



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Selección de especies de selva baja caducifolia para la
restauración de un área degradada en la cuenca del río
Tembembe en Morelos, México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

ALEJANDRO MORALES REYES



DIRECTORA DE TESIS:

DRA. ELIANE CECCON

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

Morales

Reyes

Alejandro

777 2417519

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

405114005

2. Datos del tutor

Dra.

Ceccon

Eliane

3. Datos del sinodal 1

Dra.

Almeida

Leñero

Lucía Oralia

4. Datos del sinodal 2

Dra.

Ceccon

Eliane

5. Datos del sinodal 3

M. en C.

Sánchez

Coronado

María Esther

6. Datos del sinodal 4

Dra.

Ordóñez

Díaz

María de Jesús

7. Datos del sinodal 5

M. en C.

Sachman

Ruiz

Bernardo

7. Datos del trabajo escrito

Selección de especies de selva baja caducifolia para la restauración de un área degradada en la cuenca del río Tembembe en Morelos, México.

76 p

2010

A mi madre, Alinne. Por todo lo que me has mostrado, por darme la brasa viva . . . para arder en el incensario.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, mi madre y mis hermanos: David, Jorge y Arturo por ayudarme en el trabajo de campo. Por compartir todas las aventuras y desventuras, por estar en las buenas y en las no tan buenas. Y por todo el amor que les tengo. A mi padre por su apoyo a lo largo de mi carrera, el cuál ha sido imprescindible.

A Eliane Ceccon, por haber sido una excelente tutora, por su apoyo incondicional a lo largo de este camino (apoyo que nunca podré terminar de agradecerle), por la confianza otorgada, pero sobre todo por su increíble paciencia. Por todos sus consejos y ser un ejemplo a seguir.

A mis sinodales Bernardo Sachman, Lucía Almeida, Ma. Esther Sánchez y Ma. de Jesús Ordóñez, por aceptar ser parte mi jurado. Por sus buenos consejos y por sus acertadas observaciones. Por ser parte importante de este trabajo.

Al CRIM, por todas las facilidades y el apoyo brindado durante el trabajo de campo. Y por la ayuda recibida en la etapa final de este estudio. En especial al Ing. Cilleros por su siempre buena disposición.

A Ivonne Toledo, por su ayuda en la restauración inicial de la cárcava durante el trabajo de campo. Por todo su apoyo y por la asesoría brindada al inicio de este proyecto.

A Horacio Flores, José Guadalupe Aranda y Eva Román, por su ayuda en el trabajo de campo y por las incontables horas bajo el sol de Tembembe; por estar ahí cuando más les necesité. Por su amistad incondicional.

A todos todas las personas, amigos y compañeros de México de otras naciones, quienes pusieron de su tiempo y energía, pero sobre todo de su buena voluntad para ayudarme en la labor de campo. Sin su apoyo esto no hubiese sido igual de placentero. No tengo palabras suficientes para agradecerles.

A Inti Burgos, su valiosa contribución a este trabajo de cuál formó parte. Por todo el apoyo que me dio en el momento exacto para la redacción del mismo. Por su amistad y confianza.

A todos los maestros, amigos y compañeros del (entonces) Laboratorio de Recursos Naturales por las valiosas aportaciones que cada uno de ustedes llegó a hacer en su momento en este trabajo. Por todos los consejos y por su siempre buena disposición para ayudar.

Al laboratorio de Ecología Fisiológica (Instituto de Ecología, UNAM), en especial a la Dra. Alma Orozco-Segovia y a la Dra. Pilar Huante por sus valiosas aportaciones a este trabajo. Por el apoyo y la confianza otorgada.

A la Universidad Nacional Autónoma de México. Pues la mejor decisión que pude haber tomado hasta ahora, fue el haber ingresado a la máxima casa de estudios en donde

concluyo mi licenciatura, y donde conocí a excelentes profesores, de quienes aprendí mucho sobre el estudio, pero sobre todo sobre el respeto hacia la vida. A todos aquellos quienes de manera indirecta, colaboraron con la conclusión de esta etapa. Gracias también a todos aquellos que forman parte de la UNAM, y que colaboran de una u otra forma para mantener su espíritu intacto. *“Por mi raza hablará mi espíritu...”*

ÍNDICE

	Página
RESUMEN.....	3
I. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 Planteamiento del problema.....	6
II. ANTECEDENTES.....	7
2.1 Situación de la selva baja caducifolia del estado de Morelos.....	7
2.2 La degradación del suelo en los ecosistemas tropicales.....	7
2.2.1 El efecto de la erosión del suelo sobre los ecosistemas.....	7
2.2.2 La formación de cárcavas.....	9
2.3 Restauración ecológica.....	10
2.3.1 La restauración de cárcavas.....	12
2.3.2 Características importantes de las especies para la restauración.....	13
2.3.3 El efecto de la herbivoría sobre las plantas y la restauración.....	14
2.3.4 Restauración ecológica en el estado de Morelos.....	15
III. OBJETIVOS.....	18
3.1 Objetivo general.....	18
3.2 Objetivos particulares.....	18
IV. HIPÓTESIS.....	18
V. METODOLOGÍA.....	19
5.1 Descripción del sitio de estudio.....	19
5.2 Descripción de las especies seleccionadas.....	21
5.2.1 Familia <i>Fabaceae</i>	22
5.2.2 <i>Pithecellobium dulce</i>	23
5.2.3 <i>Acacia farnesiana</i>	24
5.2.4 <i>Lysiloma divaricata</i>	25
5.2.5 <i>Acacia pennatula</i>	26

5.2.6 <i>Leucaena leucocephala</i>	27
5.2.7 <i>Erythrina coralloides</i>	28
5.2.8 <i>Ipomoea murucoides</i>	30
5.2.9 <i>Dodonea viscosa</i>	31
5.3 Diseño experimental.....	33
5.4 Trabajo de campo.....	34
5.5 Metodología de la obtención de los datos.....	37
5.6 Análisis estadístico.....	39
VI. RESULTADOS.....	41
6.1 Longitud del tallo.....	41
6.2 Tasa de crecimiento relativo de longitud de tallo (TCR_L).....	46
6.3 Diámetro de tallo.....	50
6.4 Tasa de crecimiento relativo del diámetro del tallo (TCR_D).....	51
6.5 Área de copa.....	52
6.6 Herbivoría.....	54
6.7 Supervivencia.....	56
6.8 Correlación de la Altura inicial vs. Supervivencia.....	57
VII. DISCUSIÓN.....	58
VIII. CONCLUSIONES.....	63
IX. REFERENCIAS.....	67

RESUMEN

En las zonas rurales de México, la degradación de los servicios ecosistémicos relacionados al suelo y la cobertura vegetal es incesante. La selva baja caducifolia presente en la comunidad de Cuentepec en el estado de Morelos, se encuentra muy degradada tiene muy baja productividad y experimenta una alta tasa de erosión. Lo que ha generado grandes cárcavas. Por lo anterior, se creó la Estación de Restauración Ambiental Barrancas del Río Tembembe (ERABRT), en la comunidad de Cuentepec. La cuál fue otorgada en comodato a la UNAM, con el fin de restaurar los servicios ecosistémicos del sitio. Para hacer restauración, es necesario tomar en cuenta importantes criterios ecofisiológicos, ecológicos, silviculturales y de uso tradicional en la selección de especies. Sin embargo, uno de los problemas actuales, es la falta de información sobre las especies que pueden establecerse exitosamente en áreas degradadas. El objetivo de este trabajo fue evaluar ocho especies nativas (*Pithecellobium dulce*, *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Leucaena leucocephala*, *Erythrina coralloides*, *Lysiloma divaricata*, *Ipomoea murucoides* y *Dodonea viscosa*) y determinar cuáles eran las más aptas para la restauración ecológica en la cabecera de una cárcava en la ERABRT, en función de su establecimiento y desarrollo inicial. El estudio de campo se llevó a cabo durante 17 meses, se evaluaron 30 plántulas de ocho especies introducidas aleatoriamente con un espaciamiento de 1.5 x 1.5 m. Las variables evaluadas en cada individuo fueron: la altura, el área de copa y el diámetro de tallo; así como el porcentaje de sobrevivencia, el índice de herbivoría y la correlación entre la altura inicial y la sobrevivencia al final del estudio. *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Pithecellobium dulce*, *Ipomoea murucoides*, *Lysiloma divaricata* y *Dodonea viscosa* son las especies más recomendadas para la restauración de esta selva baja caducifolia con un alto nivel de degradación, ya que mostraron un excelente desempeño en las variables evaluadas, además de su efecto catalizador y su valor tradicional.

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales estacionalmente secos (BTES; Bullock *et al.*, 1995), representan el 42 % de las selvas tropicales del mundo (Murphy y Lugo, 1986; Janzen, 1981). En México son también conocidos como bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1978) o selva baja caducifolia (Miranda y Hernández-X, 1963). Tienen una amplia distribución mundial y se estima que 1, 048,700 km² de BTES están distribuidos a lo largo de tres regiones tropicales, más de la mitad del área de este ecosistema, se localiza principalmente en el sur de América (54.2%). El área restante está dividida casi en partes iguales entre Norte y Centro América (12,5%), África (13,1%) y Eurasia (16,4%), con una proporción relativamente pequeña en Australasia y en la parte insular del sudeste de Asia (3,8% para cada uno; Miles *et al.*, 2006). Sin embargo, es también uno de los ecosistemas tropicales más alterados y amenazados por el hombre (Janzen, 1988) debido principalmente a acciones antropogénicas (Rincón *et al.*, 1999; Trejo y Dirzo, 2000; Ceccon *et al.*, 2006) y en menor medida a fenómenos naturales (Rincón *et al.*, 1999).

En México, los BTES se distribuyen desde el estado de Sonora hasta Chiapas frontera con Guatemala en un rango altitudinal que va desde el nivel del mar a los 2,000 m.s.n.m. (Trejo, 1999). La altura promedio de los árboles oscila generalmente entre los 5 y 15 m de altura (Rzedowski, 1978); con un clima cálido (Aw; Köppen, 1948) y una precipitación anual de entre 400 y 1700 mm (Gerhardt y Hytteborn, 1992). La estacionalidad pluviométrica de los BTES es un factor importante para el establecimiento de plántulas en el corto periodo de lluvias, donde las condiciones son favorables para la germinación de las semillas, y su sobrevivencia, así como para el establecimiento y crecimiento de las plántulas (Gerhart, 1993; Ceccon, 2003; Ceccon y Campo-Alves, 2004; Ceccon y Rincón, 2006).

De 1980 al 2000, los BTES registraron la mayor reducción de su cobertura vegetal; el porcentaje de área cubierta por los BTES en el 2000, fue del 16% en el sur y sureste de Asia y más del 40% en Latinoamérica (relativa al área total del hábitat; Olson *et al.*, 2001).

En México, la selva baja caducifolia (SBC, uno de los tipos más abundantes de BTES) originalmente cubrió el 14% de la superficie forestal del país (Rzedowski, 1990), viéndose reducida a la mitad para el año 2000 (Trejo y Dirzo, 2000). Por otro lado, Miles *et al.* (2006), realizaron un análisis de las zonas del planeta en las que los BTES estarían más expuestos al cambio climático; encontrando que 39.8% de los BTES de Centro y Norte America y 37% de Sudamérica correrían el riesgo de sufrir cambios climáticos severos.

Un estudio realizado con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la SBC de Morelos, demostró que de 1973 a 1989, la tasa de deforestación fue de 1.4% anual; se estima que de continuar así, para el año 2080 la SBC cubrirá únicamente el 10% de su área original; dicha área sostendría solamente al 50% de sus especies originales (Trejo y Dirzo, 2000).

A pesar de la problemática actual de los BTES a nivel global, se desconoce mucho sobre su estado de conservación y su dinámica de cambio actual puesto que hay muy pocos estudios al respecto. Sin embargo, algunas investigaciones en BTES, demuestran que en áreas fuertemente perturbadas, factores como la baja disponibilidad de nutrientes, la compactación del suelo, la competencia con otras plantas (ej. zacates), la temporada de sequía, una reducida lluvia de semillas y un incremento en la herbivoría de las plántulas, hacen que el proceso de regeneración sea extremadamente difícil de operar (Rincón *et al.*, 1999; Meli, 2003).

1.1 Planteamiento del problema

En las áreas aledañas a la comunidad de Cuentepec, Morelos (donde se realizó el estudio), los terrenos presentan muy baja productividad, experimentan una alta tasa de erosión y la presencia de cárcavas es una constante. Esta fue una de las principales razones por las que en junio del 2003 se creó la Estación de Restauración Ambiental Barrancas del Río Tembembe (ERABRT), la cuál tiene como objetivo restaurar los servicios ecosistémicos del área a través de proyectos de investigación, e implementar en condiciones de manejo participativo una serie de proyectos ambientales y sustentables (García-Barrios *et al.*, 2005). La ERABRT abarca un área de 100 has y fue otorgada bajo el régimen de comodato a la UNAM por la comunidad de Cuentepec, Morelos, la cuál es, por cierto, una de las más pobres y marginadas de la entidad y presenta altos niveles de degradación ecosistémica (Gómez-Garzón, 2002).

Este trabajo forma parte de estos proyectos y fue realizado con la finalidad de evaluar el comportamiento inicial de ocho especies nativas (en estadio de plántulas) en campo y determinar cuál o cuáles de las especies empleadas, serían las más aptas para su utilización en programas de restauración en zonas muy degradadas (aledañas a superficies con presencia de cárcavas) en la ERABRT. La falta de información adecuada sobre el tipo de especies que pueden establecerse exitosamente y que favorecen el mejoramiento del suelo es uno de los principales problemas en los proyectos de restauración; esto dificulta el proceso de selección de las especies más adecuadas para su uso así como el éxito de las mismas (Cervantes *et al.*, 1996 y 1998). Para la realización de una restauración y conservación efectiva de los BTES es esencial evaluar el desarrollo de las especies en las drásticas condiciones presentadas en áreas degradadas de las zonas tropicales estacionalmente secas y conocer los factores abióticos que influyen en el desarrollo de estas plántulas (Cervantes *et al.*, 1998; Ceccon y Rincón, 2006). Una de las técnicas más exitosas utilizadas en la recuperación de la cobertura vegetal de los ecosistemas terrestres es la reintroducción de especies de árboles nativos (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997; Cervantes *et al.*,

1998). Sin embargo, es necesario tomar en cuenta para su selección, criterios ecofisiológicos importantes, de uso tradicional, valor ecológico, catalítico (Parrotta *et al.*, 1997) y comercial (Lugo *et al.*, 1990; Sabogal, 1992; Huante *et al.*, 1992), puesto que actualmente la relación entre el factor ecológico y el factor social son de suma importancia para el éxito de los programas de restauración en todo el mundo.

II. ANTECEDENTES

2.1 Situación de la selva baja caducifolia del estado de Morelos

El estado de Morelos comprende 0.25% de la superficie de México, ubicándose en el trigésimo lugar respecto a otros estados de la República Mexicana; concentra el 10% de las especies de plantas de México, el 33% de las especies de aves, el 5% de los peces de agua dulce, el 14% de los reptiles y el 21% de las especies de mamíferos mexicanos. Esta gran biodiversidad respecto a otros estados del país, ubica a Morelos en el decimotercer lugar a nivel nacional (Ordóñez y Flores, 1995).

El diagnóstico forestal realizado en el 2001 menciona que en la SBC de Morelos, los factores de disturbio en orden de importancia son: la tala, el pastoreo, la fauna silvestre, los incendios y las plagas y enfermedades (Cervantes-Sánchez *et al.*, 2001). Particularmente en la cuenca del río Tembembe, los terrenos presentan una muy baja productividad; además, están dedicados a cultivos agrícolas y potreros, los cuáles experimentan una tasa de erosión de hasta 80 ton ha⁻¹ generando grandes cárcavas (Gómez-Garzón, 2002).

2.2 La degradación del suelo en los ecosistemas tropicales

2.2.1 El efecto de la erosión del suelo sobre los ecosistemas

Un ecosistema terrestre es una unidad de paisaje compuesta de una comunidad biótica (organismos vivos) y otra abiótica (elementos inertes), ambos componen lo que se llama suelo

(Buol *et al.*, 1989). El suelo es un cuerpo natural continuo que agrupa y se mantiene en medio de los materiales geológicos, procesos biológicos, hidrológicos y fenómenos meteorológicos. Está compuesto básicamente de dos fases: una sólida, formada de materiales inorgánicos minerales y materia orgánica, y otra fase porosa, que corresponde al espacio ocupado por agua o aire (Buol *et al.*, 1989; Brady, 1990).

De acuerdo a su tamaño, las partículas (fase sólida) del suelo se clasifican en arenas, limos y arcillas. Su tamaño, forma y estabilidad controlan la distribución y tamaño de los poros, mismos que con su variedad determinan el crecimiento de las raíces y la capacidad del suelo para almacenar y transmitir agua y aire a través de sus diferentes horizontes (Foroughbakhch, 1992). Este arreglo de partículas debe permanecer estable ante una gran variedad de fuerzas destructivas naturales y antropogénicas (Lal, 1999), por lo que la estabilidad de sus agregados es usada como un indicador de resistencia del suelo a la erosión (Chappell *et al.*, 1999). Por otra parte, el suelo aporta una serie de servicios ecosistémicos: constituye el medio natural para el crecimiento vegetal y la actividad biológica, amortigua la formación y destrucción de compuestos, regula el ciclo del agua y completa las fases de la mayoría de los elementos requeridos por los sistemas biológicos (Buol *et al.*, 1989; Brady, 1990).

La erosión afecta a la capacidad de absorción del suelo, añade sedimentos a las corrientes de agua (Ceccon, 2003) y daña la fertilidad del mismo hasta que se pierde por completo con el tiempo (Lowery *et al.*, en Lal, 1999). De acuerdo a Lowery (1995), además de la pérdida de la fertilidad, se ha visto que el proceso de erosión altera importantes propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. A medida que la erosión se vuelve más severa, la composición de horizontes más bajos, pasan a determinar las propiedades físicas de dicho suelo. Esta modificación se debe a cambios desfavorables (pérdida de cobertura vegetal, alta incidencia solar, aumento en la temperatura, elevada evapotranspiración, lixiviación o volatilización de nutrientes, disminución de la biodiversidad microbiana) en la superficie del

suelo lo que facilita la disminución de nutrientes, la acidificación, la baja productividad y la compactación de los mismos. Cuando la erosión es severa, la restauración con árboles útiles no llega a ser exitosa (Montagnini, 2001).

