el cultivo de café en la región, lo cual conlleva al establecimiento de un dosel arbóreo que proporcione sombra al cultivo (fig. 26), y en que en algunas regiones se ha determinado alberga una alta biodiversidad (Perfecto *et al.*, 2005); este sistema de cultivo contribuye a obtener una aceptable producción a la vez de la conservación del paisaje y de dicha diversidad biológica (Soto-Pinto *et al.*, 2007). Especies como *B. simaruba*, *C. dentata*, *M. mexicana*, *N. coriacea*, *T. mexicanum*, *Z. guidonia*, *Acacia* y *Erythrina* sp. son empleadas para este fin en otros lugares (García-Mateos *et al.*, 2001; Martínez *et al.*, 2007; Soto-Pinto *et al.*, 2007). Se ha observado esta tendencia en la región, por lo que la permanencia de estas especies redundaría en su conservación y aprovechamiento sustentable a largo plazo, ya que la mayoría de ellas tienen potencial maderable con fin comercial (Ruiz-Olvera *et al.*, 1980; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1997; Manzanero y Pinelo, 2004; Pennington y Sarukhán, 2005), pudiendo ser aptas de un manejo forestal incipiente. De manera simultánea, desempeñarían la función de especies facilitadoras a manera de árboles remanentes, considerándolos dentro de programas de reforestación futuros, ya que la introducción de plántulas bajo árboles remanentes puede incrementar el éxito de esfuerzos futuros hacia la restauración de bosques tropicales en áreas degradadas (Loik y Holl, 1999).



Figura 26. Parcela cafetalera con árboles de *Zuelania guidonia* (izq.) y *Magnolia mexicana* (al fondo).

VII. CONCLUSIONES

- *Acacia pennatula*, *Erythrina goldmanii* y *Trichospermum mexicanum* fueron las especies con los valores más sobresalientes en cuanto a germinación, crecimiento y supervivencia; sin embargo, la respuesta de las demás especies se considera favorable.
- La fenología reproductiva observada en el período de un año mostró que la floración se concentra en la temporada de secas, mientras que la fructificación fue constante a lo largo del año. La dispersión se registró en un mayor número de especies a partir de la mitad de la temporada de secas hacia el inicio de la temporada lluviosa. Ya que existe variabilidad fenológica debida a factores intrínsecos y extrínsecos, es necesario continuar el estudio considerando un mayor período de tiempo.
- Las doce especies estudiadas tienen potencial dentro de un esquema de restauración. Son susceptibles de propagarse fácilmente en viveros rústicos considerando la logística seguida en esta tesis, tomando en cuenta además la fenología reproductiva.
- Debido a que aún no hay suficiente información en torno a los aspectos básicos de germinación, crecimiento y supervivencia en especies nativas de bosque tropical caducifolio, se hacen necesarias nuevas investigaciones encaminadas a solventar esta limitante. Se necesitan mayores estudios en la región que permitan optimizar los resultados aquí obtenidos e incrementar la información concerniente.

VIII. REFERENCIAS

- Aguirre, R. y S.T. Peske. 1992. Manual para el beneficio de semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali. 247pp.
- Alemañy-Merly, S.E. 1999. *Magnolia portoricensis* Bello: jaguilla. SO-ITF-SM-88. United State Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Nueva Orleans. 6pp.
- Altamirano González-Ortega, M.A. 2004. Composición e importancia avifaunística de Sierra Limón, Chiapas, México. *Vertebrata Mexicana* (15): 7-18.
- Andresen, E., L. Pedroza-Espino, E.B. Allen y D.R. Pérez-Salicrup. 2005. Effects of selective vegetation thinning on seed removal in secondary forest succession. *Biotropica* 37(1): 145-148.
- Angulo, D. 2005. La flora del bosque La Montañona, Chalatenango, El Salvador. Fundación Prisma. El Salvador. 24pp.
- Aronson, J., C. Floret, E. LeFloc'h, C. Ovalle y R. Pontainer. 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystem in arid and semiarid regions I: a view from the south. *Restoration Ecology* 1: 8-17.
- Arriaga, L. 2000. Gap-building-phase regeneration in a tropical montane cloud forest of north-eastern Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 16: 535-562.
- Arriaga, V., M.V. Cervantes y A. Vargas-Mena. 1994. Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. SEDESOL, Instituto Nacional de Ecología, Facultad de Ciencias UNAM. México. 186pp.

- Baraloto, C., D.E. Goldberg y D. Bonal. 2005. Performance trade-offs among tropical tree seedlings in contrasting microhabitats. *Ecology* 86(9): 2461-2472.
- Barchuk, A.H., E.B. Campos, C. Oviedo y M.P. Díaz. 2006. Supervivencia y crecimiento de plántulas de especies leñosas del Chaco Árido sometidas a remoción de la biomasa aérea. *Ecología Austral* 16: 47-61.
- Baskin, C.C. y J.M. Baskin. 2001. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, Elsevier. San Diego. 666pp.
- Batis-Muñoz, A.I., M.I. Alcocer-Silva, M. Gual-Díaz, C. Sánchez-Dirzo y C. Vázquez-Yanes. 1999. Árboles mexicanos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO Proyecto No. J084. México D.F.
- Benítez-Malvido, J., M. Martínez-Ramos y E. Ceccon. 2001. Seed rain vs. seed bank, and the effect of the vegetation cover on the recruitment of tree seedlings in tropical successional vegetation. *Dissertation Botanicae* 346: 185-203.
- Blakesley, D., S. Elliot, C. Kuarak, P. Navakitbumrung, S. Zangkum y V. Anunsarnsunthorn, 2002. Propagating framework tree species to restore seasonally dry tropical forest: implication of seasonal seed dispersal and dormancy. *Forest Ecology and Management* 164: 31-38.
- Bonner, F.T. (Coord). S.f.e. Woody Plant Seed Manual. United States Department of Agriculture (USDA), Forest Service. E.U.A. Disponible en <http://www.nsl.fs.fed.us/wpsm/>
- Borchert, R. 1983. Phenology and control of flowering in tropical trees. *Biotropica* 15: 81-89.
- Brearley, F.Q., J. Proctor, Suriantata, L. Nagy, G. Dalrymple y B.C. Voysey. 2007. Reproductive phenology over a 10-year period in a lowland evergreen rain forest of central Borneo. *Journal of Ecology* 95: 828-839.

- Breedlove, D.E. 1981. Flora of Chiapas. Part 1: Introduction to the flora of Chiapas. California Academy of Sciences. San Francisco. 35pp.
- Brown, S. y A.E. Lugo. 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. *Restoration Ecology* 2(2): 97-111.
- Bullock, S.H. 1995. Plant reproduction in neotropical dry forests. Pp. 277–303. *En:* Bullock, S.H., H.A. Mooney y E. Medina (Eds.). 1995. Seasonally Dry Tropical Forests. Cambridge University Press. Nueva York. 450pp.
- Bullock, S.H. y J.A. Solís-Magallanes. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* 22(1): 22-35.
- Callaway, R.M. y F.I. Pugnaire. 1999. Facilitation in plant communities. Pp. 623-649. *En:* Pugnaire, F.I. y F. Valladares (Eds.). 1999. Handbook of Functional Plant Ecology. Marcel Dekker. Nueva York.
- Camacho, M. y L. Orozco. 1998. Patrones fenológicos de doce especies arbóreas del bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 46(3): 533-542.
- Camacho-Cruz, A., M. González-Espinosa, J.H.D. Wolf y B.H.J. De Jong. 2000. Germination and survival of tree species in disturbed forests of the highlands of Chiapas, Mexico. *Canadian Journal of Botany* 78: 1309-1318.
- Camacho-Cruz, A y M. González-Espinosa. 2002. Establecimiento temprano de árboles nativos en bosques perturbados de Los Altos de Chiapas, Méjico. *Ecosistemas* 11(1): 1-9
Disponibile en línea <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=307>
- Carabias-Lillo, J. y S. Guevara. 1985. Fenología de una selva tropical húmeda. Pp. 27-66. *En:* Gómez-pompa, A. y S. del Amo. 1985. Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Alhambra Mexicana. 421pp.