2.2.2 La formación de cárcavas

Se denomina cárcava al estado más avanzado de erosión en surcos, éstas, se originan debido al escurrimiento superficial del agua que se concentra en sitios irregulares o depresiones superficiales del suelo desprotegido o trabajado inadecuadamente (Xiang-zhou *et al.*, 2004). El flujo de agua provoca el aumento de las dimensiones de los surcos, hasta transformarse en grandes zanjas llamadas cárcavas (Xiang-zhou *et al.*, 2004; Casermeiro *et al.*, 2004; Igboji, 1992). La formación de éstas, depende de la pendiente, longitud de ladera, cantidad de energía de la escorrentía, el tipo de suelo y substrato, las prácticas de manejo y el control de la erosión en las cuencas de captación (Xiang-zhou *et al.*, 2004; Casermeiro *et al.*, 2004; Rivera-Posada y Sinisterra-Reyes, 2005). A pesar de ser un proceso geológico natural (Clarkson y McQueen, 2004), la formación de cárcavas puede verse acelerada por actividades antropogénicas como la deforestación, el sobre pastoreo y la explotación agrícola (Cervantes-Sánchez *et al.*, 2001; Rivera-Posada y Sinisterra-Reyes, 2005; Young-Zhong *et al.*, 2005). En este sentido, las actividades agrícolas han sido señaladas como las principales causantes de la erosión de los suelos y márgenes de los ríos cercanos. El movimiento de grandes masas de suelo para la producción de cultivos, el sobre pastoreo y la cercanía de ganado a los márgenes de ríos puede propiciar la compactación del suelo, la formación de cárcavas y el asolvamiento de los ríos respectivamente (Ceccon, 2003). Además creencias, tradiciones y costumbres muy arraigadas, conducen a llevar a cabo prácticas de cultivo de forma indiscriminada; sin importar la topografía del terreno, la resistencia o la susceptibilidad de los suelos a la degradación, o si

éstos son húmedos o secos. Lo que conduce a un aumento acelerado de la erosión y la formación de cárcavas (Rivera-Posada y Sinisterra-Reyes, 2005).

2.3 Restauración ecológica

En sitios con suelos muy degradados la implantación de especies arbóreas pueden mejorar condiciones determinadas, como las asociadas a microorganismos fijadores de nitrógeno (asociaciones bacterianas, ej. *Frankia rhizobium*), así como otras que favorecen el aumento de materia orgánica del suelo debido a su gran producción de hojarasca, y las que ayuden en la retención del mismo, debido a su amplio sistema radicular (Meli, 2003). La relación planta - suelo, juega un papel muy importante en la prevención de la erosión. Las comunidades vegetales protegen al suelo, ya que la cobertura y la caída de hojarasca intercepta la caída de la lluvia, reduciendo su energía cinética; lo que evita la erosión hídrica y a su vez incrementa la fertilidad (Casermeiro *et al.*, 2004; Young-Zhong *et al.*, 2005). En casos donde la rehabilitación de manera natural es poco probable, es necesario establecer estrategias para acelerar el proceso de recuperación del área, esto, es conocido actualmente como restauración ecológica (Berger, 1993), la cuál se define como: “El proceso de alteración intencional de un hábitat para establecer un ecosistema definido, natural e histórico local. El objetivo de este proceso es imitar la estructura, la función, la diversidad y la dinámica del ecosistema original” (Society of Ecological Restoration International, 2004). Cuando se realiza la restauración en una condición de cárcava, normalmente se requiere además de los siguientes procesos: la reconstrucción física, el establecimiento de las condiciones hídricas y modificaciones químicas.

Los programas de restauración, permiten de manera específica disminuir la degradación del recurso forestal, aminorar la erosión del suelo, coadyuvar al desarrollo silvícola, energético y agroindustrial, así como preservar el equilibrio ecológico de los ecosistemas (Rincón *et al.*,

1999). Al mismo tiempo, la restauración debe contemplar la combinación de múltiples conocimientos científicos sobre la ecofisiología de las especies vegetales, las características de suelo tradicional y la importancia económica y sociopotencial de las especies nativas empleadas, entre otros, generando así sistemas altamente diversos y similares en cuanto a composición y estructura al original. Es decir, debe ser auto sustentable tanto en términos ecológicos como fitosociales, garantizando así su conservación (Rincón *et al.*, 1999).

En general existen diversos métodos para restaurar zonas tropicales perturbadas, como son: la utilización y el enriquecimiento del banco de semillas, la regeneración vegetal, el uso de islas remanentes con una composición vegetativa significativa y la introducción directa de plántulas de especies nativas (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997; Cervantes *et al.*, 1998; Clarkson y McQueen, 2004). Sin embargo, ésta última, es una de las alternativas más exitosas para la restauración ecológica. Los árboles nativos pueden ser más apropiados que los exóticos debido a que cuentan con una mejor adaptación a las condiciones ambientales locales, hay una buena disponibilidad de semillas en el lugar y la población local está familiarizada con la especie y sus usos (Cervantes *et al.*, 1998). Además, el uso de árboles nativos, ayuda a preservar la diversidad genética y se consigue un mejor balance con la fauna y flora locales (Montagnini, 2001). De acuerdo a Vázquez-Yanes *et al.* (1997), el método de introducción directa de plántulas de especies nativas incluye tres etapas fundamentales:

a) La siembra de semillas. La cual depende de la calidad de las semillas, de la época en que se realice y de la densidad de la siembra. La época de siembra se determina según las características propias de las plantas que se quieran propagar y el clima de la región.

b) El transplante. El objetivo es disminuir la competencia que existe en la siembra, aumentar el espacio vital entre las plantas jóvenes y permitir el desarrollo normal del sistema radicular favoreciendo así el acceso a los nutrientes. El transplante se efectúa rápidamente

después de la germinación y generalmente se usan bolsas de plástico conteniendo suelo de la localidad o algún sustrato inerte con fertilizante. Se debe cuidar la regularidad del riego y procurar que la talla de las plantas producidas sea la adecuada para de esta forma garantizar su establecimiento. Con el objetivo de tener un mejor control en la aparición de plagas y enfermedades, así como para disminuir los riesgos en la producción, es recomendable crecer las plántulas en invernaderos.

c) La introducción de las plántulas al área que se va a restaurar. Esta etapa requiere de plántulas en estado óptimo para resistir las condiciones adversas que se presenten en el campo. Para la SBC la semilla (dependiendo de la especie) se siembra en invernadero, aproximadamente un mes antes de las lluvias, de manera que, al momento de llevarse a cabo la introducción de las plántulas en el campo, éstas encuentren condiciones ambientales de disponibilidad de agua favorables para su establecimiento y desarrollo. (Rincón *et al.*, 1999).

2.3.1 La restauración de cárcavas

Para el manejo o control de la formación de cárcavas, se utilizan técnicas de manejo de suelos como la restauración física y la restauración con vegetación. La restauración física emplea la construcción de estructuras de conservación o de esparcimiento seguro de la escorrentía como terrazas, diques de postes, murete de piedras, murete de sacos así como otras estructuras bioingenieriles, en donde se emplean partes vivas de las plantas (especialmente ramas, fustes, culmos y raíces; Rivera-Posada y Sinisterra-Reyes, 2005; Fig.1).

La vegetación, puede ejercer diferentes papeles en la mitigación de los efectos de la erosión: cobertura vegetal, cordón de vegetación permanente, uso de vegetación de protección o el uso de coberturas muertas “mulch”, entre otras (Igboji, 1992; SEMARNAT, 2005). Se ha observado que la disminución de las tasas de erosión con el aumento de la vegetación es exponencial; por lo tanto la repoblación de cárcavas con especies arbóreas y arbustivas es una

importante medida de control (Bradshaw, 1990; Rivera-Posada, 2005). Los beneficios en la restauración de cárcavas pueden ser numerosos y de amplio rango, pues mejoran al ecosistema (al suelo inicialmente), la estética, así como los valores escénicos y culturales (Clarkson y McQueen, 2004).

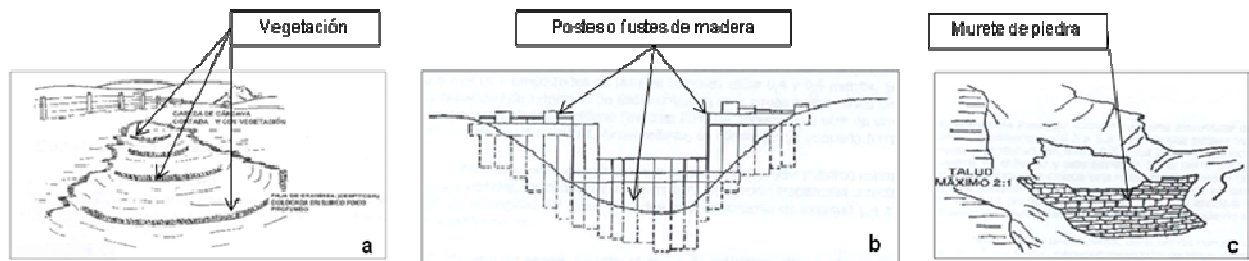


Fig. 1. Tipos de restauración física de cárcavas: **a.** con vegetación en surcos poco profundos a manera de terrazas; **b.** con diques hechos a partir de postes o fustes de madera, **c.** con piedras, formando un murete por apisonamiento (SEMARNAT, 2005).

2.3.2 Características importantes de las especies para la restauración

De acuerdo a Vázquez-Yanes y Batis (1996), las especies utilizadas en la restauración, deben tener, ciertas características tales como: el que sean de fácil germinación, de rápido crecimiento, con una alta sobrevivencia, de alta resistencia a la herbivoría y con un alto valor catalítico para el ecosistema (Parrotta *et al.*, 1997). Además, tener capacidad de mejorar ciertas características del suelo, ser de fácil propagación y ser resistentes a condiciones limitantes como: sequía, suelos compactados y salinidad, entre otros (Vázquez-Yanes y Batis, 1996; Rincón *et al.*, 1999, Montagnini, 2001). Así mismo y de ser posible, las especies deberían resultar beneficiosas para las comunidades humanas aledañas, al presentar una utilidad adicional a su efecto restaurador (Foroughbakhch, 1992; Pinilla y Ceccon, 2008), debido a que la restauración de los ecosistemas forestales a gran escala, requiere una estrecha colaboración entre las instituciones promotoras y la población local de manera integral.

Las nuevas técnicas desarrolladas deben ser económicamente viables y socialmente aceptables para que sean exitosas (Vázquez-Yanes y Batis, 1996). Esto permitirá proporcionar diversos servicios al ambiente, tales como la recuperación de suelos, la conservación del agua, el estímulo a la colonización por otras especies, así como servicios económicos para las comunidades aledañas establecidas en el lugar (Foroughbakhch, 1992; Montagnini, 2001, Pinilla y Ceccon, 2008).

2.3.3 El efecto de la herbivoría sobre las plantas y la restauración

La herbivoría es la interacción planta-animal más frecuente en la naturaleza (Weis y Berenbaum, 1989), además juega un papel importante en la estructuración de la vegetación, pues los herbívoros tienen la habilidad de dar forma a los sistemas naturales al favorecer a una especie vegetal en particular cuando esta no es atacada (Agrawal, 1998). Los herbívoros pueden ser devastadores cuando alcanzan a cruzar las líneas de defensa de la plantas; sin embargo, más allá de ser animales que eliminan plantas por completo o que causan un daño menor como la defoliación completa de las hojas de una planta; la herbivoría, a menudo mantiene el balance de selección natural sobre árboles, arbustos o hierbas que poseen niveles pobres de defensa (Howe y Westley, 1988). La teoría de la defensa de las plantas ha tenido una larga evolución. Dethier (1954) y Fraenkel (1959), notaron que diferentes especies de insectos reaccionan de distintas formas a los químicos tóxicos de las plantas (ej. taninos, alcaloides, terpenoides, entre otros). Más tarde esto se dio a conocer primero por Dethier y después por Ehrlich y Raven (1964), como la teoría clásica de “Coevolución bioquímica” entre la relación insecto-planta (Howe y Westley, 1988).

Tierras severamente degradadas son particularmente vulnerables ya que poseen plántulas tiernas y enriquecidas con nutrientes (Groom *et al.*, 1997). Es decir, algunas especies que son sometidas a cambios de estrés inducido (introducción de plántulas), tienden a ser más palatables a los herbívoros (Bukovinsky *et al.*, 2004). Además, la probabilidad de herbivoría en

una planta puede incrementarse por la cercanía a un individuo atacado (Karban *et al.*, 2003). Algunas estrategias empleadas para escapar del daño, consisten en expandir sus hojas de forma sincrónica y rápida o bien producirlas durante la temporada de secas, cuando los herbívoros escasean (Coley y Barone, 1996). Además, la herbivoría afecta de formas muy diferentes a las plantas; en proyectos de restauración, se ha observado que cada especie puede presentar requerimientos específicos para un establecimiento exitoso y mostrar respuestas específicas de acuerdo a las restricciones del ambiente biológico y físico (factores bióticos y abióticos) en el que se encuentren (Benítez-Malvido *et al.*, 2005; Medinaceli *et al.*, 2004; Parsons *et al.*, 2007). Por esta razón, es importante considerar las características de las especies a ser usadas en proyectos de restauración.

2.3.4 Restauración ecológica en el estado de Morelos

Actualmente existen muy pocos proyectos de restauración ecológica en el estado de Morelos. Una de las iniciativas más conocidas y de las primeras realizadas en Morelos, fue la creación de la Estación de Restauración Ambiental Barrancas del Río Tembembe (ERABRT), el 28 de Julio del 2003 (García-Barrios *et al.*, 2005; Ceccon *et al.*, 2008).

Vázquez-Perales *et al.* (2005), realizó un trabajo de restauración productiva con funciones bioenergéticas, utilizando sistemas agroforestales en el poblado de Cuentepec, Morelos. El principal objetivo del proyecto fue el de desarrollar un sistema de producción sustentable en asociación con los campesinos del mismo poblado, mejorando las condiciones ambientales y generando de manera paralela la producción de alimentos e ingresos para los campesinos. Por lo que realizó una producción simultánea de *Acacia cochliacantha* y maíz en combinación con la aplicación de distintos tratamientos de fertilización biológica (inoculación bacteriana) y química. El autor concluye, que la sobrevivencia de *A. cochliacantha* es independiente del tratamiento (fertilización química o biológica) y que, considerando, las condiciones del sitio de estudio, la asociación de *A. cochliacantha* con maíz (fertilizado

químicamente), es el sistema más productivo. Estos resultados, hacen evidente el hecho de que la producción agroforestal, conduce hacia una mejor sobrevivencia de las acacias en comparación con los sistemas de monocultivo.

Galindo-Escamilla (2006), evaluó la problemática en el establecimiento de seis especies nativas para la recuperación de un sitio perturbado en las barrancas del Tembembe, y encontró que las condiciones para el establecimiento de plantas en las áreas planas son bastante desfavorables, ya que en la época de lluvias existe un anegamiento del suelo (generando condiciones de anoxia) y las poblaciones de bacterias y hongos micorrízicos se ven reducidas drásticamente. Además, la sobrevivencia inicial de las especies introducidas fue muy reducida. La autora, concluye que las tareas en los sitios planos, deben encaminarse a mejorar la estructura, drenaje y actividad biológica, antes de emplear técnicas biológicas como la introducción de plantas.

Camacho-Rico *et al.* (2006), analizó la estructura y la composición de la vegetación ribereña de la porción media-alta del río Tembembe, Morelos. Su principal objetivo fue contribuir con información que sirviera de base para futuros diseños de programas de restauración para la vegetación ribereña del río Tembembe, además de brindar información referente a las especies nativas dominantes y su distribución espacial a lo largo del gradiente altitudinal, lo que permita distinguir las comunidades con un relativo buen estado de conservación de aquéllas que presentan un fuerte impacto antropogénico.

Ceccon y Hernández (2009) evaluaron el efecto del aislamiento de la perturbación (técnica de restauración conocida como regeneración natural) en la zona arqueológica de Xochicalco, sobre la dinámica de la lluvia de semillas de las especies arbóreas. Finalmente han concluido que este aislamiento de la perturbación después de 13 años, no ha modificado las características más importantes de la lluvia de semillas.

Sánchez (2010) realizó un trabajo sobre la producción de hojarasca y descomposición de materia orgánica de cuatro especies arbóreas de selva baja caducifolia potenciales para la restauración, en una plantación de Zacatepec, Morelos; con la idea de saber cuál podría ser la mejor especie para su uso en la restauración ecológica. Y concluye que se recomienda restaurar con todas las especies, ya que esto genera una mayor riqueza vegetal; pues diferentes especies son capaces de adquirir nutrientes de distintas porciones de la fuente de nutrientes, ya sea en espacio o en tiempo debido a la estacionalidad y requerimientos propios de cada especie.

Fehling-Fraser (2010), evaluó el efecto de la aplicación del regulador de crecimiento ácido indolbutírico (AIB), y la adición de un fertilizante fosfatado de liberación lenta al sustrato, en la propagación vegetativa de *Erythrina americana* bajo condiciones de invernadero, con la finalidad de generar información útil sobre los métodos necesarios para contribuir a aumentar la efectividad de los proyectos de restauración de bosques tropicales y templados degradados, con ésta especie. La autora concluye que, la capacidad de esta especie para reproducirse por esquejes, es independiente de la aplicación exógena de hormonas de crecimiento; que el efecto de la aplicación de fertilizante fosfatado de liberación lenta sobre la producción de raíces, es relevante, ya que las especies de los BTES necesitan de una mayor biomasa radicular en el periodo de implantación para soportar el periodo de sequía, y sobre todo en áreas de restauración, donde normalmente los suelos presentan bajas concentraciones de nutrientes; y que para la propagación por esquejes, el tiempo resulta ser una variable determinante, por lo que es conveniente mantener los esquejes hasta 4 meses en invernadero antes de implantarlos en campo al inicio del periodo de lluvias.

III. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar cuáles especies nativas son las más aptas para la restauración ecológica en función de su crecimiento inicial y su susceptibilidad a la herbivoría en un área degradada de la Estación de Restauración Ambiental Barrancas del Río Tembembe (ERABRT), en Morelos.

Objetivos particulares

- a) Evaluar y comparar el crecimiento de las plántulas, en términos de: longitud, área de copa, diámetro de tallo y tasas de sobrevivencia.
- b) Evaluar y comparar las tasas de crecimiento relativo (TCRs) de las especies en términos de longitud, así como en diámetro de tallo.
- c) Correlacionar y comparar la altura inicial de las ocho especies utilizadas con su tasa de sobrevivencia final.
- d) Evaluar y comparar los porcentajes de herbivoría entre las diferentes especies y correlacionar el promedio de la sobrevivencia de las especies con su nivel de herbivoría.

IV. HIPÓTESIS

Las especies nativas plantadas en suelos degradados, presentarán comportamientos distintos en términos de crecimiento inicial y sobrevivencia, lo que generará distintos criterios para la toma de decisiones en la selección de especies y su uso en la restauración de la SBC de Morelos.

V. METODOLOGÍA

5.1 Descripción del sitio de estudio

El trabajo se realizó en una parcela localizada dentro de la ERABRT, Morelos (Fig. 2). El área total abarcada por la parcela fue de 205 m², y se ubicó a los 18°54'53,75" norte y a los 99°20'27,10" oeste, a una altitud de 1669 msnm; con una pendiente del 84%. El experimento fue establecido en la primera terraza de una cárcava, a la cuál se le realizó un estudio topográfico y recibió medidas físicas de contención (murete de piedra, Foto1, Fig. 3).

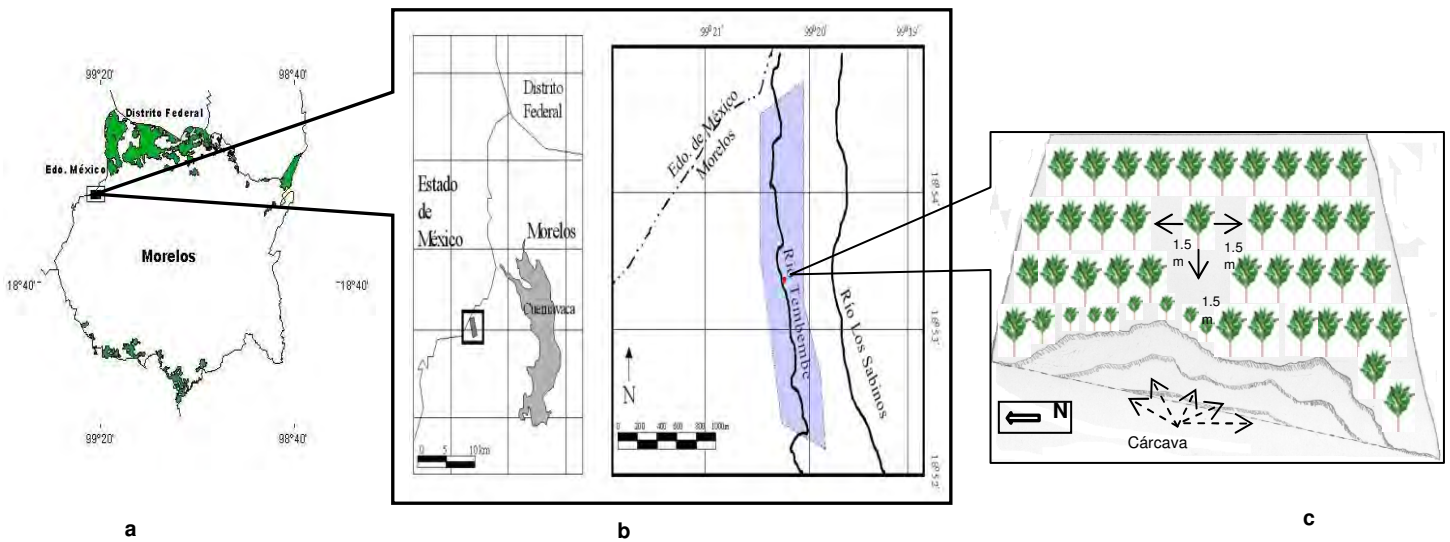


Fig. 2. Mapa de ubicación del sitio de estudio; (c) parcela con un área total de 205 m² establecida en la primera terraza de una cárcava en la (b) estación de restauración ambiental barrancas del río Tembembe (ERABRT), al noroeste de (a) Morelos.

El clima del área de estudio es semicálido, con una temperatura media entre los 21 y 24 °C (INEGI, 2000; CONAGUA, 2007). Presenta una precipitación pluvial de 1000-1200 mm anuales, en un periodo de lluvias marcadamente estacional que va del mes junio a octubre. Los vientos dominantes son del noreste hacia el suroeste (Gobierno del Estado de Morelos, 2004;

CONAGUA, 2007). El suelo del área experimental tiene una profundidad de hasta 23 cm, es de tipo arcillo-limoso con una coloración rojiza-amarillo. Presenta motas comunes (2-20%) en bandas finas y una estructura subangular y angular media de grado fuerte que rompe a subangular y angular fina. La estabilidad de agregados es alta en húmedo pero muy baja en seco (Galindo-Escamilla, 2006). En un 59% de la cuenca, la erosión es moderada (de 30 a 40 ton/ha/año), aunque hay zonas donde se ha registrado una tasa de erosión de hasta 80 ton ha⁻¹ (Gómez-Garzón, 2002). La vegetación predominante es selva baja caducifolia, destacando entre otros árboles: *Leucaena leucocephala*, *Ipomoea wolcottiana*, *Guazuma ulmifolia*, varias especies de *Acacia* (*A. farnesiana*, *A. pennatula*, *A. cochliacantha*, entre otras), *Pileus mexicana*, *Lysiloma acapulcensis*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Pithecellobium dulce* y *Ceiba parviflora* (Aguilar, 1998).

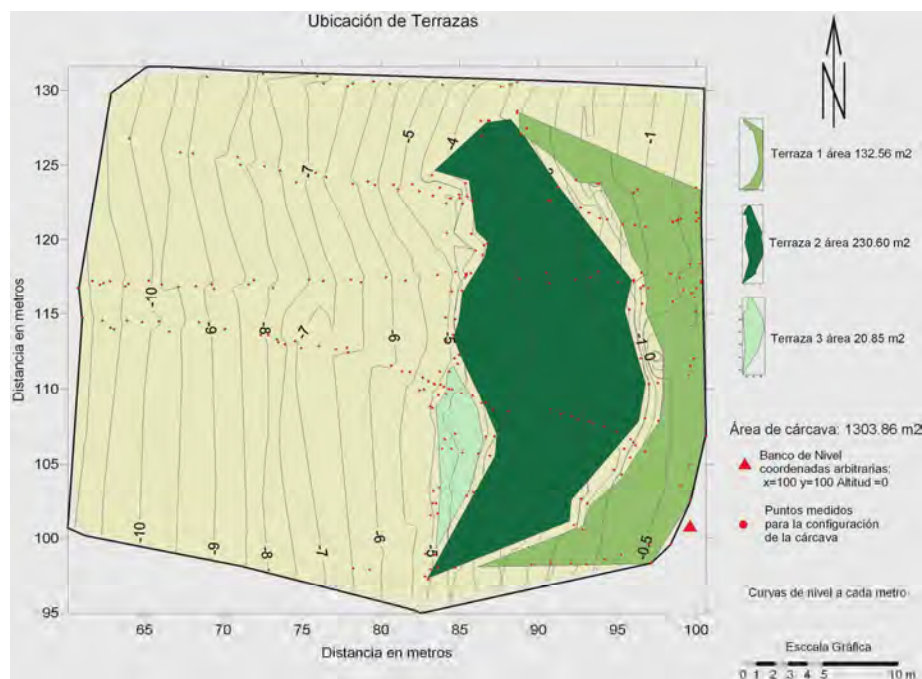


Fig. 3. Análisis topográfico de la cárcava, el área sombreada con verde claro, corresponde a la primera terraza de la cárcava donde se ubicó el experimento.

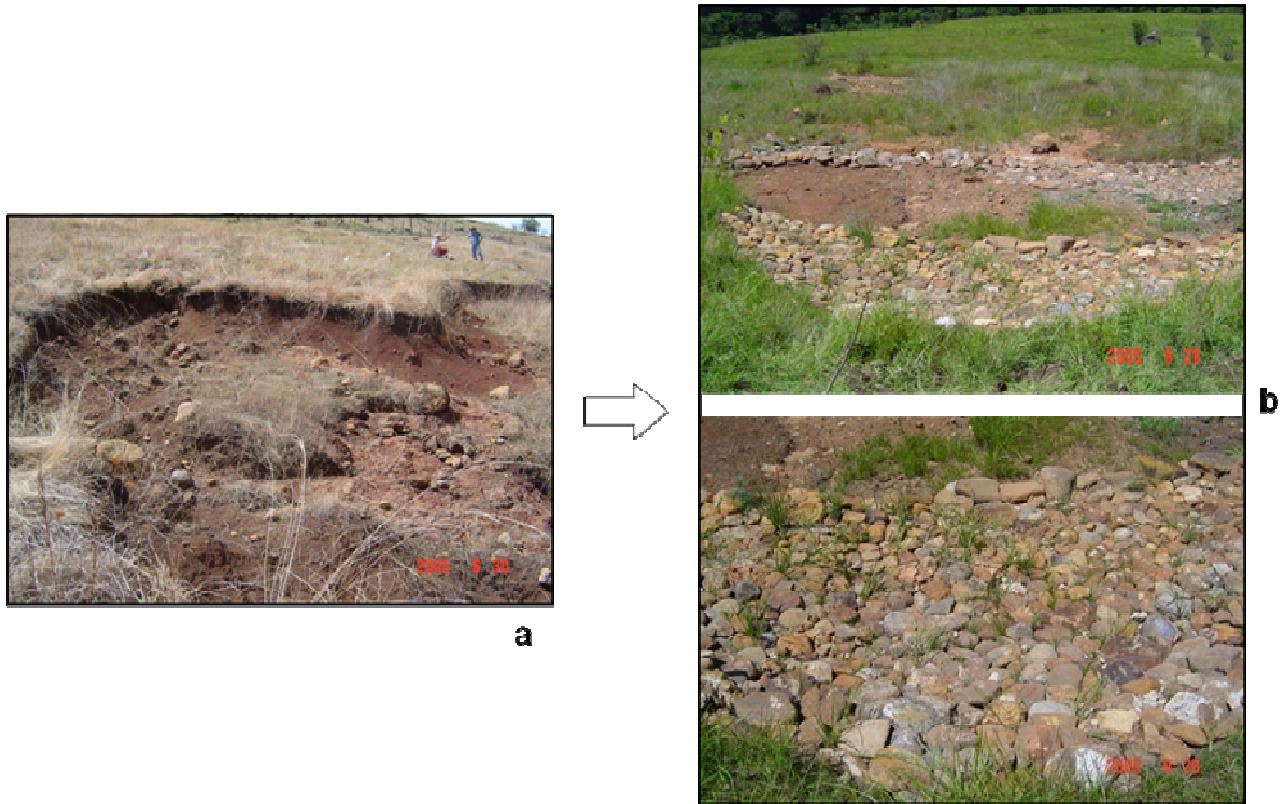


Foto 1. **a.** Cárcava donde se ubicó el experimento. **b.** cárcava tras haber recibido una medida física de contención (murete de piedras) previa a la introducción de las plántulas.

5.2 Descripción de las especies seleccionadas

Los principales criterios utilizados para la selección de las especies fueron: especies nativas, de rápido crecimiento, con un alto potencial para el mejoramiento del suelo; así como, su uso tradicional y su potencial para atraer fauna (Lugo *et al.*, 1990; Sabogal, 1992; Huante *et al.*, 1992; Baskin y Baskin, 1998; Cervantes *et al.*, 1998; CONABIO, 2007). Seis de las especies seleccionadas para este trabajo pertenecen a la familia *Fabaceae*: *Pithecellobium dulce*, *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Leucaena leucocephala*, *Erythrina coralloides* y *Lysiloma divaricata* (de las cuáles, las cuatro primeras, se encuentran dentro de la vegetación predominante de la SBC; Aguilar, 1998). *Ipomoea murucoides* y *Dodonea viscosa*, corresponden a las familias *Convolvulaceae* y *Sapindaceae* respectivamente (Tropicos, 2008).

5.2.1 Familia *Fabaceae*

Las fabáceas o leguminosas, se encuentran representadas en diversas regiones del globo terrestre por mas de 670 géneros (Sprent, 2001) y por alrededor de 19,000 especies, tanto de climas tropicales como templados (Allen y Allen, 1981). Son la tercera familia más numerosa de plantas con flores, después de las *Compositae* (1509 géneros) y *Orchidaceae* (835 géneros). Aunque la familia se extiende en todos los hábitats terrestres, desde el ecuador a los bordes fríos y secos, muchos de sus centros de diversidad se localizan en áreas de topografía variada y climas estacionales y dentro de esta familia, se encuentran la mayoría de las 648 especies de árboles y arbustos confirmados como fijadores de nitrógeno debido a su nodulación radicular (Brewbaker *et al.*, 1990). Las especies fijadoras de N, comúnmente mantienen una simbiosis con bacterias, pertenecientes a los géneros *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (Michel *et al.*, 2004), las cuáles son capaces de convertir el N₂ atmosférico en formas asimilables para las plantas (NH₄⁺, Mayea *et al.*, 1998); es a esta asociación a la que se le atribuye el éxito ecológico de estas plantas. Al respecto, Burdman *et al.* (1998), plantean que entre los distintos sistemas biológicos que son capaces de fijar N₂ atmosférico, la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa contribuye con la mayor cantidad de nitrógeno al ecosistema. Lo que reduce la acumulación de N inorgánico en suelos desnudos, e incrementa el suministro de N (cerca de 50 kg ha⁻¹ a⁻¹) disponible al suelo (Vitousek y Hooper, 1998); mejorando las condiciones del suelo para el crecimiento de especies no fijadoras (Binkley y Giardina, 1998), aportando un efecto significativo sobre la disponibilidad de P por la demanda de este nutriente (Vitousek y Howarth, 1991) y facilitando la toma de otros recursos del suelo (Binkley y Giardina, 1998); lo que les atribuye la propiedad de especies catalizadoras (Parrotta *et al.*, 1997), a todas aquellas pertenecientes a esta familia. Las especies seleccionadas para este trabajo fueron las siguientes:

5.2.2 *Pithecellobium dulce* (Benth); Fam. Fabaceae, es conocido comúnmente en Morelos como *Guamúchil* o *Huamuchil*; tiene una amplia distribución en Latinoamérica y en otras áreas del África tropical (CONABIO, 2007) y en la SBC del estado de Morelos (Monroy-Ortiz y Monroy, 2004). Puede ser un árbol o arbusto, espinoso, perennifolio y puede llegar a medir de 15 a 20 m de altura; con un diámetro de hasta 1 m; desarrolla una copa muy frondosa y posee hojas dispuestas en espiral y bipinnadas; Muda las hojas viejas al salir las nuevas. Los renuevos son de color rojizo. Flores blanco-cremosas o verdes; inflorescencias axilares de 5 a 30 cm de largo; los frutos son vainas delgadas dehiscentes de hasta 20 cm largo por 10 a 15 mm de ancho, enroscadas, rojizas o rosadas, constreñidas entre las semillas; la floración ocurre de noviembre a marzo (CONABIO, 2007).

Usos: Entre sus usos tradicionales, se encuentran los maderables, como combustible, medicinales, comestibles y para la construcción de viviendas, forrajero (Krisnamurthy y Ávila, 1999; Carranza-Montaña *et al.*, 2003; Kahindi *et al.*, 2007), aromatizante, colorante, cosmético (manufactura de jabones) y como cerca viva (Pérez-Negron y Casas, 2007).

Características para la restauración: *P. dulce*, es una especie competitiva y fijadora de N; es un árbol de rápido crecimiento, con un cierre de dosel rápido y con una buena producción de hojarasca. Especies con un buen desarrollo del área de copa inicial son sumamente importantes, puesto que pueden suprimir rápidamente los pastos además de aportar un mantillo rico en materia orgánica, lo que sirve como cubierta de protección contra la erosión (Cervantes *et al.*, 1998; Krisnamurthy y Ávila, 1999; CONABIO, 2007). Su hojarasca una vez descompuesta libera N, P, K Ca y Mg lo que proporciona mejores condiciones para una mayor sobrevivencia (Dawson, 1986; Baker, 1990; Ceccon, 2003; Ceccon, *et al.* 2004), regeneración y crecimiento de las plántulas de otras especies (Ceccon *et al.* 2004). Esta especie, también presenta altos valores en el contenido de proteína cruda (30%) en sus hojas, lo que proporciona alternativas sustentables de forraje para la ganadería (Monroy y Colín,

2004; Kahindi *et al.*, 2007). Ayuda a romper o disminuir la compactación del suelo (Cheung *et al.*, 2000) y aporta nutrientes e incrementa la fertilidad del mismo (Vazquez-Yanes *et al.*, 1990). Además, tiene como ventaja que la fertilidad del suelo no afecta su crecimiento inicial y sobrevivencia por lo que puede ser usada en la restauración de tierras abandonadas (Cervantes *et al.*, 1998) con suelos salinos, arcillosos, someros, pobres o desnudos. Puede soportar el crecer en suelos inundados con agua dulce y salada (Parrotta, 1991). *P. dulce*, es una especie catalizadora, ya que puede facilitar el establecimiento y desarrollo de otras especies a través de una sustancial mejora en las condiciones de suelo, lo que ayuda a la regeneración de otras especies.

5.2.3 *Acacia farnesiana* (L.) Willd.; Fam. Fabaceae, es conocida comúnmente en México como *Huizache*; tiene una amplia distribución en todo el mundo; es un arbusto o árbol pequeño caducifolio de 1 a 2 m de altura en su forma arbustiva y de 3 a 10 m en su forma arbórea, con un diámetro a la altura del pecho que alcanza hasta 40 cm y muy ramificado desde la base; se caracteriza por tener una copa esparcida redondeada y densa, con ramas espinosas y flores fragantes; sus hojas son plumosas, alternas, con frecuencia aglomeradas en las axilas de cada par de espinas, bipinnadas, de 2 a 8 cm de largo, incluyendo el peciolo, con 2 a 7 pares de folíolos primarios opuestos y 10 a 25 pares de folíolos secundarios; flores dispuestas en cabezuelas de color amarillo en grupos de 2 o 3, muy perfumadas; con un amplio crecimiento radicular predominantemente vertical (Dorado, 1983; CONABIO, 2007).