- Carvalho, L.R., A.C. Davide, E. E.A. Da Silva y M.L. De Carvalho. 2008. Classificação de sementes de espécies florestais dos gêneros *Nectandra* e *Ocotea* (Lauraceae) quanto ao comportamento no armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes* 30(1): 1-9.
- Carranza-Montaña, M.A., L.R. Sánchez-Velásquez, M.R. Pineda-López y R. Cuevas-Guzmán. 2003. Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la Sierra de Manantlán, México. *Agrociencia* 37: 203-210.
- CATIE. 2001. Nota técnica No. 114: *Nectandra lanceolata* Nees. Pp. 27-28. En: Salazar, R. y C. Soihet (Eds.). 2001. Manejo de semillas de 75 especies forestales de América Latina, Manual Técnico no. 48. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – Danida Forest Seed Centre, Humlebaek. Turrialba Costa Rica.
- Cayuela, L. 2006. Deforestación y fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas, México: efectos sobre la diversidad de árboles. *Ecosistemas* 15(3): 192-198.
- Ceccon, E., P. Huante y E. Rincón. 2006. Abiotic factors influencing tropical dry forest regeneration. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49(2): 305-312.
- Ceccon, E. y P. Hernández. 2009. Seed rain dynamics following disturbance exclusion in a secondary tropical dry forest in Morelos, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 57(1-2): 257-269.
- Cervantes-Gutiérrez, M.V. 1996. La reforestación en la montaña de Guerrero: una estrategia alternativa con leguminosas nativas. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 127pp.
- Cervantes, V., J. Carabias y C. Vázquez-Yanes. 1996. Seed germination of woody legumes from deciduous tropical forest of southern Mexico. *Forest Ecology and Management* 82:171-184.

- Cervantes, V., V. Arriaga, J. Meave y J. Carabias. 1998. Growth analysis of nine multipurpose woody legumes native from southern Mexico. *Forest Ecology and Management* 110: 329-341.
- Cervantes, V., M. López, N. Salas y G. Hernández. 2001. Técnicas para propagar especies nativas de selva baja caducifolia y criterios para establecer áreas de reforestación. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 174pp.
- Cicuzza, D., A. Newton y S. Oldfield. 2007. The Red List of Magnoliaceae. Fauna & Flora International. Cambridge. 52pp.
- Cobas-López, M., R. Sotolongo-Sospreda, I. García-Corona, I. Estévez-Valdés y E. González-Izquierdo. 2003. Comportamiento del crecimiento en altura de *Hibiscus elatus* Sw. cultivada en contenedores. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 9(2): 131-135.
- Cobbina, J., A.N. Atta-Krah y B.T. Kang. 1989. Leguminous browse supplementation effect on the agronomic value of sheep and goat manure. *Biological Agriculture and Horticulture* 6: 115-121.
- Córdova-Casillas, B. 1985. Demografía de árboles tropicales. Pp. 103-128. En: Gómez-pompa, A. y S. del Amo. 1985. Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Alhambra Mexicana. 421pp.
- Corral-Aguirre, J. y L.R. Sánchez-Velásquez. 2006. Seed ecology and germination treatments in *Magnolia dealbata*: an endangered species. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 201(3): 227-232.
- Czabator, F. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science* 8: 386-396.

- Dalling, J.W. 2002. Ecología de semillas. Pp. 345-375. *En*: Guariguata, M.R. y G.H. Kattan (Comp.) 2002. Ecología y conservación de bosques tropicales. LUR. Costa Rica. 691pp.
- Dalling, J.W., M.D. Swaine y N.C. Garwood. 1997. Soil seed bank community dynamics in seasonally moist lowland tropical forest, Panama. *Journal of Tropical Ecology* 13: 659-680.
- Daws, M.I., N.C. Garwood y H.W. Pritchard. 2005. Traits of recalcitrant seeds in a semi-deciduous tropical forest in Panamá: some ecological implications. *Functional Ecology* 19(5): 874-885.
- Di Stefano, J.F. y E. García. 2000. Germinación y desarrollo radicular de tempisque (*Sideroxylon capiri*) a diferentes temperaturas. *Agronomía Costarricense* 24(1): 93-97.
- Diario Oficial de la Federación (Segunda Sección). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 153pp.
- Dytham, C. 2003. Choosing and using statistics: a biologist's guide. 2da ed. Blackwell Publishing. Reino Unido. 248pp.
- Elliot, S., C. Kuarak, P. Navakitbumrung, S. Zangkum, V. Anusarnsunthorn y D. Blakesley. 2002. Propagating framework trees to restore seasonally dry tropical forest in northern Thailand. *New Forests* 23: 63-70.
- Elliot, S., P. Navakitbumrung, C. Kuarak, S. Zangkum, V. Anusarnsunthorn y D. Blakesley. 2003. Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performance. *Forest Ecology and Management* 184: 177-191.

- Ellis, R.H., T.D. Hong y E.H. Roberts. 1985. Handbook of Seed Technology for Genebanks, Vol. II: Compendium of specific germination information and test recommendations. International Board for Plant Genetic Resources, Handbook for Genebanks No. 3. Roma. 667pp.
- Escobar-Ocampo, M.C. 2007. Diagnóstico participativo sobre el uso, demanda y abastecimiento de leña en el ejido Ocuilapa de Juárez, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. Proyecto de Desarrollo de la Especialidad en Desarrollo Ecológico de Plantaciones Forestales. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas. México. 66pp.
- Escobar-Ocampo, M. y S. Ochoa-Gaona. 2007. Estructura y composición florística del Parque Educativo Laguna Bélgica, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 391-419.
- Escobar-Ocampo, M.C., J.A. Niños-Cruz, N. Ramírez-Marcial y C. Yepes-Pacheco. 2009. Diagnóstico participativo del uso, demanda y abastecimiento de leña en una comunidad zoque del centro de Chiapas, México. *Ra Ximhai* 5(2): 201-223.
- Farfán, B., A. Casas, G. Ibarra-Manríquez y E. Pérez-Negrón. 2007. Mazahua ethnobotany and subsistence in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico. *Economic Botany* 61(2): 173-191.
- Ffolliott, P., K. Brooks, H. Gregersen y A. Lundgren. 1995. Dryland Forestry: planning and management. John Wiley & Sons. E.U.A. 453pp.
- Fisher, R.F. 1995. Amelioration of degraded rain forest soils by plantations of native trees. *Soil Science Society of American Journal* 59: 544-549.
- Fournier, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24(4): 422-423.

- Francis, J.K. 2002. Collection. Pp. 119-124. *En: Vozzo, J.A. (Ed.). Tropical Tree Seed Manual. Agriculture Handbook Number 721. United States Department of Agriculture (USDA), Forest Service. Oregon. 899pp.*
- Friday, J.B. 2000. Seed technology for forestry in Hawaii. *Resource Management* 4(Enero): 1-15.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. UNAM. México D.F. 246pp.
- García, E.G. y J.F. Di Stefano. 1998. Germinación y desarrollo de plántulas de tempisque (*Sideroxylon capiri* A.DC.) Pittier: Sapotaceae. *Brenesia* 49-50: 95-98.
- García, E.G. y J.F. Di Stefano. 2005. Fenología del árbol *Sideroxylon capiri* (Sapotaceae) en el Bosque Seco Tropical de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 53(1-2): 5-14.
- García-Mateos, R., M. Soto-Hernández y H. Vibrans. 2001. *Erythrina americana* Miller (“colorín”; Fabaceae), a versatile resource from Mexico: a review. *Economic Botany* 55(3): 391-400.
- Garwood, N.C. 1983. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. *Ecological Monographs* 53: 159-181.
- Gerhardt, K. 1993. Tree seedling development in tropical dry abandoned pasture and secondary forest in Costa Rica. *Journal of Vegetation Science* 4: 95-102.
- Gerhardt, K. y H. Hytteborn. 1992. Natural dynamics and regeneration methods in tropical dry forests – an introduction. *Journal of Vegetation Science* 3: 361-364.
- Gobierno del Estado de Chiapas. 2005. Programa Estatal de Ordenamiento Territorial (PEOT). SOPyV–UNAM–INEGI–CONAPO–SEMARNAT–SEDESOL–ECOSUR. Tuxtla Gutiérrez. 406pp.

- Gómez-Castro, H., J.N. Toral, A. Tewolde, R. Pinto-Ruiz y J. López-Martínez. 2006. Áreas con potencial para el establecimiento de árboles forrajeros en el centro de Chiapas. *Técnica Pecuaria en México* 44(2): 219-230.
- Gómez-Pompa, A. y C. Vázquez-Yanes. 1985. Estudios sobre la regeneración de selvas en regiones cálido-húmedas de México. Pp.1-25. *En: Gómez-pompa, A. y S. del Amo. 1985. Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Alhambra Mexicana. 421pp.*
- González, E. 1991. El contenido de humedad y la germinación de las semillas de *Virola koschnyi* y *Nectandra membranacea*. *Agronomía Costarricense* 15(1/2): 181-183.
- González-Espinosa, M., N. Ramírez-Marcial, A. Camacho-Cruz, S.C. Holz, J.R. Rey-Benayas y M.R. Parra-Vázquez. 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.
- González-Gutiérrez, M.A. 2004. Especies arbóreas pioneras y la recuperación de selvas húmedas en áreas degradadas: aspectos de germinación y desarrollo de plántulas en vivero. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F. 76pp.
- González-Rivas, B. 2005. Tree species diversity and regeneration of tropical dry forests in Nicaragua. Tesis doctoral. Swedish University of Agricultural Sciences. Umeå, Suecia. 30pp.
- González-Rivas, B., M. Tigabu, G. Castro-Marín y P.C. Odén. 2009. Seed germination and seedling establishment of Neotropical dry forest species in response to temperature and light conditions. *Journal of Forestry Research* 20(2): 99-104.