Usos: es una especie útil como barrera rompevientos, en la reforestación de tierras degradadas y áreas de pastizales degradados (Von Carlowitz *et al.*, 1991; Martínez-Romero *et al.*, 1991). Se usa también de manera extensa como combustible, para la construcción, en la elaboración de cercas vivas y como forraje para el ganado vacuno y caprino (Russo y Botero, 1996; Carranza-Montaña *et al.*, 2003), especialmente durante el invierno (Foroughbakhch, 1992; CONABIO, 2007); también se utiliza en la curtiduría de pieles y en fabricación de tinta;

sus flores contienen un pigmento que en algunos lugares se usa para teñir telas de seda y papel, así como para fabricar perfumes. En la medicina el exudado se usa como antiséptico oftálmico y como remedio para las hemorragias vaginales. La infusión elaborada con la flor se utiliza para la dispepsia, disentería, inflamaciones de la piel y de la membrana mucosa (Von Carlowitz *et al.*, 1991; CATIE, 1999; Rico-Arce, 2001)

Características para la restauración: *A. farnesiana*, puede crecer sobre una gran variedad de suelos (desde arcillas pesadas hasta arenas) aunque logra su mejor crecimiento sobre suelos bien drenados (Pennington y Sarukhan, 1998). Además, previene la erosión y la escorrentía, mejorando la infiltración del agua y la estructura del suelo a través de su profundo sistema radicular, el cuál puede tomar los nutrientes y el agua de subsuelo (Herrera-Arreola, 2007). Esta especie se considera resistente al fuego y es muy común en SBC en áreas de pastos abandonados. Además, es una especie zoocórica, por lo que es atractora de otros animales que favorecen su dispersión (Ceccon y Hernández, 2009). Otra gran ventaja, es que tiene un gran potencial para incrementar la materia orgánica y la fertilidad del suelo debido a su asociación simbiótica con bacterias fijadoras de N (Parrotta *et al.*, 1997, Russo y Botero, 1996; Herrera-Arreola *et al.*, 2007; Ceccon com. pers.), lo que le confiere propiedades catalíticas, ya que favorece el desarrollo de otras especies a través de la adición de nutrientes al suelo principalmente nitrógeno (Parrotta *et al.*, 1997).

5.2.4 *Lysiloma divaricata* (Jacq.) J.F. Macbr.; Fam. Fabaceae, conocida comúnmente en México como *Tlahuitole* o *Tepemezquite*; se distribuye desde Baja California y Sonora hasta Veracruz y Oaxaca, incluyendo Guerrero y extendiéndose hasta Costa Rica. En altitudes que varían desde los 1250 a los 1600 msnm, con un clima de tipo cálido y semicálido y con un periodo de lluvias bien definido, mayo – octubre; es un árbol de hasta 10 m de altura con un diámetro hasta de 15 cm y con ramificación a baja altura; posee hojas compuestas por

foliolos de color verde oscuro, dispuestas en espiral; con flores blancas dispuestas en cabezuelas, axilares.

Usos: Dentro de los usos tradicionales de *L. divaricata* están los maderables (es ampliamente utilizada en la construcción de viviendas rurales y herramientas), combustibles (buena madera para leña), y forrajero (Herrera *et al.*, 1995; Cervantes-Gutiérrez *et al.*, 2001)

Características para la restauración: *L. divaricata* suele establecerse en laderas con pendientes abruptas, lechos de ríos, arroyos temporales y en áreas con SBC; también puede encontrarse como vegetación residual en terrenos agrícolas. Otro aspecto importante de esta especie es que pertenece a la familia de las Fabaceas, conocidas por aumentar la cantidad de N en los suelos puesto que forman una simbiosis con la bacteria *Rizhobium* (Toledo com. pers.). Por lo tanto, esta especie posee un alto valor catalítico ya que al mejorar las condiciones del suelo propicia la regeneración de otras especies a su alrededor (Parrotta *et al.*, 1997). Esta especie puede mantener la viabilidad de sus semillas en un 70% después de 2 años de almacenaje en un ambiente sin control de temperatura y humedad, lo que puede facilitar las actividades de implantación en pequeñas propiedades en zonas rurales, ya que sus semillas pueden ser almacenadas por largo tiempo (Cervantes com. pers.).

5.2.5 *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.); Fam. Fabaceae, es conocida en México como *Guizache tepamo o cubata blanca* (Guerrero); Tiene una distribución bastante amplia, se registra para Veracruz, San Luis Potosí, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas; se establece en áreas de SBC, y zonas de transición con bosque de encino en altitudes que varían de 700 a 2000 msnm. Es un árbol o arbusto decíduo, pequeño y espinoso, de hasta 3 m de altura y una copa que se extiende ampliamente; las hojas se encuentran dispuestas en espiral y son bipinnadas con numerosos foliolos; las flores se agrupan en cabezuelas fragantes, amarillas o naranjas.

Usos: Se usa tradicionalmente como madera para postes y construcciones rurales y como leña, pues la madera arde lentamente, con poco humo, y produce buenas brasas; también se emplea como forraje (las vainas son nutritivas y palatables para los animales y pueden usarse para engordar el ganado); también puede ser usada como remedio para la indigestión (Purata *et al.*, 1999; Cervantes-Gutiérrez *et al.*, 2001).

Características para la restauración: *A. pennatula* se establece en laderas con pendientes moderadas y abruptas, sobre suelos someros; Se ha usado para controlar la erosión debido a su sistema radical que se extiende ampliamente, y para mejorar la fertilidad del suelo a través de la fijación de N, por lo que tiene un efecto catalizador (Parrotta *et al.*, 1997) sobre otras especies. Es posible usarla en cortinas rompevientos, o asociada con cultivos (Berrendt *et al.*, 1968; Wotowiec y Martínez, 1984).

5.2.6 *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.; Fam. Fabaceae, es comúnmente conocida como *Guaje*; es una especie de amplia distribución en las regiones tropicales y subtropicales del país. Distribuida en la vertiente del Golfo, desde Tamaulipas hasta Yucatán y Quintana Roo y en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas. Forma parte de la selva baja caducifolia y subcaducifolia (CONABIO, 2007). Puede ser un árbol o arbusto semicaducifolio, que va desde los 3 a 6 m (hasta 12 m) de altura y es de rápido crecimiento; tiene una copa redondeada, ligeramente abierta y rala; con hojas alternas, bipinnadas, de 9 a 25 cm de largo, de color verde grisáceas y glabras; sus flores son blancas o cremas, de 1.2 a 2.5 cm de diámetro que aparecen en ramitas terminal o lateralmente (Parrotta, 1992; CONABIO, 2007); con una raíz profunda y extendida.

Usos: Ha sido empleada extensivamente a través de los trópicos en plantaciones y sistemas agroforestales (Vietmeyer, 1980; Parrotta, 1999). Dentro de sus usos tradicionales, se emplea como combustible, para la construcción, como comestible (Perez-Negron y Casas, 2007), artesanal, medicinal y como forraje para el ganado (Vietmeyer, 1980; Parrotta, 1992).

Características para la restauración: *L. leucocephala*, es común en todo tipo de suelos, pero crece mejor en suelos fértiles y bien drenados (Hutton, 1995; Shelton y Brewbaker, 1984). Es una especie útil para la restauración de suelos erosionados por su raíz pivotante bien desarrollada y profunda (Parrotta, 1992); resistente a podas y ramoneo; esta especie, se adapta a condiciones limitantes y es altamente competitiva en condiciones de estrés (Habte y Manjunath, 1987; Parrotta, 1999) y tolerante a la sequía, y a la contaminación severa del aire (Parrotta, 1992). Vietmeyer (1980), encontró variedades de *Leucaena* en las Filipinas y Hawaii (con una precipitación anual promedio superior a los 2,500 mm; Austin, 2002) que pueden crecer más de 3 m en seis meses y más de 15 m en dos años. Es una especie productora de materia orgánica con altos contenidos de N (Habte y Manjunath, 1987); tiene la capacidad de formar follaje fácilmente, por lo que esta planta produce un excelente abono verde (mantillo); Sus hojas tienen un alto contenido de nitrógeno (4.3% peso seco). Se pueden llegar a cosechar hasta 50 toneladas/ha de hojas y vainas verdes; La hojarasca presenta una rápida descomposición. Ha sido empleada extensivamente a través de los trópicos en plantaciones y sistemas agroforestales (Parrotta, 1992), pues además es una especie fijadora de N; de manera que ayuda en el control de la erosión, la estabilización de suelos (CONABIO, 2007) y al establecimiento de otras especies; por lo que posee la propiedad de ser una especie catalizadora (Parrotta, *et al.*, 1997).

5.2.7 *Erythrina coralloides* DC.; Fam. Fabaceae, es conocida comúnmente como *Zompantle* o *Colorín*; es una especie nativa de México, con distribución en Norteamérica. Sus poblaciones se distribuyen principalmente en los bosques tropicales caducifolios (y en vegetación secundaria) y subcaducifolios; en los bosques de encino, la sabana secundaria (palmar), y en asociaciones vegetales derivadas de éstas. En Morelos se encuentra dentro de las dos áreas naturales protegidas: el corredor biológico Chichinautzin y la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (Contreras y Urbina, 1995; Bonilla y Villaseñor, 2003; Dorado y

Maldonado, 2005; Monroy y Castillo, 2007). Su apariencia es la de un árbol pequeño caducifolio de rápido crecimiento, ya que alcanza una altura de 7 a 10 m en aproximadamente dos años; presenta una corteza amarillo-verdosa a grisácea cubierta de espinas. Las hojas se componen de tres folíolos de color verde pálido. Produce flores rojas y alargadas dispuestas en racimos cortos y densos en las puntas de las ramas (Sánchez, 1969; McVaugh, 1987).

Usos: Dentro de sus usos tradicionales, se encuentran los maderables, artesanales, para la construcción de cercas vivas y usos de tipo místico-religiosos en varias regiones del país (Argueta *et al.*, 1994); También tiene usos en la medicina tradicional mexicana, donde se emplean las diferentes partes de la planta como: antídoto, narcótico, laxante, diurético, expectorante, antiinflamatorio, somnífero, antiasmático, antimalárico, además de ser utilizado contra la corea (como sustituto del curaré) y la dermatosis (Martínez, 1969; Argueta *et al.*, 1994; García *et al.*, 2001). Esta especie, también presenta propiedades forrajeras, ya que sus hojas contienen altos valores nutricionales y es un árbol que aguanta las podas repetidas. Por otro lado, esta especie también posee usos de tipo comestible; en México, sus flores son muy apreciadas en la preparación de diversos platillos tradicionales, por su sabor y su contenido proteínico (Lozoya y Lozoya, 1982), a las cuales se le atribuye un efecto tranquilizante y sedante. Esto se debe a la presencia de los alcaloides en todas las partes de la flor, pero en mayor concentración se ubican en el cáliz, por lo que tradicionalmente sólo se consume la corola (Sánchez *et al.*, 2001).

Características para la restauración: Son escasos los estudios del género *Erythrina*, sin embargo, posee especies potencialmente valiosas para la restauración ecológica; El género, comprende especies pioneras, adaptadas a lugares con regímenes lluviosos extremos, con elevada tolerancia a los suelos áridos, poco oxigenados e infértiles (Torres *et al.*, 2008). Además, se han identificado numerosos metabolitos secundarios de tipo fenólicos y alcaloides (García-Mateos *et al.*, 1999) que exhiben distintas propiedades medicinales y pueden servir

como fungicidas (San Miguel-Chávez *et al.*, 2007); lo que le da una ventaja a esta especie contra el ataque de algún hongo patógeno durante su establecimiento; la morfología y la composición del néctar de sus exuberantes flores reflejan los mecanismos adaptativos que han sufrido en relación a sus polinizadores, las aves de la familia *Trochilidae* (Neill, 1988). Al respecto, su floración durante la época seca, provee de una fuente de agua para aves y ardillas, y los nectarios extraflorales pueden atraer especies de hormigas, cuya presencia en las hojas aleja a los parásitos; lo que la convierte en una especie atractora (Blakesley *et al.*, 2002); facilitando la dispersión de sus semillas o bien la de otras que se encuentren a su alrededor (Efecto catalizador; Parrotta *et al.*, 1997). Esta especie también pueden albergar numerosas especies simbiotes tales como plantas epífitas y bacterias de la familia *Rhizobiaceae*; por lo que además, esta especie tiene la capacidad de fijar N.

5.2.8 *Ipomoea murucoides* (Roem. & Schult); Fam. Convolvulaceae, es conocida en el estado de Morelos con el nombre común de *Cazahuate* (I. Toledo, com. pers.). El género *Ipomoea*, tiene un distribución amplia y heterogénea en la mayoría de los continentes, sin embargo, es mas abundante en climas tropicales, hacia el hemisferio norte (McDonald, 1991) y con mayor presencia en el continente americano, con aproximadamente 500 especies de las 700 que existen a nivel mundial (Austin y Huáman, 1996). *I. murucoides* es un árbol que crece entre 3 y 13 metros de altura (McPherson, 1981; McDonald, 1992); con un tronco que alcanza los 40 cm de diámetro; su tallo produce un látex de color blanco; poseen hojas completas, largas y ovaladas o bien ovalo-lanceoladas (McPherson, 1981). Sus inflorescencias son de tipo terminal o axilar y cada racimo está reducido a 1 o 2 flores de color blanco con coloraciones rojas o moradas hacia el interior. Florece y tiene frutos durante la temporada de secas, entre octubre y abril. Se distribuye a elevaciones que van desde los 600 a los 2400 m (McPherson, 1981). Esta especie, posee nectarios extra-florales (glándulas secretoras de néctar), las cuáles poseen la función de ser una defensa hacia los ataques de insectos herbívoros, estableciendo

además, un mutualismo entre la planta y sus insectos predadores (generalmente, hormigas, avispas solitarias, escarabajos, moscas, entre otros); (Keeler y Kaul, 1984, McDonald, 1991).

Usos: Argueta-Villamar *et al.* (1994), reporta diversos usos medicinales indicados principalmente para problemas de la piel, como la caída del pelo (Edo. Méx. y Morelos) y salpullido (Michoacán). También es utilizada como remedio contra el dolor e inflamación por golpes y reumas; para su tratamiento, se realiza el cocimiento de la flor, hoja tallo y corteza y se administra de forma externa. En caso de picadura de alacrán, la administración es oral. Para problemas de parálisis, se hierven las hojas y se echan al baño bien caliente. *I. murucoides*, también posee otras propiedades medicinales contra el dolor de muelas, tos, inflamación del vientre, y pies, anti-estrés y diurético.

Características para la restauración: *I. murucoides* es una especie común de tierras secas, pastizales abandonados y suelos degradados (McPherson, 1981). Durante la temporada de secas, es probablemente la principal fuente de alimento de los murciélagos; y también es considerablemente visitada por escarabajos y abejas durante el día (Álvarez y González, 1970; McDonald, 1991), los cuáles, junto con las aves, forman parte de los principales dispersores y polinizadores de las especies de SBC (Greenberg *et al.*, 1997). Al ser una especie atractora, en especial de aves y murciélagos, es de esencial importancia, pues son los principales dispersores de semillas en regiones tropicales y pueden ayudar a aumentar la regeneración de otras especies a su alrededor (Parrotta *et al.*, 1997); por esta razón, esta especie es considerada como catalizadora, lo que la hace una excelente candidata para ser utilizada en proyectos de restauración.

5.2.9 ***Dodonea viscosa* (L.) Jacq.; Fam. Sapindaceae**, es conocida en México y en el estado de Morelos como *Chapulixtle*; con una distribución que va desde el sur de Estados Unidos hasta el sur de Sudamérica (CONABIO, 2007); en México se distribuye principalmente

en los estados de Durango, Jalisco, Michoacán y Oaxaca (Espejo-Serna, 2006). Es un arbusto que mide de 1 a 5 m de altura, perenifolio, muy resinoso y pegajoso (con ramas de color castaño oscuro y posee hojas simples, alternas y de forma lineal o bien oblongo-lanceolar, de color verde amarillento; con flores de color amarillo (INE, 2005; CONABIO 2007). Se le encuentra frecuentemente en SBC y subcaducifolia, matorral xerófilo y pastizales (Argueta-Villamar *et al.*, 1994).

Usos: entre sus usos tradicionales, se le atribuyen, medicinales (Espejo-Serna, 2006), combustibles (Vázquez-Perales *et al.*, 2005), en la manufactura de insumos para herramientas y como tutor para cultivos hortícolas.

Características para la restauración: *D. viscosa*, es una especie muy común sobre terrenos degradados (CONABIO, 2007); se le encuentra principalmente en los bordes de arroyos, en zonas de disturbio y lugares en transición; además es altamente resistente al fuego, sobre todo en el trópico seco (Rzedowski y Rzedowski, 2001; CONABIO, 2007); se recomienda, como cortina rompevientos, en el control de la erosión y como restauradora de suelos (Von Carlowitz *et al.*, 1991); ya que es capaz de crecer en suelos muy erosionados y con fuertes pendientes (Camacho *et al.*, 1992; CONABIO, 2007). En un estudio realizado por Khan (1974), se encontró que el crecimiento de *D. viscosa* bajo condiciones naturales, desarrolla micorrizas (especie fijadora de N), lo que favorece el crecimiento de las plantas y mejora las condiciones del suelo (efecto catalizador; Parrotta *et al.*, 1997); sin embargo, el número de micorrizas presente, variará bajo diferentes condiciones ambientales.

5.3 Diseño experimental

De julio 2005 a noviembre 2006 se realizó un estudio con ocho especies nativas de la SBC de Morelos, las cuáles fueron seleccionadas con base en diversos criterios de restauración ecológica. Para cada una de las ocho especies seleccionadas, se introdujeron 30 plántulas (240 plántulas totales). Éstas fueron plantadas bajo un diseño completamente aleatorio con un espaciamiento de 1.5 x 1.5 m. La toma de los datos se hizo siguiendo un mismo patrón de lectura durante los 17 meses que duró el experimento.

Esquema metodológico. En el siguiente diagrama se aprecia de forma resumida la metodología seguida en el presente trabajo de investigación. El trabajo de gabinete, la delimitación y el marcado del terreno, así como el traslado y la introducción de las plántulas, se realizó en las primeras dos semanas de junio (2005), antes del inicio de la temporada de lluvias (Fig. 4).

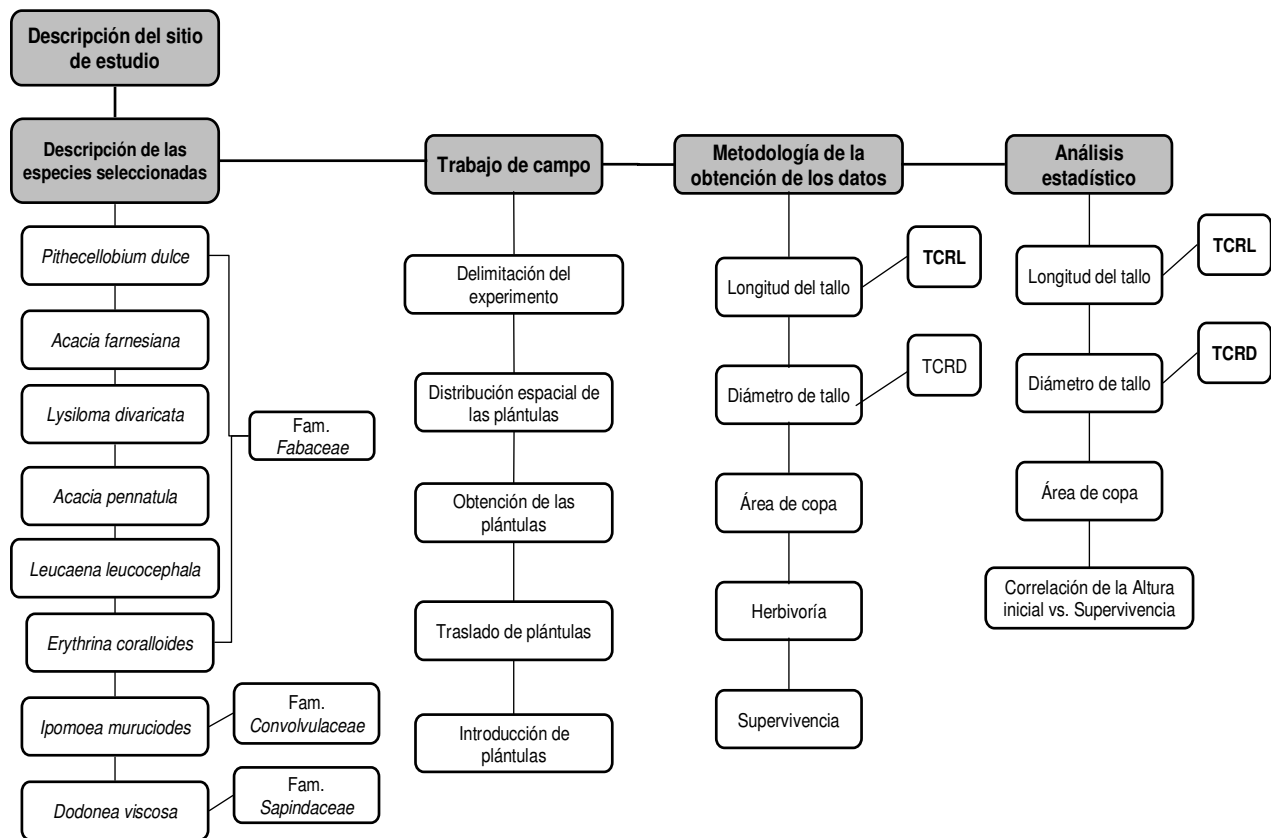


Fig. 4. Diagrama de la metodología realizada. TCRL= Tasa de crecimiento relativo de longitud; TCRD= Tasa de crecimiento relativo del diámetro de tallo.

5.4 Trabajo de campo

Delimitación del experimento. El área total de la parcela alrededor de la cárcava (205 m²) fue delimitada de forma manual, utilizando una cinta métrica (50 m), estacas de madera (cuatro) e hilo de cáñamo. El cuál que se colocó con la ayuda de las estacas, alrededor de la parcela. La forma final de la parcela fue de un trapecio irregular (Fig. 5).

Diseño de la distribución espacial de las plántulas. El espacio que ocuparía cada una de las 240 plántulas, de las 8 especies seleccionadas fue marcado al azar (Fig. 6). Esto se hizo empleando estacas de madera de aprox. 30 cm. de largo con un espaciamiento de 1.5 x 1.5 m. (Fig. 5). También, se trabajó en la parcela haciendo hoyos de 30 ± 3 cm de profundidad en cada uno de los espacios previamente seleccionados.

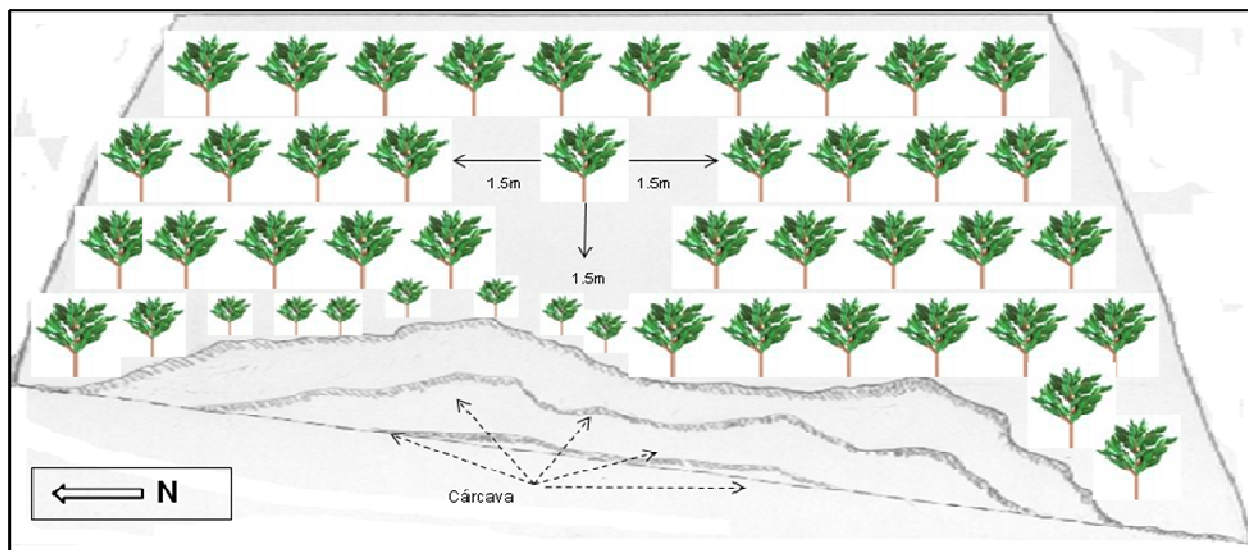


Fig. 5. Diseño de la parcela ubicada en la cabecera de una cárcava donde se observa la siembra de las plántulas con un espaciamiento de 1.5 x 1.5. Dirección hacia donde avanza formación de la cárcava (- - -).

Obtención de las plántulas. Las plántulas se obtuvieron de un invernadero ubicado en Huajintlán, Morelos; éstas estaban contenidas en bolsas de plástico y contaban con dos meses de edad y una altura promedio de 45 ± 2 cm.

Traslado de plántulas. Las condiciones ambientales en un invernadero son más estables principalmente en términos de temperatura, humedad y radiación solar entre otras. Por este motivo se realizó su traslado previo a la parcela dos semanas antes de su introducción, de esta forma se buscó aclimatar a las plántulas a las nuevas condiciones ambientales antes de ser introducidas (plantadas).

Introducción de plántulas. La introducción total de las plántulas se completó en la segunda semana de junio de 2005 (del 6 al 9 de junio). Para su posterior identificación, a cada plántula se le colocó una placa metálica numerada al momento de su plantación, (Fig. 6). Para favorecer el establecimiento inicial exitoso de las plántulas, se efectuó un “cajeteo” (poda de zacates) de un radio de 30 cm aprox. alrededor de cada plántula reduciendo así, la competencia por luz y nutrientes con los zacates ahí existentes. A lo largo del estudio (julio del 2005 a noviembre del 2006) se efectuaron dos podas de maleza al final de cada temporada de lluvias, sumando cuatro en total.

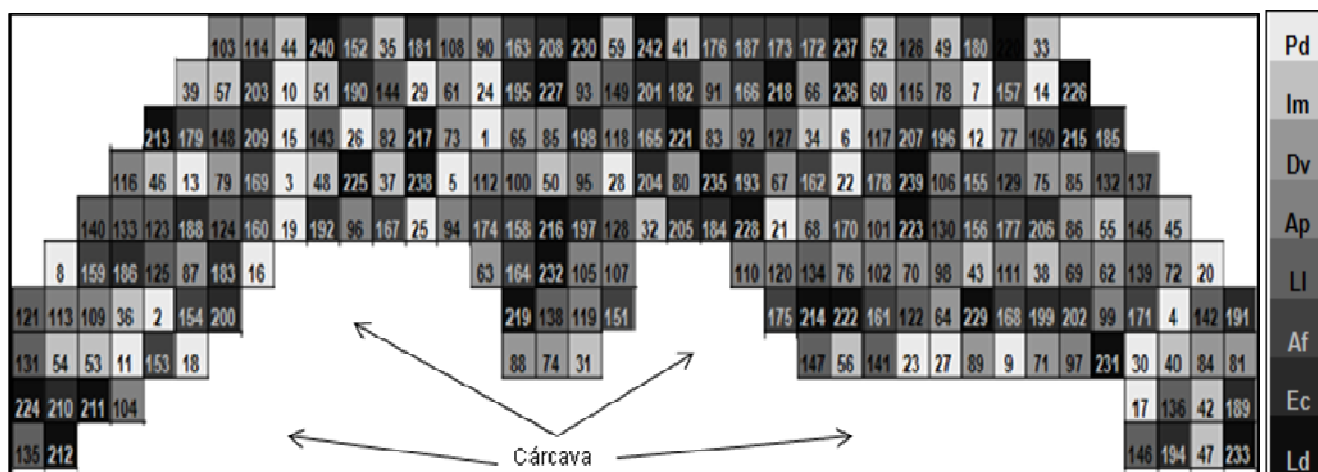


Fig. 6. Disposición de la distribución espacial de las plántulas al momento de su introducción. A cada plántula se le colocó una placa metálica numerada. *Pithecellobium dulce* (Pd; 1-30), *Ipomoea murucoides* (Im; 31-60), *Dodonaea viscosa* (Dv; 61-90), *Acacia pennatula* (Ap; 91-120), *Leucaena leucocephala* (Ll; 121-150), *Acacia farnesiana* (Af; 151-180), *Erythrina coralloides* (Ec; 181-210) y *Lysiloma divaricata* (Ld; 211-240).

5.5 Metodología de la obtención de los datos

Longitud del tallo. La longitud de las plántulas se midió de forma mensual y continua durante los 17 meses que duró el experimento; iniciando la toma de datos, el 13 de julio del 2005. La longitud de cada plántula, se midió desde la base de la plántula (un cm arriba del suelo) hasta su yema apical. Las mediciones se hicieron de forma manual empleando un flexómetro.

Tasa de crecimiento relativo de longitud del tallo (TCR_L). La TCR_L , es el incremento en longitud por unidad de longitud por unidad de tiempo ($cm \cdot cm^{-1} \cdot mes^{-1}$). A partir de los datos de longitud, se obtuvo la TCR_L promedio de cada especie en los intervalos mensuales de julio-agosto, agosto-septiembre y septiembre-octubre del 2005, así como para junio-julio y julio-agosto del 2006 (temporada de lluvias). Las TCR_L de las plántulas en los intervalos de Agosto-septiembre y septiembre octubre (2006), fueron nulas.

La TCR_L fue evaluada a través del modelo (transformado) de Hunt y Parsons (1974), con la fórmula:

$$TCR_L = (\ln P_2 - \ln P_1) / \Delta t$$

Donde:

$P_1 =$ longitud en el tiempo 1; $P_2 =$ longitud en el tiempo 2; $\Delta t =$ diferencia de tiempo ($t_2 - t_1$).

Diámetro del tallo. El diámetro de tallo (mm), se midió en dos ocasiones (julio 2005 y julio 2006). Las mediciones se hicieron de forma manual a un centímetro del suelo empleando un vernier digital como instrumento de medición.

Tasa de crecimiento relativo del diámetro del tallo (TCR_D). A partir de los datos obtenidos de diámetro de tallo, se obtuvo la TCR_D promedio mensual (intervalo julio, 2005 – julio, 2006) para cada especie. La TCR_D fue evaluada a través del modelo (transformado) de Hunt y Parsons (1974), utilizando la misma fórmula antes descrita para TCR_L .

Área de copa. La cobertura foliar de las plántulas (diámetro de copa), se midió tomando dos medidas en forma de cruz (eje mayor * eje menor) de la proyección de copa de la plántula de forma manual. Se utilizó un flexómetro como instrumento de medición. Con los datos obtenidos durante ambas temporadas de lluvia (julio – octubre del 2005 y junio – octubre del 2006 respectivamente), se obtuvo el área de copa (cm²) para cada plántula; a través de la siguiente fórmula basada en el cálculo del área de una elipse. La forma elipsoidal es característica de las leguminosas durante su crecimiento inicial.

$$\text{Área de copa} = \text{Eje mayor} * \text{Eje menor} * \pi$$

Herbivoría. La estimación de los niveles presentados de herbivoría por insectos (hormigas, grillos y escarabajos) fue determinado visualmente en dos ocasiones (diciembre 2005 y septiembre 2006) para aprox. el 35% de las plántulas. Las hojas de cada plántula, fueron asignadas a las siguientes categorías de daño (Benítez-Malvido *et al.*, 2005):

0= Intacta; 1= 1-6%; 2= 6-12%; 3= 12-25%; 4= 25-50% y 5= 50-100%.

Para aquellas especies que contaban con hojas latifoliadas (*Lysiloma divaricata*, *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula* y *Pithecellobium dulce*), las categorías de daño, se asignaron considerando al conjunto de folíolos como una sola unidad (u hoja).

Las categorías de daño asignadas, se utilizaron para definir un índice de daño (ID) en cada uno de los individuos como se muestra a continuación (Benítez-Malvido y Kossmann-Ferraz 1999; García-Guzmán y Dirzo 2001):

$$ID = \sum_{i=1}^5 n_i (c_i) / N$$

Donde:

i = categoría de daño; **n_i** = número de hojas en la categoría de daño asignada; **c_i** = punto medio de cada categoría; **N** = número total de hojas de la plántula.

Supervivencia. Se empleó un criterio de ausencia/presencia (de plántulas) en cada mes y posteriormente se hizo un conteo mensual (de julio 2005 a noviembre 2006) de plántulas por especie. Finalmente se calculó el porcentaje de supervivencia mensual promedio.

5.6 Análisis estadístico

Para realizar el análisis de cada una de las variables, primero se verificó si los datos de cada una de éstas presentaban una distribución normal a través de las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors y Shapiro-Wilk's prueba de W.

Longitud del tallo

Los datos en su conjunto no presentaron una distribución normal ni aún después de realizadas las transformaciones ln, log y raíz cuadrada. Por lo tanto, para comparar los promedios mensuales de longitud entre todas las especies, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con el programa STATISTICA (6.0). Se denominan *pruebas no paramétricas* a aquellas que no presuponen una distribución de probabilidad para los datos, por ello se conocen también como de distribución libre.

Como había una gran diferencia de longitud entre las distintas especies, se optó por dividir los datos de longitud en dos grupos: especies de mayor (a) y menor longitud inicial (b). El grupo a, presentó una distribución normal después de una transformación con logaritmo base 10 (Log10; STATISTICA 6.0), en todos los meses evaluados mientras que el grupo b, tuvo una distribución normal después de una transformación con raíz cuadrada (sqrt; STATISTICA 6.0) para los meses de Julio, 2005 a junio, 2006. Los datos de los meses de julio a noviembre del 2006, no se pudieron normalizar y se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (STATISTICA 6.0).

Con los datos transformados y normalizados, se realizaron ANOVAs de una vía y se compararon las medias mensuales por una prueba de Tukey (DSH), donde la variable

dependiente fue la longitud (mensual) y los factores absolutos las especies. La *prueba de Rangos Múltiples de Tukey* es llamada también Diferencia Significativa Honesta (DSH), y se utiliza para realizar comparaciones múltiples de medias. Esta prueba es similar a la prueba de Duncan en cuanto a su procedimiento, si embargo es más robusta.

Tasa de crecimiento relativo de longitud del tallo (TCR_L)

Los datos presentaron una distribución normal después de transformados con logaritmo neperiano (log; STATISTICA 6.0). Por lo tanto, primero se compararon los promedios de las TCR_L entre cinco intervalos mensuales, incluyendo ambas temporadas de lluvia (julio-agosto, agosto-septiembre y septiembre-octubre, 2005; junio-julio y julio-agosto, 2006) con una ANOVA de una vía y una prueba de Tukey (DSH). Los intervalos de Ago-Sep y Sep-Oct del 2006, no fueron analizados ya que las especies presentaron una tasa de crecimiento cero.

Para comparar los promedios de TCR_L entre los intervalos mensuales para cada especie, se realizó un análisis de varianza de una vía empleando una prueba de Kruskal-Wallis donde la variable dependiente fue la TCR_L y variable independiente el tiempo (cinco intervalos). Las comparaciones entre cada intervalo para cada una de las especies, se hizo de forma visual a través de los diagramas de caja y bigotes con el programa STATGRAPHICS (5.0).

Diámetro del tallo

Los datos de julio de 2005 y julio del 2006 no presentaron una distribución normal ni aún después de realizadas las transformaciones ln, log y raíz cuadrada. Por lo tanto, para comparar los promedios de diámetro de tallo entre todas las especies, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con el programa STATISTICA (6.0).

Tasa de crecimiento relativo del diámetro del tallo (TCR_D)

Los datos presentaron una distribución normal después de una transformación utilizando raíz cuadrada. Para comparar las TCR_D del intervalo julio-julio (2005, 2006) entre las especies, se realizó una ANOVA de una vía y una prueba de Tukey (DSH) con el programa STATISTICA (6.0), donde la variable dependiente fue la TCR_D y la independiente, la especie.

Área de copa

Los datos (Jul. – Oct., 2005 y Jun. – Oct., 2006) no presentaron una distribución normal ni aún después de realizadas las transformaciones ln, log y raíz cuadrada. Por lo tanto, para comparar los promedios de área de copa entre todas las especies se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con el programa STATISTICA (6.0).

Correlación de la Altura inicial vs. la Supervivencia

Una vez obtenidos los datos y análisis de las variables antes mencionadas, se realizó una correlación de Pearson entre los datos iniciales de altura y los porcentajes de supervivencia finales de cada una de las ocho especies utilizadas.

VI. RESULTADOS

6.1 Longitud del tallo

En general, las ocho especies utilizadas, no mostraron un gran aumento en longitud en los 17 meses del estudio. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas con la prueba de Kruskal Wallis entre las longitudes de las diferentes especies, en todos los meses evaluados (Tabla 1).

Tabla 1. Promedio y prueba de Kruskal-Wallis para la longitud mensual de las ocho especies utilizadas: *Pithecellobium dulce*, *Ipomoea murucoides*, *Dodonea viscosa*, *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Leucaena leucocephala*, *Erythrina coralloides* y *Lysiloma divaricata*. Donde gl= grados de libertad; χ^2 = ji-cuadrado; P= valor p.

FECHA	GI	χ^2	P
jul-05	7	148.66	<0.01
ago-05	7	148.07	<0.01
sep-05	7	148.99	<0.01
oct-05	7	148.34	<0.01
nov-05	7	149.15	<0.01
dic-05	7	150.25	<0.01
ene-06	7	151.25	<0.01
feb-06	7	141.47	<0.01
mar-06	7	133.81	<0.01
abr-06	7	129.35	<0.01
may-06	7	128.04	<0.01
jun-06	7	104.02	<0.01
jul-06	7	87.15	<0.01
ago-06	7	93.73	<0.01
sep-06	7	80.76	<0.01
oct-06	7	79.77	<0.01
nov-06	7	76.77	<0.01

Para el grupo a (especies de mayor longitud inicial: *P. dulce*, *I. murucoides*, *D. viscosa*, *A. farnesiana*), se encontraron diferencias significativas por el análisis de varianza entre las longitudes de las especies en todos los meses evaluados (Tabla 2). La especie que presentó una longitud significativamente mayor a todas las demás, fue *I. murucoides* (114 ± 2.3 cm); no obstante, en el mes de junio 2005 y en buena parte de la segunda temporada de lluvias (junio, julio y agosto 2006) fue similar a *D. viscosa*, la cuál presentó la segunda mayor longitud al final del estudio (101 ± 2.5 cm). *P. dulce* presentó una longitud significativamente más baja a todas las demás (44 ± 2 cm), no obstante, presentó una similitud con *A. farnesiana* en julio 2005 y desde el inicio de la segunda temporada de lluvias hasta el término del estudio (Fig. 7).