- Goosem, S.P. y N.I.J. Tucker 1995. Repairing the rainforest: theory and practice of rainforest re-establishment in north Queensland's wet tropics. Wet Tropics Management Authority. Cairns. 80pp.
- Grime, J. P. y S. H. Hillier. 2000. The contribution of seedling regeneration to the structure and dynamics of plants communities, ecosystems and larger units of the landscape. Pp.331-360. *En*: Fenner, M. (Ed.). 2000. Seeds: the ecology of regeneration in plant communities. 2da ed. CABI Publishing. Wallingford.
- Griz, L.M.S. y I.C.S. Machado. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 17: 303-321.
- Guariguata, M.R. 2000. Seed and seedling ecology of tree species in neotropical secondary forest: management implications. *Ecological Applications* 10(1): 145-154.
- Guariguata, M.R. y R. Ostertag. 2002. Sucesión secundaria. Pp. 591-623. *En*: Guariguata, M.R. y G.H. Kattan (Comp.) 2002. Ecología y conservación de bosques tropicales. LUR. Costa Rica. 691pp.
- Hammond, D.S. 1995. Post-dispersal seed and seedling mortality of tropical dry forest trees after shifting agriculture, Chiapas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 11(2): 295-313.
- Harrar, E.S. y J.G. Harrar. 1962. Guide to southern trees. 2da ed. Dover Publications. Nueva York. 709pp.
- Harvey, C.A. 2000. Colonization of agricultural windbreaks by forest trees: effects of connectivity and remnant trees. *Ecological Applications* 10(6): 1762-1773.
- Harvey, C.A. y W.A. Haber. 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems* 44: 37-68.

- Hernández-Oria, J.G. 2007. Desaparición del bosque seco en el Bajío Mexicano: implicaciones del ensamblaje de especies y grupos funcionales en la dinámica de una vegetación amenazada. *Zonas Áridas* 11(1): 13-31.
- Herrera-Peraza, R.A., D.R. Ulloa, O. Váldez-Lafont, A.G. Priego y A.R. Váldez. 1997. Ecotechnologies for sustainable management of tropical forest diversity. *Nature and Resources* 33:2-17.
- Hersch-Martínez, P. 1997. Medicinal plants and regional traders in Mexico: physiographic differences and conservational challenge. *Economic Botany* 51(2): 107-120.
- Heyden, D. 2002. Jardines botánicos prehispánicos. *Arqueología Mexicana* 10(57):18-23.
- Heywood, V.H., R.K. Brummitt, A. Culham y O. Seberg (Eds.). 2007. Flowering plant families of the world. 2da ed. Royal Botanic Gardens Kew. Londres. 424pp.
- Holdridge, L.R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center, San José. Costa Rica. 206pp.
- Holl, K.D. 1999. Factor limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate and soil. *Biotropica* 31: 229-242.
- Holl, K.D., M.E. Loik, E.H.V. Lin y I.A. Samuels. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* 8(4): 339-349.
- Holz, S. y N. Ramírez-Marcial. En revisión. Firewood consumption in the Central Depression of Chiapas and a proposal for local firewood production in agroforestry systems. Enviado a *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
- Hooper, E., R. Condit y P. Legendre. 2002. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications* 12 (6): 1626-1641.
- Howard, R.A. 1992. Collected notes on *Coccoloba* L. (Polygonaceae). *Brittonia* 44(3): 356-367.

- Hugues, C.E. 1998. *Leucaena* Manual de Recursos Genéticos. Tropical Forestry Papers No. 37. Oxford Forestry Institute. Oxford. 280pp.
- Hughes, R.F., J.B. Kauffman y V.J. Jaramillo. 1999. Biomass, carbon, and nutrient dynamics of secondary forest in a humid tropical region of Mexico. *Ecology* 80(6): 1892-1907.
- Ibarra-Manríquez, G., M. Ricker, G. Ángeles, S. Sinaca-Colín y M.A. Sinaca-Colín. 1997. Useful plants of the Los Tuxtlas Rain Forest (Veracruz, Mexico): considerations of their market potential. *Economic Botany* 51(4): 362-376.
- Ibrahim, M. y J.C. Camargo. 2001. ¿Cómo aumentar la regeneración de árboles maderables en potreros? *Agroforestería en las Américas* 8(32): 35-41.
- IHN. 1994. Parque Ecológico Laguna Bélgica, un análisis del manejo sistematizado de los datos sobre sus recursos bióticos. Departamento de Información para la Conservación. Instituto de Historia Natural. Documento Interno.
- INEGI. 2003. Cuaderno Estadístico Municipal Ocozocoautla de Espinosa, Estado de Chiapas, Ed. 2002. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. 200pp.
- INEGI. 2005. Principales resultados por localidad 2005 (ITER), II Censo de Población y Vivienda 2005. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. En: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/localidad/iter/default.asp?s=est&c=10395>
- Janzen, D.H. 2002. Tropical Dry Forest: Área de Conservación Guanacaste, northwestern Costa Rica. Pp. 559-583. En: Perrow, M.R. y A.J. Davy (Eds.). 2002. Handbook of Ecological Restoration. Vol. 2, Restoration in Practice. Cambridge University Press. Cambridge.
- Jiménez-Ferrer, G., H. Pérez-López, L. Soto-Pinto, J. Nahed-Toral, L. Hernández-López y J. Carmona. 2007. Livestock, nutritive value and local knowledge of fodder trees in fragment landscape in Chiapas, Mexico. *Interciencia* 32(4): 274-280.

- Jiménez-Ferrer, G., M. López-Carmona, J. Nahed-Toral, S. Ochoa-Gaona y B. de Jong. 2008. Árboles y arbustos forrajeros de la región norte-tzotzil de Chiapas, México. *Veterinaria México* 39(2): 199-213.
- Justiniano, M.J. y T.S. Fredericksen. 2000. Phenology of tree species in Bolivian dry forest. *Biotropica* 32(2): 276-281.
- Khurana, E. y J.S. Singh. 2001. Ecology of tree seed and seedlings: Implications for tropical forest conservation and restoration. *Current Science* 80(6): 748-757.
- Kitajima, K. 2002. Do shade-tolerant tropical tree seedlings depend longer on seed reserves? Functional growth analysis of three Bignoniaceae species. *Functional Ecology* 16: 433-444.
- Krukoff, B.A. 1939. The American species of *Erythrina*. *Brittonia* 3(2): 205-337.
- Labouriau, L.G. 1983. A germinação das sementes. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA), Programa Regional de Desenvolvimento Científico y Tecnológico. Washington D.C. 174pp.
- Lamb, D. y D. Gilmour. 2003. Rehabilitation and restoration of degraded forest. IUCN y WWF Gland. Suiza. 110pp.
- Levy-Tacher, S.I., J.R. Aguirre-Rivera, J.D. García-Pérez y M.M. Martínez-Romero. 2006. Aspectos florísticos de Lacanhá Chansayab, Selva Lacandona, Chiapas. *Acta Botánica Mexicana* 77: 69-98.
- Loik, M.E. y K.D. Holl. 1999. Photosynthetic responses to light for rainforest seedlings planted in abandoned pasture, Costa Rica. *Restoration Ecology* 7(4): 382-391.
- López-Merlín, D., L. Soto-Pinto, G. Jiménez-Ferrer y S. Hernández-Daumás. 2003. Relaciones alométricas para la predicción de biomasa forrajera y leña de *Acacia pennatula* y

- Guazuma ulmifolia* en dos comunidades del norte de Chiapas, México. *Interciencia* 28(6): 334-339.
- Luna-Reyes, R., E. Hernández-García y H. Núñez-Orantes. 2005. Anfibios y reptiles del Parque Educativo “Laguna Bélgica”, Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 13(1): 25-35.
- Maciel-Quirino, Z.G., I.C. Machado y M.R. Barbosa. 2007. Frutificación e síndromes de dispersão em uma comunidade vegetal na caatinga Paraibana. Pp 1-3. *En: Congreso de Ecologia de Brasil. 2007. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambú.*
- Mantovani, M., A.R. Ruschel, M.S. dos Reis, A. Puchalski y R.O. Nodari. 2003. Fenologia reproductiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta atlântica. *Revista Árvore* 27(004): 451-458.
- Manzanero, M. y G. Pinelo. 2004. Plan silvicultural en unidades de manejo forestal: Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Serie Técnica 3. Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)-Programa Ambiental Regional para Centroamérica (PROARCA). Costa Rica. 48pp.
- Marshall, E. y A.C. Newton. 2003. Non-timber forest products in the community of El Terreno, Sierra de Manantlán Biosphere Reserve, Mexico: is their use sustainable? *Economic Botany* 57(2): 262-278.
- Martínez, M.A., V. Evangelista, F. Basurto, M. Mendoza y A. Cruz-Rivas. 2007. Flora útil de los cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 15-40.
- Martínez-Ramos, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. Pp. 191-239. *En: Gómez-pompa, A. y S. del Amo.*