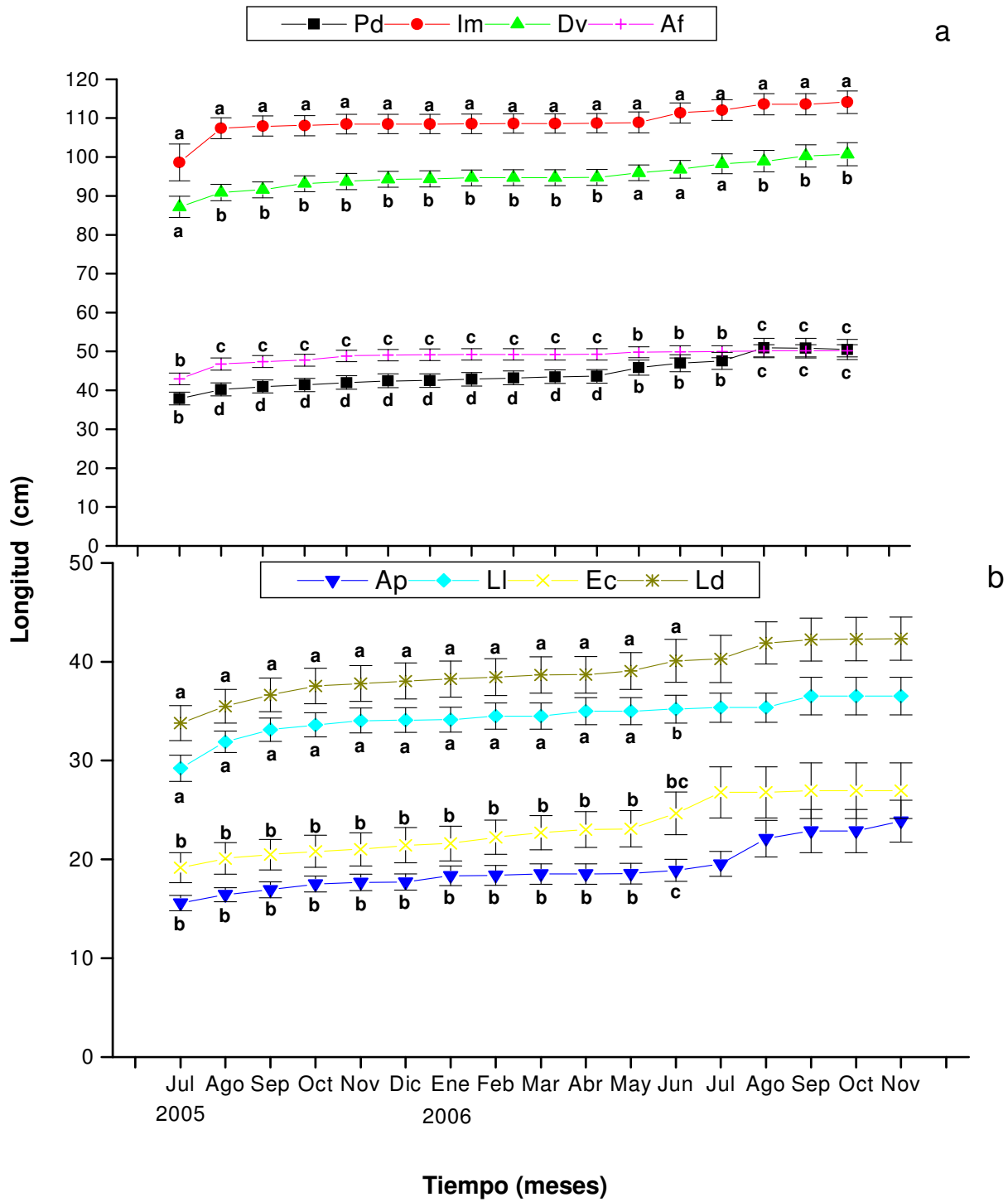


Fig. 7 Comparación entre los promedios mensuales de longitud total, realizados de Julio del 2005 a Noviembre del 2006 entre las 8 especies. Grupo a (especies de mayor longitud inicial): *Pithecellobium dulce* (Pd), *Ipomoea murucoides* (Im), *Dodonaea viscosa* (Dv), *Acacia farnesiana* (Af). Grupo b (especies de menor longitud inicial): *Acacia pennatula* (Ap), *Leucaena leucocephala* (LI), *Erythrina coralloides* (Ec) y *Lysiloma divaricata* (Ld). Las especies con las mismas letras (a, b, c, bc) poseen una longitud significativamente similar según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

Tabla 2. ANOVA de una vía. Longitud mensual del grupo a (especies de mayor longitud inicial): *Pithecellobium dulce*, *Ipomoea murucoides*, *Dodonea viscosa* y *Acacia farnesiana*. Donde gl= grados de libertad; F = prueba exacta de Fisher; P= valor p.

Mes	Gl	F	P
jul-05	3	80.46	<0.01
ago-05	3	299.07	<0.01
sep-05	3	295.5	<0.01
oct-05	3	273.07	<0.01
nov-05	3	266.32	<0.01
dic-05	3	267.43	<0.01
ene-06	3	268.19	<0.01
feb-06	3	272.5	<0.01
mar-06	3	273.27	<0.01
abr-06	3	272.25	<0.01
may-06	3	273.13	<0.01
jun-06	3	54.29	<0.01
jul-06	3	60.2	<0.01
ago-06	3	19.012	<0.01
sep-06	3	41.55	<0.01
oct-06	3	62.73	<0.01
nov-06	3	49.09	<0.01

Para el grupo b (especies de menor longitud inicial: *A. pennatula*, *L. leucocephala*, *E. coralloides* y *L. divaricata*), se encontraron diferencias significativas entre las especies en los primeros 12 meses evaluados (Jul, 2005 – Jun, 2006) después de la implantación y en los meses de Oct a Nov del 2006, en ambas pruebas realizadas (ANOVA y Kruskal Wallis; Tablas 3 y 4 respectivamente).

Tabla 3. ANOVA de una vía. Longitud mensual (Jul., 2005 – Jun., 2006) del grupo b (especies de menor longitud inicial): *Acacia pennatula*, *Leucaena leucocephala*, *Erythrina coralloides* y *Lysiloma divaricata*. Donde gl= grados de libertad; F = prueba exacta de Fisher; P= valor p.

Mes	gl	F	P
jul-05	3	33.366	<0.01
ago-05	3	47.808	<0.01
sep-05	3	51.325	<0.01
oct-05	3	49.624	<0.01
nov-05	3	43.186	<0.01
dic-05	3	42.576	<0.01
ene-06	3	41.013	<0.01
feb-06	3	41.054	<0.01
mar-06	3	39.985	<0.01
abr-06	3	39.308	<0.01
may-06	3	39.896	<0.01
jun-06	3	23.413	<0.01

Tabla 4. Prueba de Kruskal-Wallis. Longitud mensual (Jul. – Nov., 2006) de longitud del grupo b (especies de menor longitud inicial): *Acacia pennatula*, *Leucaena leucocephala*, *Erythrina coralloides* y *Lysiloma divaricata*. Donde gl= grados de libertad; χ^2 = ji-cuadrado; P= valor p.

Mes	gl	χ^2	P
jul-06	3	26.395	<0.01
ago-06	3	26.7931	<0.01
sep-06	3	17.8537	<0.01
oct-06	3	17.8537	<0.01
nov-06	3	17.615	<0.01

L. divaricata y *L. leucocephala*, presentaron una longitud similar y mayor a *E. coralloides* y *A. pennatula*, quienes a su vez, también presentaron una longitud significativamente similar en la mayoría de los meses evaluados (de julio 2005 a mayo 2006). Sin embargo, *L. divaricata* fue la especie que presentó la mayor diferencia entre su longitud inicial y final de julio 2005 a noviembre del 2006. (Fig. 7).

6.2 Tasa de crecimiento relativo de longitud de tallo (TCR_L)

Se encontraron diferencias significativas entre las TCR_L promedio de las ocho especies evaluadas en ambas temporadas de lluvias en 2005 y 2006 ($F=8.341$, $df=7$, $p < 0.01$; Fig. 8). La especie que presentó la TCR_L promedio significativamente más alta fue *A. pennatula*, y, por su elevada variabilidad fue significativamente similar a *E. coralloides*, *L. leucocephala*, *L. divaricata* y *P. dulce*. La especie que presentó la TCR_L promedio significativamente más baja y distinta a todas las demás fue *D. viscosa*, siendo similar a *I. muruoides* (Fig. 8).

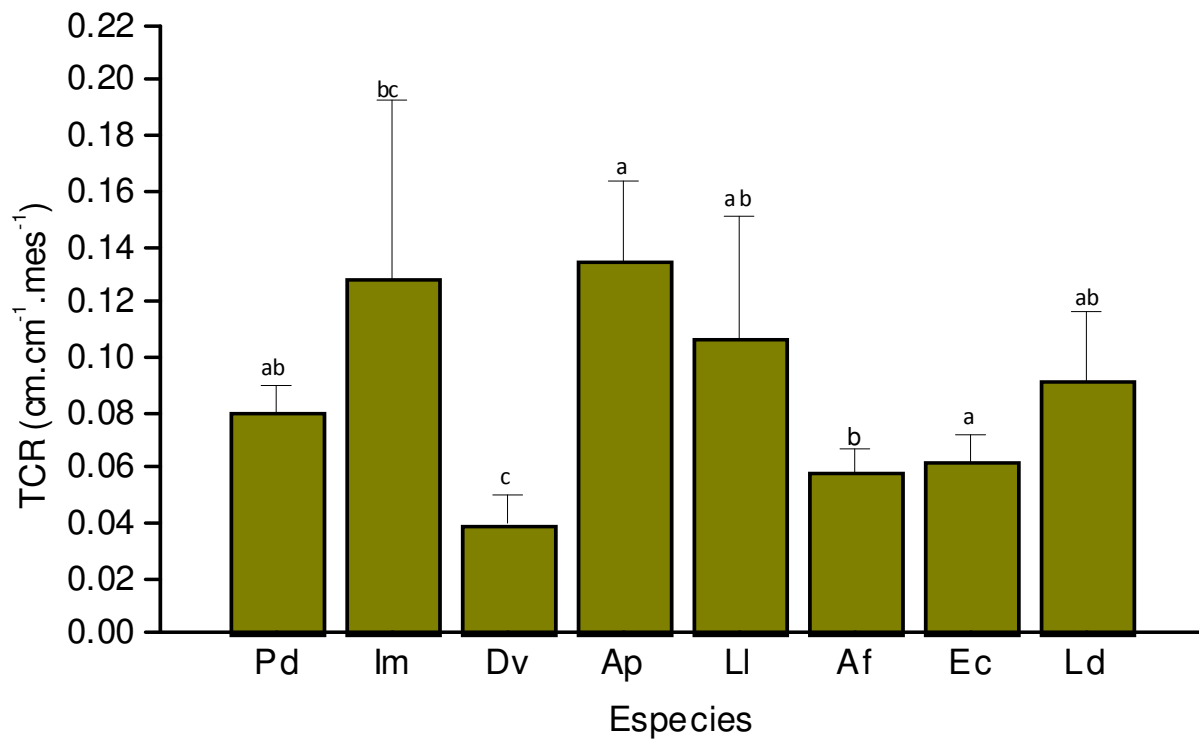


Fig. 8 Comparación entre los promedios de TCR_L de las ocho especies, incluyendo ambas temporadas de lluvia (Jul-Ago, Ago-Sep y Sep-Oct de 2005, Jun-Jul y Jul-Ago de 2006) de las ocho especies utilizadas. *Pithecellobium dulce* (Pd), *Ipomoea muruoides* (Im), *Dodonea viscosa* (Dv), *Acacia pennatula* (Ap), *Leucaena leucocephala* (LI), *Acacia farnesiana* (Af), *Erythrina coralloides* (Ec) y *Lysiloma divaricata* (Ld). Las diferentes letras denotan las diferencias significativas de las TCR_L entre las especies, según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

Tras hacer la comparación entre la TCR_L de los diferentes intervalos mensuales para cada especie, se encontraron diferencias significativas únicamente en tres de las ocho especies evaluadas (*I. muruoides*, *A. pennatula* y *A. farnesiana*). No hubo diferencias significativas en el resto de las especies (Tabla 5; Fig. 9).

De manera general, Jul-Ago y Sep-Oct del 2005, fueron los únicos periodos en que todas las especies presentaron una TCR_L positiva. *D. viscosa* y *A. pennatula* fueron las únicas que presentaron TCR_L positivas en los cinco intervalos evaluados. Por otra parte, en los periodos Jun-Jul y Jul-Ago del 2006, *I. muruoides*, *D. viscosa*, *A. pennatula* y *L. divaricata* (Jul-Ago del 2006) fueron las únicas especies que presentaron una TCR_L positiva. Siendo *A. pennatula*, la de mayor TCR_L en el último intervalo (Jul-Ago del 2006; Fig. 9).

P. dulce, presentó su mayor TCR_L en Jul-Ago, 2005, la cuál fue similar para el resto de los intervalos. Su menor TCR_L se vio en Ago-Sep del 2005; en Jun-Jul del 2006 presentó una TCR_L cero (Fig. 9).

I. muruoides, tuvo su mayor TCR_L en Jul-Ago del 2005. En Sep-Oct del mismo año, presentó su menor TCR_L la cuál fue significativamente distinta al resto de los intervalos. En Ago-Sep del 2005 presentó una TCR_L cero (Fig. 9).

D viscosa, mostró su mayor TCR_L en Jul-Ago del 2006, siendo similar para el resto de los intervalos. Su menor TCR_L se vio en Ago-Sep del 2005 (Fig. 9).

A. pennatula, tuvo su mayor TCR_L en Jul-Ago del 2006, sin embargo presentó mucha variabilidad. En Ago-Sep del 2005, presentó su menor TCR_L la cuál fue significativamente distinta al resto de los intervalos (Fig. 9).

L. leucocephala, presentó su mayor TCR_L en Jul-Ago del 2005, ésta fue similar para el resto de los intervalos. Su menor TCR_L se vio en Sep-Oct del 2005; en Jun-Jul y Jul-Ago del 2006 tuvo una TCR_L nula (Fig. 9).

A. farnesiana, tuvo su mayor TCR_L en Jul-Ago del 2005. En Sep-Oct del 2005, presentó una baja TCR_L la cuál fue significativamente distinta al resto de los intervalos. En Ago-Sep del 2005, mostró su menor TCR_L ; en Jun-Jul y Jul-Ago del 2006 su TCR_L fue cero (Fig. 9).

E. coralloides, tuvo su mayor TCR_L en Ago-Sep del 2005, la cuál fue similar para el resto de los intervalos. Su menor TCR_L se vio en Sep-Oct del 2005; en Jun-Jul y Jul-Ago del 2006 presentó una TCR_L nula (Fig. 9).

L. divaricata presentó su mayor TCR_L en Jul-Ago del 2005, siendo similar para el resto de los intervalos. Su menor TCR_L se observó en Jul-Ago del 2006; en Jun-Jul del mismo año presentó una TCR_L cero (Fig. 9).

Tabla 5. Resultados del análisis de varianza de un factor por una prueba de Kruskal-Wallis de las TCR_L promedio de los intervalos mensuales evaluados para cada una de las ocho especies utilizadas: *Pithecellobium dulce* (Pd), *Ipomoea murucoides* (Im), *Dodonea viscosa* (Dv), *Acacia pennatula* (Ap), *Leucaena leucocephala* (Ll), *Acacia farnesiana* (Af), *Erythrina coralloides* (Ec) y *Lysiloma divaricata* (Ld). Donde H= valor de la prueba; P= valor p.

Especie	H	P
Pd	4.509	0.211
Im	10.843	0.0125
Dv	5.671	0.022
Ap	22.383	0.0001
Ll	2.379	0.304
Af	12.478	0.001
Ec	0.109	0.946
Ld	0.489	0.923

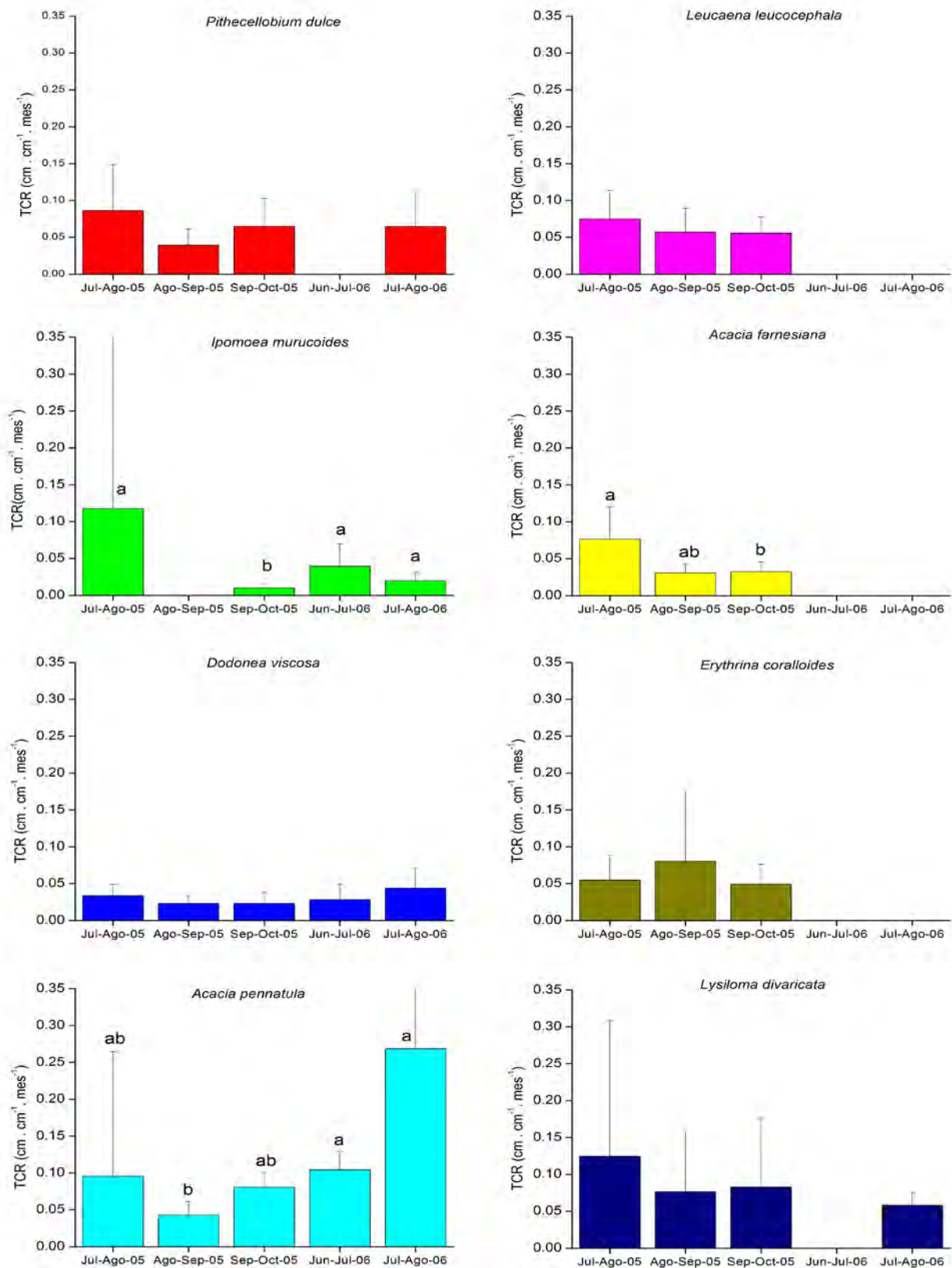


Fig. 9 Comparación entre los promedios de TCR_L de los intervalos mensuales (Jul-Ago, Ago-Sep, Sep-Oct, 2005 y Jul-Ago, 2006) evaluados para cada una de las ocho especies utilizadas. *Pithecellobium dulce* (Pd), *Ipomoea murucoides* (Im), *Dodonea viscosa* (Dv), *Acacia pennatula* (Ap), *Leucaena leucocephala* (Ll), *Acacia farnesiana* (Af), *Erythrina coralloides* (Ec) y *Lysiloma divaricata* (Ld). Las letras minúsculas, denotan las diferencias significativas entre los intervalos de cada especie (Im, Ap y Af).

6.3 Diámetro de tallo

En general todas las especies tendieron a aumentar su diámetro de tallo entre julio 2005 y julio 2006 (Fig. 10). Se encontraron diferencias significativas entre las especies en el diámetro de tallo tanto en el mes de introducción (Julio del 2005; $\chi^2=120,6818$, $df=7$, $p=0,0000$) como un año después (Julio del 2006; $\chi^2=59,2404$, $df=7$, $p=0,0000$).

I. muruoides fue la especie que tuvo el mayor diámetro de tallo en los dos periodos evaluados en relación a su diámetro inicial. *A. pennatula* presentó el menor diámetro inicial y el segundo mayor diámetro al final del estudio. *A. farnesiana* presentó uno de los diámetros más bajos, tanto al inicio como al final del estudio. Las demás especies no presentaron mucha diferencia entre su diámetro de tallo inicial y final (Fig. 10).

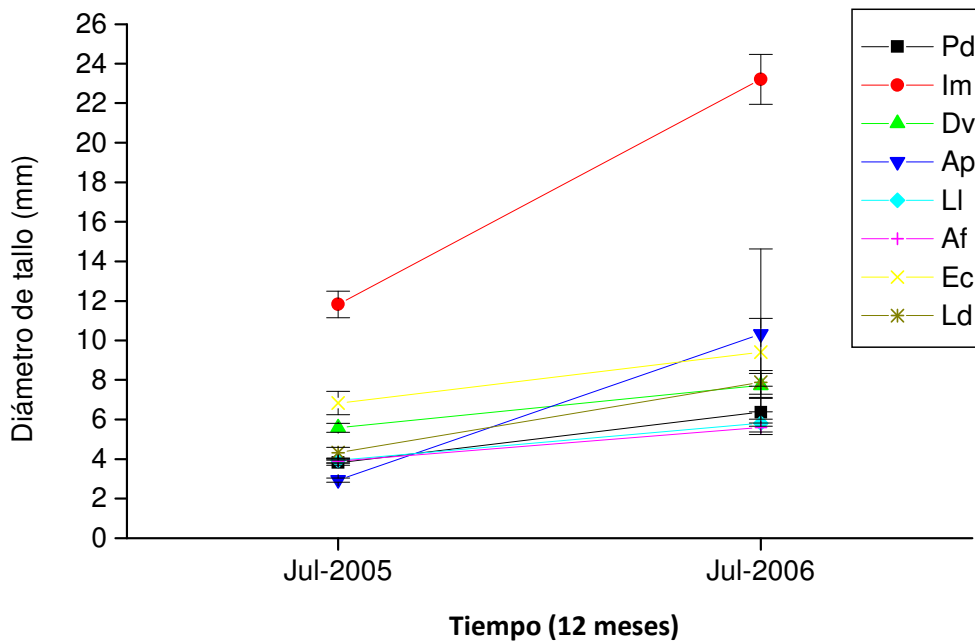


Fig. 10 Comparación entre los promedios anuales de diámetro de tallo realizados para julio del 2005 y 2006 (diferencia de tiempo de 12 meses) entre las ocho especies utilizadas. *Pithecellobium dulce* (Pd), *Ipomoea muruoides* (Im), *Dodonea viscosa* (Dv), *Acacia pennatula* (Ap), *Leucaena leucocephala* (LI), *Acacia farnesiana* (Af), *Erythrina coralloides* (Ec) y *Lysiloma divaricata* (Ld).

6.4 Tasa de crecimiento relativo del diámetro del tallo (TCR_D)

En general hubo un incremento en la TCR_D para todas las especies (intervalo TCR_D de julio-julio del 2005, 2006). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en términos TCR_D entre las 8 especies ($F=6,431$, $df=7$, $p=0,000$; Fig. 11). *I. murucoides* presentó una TCR_D significativamente mayor ($TCR_D= 0,2349$ mm mm⁻¹ mes⁻¹) a *A. farnesiana*, *E. coralloides*, *D. viscosa* y *L. leucocephala*. Dos de las especies con una TCR_D en diámetro de tallo mayor fueron *L. divaricata* y *A. pennatula*. Estas especies no resultaron significativamente distintas de las demás, sin embargo, fueron significativamente semejantes a *I. murucoides*. *L. leucocephala* presentó la menor TCR_D ($TCR_D= 0,1505$ mm mm⁻¹ mes⁻¹; Fig. 11).

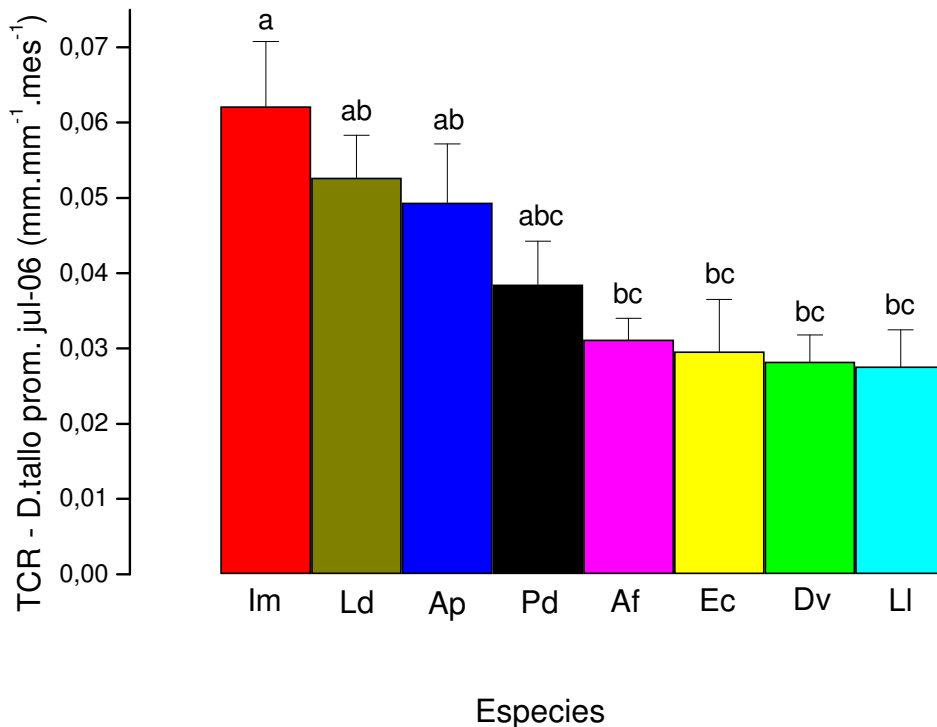


Fig. 11 Comparación de la TCR_D del intervalo julio-julio 2005, 2006 (referido a 12 meses) entre las ocho especies utilizadas. *Ipomoea murucoides* (Im), *Lysiloma divaricata* (Ld), *Acacia pennatula* (Ap), *Pithecellobium dulce* (Pd), *Acacia farnesiana* (Af), *Erythrina coralloides* (Ec), *Dodonaea viscosa* (Dv), y *Leucaena leucocephala* (LI). Las letras (a, b, ab, bc, abc) reflejan las diferencias significativas entre las TCRs del diámetro de tallo entre las especies, según la prueba de Tukey ($P<0,05$).

6.5 Área de copa

En general las especies tendieron a reducir su área de copa desde que fueron introducidas (julio 2005) y hasta el final de la segunda temporada de lluvias (octubre 2006; Fig. 12). A pesar de esto, se observó un aumento del área de copa de la mayoría de las especies respecto de su área de copa inicial; lo cuál se vio vinculado con el aumento en la precipitación durante ambas temporadas de lluvia (junio a octubre del 2005 y 2006; Fig. 12).

Se encontraron diferencias significativas entre las especies en lo que se refiere al área de copa en la primera temporada de lluvias (Tabla 6) por la prueba de Kruskal Wallis. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las especies en términos de área de copa en todos los meses de la segunda temporada de lluvias (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba de Kruskal-Wallis. Área de copa (temporada de lluvias 2005 y 2006) de las ocho especies utilizadas: *Pithecellobium dulce* (Pd), *Ipomoea murucoides* (Im), *Dodonea viscosa* (Dv), *Acacia farnesiana* (Af), *Acacia pennatula* (Ap), *Leucaena leucocephala* (Ll), *Erythrina coralloides* (Ec) y *Lysiloma divaricata* (Ld). Donde gl= grados de libertad; X^2 = ji-cuadrado; P= valor p.

Mes	gl	X^2	P
jul-05	7	97.19	<0.01
ago-05	7	65.55	<0.01
sep-05	7	25.33	<0.01
oct-05	7	45.18	<0.01
jun-06	7	10.4	>0.01
jul-06	7	1.98	>0.01
ago-06	7	5.86	>0.01
sep-06	7	6.92	>0.01
oct-06	7	5.33	>0.01

En septiembre del 2005 (primera temporada de lluvias), se observó la mayor área de copa promedio para todas las especies (con 171 cm²). Sin embargo al inicio de la segunda temporada de lluvias (junio 2006), se observó menos de la mitad del área de copa promedio para todas las especies (con 60 cm²; Fig. 12). *L. divaricata* fue la especie que presentó la mayor área de copa promedio, seguida por *I. murucoides*. Sin embargo ambas presentaron también los mayores errores estándar (de junio a octubre del 2005 y 2006). Cabe mencionar, que se contó con un número reducido de plántulas al final del estudio (Fig. 12).

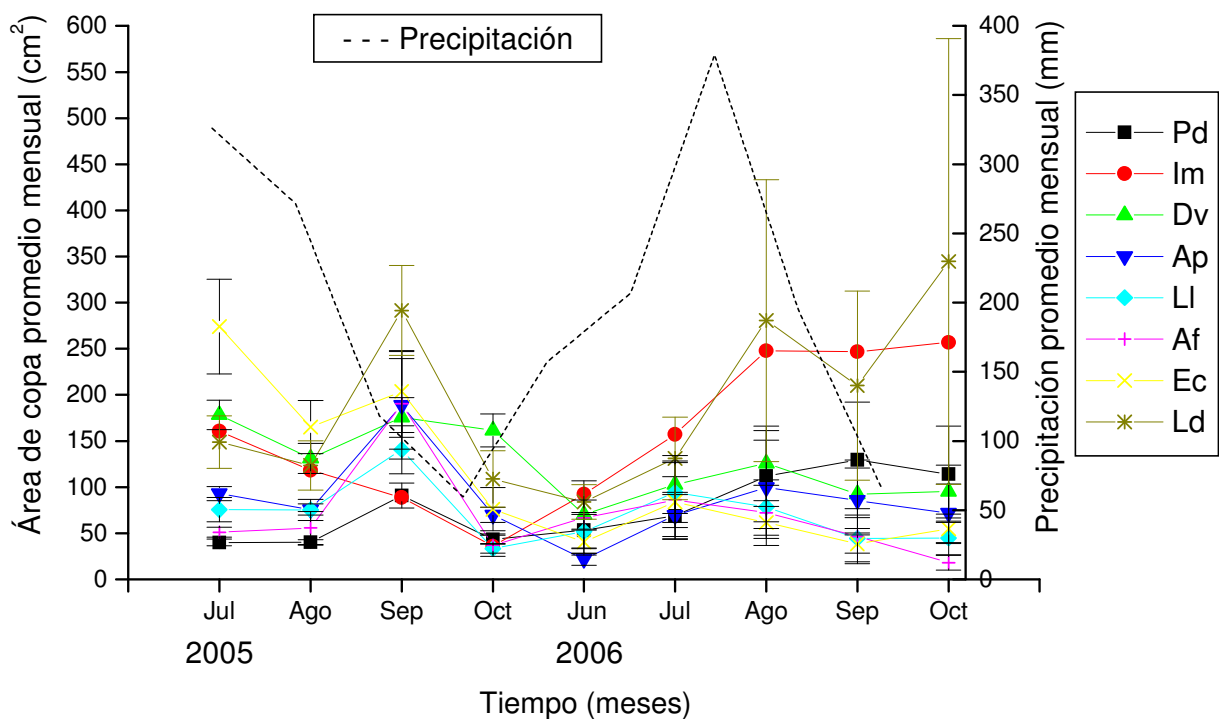


Fig. 12 Comparación de área de copa promedio mensual por especie y precipitación media mensual (---), de junio a octubre del 2005 y 2006 (temporada de lluvias). *Pithecellobium dulce* (Pd), *Ipomoea murucoides* (Im), *Dodonea viscosa* (Dv), *Acacia pennatula* (Ap), *Leucaena leucocephala* (Ll), *Acacia farnesiana* (Af), *Erythrina coralloides* (Ec) y *Lysiloma divaricata* (Ld).

6.6 Herbivoría

La herbivoría observada tras la introducción de las plántulas (seis meses después de la implantación, Fig. 13) fue relativamente baja, ya que la mayoría de las plántulas sufrieron la categoría más baja de daño (1 a 6%). Las especies que tuvieron el mayor porcentaje de hojas con la mayor categoría de daño fueron: *P. dulce*, *A. pennatula* y *L. divaricata* (27, 38 y 45% respectivamente), las especies que menos sufrieron daño por herbivoría ya que presentaron el menor porcentaje de hojas en la mayor categoría de daño en este periodo fueron: *I. muruoides*, *D. viscosa* y *A. farnesiana* (2, 2 y 12% respectivamente).

15 meses después de la implantación (Fig. 13) el daño por herbivoría fue mucho más intenso y la mayor parte de las especies (cinco) presentaron una mayor proporción de hojas en la mayor categoría de daño (50 a 100%). La especie *Erythrina coralloides* presentó una herbivoría de 100% de sus hojas mientras que *D. viscosa* y *A. farnesiana* presentaron 68% de sus hojas con la mayor categoría de daño (50 a 100%). Las especies que presentaron el menor porcentaje de hojas en la mayor categoría de daño fueron *P. dulce* (32%) *I. muruoides* (33%) y *A. pennatula* (37%).

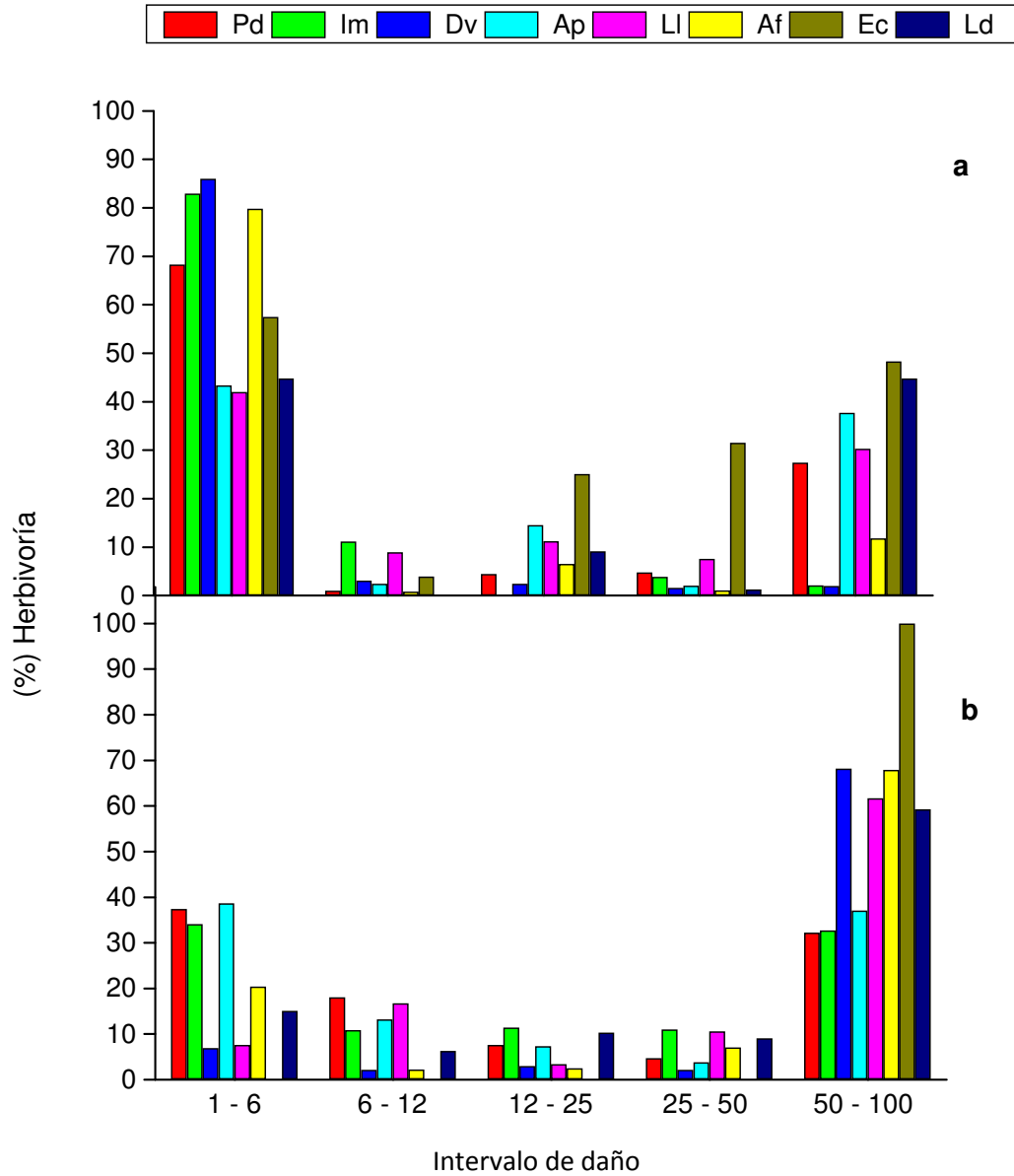


Fig. 13 Proporción de hojas, por categoría de daño por herbivoría en plántulas, a los seis meses (a) y a los 15 meses (b) después de la implantación. Para las ocho especies utilizadas en este estudio: *Pithecellobium dulce* (Pd), *Ipomoea murucoides* (Im), *Dodonea viscosa* (Dv), *Acacia pennatula* (Ap), *Leucaena leucocephala* (LI), *Acacia farnesiana* (Af), *Erythrina coralloides* (Ec) y *Lysiloma divaricata* (Ld).