1985. Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Alhambra Mexicana. 421pp.
- Martínez-Ramos, M. y X. García-Orth. 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 80(Suplemento): 69-84.
- May, R.M., J.H. Lawton y N.E. Stork. 1995. Assessing extinction rates. Pp. 1-24. *En*: Lawton, J.H. y R.M. May. 1995. Extinction Rates. Oxford Univ. Press. EUA. 256pp.
- McLaren, K.P. y M.A. McDonald. 2003. Seedling dynamics after different intensities of human disturbance in a tropical dry limestone forest in Jamaica. *Journal of Tropical Ecology* 19: 567-578.
- Merino-Pérez, L. y M. Hernández-Apolinar. 2004. Destrucción de instituciones comunitarias y deterioro de los bosques en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Sociología* 66(2): 261-309.
- Miceli-Méndez, C.L. 2008. Efecto del ganado bovino y ungulados silvestres en la dispersión de semillas de especies leñosas en agropaisajes. Tesis de Doctorado. El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas. 118pp.
- Miranda, F. Y E. Hernández-Xolocotzi. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.
- Montagnini, F., A. Fanzeres y S.G. da Vinha. 1995. The potentials of 20 indigenous tree species for soil rehabilitation in the Atlantic forest region of Bahia. *Journal of Applied Ecology* 32: 841-856.
- Montagnini, F. 2005. Selecting tree species for plantation. Pp. 262-268. *En*: Mansourian, S., D. Vallauri y N. Dudley (Eds., en cooperación con WWF Internacional). 2005. Forest restoration in landscapes: beyond planting trees. Springer. Nueva York. 437pp.

- Morellato, L.P., D.C. Talora, A. Takahasi, C.C. Bencke, E.C. Romera y V.B. Zipparro. 2000. Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica* 32(4b): 811-823.
- Moreno-Casasola, P. 1976. Latencia y viabilidad de semillas de vegetación primaria. Pp. 527-548. *En*: Gómez-Pompa, A., S. del Amo-Rodríguez, C. Vázquez-Yanes y A. Butanda-Cervera. 1976. Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. I. Compañía Editorial Continental. México. 676pp.
- Müllerried, F.K.G. 1957. La geología de Chiapas. Gobierno Constitucional del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez. 180pp.
- Muñoz, B.C., J.A. Sánchez, L. Montejo y R.A. Herrera-Peraza. 2001. Características morfológicas y fisiológicas de semillas de *Prunus occidentalis*: comparación entre especies de diferentes estrategias sucesionales. *Ecotrópicos* 14(1): 1-10.
- Muñoz-García, B.C., J.A. Sánchez-Rendón y L.A. Montejo-Valdés. 2005. Características morfológicas y fisiológicas de semillas de especies arbóreas pioneras y su relación con el Continuum r-K. [En línea]. Cuba. ISBN 959-250-156-4. Disponible en http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/ecosistemas/restauracion/1_ar3.pdf
- Murphy, P.G. y A.E. Lugo. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review Ecology and Systematic* 17: 67-88.
- Murphy, P.G. y A.E. Lugo. 1995. Dry forest of Central America and the Caribbean. Pp. 9-34. *En*: Bullock, S., H. Mooney y E. Medina. 1995. Seasonally dry tropical forest. Cambridge University Press. Cambridge. 450pp.
- Myster, R.W. 2004. Post-agricultural invasion, establishment, and growth of neotropical trees. *The Botanical Review* 70(4): 381-402.

- Nagamatsu, D., S. Kenji y S. Akiko. 2002. Seedling establishment of deciduous trees in various topographic positions. *Journal of Vegetation Science* 13: 35-44.
- Nevling Jr., L.I. y K. Barringer. 1988. Flora de Veracruz: Thymelaeaceae. Fascículo 59. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa. 16pp.
- Newstrom, L.E., G.W. Frankie y H.G. Baker. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rainforest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26: 141-159.
- Niembro, A. 1988. Semillas de árboles y arbustos: Ontogenia y estructura. Limusa. México. 285pp.
- Niños-Cruz, J.A. 2007. Establecimiento de una plantación forestal para la producción de leña en Ocuilapa de Juárez, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. Proyecto de Desarrollo de la Especialidad en Desarrollo Ecológico de Plantaciones Forestales. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas. México. 32pp.
- O'Brien, J.J., S.F. Oberbauer, D.B. Clark y D.A. Clark. 2008. Phenology and stem diameter increment seasonality in a Costa Rican wet tropical forest. *Biotropica* 40(2): 151-159.
- Ochoa-Gaona, S. y V. de la Cruz-Arias. 2002. La distribución y fenología de la flora arbórea del estado de Tabasco con base en la información de herbario. *Universidad y Ciencia* 18(36): 114-127.
- Ochoa-Gaona, S., I. Pérez y B. de Jong. 2008. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 56(2): 657-673.
- OFI-CATIE. 2003. Descripciones de especies. Pp. 313-955. En: Cordero, J. y D.H. Boshier (Eds.). 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford Forestry

- Institute-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. El Salvador. 1076pp.
- Olivares, E. y E. Medina. 1992. Water and nutrient relations of woody perennials from tropical dry forest. *Journal of Vegetation Science* 3(3): 383-392.
- Osuna, H.R. 1997. Estructura y respuesta germinativa de semillas de plantas medicinales: *Chiranthodendron pentadactylon* y *Talauma mexicana*. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F. 115pp.
- Otero-Arnaiz, A., S. Castillo, J. Meave y G. Ibarra-Manríquez. 1999. Isolated pasture trees and the vegetation under their canopies in the Chiapas coastal plain, Mexico. *Biotropica* 31(2): 243-254.
- Otterstrom, S.M., M.W. Schwartz y I. Velázquez-Rocha. 2006. Responses to fire in selected tropical dry forest trees. *Biotropica* 38(5): 592-598.
- Pakkad, G., F. Torre, S. Elliott y D. Blakesley. 2003. Selecting seed trees for a forest restoration program: a case study using *Spondias axillaris* Roxb. (Anacardiaceae). *Forest Ecology and Management* 182: 363-370.
- Palacios-Espinosa, E. 1993. Tipos de vegetación. Pp. 27-54. En: Álvarez del Toro, M., E. Palacios-Espinosa, T.G. Cabrera-Cachón, C.A. Guichard-Romero, A. Ramírez-Velázquez y C.J. Cartas-Heredia. 1993. Chiapas y su biodiversidad. Gobierno del Estado de Chiapas. México. 152pp.
- Palacios, E. 2006. Ficha Técnica de *Talauma mexicana*. 6pp. En: IHNE. 2006. Cuarenta y ocho especies de la flora de Chiapas incluidas en el PROY-NOM-059-ECOL-2000. Instituto de Historia Natural y Ecología. Base de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W008. México, D.F. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichasnom/Talaumamexicana00.pdf>

- Parotta, J.A. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit: leucaena, tatan. SO-ITF-SM-52. United State Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Nueva Orleans. 8pp.
- Parotta, J.A. 1994. *Coccoloba uvifera* (L.) L. Sea grape, uva de playa. SO-ITF-SM-74. U.S. Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Nueva Orleans. 5pp.
- Parrotta, J.A., J.W. Turnbull, y N. Jones. 1997. Catalyzing native forest regeneration in degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 73: 271-277.
- Paz, H. 2003. Root/shoot allocation and root architecture in seedlings: variation among forest sites, microhabitats, and ecological groups. *Biotropica* 35(3): 318-332.
- Pennington, T.D. 1990. Flora Neotropica, Vol. 52, Sapotaceae. The New York Botanical Garden. 770pp.
- Pennington, T.D. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies. 3ra ed. UNAM-Fondo de Cultura Económica. México. 523pp.
- Perfecto, I., J. Vandermeer, A. Mas y L. Soto-Pinto. 2005. Biodiversity, yield, and shade coffee certification. *Ecological Economics* 54: 435-446.
- Pires, L.A., V.J. Mendes-Cardoso, C.A. Joly y R. Ribeiro-Rodrigues. 2009. Germinação de *Ternstroemia brasiliensis* Cambess. (Pentaphylacaceae) de Floresta de Restinga. *Acta Botanica Brasilica* 23(1): 57-66.
- Poorter, L. y L. Markesteijn. 2008. Seedlings traits determine drought tolerance of tropical tree species. *Biotropica* 40(3): 321-331.
- Poulsen, K.M. y F. Stubsgaard. 1995. Three methods for mechanical scarification of hardcoated seeds. Technical Note No. 27. Danida Forest Seed Centre. Dinamarca. 15pp.

- Powers, J.S., J.M. Becknell, J. Inving y D. Pérez-Aviles. 2009. Diversity and structure of regenerating tropical dry forests in Costa Rica: geographic patterns and environmental drivers. *Forest Ecology and Management* 258: 959-970.
- Purata, S.E., R. Greenberg, V. Barrientos y J. López-Portillo. 1999. Economic potential of the huizache *Acacia pennatula* (Mimosoideae) in Central Veracruz, Mexico. *Economic Botany* 53: 15-29.
- Quero, J.L., R. Villar, T. Marañón, A. Murillo y R. Zamora. 2008. Respuesta plástica a la luz y al agua en cuatro especies mediterráneas del género *Quercus* (Fagaceae). *Revista Chilena de Historia Natural* 81: 373-385.
- Quintana-Ascencio, P.F. y M. González-Espinosa. 1993. Afinidad fitogeográfica y papel sucesional de la flora leñosa de los bosques de pino-encino de Los Altos de Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana* 21: 43-57.
- Quintana-Ascencio, P.F., N. Ramírez-Marcial, M. González-Espinosa y M. Martínez-Icó. 2004. Sampling survival and growth of coniferous and broad-leaved trees in successional highland habitats in Mexico. *Applied Vegetation Science* 7: 81-88.
- Raich, J.W. y W.K. Wong, 1990. Effects of canopy openings on tree seed germination in a Malaysian dipterocarp forest. *Journal of Tropical Ecology* 6: 203-217.
- Ramírez-Bamonde, E.S., L.R. Sánchez-Velásquez y A. Andrade-Torres. 2005. Seedling survival and growth of three species of mountain cloud forest in Mexico, under different canopy treatments. *New Forests* 30(1): 95-101.
- Ramírez-Marcial, N. 2003. Survival and growth of tree seedlings in anthropogenically disturbed Mexican montane rain forest. *Journal of Vegetation Science* 14: 881-890.

- Ramírez-Marcial, N., M. González Espinosa y E. García-Moya. 1996. Establecimiento de *Pinus* spp. y *Quercus* spp. en matorrales y pastizales de Los Altos de Chiapas. *Agrociencia* 30: 249-257.
- Ramírez-Marcial, N., A. Camacho-Cruz y M González-Espinosa. 2003. Guía para la propagación de especies leñosas nativas de Los Altos y Montañas del Norte de Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur. México. 39pp.
- Ramírez-Marcial, N., A. Camacho-Cruz y M González-Espinosa. 2005. Potencial florístico para la restauración de bosques en Los Altos y Montañas del Norte de Chiapas. Pp. 325-363. *En: M. González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial y L. Ruiz-Montoya (Coords.). 2005. Diversidad biológica en Chiapas. Plaza y Valdés-Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas-El Colegio de la Frontera Sur. México.*
- Ramírez-Marcial, N., A. Camacho-Cruz, M. González-Espinosa y F. López-Barrera. 2006. Establishment, survival and growth of tree seedlings under successional montane oak forest in Chiapas, Mexico. Pp. 177-189. *En: M. Kappelle (Ed.). 2006. Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forest. Ecological Studies, Vol. 185. Springer-Verlag. Berlín.*
- Ramírez-Marcial, N., A. Camacho-Cruz y M. González-Espinosa. 2008. Clasificación de grupos funcionales vegetales para la restauración del Bosque Mesófilo de Montaña. Pp. 51-72 *En: L.R. Sánchez-Velásquez, J. Galindo-González y F. Díaz-Fleischer (Eds.). 2008. Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México. Mundi-Prensa. México D.F.*
- Ray, G.J. y B.J. Brown. 1995. Restoring Caribbean Dry Forests: Evaluation of tree propagation techniques. *Restoration Ecology* 3(2):86-94.

- Rebollar, S. y A. Quintanar. 2000. Anatomía y usos de la madera de siete especies tropicales de México. *Revista de Biología Tropical* 48(2-3): 569-578.
- Reyes-García, A. y M. Sousa. 1997. Listados Florísticos de México: XVII Depresión Central de Chiapas. La selva baja caducifolia. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 41pp.
- Riechers, P.A. 2004. Análisis mastofaunístico de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Laguna Bélgica, Chiapas, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 75(2): 363-382.
- Rivadeneira-Canedo, C. 2008. Estudio del oso andino (*Tremarctos ornatus*) como dispersor legítimo de semillas y elementos de su dieta en la región de Apolobamba-Bolivia. *Ecología en Bolivia* 43(1): 29-39.
- Rivera, L.W., J.K. Zimmerman y T.M. Aide. 2000. Forest recovery in abandoned agricultural lands in a karst region of the Dominican Republic. *Plant Ecology* 148: 115-125.
- Rodríguez-Trejo, D.A. 2008. Fire regimes, fire ecology, and fire management in Mexico. *Ambio* 37(7-8): 548-556.
- Rohwer, J.G. 1993. Flora Neotropica, Vol. 60, Lauraceae: *Nectandra*. The New York Botanical Garden. 332pp.
- Rubio-Delgado, L. 2001. Distribución de *Acacia pennatula* (Schldl. & Cham.) Benth. en bosques perturbados del norte de Chiapas, México. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas. 24pp.
- Rubio-Delgado, L., N. Ramírez-Marcial y J. Castellanos. 2002. Distribución y regeneración de *Acacia pennatula* (Schldl. & Cham.) Benth. en bosques perturbados del norte de Chiapas, México. *Brenesia* 57-58: 67-84.

- Ruiz-Olvera, C., T.F. Carmona-Valdominos y M.A. Rogel-Gómez. 1980. Estudio anatómico de la madera de 43 especies tropicales. Boletín Técnico No. 63. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. 276pp.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432pp.
- Sack, L. y P.J. Grubb. 2001. Why do species of woody seedlings change rank in relative growth rate between low and high irradiance? *Functional Ecology* 15: 145-154.
- Saldaña-Acosta, A., M.S. Zuloaga-Aguilar y E.J. Jardel-Peláez. 2001. Germinación de *Acer skutchii* Rehder y *Magnolia iltisiana* Vázquez en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Foresta Veracruzana* 3(2): 1-8.
- Sánchez, D., E. Arends, A. Villarreal y A. Cegarra. 2005. Fenología y caracterización de semillas y plántulas de *Pourouma cecropiifolia* Mart. *Ecotrópicos* 18(2): 96-102.
- Sánchez, J.A., B.C. Muñoz, L. Hernández, L. Montejo, A.G. Suárez y Y. Torres-Arias. 2006. Tratamientos robustecedores de semillas para mejorar la emergencia y el crecimiento de *Trichospermum mexicanum*, árbol tropical pionero. *Agronomía Costarricense* 30(1): 7-26.
- Sánchez-Azofeifa, G.A., M. Quesada, J.P. Rodríguez, J.M. Nassar, K.E. Stoner, A. Castillo, T. Garvin, E.L. Zent, J.C. Calvo-Alvarado, M.E.R. Kalacska, L. Fajardo, J.A. Gamon y P. Cuevas-Reyes. 2005. Research priorities for Neotropical Dry Forests. *Biotropica* 37(4): 477-485.
- Sánchez-Garfías, B., G. Ibarra-Manrique y L. González-García. 1991. Manual de identificación de frutos y semillas anemocoros de árboles y lianas de la estación "Los Tuxtlas". Veracruz, México. Cuadernos del Instituto de Biología 12. Instituto de Biología. UNAM. México. 86pp.

- Santiago-García, R.J., S. Molina-Colón, P. Sollins y S.J. Van Bloem. 2008. The role of nurse trees in mitigating fire effects on tropical dry forest restoration: a case study. *Ambio* 37(7-8): 604-608.
- Sautu, A.E. 2004. Ecology, morphology, and germination physiology of tree seeds in a tropical semievergreen forest in the Panama Canal watershed, with special reference to seed dormancy classes along precipitation gradient. Master Thesis. University of Kentucky. Lexington, Kentucky. 121pp.
- Sautu, A., J.M. Baskin, C.C. Baskin y R. Condit. 2006. Studies on the seed biology of 100 native species of trees in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Forest Ecology and Management* 234: 245-263.
- Scatena, F.N. 2002. El bosque neotropical desde una perspectiva jerárquica. Pp. 23-41. *En: Guariguata, M.R. y G.H. Kattan (Comp.) 2002. Ecología y conservación de bosques tropicales. LUR. Costa Rica. 691pp.*
- Schultz, G.P. 2005. Vascular flora of the El Edén Ecological Reserve, Quintana Roo, Mexico. *Journal of the Torrey Botanical Society* 132(2): 311-322.
- Selvin, S. 1995. Practical biostatistical methods. Duxbury Press. E.U.A. 503pp.
- Selwyn, M.A. y N. Parthasarathy. 2006. Reproductive traits and phenology of plants in tropical dry evergreen forest on the Coromandel coast of India. *Biodiversity and Conservation* 15: 3207-3234.
- Shankar-Raman, T.R., D. Mudappa y V. Kapoor. 2008. Restoring rainforest fragments: survival of mixed-native species seedlings under contrasting site conditions in the Western Ghats, India. *Restoration Ecology* 16: 1-11.
- Singh, K.P. y C.P. Kushwaha. 2005. Emerging paradigms of tree phenology in dry tropics. *Current Science* 89(6): 964-975.

- SIRE Paquetes Tecnológicos. S.f.e. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Sistema de Información para la Reforestación (SIRE), CONAFOR. Comisión Nacional Forestal-Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. 7 pp. Disponible en <http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/reforestacion/Fichas%20Tecnicas/Leucaena%20leucocephala.pdf>
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 1995. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 3ra ed. W.H. Freeman. Nueva York. 887pp.
- Sosa-Pérez, G. y D.A. Rodríguez-Trejo. 2003. Efecto de la calidad de planta en la supervivencia y crecimiento de *Pinus patula* en un área quemada. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 9(1): 35-43.
- Sotelo-Castan, G., C. Carvalho-Guimarães, D. Marcouizos-Guimarães y J.M. Barbosa. 2007. Sobrevivência de sementes de *Talauma ovata* St. Hill. (Magnoliaceae) quando submetida à condição de sumersão em água. *Revista Brasileira de Biociências* 5(2): 822-824.
- Soto-Pinto, L., V. Villalvazo-López, G. Jiménez-Ferrer, N. Ramírez-Marcial, G. Montoya y F.L. Sinclair. 2007. The role of local knowledge in determining shade composition of multistrata coffee systems in Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16: 419-436.
- Standley, P.C. y J.A. Steyermark. 1946. Flora of Guatemala, Vol. 24, Part IV. Fieldiana: Botany, Chicago Natural History Museum. 493pp.
- Standley, P.C. y J.A. Steyermark. 1949. Flora of Guatemala, Vol. 24, Part VI. Fieldiana: Botany, Chicago Natural History Museum. 440pp.
- Standley, P.C. y L.O. Williams. 1961. Flora of Guatemala, Vol. 24, Part VII, Number 1. Fieldiana: Botany, Chicago Natural History Museum. 185pp.

- Toledo, V., J. Carabias, C. Toledo y C. González-Pacheco. 1989. La producción rural en México: alternativas ecológicas. Fundación Universo Veintiuno. México.
- Trocones, A.G., J.R. Toledo, J.S. Aladro y O. Pujols. 2000. Estudios para la germinación de semillas de *Magnolia cubensis* (mantequero) en la localidad de Topes de Collantes, Cuba. Pp. 187-189. *En*: CATIE. 2000. 2do Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba.
- Turner, I.M. 2001. The ecology of trees in the tropical rain forest. Cambridge University Press. Cambridge. 298pp.
- UNESCO/PNUMA/FAO. 1980. Ecosistemas de los bosques tropicales. UNESCO-CIFCA. Madrid. 771pp.
- Vallejo-Marín, M., C.A. Domínguez y R. Dirzo. 2006. Simulated seed predation reveals a variety of germination responses of Neotropical Rain Forest Species. *American Journal of Botany* 93(3): 369-376.
- Vásquez-Sánchez, M.A. 1988. La Selva El Ocote: Monografía y Plan de Manejo para su conservación. INIREB. Xalapa, Veracruz. 109pp.
- Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia. 1994. Signals for seeds to sense and respond to gaps. Pp. 209-235. *En*: Caldwell A., M. Marlyn y R.W. Pearcy (Eds.). 1994. Exploitation of environmental heterogeneity by plants. Academic London.
- Vázquez-Yanes, C. y A.I. Batis. 1996. La restauración de la vegetación, árboles exóticos vs. árboles nativos. *Ciencias* 43 (julio-septiembre): 16-23.
- Vieira, D.L.M. y A. Scariot. 2006. Principles of natural regeneration of tropical dry forest for restoration. *Restoration Ecology* 14(1): 11-20.

- Vieira, D.L.M., V.V. de Lima, A.C. Selvilha y A. Scariot. 2008. Consequences of dry-season seed dispersal on seedling establishment of dry forest trees: should we store seeds until the rains? *Forest Ecology and Management* 256: 471-481.
- Villasana, R.A. y A. Suárez. 1997. Estudio fenológico de dieciséis especies forestales presentes en la reserva forestal Imataca Estado Bolívar-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 41(1): 13-21.
- Villegas-Durán, G., A. Bolaños-Medina, J.A. Miranda-Sánchez y A.J. Zenón-Abarca. 2000. Flora nectarífera y polinífera en el Estado de Chiapas. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. México. 244pp.
- Walker, L.R. 2002. Interacción entre especies durante el proceso de sucesión. Pp. 593-594. *En:* Guariguata, M.R. y G.H. Kattan (Comp.) 2002. Ecología y conservación de bosques tropicales. LUR. Costa Rica. 691pp.
- Walker, L.R. y R. del Moral. 2003. Primary succession and ecosystem rehabilitation. Cambridge University Press. Cambridge. 442pp.
- Walters, M.B. y P.B. Reich. 1996. Are shade tolerance, survival, and growth linked? Low light and nitrogen effects on hardwood seedlings. *Ecology* 77(3): 841-853.
- Wayzel-Bucay, J. 2002. Uso tradicional e investigación científica de *Talauma mexicana* (D.C.) Don., o flor de corazón. *Revista Mexicana de Cardiología* 13(1): 31-38.
- Weaver, P.L. 1997. *Magnolia splendens* Urban: laurel sabino. SO-ITF-SM-80. U.S. Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Nueva Orleans. 7pp.
- Woodson Jr., R.E., R.W. Schery y A. Robyns. 1967. Flora of Panama, Part VI, Family 122: Theaceae. *Annals of the Missouri Botanical Gardens Press* 54(1): 41-56.

- World Wildlife Fund (WWF) y M. McGinley. 2008. Chiapas Depression dry forest. *En:* Cleveland, C.J. Encyclopedia of Earth. Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment. Washington, D.C. Disponible en: http://www.eoearth.org/article/Chiapas_Depression_dry_forests
- Yadav, R.K. y A.S. Yadav. 2008. Phenology of selected woody species in a tropical dry deciduous forest in Rajasthan, India. *Tropical Ecology* 49(1): 25-34.
- Yu, Y., J.M. Baskin, C.C. Baskin, Y. Tang y M. Cao. 2008. Ecology of seed germination of eight non-pioneer tree species from a tropical seasonal rain forest in southwest China. *Plant Ecology* 197: 1-16.
- Zahawi, R.A. 2008. Instant trees: using giant vegetative stakes in tropical forest restoration. *Forest Ecology and Management* 255: 3013-3016.
- Zahawi, R.A. y C.K. Augspurger. 2006. Tropical forest restoration: tree islands as recruitment foci in degraded lands of Honduras. *Ecological Applications* 16(2): 464-478.
- Zahawi, R.A. y K.D. Holl. 2009. Comparing the performance of tree stakes and seedlings to restore abandoned tropical pastures. *Restoration Ecology* 17(6): 854-864.

IX. ANEXOS

1. Descripción de las especies consideradas en este estudio*

Acacia pennatula (Schltdl. & Cham.) Benth.

Árbol o arbusto espinoso, caducifolio, de hasta 10 m de altura, con un tronco corto, raramente mayor de 25 cm de diámetro a la altura del pecho, con una corteza externa lisa, color grisáceo; copa que se extiende ampliamente, con ramas que presentan espinas divergentes pareadas, oscuras, de 1 a 1.5 cm de largo. Hojas bipinnadas, dispuestas en espiral, de 5 a 10 cm de largo incluyendo el pecíolo, con numerosos folíolos primarios, cada uno con folíolos secundarios sésiles, opuestos, de 1 por 0.5 mm, verde oscuro en el haz, verde pálido en el envés, pubescentes. Flores dispuestas en cabezuelas, fragantes, de color amarillo. Los frutos son vainas indehiscentes, aplanadas, de 8 a 10 cm de largo por 1.3 a 3 cm de ancho, leñosas, color marrón oscuro, se presentan comúnmente en pares; cada fruto contiene alrededor de ocho semillas.

Bursera simaruba (L.) Sarg.

Árbol resinoso, caducifolio, de 5 a 20 m de altura, con un diámetro del tronco a la altura del pecho de 40 a 80 cm, presentando una corteza externa lisa, rojiza, exfoliante en escamas papiráceas, casi transparentes; el tronco presenta una ligera y característica torcedura en forma de "S" en su parte media o superior; la copa irregular, dispersa, presentándose pocas ramas, gruesas y torcidas. Hojas dispuestas en espiral, imparipinadas, de 15 a 30 cm incluyendo el pecíolo, compuestas por siete a 13 folíolos opuestos, ovadolanceolados u oblongos, de 4.5 por 2 a 9 por 3.5 cm, margen entero, ápice largamente acuminado, verde oscuro brillante en el haz, verde pálido en el envés. Flores ligeramente fragantes, de 7 mm de diámetro, color crema verdoso, dispuestas en panículas laterales de 12 a 18 cm de largo. Fruto en forma de cápsula trivalvada, de 10 a 15 mm de largo, color rojizo, con sólo el exocarpio dehiscente, se presentan en infrutescencias de 4 a 9 cm de largo; semillas de 8 a 10 mm de largo por 7 a 8 mm de ancho, una a dos semillas por fruto.

Coccoloba escuintlensis Lundell

Árbol pequeño o grande, hasta 25 m alto, con diámetros del tronco a la altura del pecho de hasta 65 cm, pero generalmente son más pequeños; corteza externa muy fisurada, color pardo claro, las ramas son regularmente lisas. Hojas con pecíolos cortos, láminas oblongolanceoladas a ovadolanceoladas, de 10 a 25 cm de largo por 4 a 9 cm de ancho, glabras y gruesas, son largas en los individuos jóvenes, color verde oscuro en el haz, las hojas tiernas muestran una coloración rojo cobrizo. Flores pequeñas, fragantes, color amarillo verdoso, en espigas de 6 a 14 cm de largo, con el raquis ligeramente pulverulento. Fruto seco (aquenio), rodeado por el perianto acrescente carnoso, color rojo oscuro cuando maduro, con una semilla subglobosa de 7 a 8 mm de largo.

Cupania dentata Moc. & Sessé ex DC.

Árbol perennifolio, de hasta 20 m de altura, con diámetro del tronco a la altura del pecho de hasta 50 cm, recto, con una corteza externa lisa a ligeramente fisurada, color pardo verdosa a pardo grisácea; copa irregular, con ramas ascendentes, ramas jóvenes acanaladas, con tres o cuatro costillas conspicuas, oscuras, pubescentes. Hojas dispuestas en espiral, pinnadas, de 16 a 45 cm de largo incluyendo el pecíolo, presentan de siete a 15 folíolos, por lo general alternos, de 5 por 2.5 a 17 por 4.6 cm, oblongos, con el margen conspicuamente serrado o crenado, color verde oscuro en el haz, verde opaco en el envés, el cual presenta domacios, raquis pubescente. Flores blanquecinas, de 3 mm de diámetro, dispuestas en panículas axilares, pubescentes, de 15 a 30 cm de largo. Frutos en forma de cápsulas, trivalvadas, de aproximadamente 1.5 cm de largo, verde oscuro cuando maduras; una semilla por lóculo, las semillas están sentadas sobre un arilo.

Daphnopsis americana (Mill.) J.R. Johnst.

Árbol de hasta 15 m de alto, con una corteza externa lisa, color gris claro; ramas jóvenes pardo-seríceas, glabrescentes, ramas maduras con lenticelas blancas. Hojas simples, alternas, con pecíolos glabros, lámina obovada a oblanceolada u oblongo-elíptica, de 3 a 11 cm de largo por 1.3 a 5 cm de ancho, subcoriácea, glabra, con nervaduras poco conspicuas. Flores umbeliformes, color blanco-amarillentas, de aproximadamente 2 mm de largo, en inflorescencias que presentan de ocho a 20 flores. Frutos en forma de drupas, de forma ovoide, de 6 a 15 mm de largo por 3 a 9 mm de diámetro, color verde, tornándose blancos cuando maduran.

Erythrina goldmanii Standley

Árbol pequeño, espinoso, con una corteza lisa, con espinas cónicas, anchas, gruesas; copa irregular, abierta, con ramas muy robustas. Hojas compuestas, dispuestas en espiral, trifolioladas, cartáceas, glabras; folíolos rómbico-ovados o ampliamente ovados, de 4.3 a 10.5 cm de largo por 3.2 a 7.5 cm de ancho, ápice agudo a brevemente acuminado, redondeado a ampliamente cuneado en la base. Flores color rojo, escasamente elípticas, de 4.2 a 8.3 cm de largo, dispuestas en racimos densos con forma de cono. Frutos en forma de vainas dehiscentes, subleñosas, de 9 a 18.5 cm de largo por 1.4 cm de ancho, profundamente constreñidas entre las semillas, con una raya de 3 a 5 cm de largo, con una rígida acuminación de 0.8 a 3.5 cm de largo; cada vaina con dos a siete semillas. Semillas elipsoides, color rojo a naranja, duras, de 9.5 a 11 mm de largo por 6.5 a 7 mm de ancho, con una amplia línea negra que se extiende desde el hilo por aproximadamente 2 mm hacia el final de la chalaza.

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit.

Árbol o arbusto, caducifolio o perennifolio, de hasta 12 m de altura, tronco generalmente torcido, bifurcándose a diferentes alturas, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 25 cm, corteza externa lisa a ligeramente fisurada, color gris parduzco, presentando abundantes lenticelas

longitudinales, suberificadas; copa redondeada, con ramas ascendentes. Hojas dispuestas en espiral, bipinnadas, de 9 a 25 cm de largo, compuestas por tres a siete pares de folíolos primarios, opuestos, cada uno formado por ocho a 16 pares de folíolos secundarios, opuestos, sésiles, de 5 por 1.5 a 20 por 4 mm, lineares a estrechamente lanceolados, con el margen entero, verde grisáceas, glabras; las hojas se cierran durante la noche. Flores blancas, perfumadas, dispuestas en cabezuelas solitarias o en pares, axilares, de 12 a 20 mm de diámetro, albergan de 100 a 180 flores. Los frutos son vainas dehiscentes, aplanadas, de 13 a 20 cm de largo por 2 a 2.5 cm de ancho, en capítulos florales de 30 o más vainas, verde cuando tiernas, pardas cuando maduras; cada fruto alberga de 15 a 30 semillas, ligeramente elípticas, aplanadas y acabadas en punta, de 1 cm de largo, color pardo brillante, cubiertas por una cera.

Magnolia mexicana DC.

Árbol perennifolio, de hasta 30 m de altura, tronco derecho, diámetro a la altura del pecho de hasta 1.3 m, corteza externa lisa a ligeramente fisurada, gris clara a pardo grisácea amarillenta, con ramas ascendentes, copa redondeada y compacta, de color verde muy oscuro, ramas jóvenes con cicatrices de hojas caídas, con abundantes lenticelas, suberificadas, protuberantes. Hojas simples, dispuestas en espiral, con un pecíolo largo, de 4 a 9 cm de largo, presentando una gran estípula adherida, caediza, que deja dos líneas de cicatriz a lo largo del pecíolo; láminas de 12 por 6.5 a 23 por 13 cm, oblongas o elípticas, con el margen entero, de color verde muy oscuro, lustrosas en el haz, verde amarillento en el envés, frecuentemente glabras, coriáceas, con las nervaduras prominentes en el envés. Flores grandes, solitarias, terminales, color blanco, muy perfumadas, en un grueso pedúnculo de 3 a 4 cm de largo. Fruto grande, leñoso, policárpico, de 10 a 15 cm de largo, ovoides, color pardo verdoso, aterciopelados, con semillas rodeadas por una testa o arilo succulento, color rojo brillante.

Matayba oppositifolia Britton.

Árbol de 9 a 12 m de altura, tronco con un diámetro a la altura del pecho de hasta 25 cm, corteza externa lisa, color gris claro, ramas jóvenes pulverulentas o casi glabras. Hojas compuestas, subopuestas, cada una con cuatro a 10 folíolos, elíptico-lanceolados a oblongo-obovados, ápice muy obtuso, de 5 a 8 cm de largo, margen entero, subcoriáceas, subsésiles, glabras; nervadura inconspicua. Flores pequeñas, en panículas axilares escasamente ramificadas, a menudo más largas que las hojas, pulverulentas o glabras. Frutos en forma de cápsula, con dos a tres lóculos, cada lóculo con una semilla, subglobosa, de 5 a 6 mm largo, presentando un arilo rodeando la base.

Nectandra coriacea (Sw.) Griseb.

Árbol pequeño, raramente excede los 10 m de alto, tronco corto y angosto, de 30 a 45 cm de diámetro a la altura del pecho, corteza externa lisa, con numerosas excrescencias, color pardo rojizo; copa redondeada, con ramas cortas, abiertas. Hojas simples, alternas, persistentes, de 5.5 a

14.5 cm de largo por 1.7 a 6 cm ancho, oblongas o lanceoladas, ápice agudo, margen entero, color verde oscuro lustroso en el haz, verde claro en el envés, a menudo con un matiz rojizo, pecíolos aplanados. Flores perfectas, fragantes, de 4 a 8 mm de diámetro, color crema claro, en panículas axilares, de 1.5 a 10 cm de largo, soportadas por un pedúnculo rojizo. Frutos en forma de bayas, ligeramente esféricas, de 9 a 18 mm largo por 7 a 11 mm de diámetro, lustrosas, de color azul oscuro o negro, sentados en la base del cáliz color rojizo; cada fruto con una semilla color pardo-rojiza.

Sideroxylon sp.

Árbol hasta de 20 m de altura, con un tronco de hasta 50 cm de diámetro a la altura del pecho, corteza externa ligeramente fisurada, color gris claro, con tonos rosáceos, ramas no espinosas, compactas, copa redondeada, con un follaje denso; ramas jóvenes conspicuamente fisuradas. Hojas simples, dispuestas en espiral, agrupadas hacia el final de las ramas, elípticas a oblanceoladas, glabras, verde oscuras, algo lustrosas en el haz, opacas en el envés, con presencia de látex; los renuevos foliares presentan una ligera pubescencia. Flores muy pequeñas, no pediceladas, color amarillo verdoso, muy fragantes, dispuestas en densos fascículos en las axilas de cicatrices de hojas caídas. Frutos en forma de baya, de ovoides a casi esféricos, color verde claro, de alrededor de 2.5 cm de largo, pericarpio carnoso; cada fruto con una semilla ovoide o elipsoide, color negro cuando fresca, tornándose pardo oscuro a claro, de alrededor de 2 cm de largo. La semilla presenta una larga y ancha cicatriz adaxial que cruza todo el eje mayor de la semilla.

Ternstroemia tepezapote Schltdl. & Cham.

Árbol de 2 a 20 m de altura, con un diámetro a la altura del pecho del tronco de 15 cm o más; corteza externa color grisáceo a pardo-rojiza; copa redondeada. Hojas simples, alternas, agrupadas al final de las ramas, oblogo-obovadas u oblongo-oblanceoladas, de 7 a 13 cm de largo por 3 a 4 cm de ancho, ápice obtuso o redondeado, margen entero, haz lustroso, color verde oscuro, envés de color verde más claro, nervaduras inconspicuas en ambas superficies; consistencia cartácea rígida a coriácea. Flores axilares, solitarias, color blanco-rosáceas, muy fragantes, el ápice de los pétalos color amarillo. Fruto en forma de bayas, cónicas u ovoide-cónicas, comúnmente con restos del estilo en el ápice, de 1 a 2 cm de largo por 1 a 1.5 cm de ancho en la base, color blanco opaco, verde, o pardo amarillento, se abren irregularmente en la madurez; semillas de hasta 10 mm, rodeadas por un arilo, color rojo intenso.

Trichospermum mexicanum (DC.) Baill.

Árbol caducifolio, de 15-25 m de altura, tronco derecho, con diámetros a la altura del pecho de hasta 50 cm, corteza externa someramente fisurada a escamosa, en piezas alargadas, color pardo a moreno; copa redondeada, ramas horizontales o ascendentes. Hojas simples, alternas, láminas de 9 por 3.5 a 20 por 7.5 cm, elípticas u ovadas, con el margen finamente aserrado, ápice largamente

acuminado; color verde oscuro en el haz, opaco en el envés, con pelos estrellados pequeños, más abundantes en el envés; se presentan tres nervios principales, que parten de la base, más conspicuos en el envés. Flores pequeñas, de 1 a 2 cm de diámetro, perfumadas, color rosado a lila, en panículas terminales y axilares, de 2.5 a 8 cm de largo, densamente pubescentes. Frutos en forma de cápsulas, de 2 a 2.5 cm de ancho por 2 cm de largo, bivalvadas, comprimidas, con el estilo permanente, densamente pubescentes, color verde oscuro a pardo oscuro, albergando de 14 a 25 semillas por fruto. Semillas de 2 mm de diámetro, aplastadas, color pardo oscuro a negro, rodeadas en el margen por numerosos pelos amarillentos a manera de cilios.

Zuelania guidonia (Sw.) Britt. & Millsp.

Árbol caducifolio, monopódico, de 10-25 m de altura, tronco con diámetro a la altura del pecho de 30 a 60 cm, muy recto, con un fuste largo y limpio, corteza externa lisa, color gris a pardo grisácea, con algunas lenticelas suberificadas, protuberantes; copa redondeada o piramidal, con ramas horizontales, las ramas jóvenes con lenticelas muy conspicuas. Hojas simples, alternas, a menudo agrupadas hacia el final de las ramas; láminas de 7 por 2.5 a 20 por 7 cm, oblongas a estrechamente elípticas, margen entero, ápice agudo, color verde, lustrosas, con la nervadura pubescente en el haz, verde amarillento, opacas, pubescentes en el envés; hay numerosas glándulas transparentes en forma de puntos y rayas en la lámina, las hojas seniles adquieren una coloración rojiza antes de caer del árbol. Flores color crema verdoso, muy fragantes, de 8 a 9 mm de diámetro, en densos fascículos terminales, de 4 a 5 cm de diámetro. Frutos en forma de cápsulas, globosas, carnosas, trivalvadas, con una superficie rugosa, color verde amarillenta a púrpura, con una pulpa amarillenta que contiene numerosas semillas, de 5 mm de largo, angulosas.

*Modificadas de Krukoff, 1939; Standley y Steyermark, 1946, 1949; Standley y Williams, 1961; Harrar y Harrar, 1962; Woodson Jr. *et al.*, 1967; Nevling Jr. y Barringer, 1988; Pennington, 1990; Sánchez-Garfias *et al.*, 1991; Rohwer, 1993; Batis-Muñoz *et al.*, 1999; Cervantes *et al.*, 2001; OFI-CATIE, 2003; Pennington y Sarukhán, 2005.

1. Continuación



Acacia pennatula



Matayba oppositifolia



Bursera simaruba



Coccoloba esculentilis



Cupania dentata



Daphnopsis americana



Erythrina goldmanii



Leucaena leucocephala

Magnolia mexicana



Nectandra coriacea



Sideroxylon sp.



Ternstroemia tepezapote



Trichospermum mexicanum



Zuelania guidonia



2. Características físicas de frutos y semillas de las nueve especies utilizadas en los ensayos de germinación (media \pm error estándar).

Especie	Fruto					Semilla		
	Tipo	Peso g	Alto cm (eje mayor)	Ancho cm (eje menor)	Semillas x fruto	Peso g	Alto cm (eje mayor)	Ancho cm (eje menor)
<i>Acacia pennatula</i>	Vaina indehiscente	3,86 \pm 0,19	8,70 \pm 0,28	1,90 \pm 0,04	(5-16)	0,079 \pm 0,001	0,661 \pm 0,008	0,435 \pm 0,004
<i>Coccoloba escuintlensis</i>	Aquenio	0,280 \pm 0,005	0,773 \pm 0,006	0,75 \pm 0,007	1	0,0742 \pm 0,001	0,653 \pm 0,004	0,465 \pm 0,003
<i>Erythrina goldmanii</i>	Vaina dehiscente	ND	ND	ND	ND	0,272 \pm 0,004	0,969 \pm 0,007	0,620 \pm 0,004
<i>Leucaena leucocephala</i>	Vaina dehiscente	ND	ND	ND	ND	0,0541 \pm 0,0009	0,799 \pm 0,008	0,454 \pm 0,004
<i>Magnolia mexicana</i>	Polifolículo	681,81 \pm 24,44	10,77 \pm 0,20	8,80 \pm 0,15	(38-133)	0,249 \pm 0,004	1,16 \pm 0,01	0,98 \pm 0,01
<i>Nectandra coriacea</i>	Drupa	0,53 \pm 0,017	0,99 \pm 0,01	0,86 \pm 0,01	1	0,24 \pm 0,01	0,87 \pm 0,01	0,67 \pm 0,01
<i>Sideroxylon</i> sp.	Baya	6,64 \pm 0,27	2,34 \pm 0,04	2,18 \pm 0,02	1	3,02 \pm 0,13	1,89 \pm 0,02	1,52 \pm 0,02
<i>Ternstroemia tepezapote</i>	Baya dehiscente	4,71 \pm 0,25	1,99 \pm 0,04	2,14 \pm 0,04	(1-9)	0,193 \pm 0,004	1,035 \pm 0,009	0,59 \pm 0,01
<i>Tricospermum mexicanum</i>	Cápsula	0,23 \pm 0,006	1,59 \pm 0,02	6,74 \pm 0,01	(18-25)	0,003	0,2	0,2

ND: No determinado.

2. Continuación





3. Germinación y crecimiento de plántulas



Acacia pennatula (arriba izq.) y *Erythrina goldmanii* (arriba der.) al mes, y ambas especies a los tres meses de siembra (abajo).



Cocoloba escuintlensis a los cuatro meses (izq.), y a los nueve meses de siembra (der.).



Leucaena leucocephala al mes (izq.), y a los tres meses de siembra (der.).



Magnolia mexicana a los dos meses (izq.), y a los cuatro meses de siembra (der.).



Nectandra coriacea a los cuatro meses (izq.), y siete meses de siembra (der.).



Sideroxylon sp. a los cinco meses (izq.), y a los siete meses de siembra (der.).



Ternstroemia tepezapote a los dos meses (izq.), y a los seis meses de siembra (der.).



Trichospermum mexicanum a los cinco meses (izq.), y a los nueve meses de siembra (der.).

4. Logística



(a) Peso, y (b) medición de frutos y semillas. (c) Preparación del sustrato de siembra y (d) llenado de cajas de germinación; (e) siembra de semillas y (f) colocación de las cajas en camellones.