6.7 Supervivencia

En general las especies tendieron a bajar su supervivencia a lo largo del estudio (julio 2005 a noviembre 2006). Sin embargo, en mayo del 2006 (justo antes del inicio de la segunda temporada de lluvias), se empezó a reducir más drásticamente la supervivencia en todas las especies (Fig. 14). *A. farnesiana*, fue la especie con la mayor supervivencia (83.33 %) seguida por *I. murucoides* (76.67 %), tras 17 meses de haber sido introducidas. *E. coralloides* fue la especie con la menor supervivencia (10 %) al final del estudio (noviembre 2006; Fig. 14).

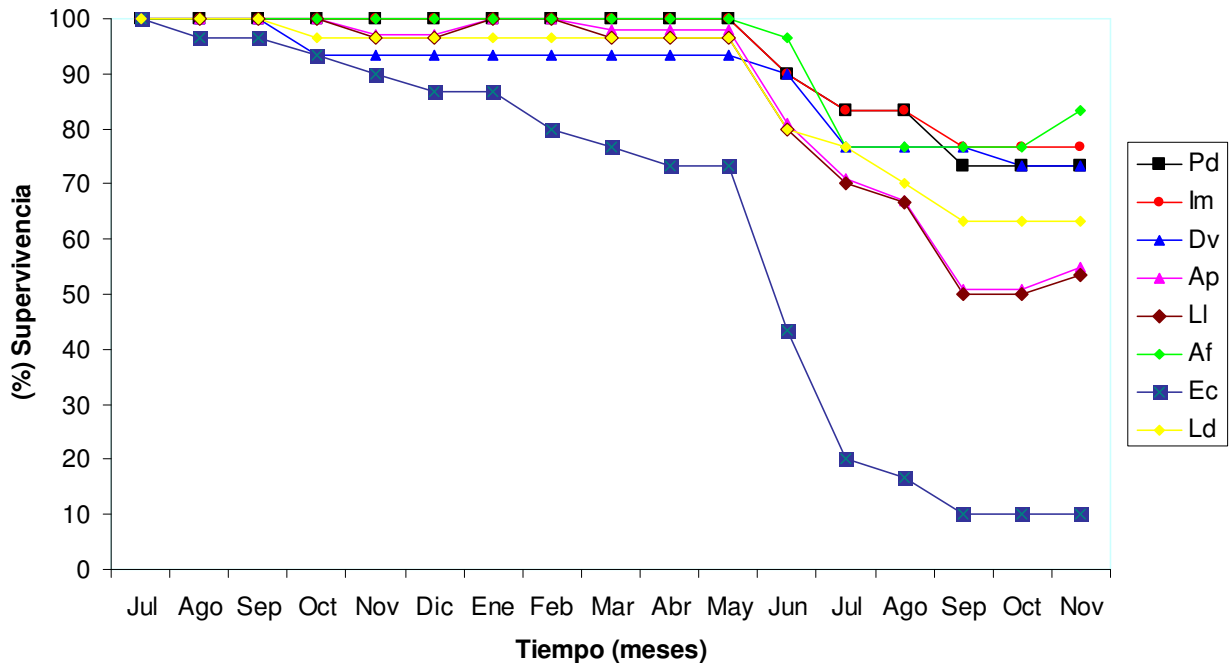


Fig. 14 Comparación del porcentaje promedio mensual (julio 2005 a noviembre del 2006) de supervivencia de las ocho especies utilizadas: *Pithecellobium dulce* (Pd), *Ipomoea murucoides* (Im), *Dodonea viscosa* (Dv), *Acacia pennatula* (Ap), *Leucaena leucocephala* (LI), *Acacia farnesiana* (Af), *Erythrina coralloides* (Ec) y *Lysiloma divaricata* (Ld).

6.8 Correlación de la Altura inicial vs. Supervivencia

La correlación de Pearson entre la altura inicial de las plántulas y la supervivencia final (Fig. 15) no fue significativa ($R= 60$, $P=0.11$), sin embargo se percibe que las dos especies que fueron introducidas con mayor longitud (*I. murucoides* y *D. viscosa*) estuvieron entre las que presentaron mayor supervivencia (76.7 y 73.3% respectivamente). Sin embargo especies como *A. pennatula* y *P. dulce* quienes tenían bajas longitudes al inicio del estudio presentaron una buena supervivencia media (55.33 y 73.33 % respectivamente).

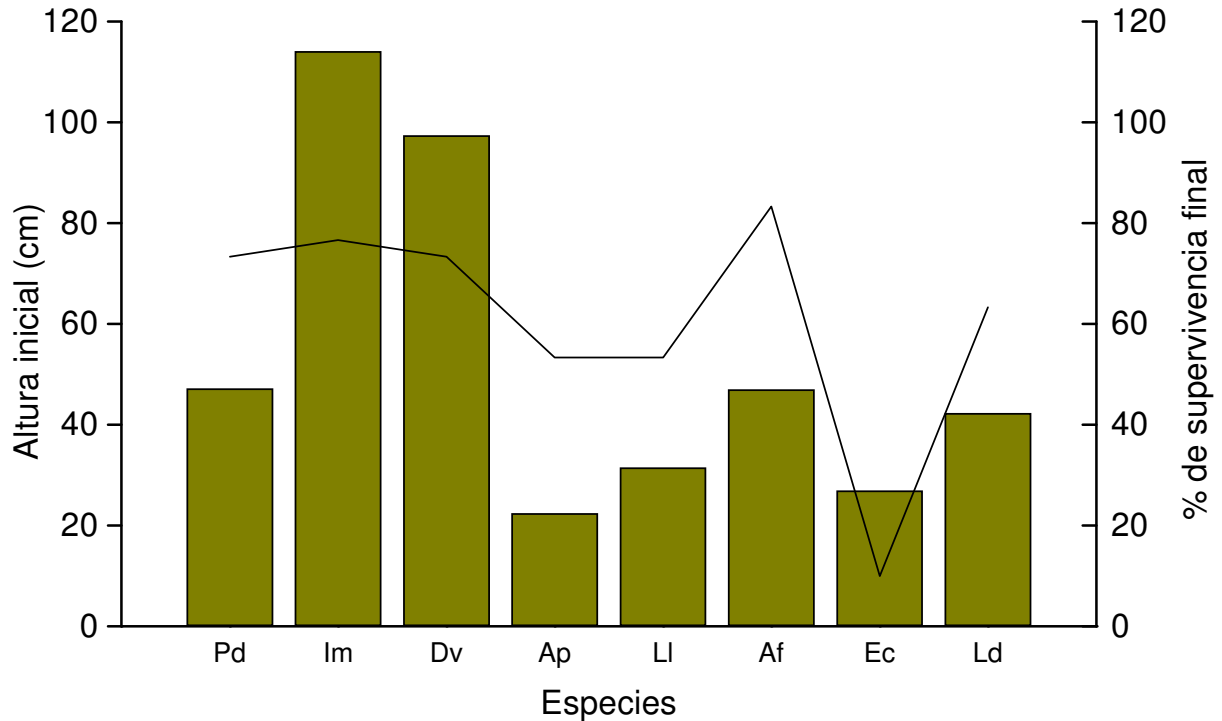


Fig. 15 Altura inicial y % de supervivencia final de cada una de las 8 especies utilizadas. *Pithecellobium dulce* (Pd), *Ipomoea murucoides* (Im), *Dodonea viscosa* (Dv), *Acacia pennatula* (Ap), *Leucaena leucocephala* (LI), *Acacia farnesiana* (Af), *Erythrina coralloides* (Ec), y *Lysiloma divaricata* (Ld). Las barras representan la altura inicial y la línea el % de supervivencia.

VII. DISCUSIÓN

Se obtuvieron distintos resultados en términos de supervivencia y crecimiento inicial (longitud, diámetro de tallo, área de copa), para cada una de las ocho especies nativas utilizadas; lo cuál apoya la hipótesis planteada al inicio del estudio. Trabajos realizados sobre proyectos de restauración, han mostrado que cada especie puede presentar requerimientos específicos (como condiciones de luz, humedad, y tipo de suelo) para lograr un establecimiento exitoso; y que, además, mostrarán distintas respuestas conforme a la disposición de los mismos. Por otra parte, los principales factores abióticos como la estacionalidad, la fertilidad del suelo y humedad, así como las alteraciones naturales y antropogénicas también intervienen en el desempeño de las especies en la SBC (Medinaceli *et al.*, 2004; Benítez-Malvido, 2005; Ceccon *et al.*, 2006; Parsons *et al.*, 2007). Sin embargo, de acuerdo con Ceccon *et al.* (2006), aún no existen suficientes estudios sobre los factores abióticos que influyen la regeneración de las plántulas (esencial para entender la dinámica de la SBC), lo cuál, limita la posibilidad de tener un mayor éxito en proyectos de restauración y conservación de éstos ecosistemas.

En este sentido, el patrón de la precipitación mensual ocurrida durante ambas temporadas de lluvias (2005 y 2006) a lo largo de los 17 meses de duración de este estudio (912 mm y 1,097 mm respectivamente), concuerda con el patrón descrito por Gerhardt y Hytteborn (1992), quienes establecieron un intervalo de precipitación para SBC, que va desde los 400 a los 1700 mm anuales presentándose gran parte de la lluvia, entre los meses de Junio y Octubre. Esta limitada precipitación y marcada estacionalidad, genera condiciones abióticas muy variables (Murphy y Lugo, 1986), severas y poco previsibles (Ceccon *et al.*, 2006); lo que afecta la supervivencia, el establecimiento (Lieberman y Li, 1992; Gerhardt, 1998), así como otros patrones fenológicos (Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Medina y Cuevas, 1990; Ceccon y Hernández, 2009) de las especies. Esto concuerda con lo encontrado en este estudio, ya que de manera general, el incremento en la precipitación durante ambas temporadas de lluvia, así

como la falta de ésta (en temporada de secas) se vio estrechamente vinculada con el desarrollo en longitud, TCR_L y área de copa de la mayoría de las especies (ver Fig. 7, 9 y 12).

De manera general, las ocho especies empleadas en este trabajo, tendieron a disminuir su porcentaje de supervivencia con el tiempo; acentuándose aún más, después de Mayo del 2006 (auge de la temporada de sequía) y hasta el término del estudio (noviembre, 2006). Sin embargo, la supervivencia obtenida en promedio (60.83%) puede considerarse alta para una zona de SBC. No obstante, la mitad de las especies (*A. farnesiana*, *I. murucoides*, *D. viscosa* y *P. dulce*), tuvieron un porcentaje de supervivencia promedio mayor al 70% tras dos temporadas de sequía. Las especies con el porcentaje de supervivencia más alto al final del estudio fueron *A. farnesiana* e *I. murucoides* (83.33 y 76.67%, respectivamente); fue más alto, que, el encontrado por Galindo-Escamilla (2006), para especies del género *Acacia* e *Ipomoea* (67 y 50%) después de una año en una zona de pendiente bajo las mismas condiciones y en el mismo sitio de estudio. La especie con la menor supervivencia en el presente estudio fue *E. coralloides*. A pesar de que el mayor limitante conocido para el desarrollo de las plántulas en las SBC es el estrés hídrico (Reich y Borchert 1984; Lieberman y Lieberman 1984; Ceccon, 2003; Ceccon y Campo-Alves, 2004); en el caso de esta, posiblemente fue la herbivoría (90%) la principal causa de su alta mortalidad. No existen estudios sobre la palatabilidad de esta especie, y curiosamente San Miguel-Chávez *et al.* (2004) encontraron que las plántulas de *Erythrina coralloides* poseen diez veces más alcaloides en sus hojas que las plantas adultas y que estos alcaloides podrían funcionar como fungicidas.

Por otro lado, muchos restauradores en la práctica, recomiendan introducir plántulas relativamente grandes en campo para aumentar su supervivencia en trabajos de implantación, ya que éstas, poseen un sistema radicular más desarrollado y por lo tanto soportan mejor los meses de sequía (Borchert *et al.*, 2002). Sin embargo, en el presente trabajo no se encontró una correlación significativa entre la longitud inicial de las especies y la supervivencia final;

algunas especies que fueron introducidas con una mayor longitud como *I. murucoides* y *D. viscosa*, presentaron un mayor porcentaje de supervivencia, pero especies como *A. farnesiana* que tenían la mitad de la longitud de las anteriores, también presentaron un alto porcentaje de supervivencia. Por lo tanto, posiblemente existan especies que se beneficien al tener una mayor longitud en el momento de la implantación, pero no es la regla general.

El porcentaje de herbivoría promedio de todas las especies (con excepción de *E. coralloides*) fue relativamente bajo; 5% a los 7 meses y 9% a los 15 meses posteriores a la implantación. Lo que sugiere que la herbivoría en general, aumentó con la edad de las especies en el campo. Las especies que presentaron el menor porcentaje de herbivoría en todo el período fueron: *I. murucoides* (6.3%) y *A. farnesiana* (6.9%); dichas especies, también presentaron los mayores porcentajes de supervivencia. Dirzo y Domínguez (1995), mencionan que las especies de la SBC, exhiben una considerable variación en cuanto a herbivoría, la cuál puede ser comparada con especies de selva lluviosa. Además, las hojas jóvenes, tienden a ser más palatables y contienen mayores concentraciones de taninos y de nitrógeno. Sin embargo, a pesar de poseer estas defensas, generalmente tienen altos índices de herbivoría a diferencia de las hojas maduras o desarrolladas (Kursar y Coley, 1991; Coley, 1983; Coley y Barone, 1996). Este estudio comprueba que en términos generales la herbivoría no afectó los porcentajes de supervivencia de la mayoría de las especies sin embargo, sí fue determinante para la supervivencia de *E. coralloides*.

La longitud de tallo de la mayoría de las especies (*I. murucoides*, *D. viscosa*, *A. farnesiana*, *L. divaricata* y *L. leucocephala*), en general tendió a incrementarse; siendo considerablemente mayor hacia el final de la primera temporada de lluvias (Sep, 2005). Mientras que el resto de las especies (*P. dulce*, *E. coralloides* y *A. pennatula*), mostraron un mayor incremento en la segunda temporada de lluvias. *I. murucoides* y *D. viscosa* fueron las dos especies que alcanzaron la mayor altura (114 y 101 cm respectivamente) al final del

estudio. Estas especies, también fueron las que tenían la mayor longitud inicial al momento de la implantación. El resto de las especies, presentaron una longitud inferior a los 50 cm al término del estudio.

Las especies presentaron diferentes TCR_L en los dos periodos de lluvias. Curiosamente las dos especies que presentaron la mayor longitud inicial (*I. muruoides* y *D. viscosa*) presentaron una de las más bajas TCR_L . A pesar de ello, la gran mayoría de las especies presentaron TCR_L más altas en 2005, y bajas o nulas en 2006. Es importante mencionar, que el periodo de lluvias de 2006 presentó 200 mm más de precipitación que el año anterior. Posiblemente el exceso de precipitación causó un anegamiento en el suelo que generó condiciones de anoxia para las plantas. Estas condiciones de falta de oxígeno debido al exceso de agua, fue encontrado después de una evaluación del suelo realizada en la zona de estudio, por Galindo-Escamilla (2006); debido principalmente a una estructura pobre del suelo que provoca una baja infiltración del agua. Posiblemente estas condiciones adversas afectaron la TCR_L de la mayoría de las especies. La especie que no fue afectada negativamente por las condiciones adversas, fue *A. pennatula*, que mostró una alta TCR_L al final del estudio. Sin embargo por la alta variabilidad presentada en esta especie es posible que algunos individuos también hayan sido afectados negativamente por el anegamiento.

El diámetro del tallo también tendió a incrementarse para todas las especies a lo largo del estudio; siendo *I. muruoides*, *L. divaricata* y *A. pennatula*, las especies con los mayores diámetros tras 12 meses evaluación; de éstas, *I. muruoides*, fue la especie con el mayor diámetro de tallo promedio al final del estudio (23.20 mm).

La TCR_D para todas las especies en general, tras 12 meses de implantación, fue poco significativa (julio a julio del 2006); sin embargo, la mayor TCR_D , se observó en cuatro de las ocho especies estudiadas; en orden descendente fueron: *I. muruoides* > *L. divaricata* > *A.*

pennatula > *P. dulce*. Mientras que *L. leucocephala* fue la especie con la menor TCR_D . Se puede observar que las especies presentaron diferentes estrategias de crecimiento; mientras que *I. murucoides* presentó una baja TCR_L en el segundo año, ésta presentó la mayor TCR_D . *A. pennatula* que presentó la mayor TCR_L , mostró la tercera TCR_D . De acuerdo con Borchert (1994), el desarrollo de los árboles (raíz, tallo, hojas, flores) de SBC, varía considerablemente entre especies y sitios con distinta disponibilidad de agua sin embargo éste último, es considerado el factor determinante de la fenología de las especies de SBC (Sayer y Newbery, 2003). Estas diferencias fenológicas pueden relacionarse con la adaptación y la tolerancia específica de cada especie, al estrés por la sequía y la humedad disponible específica del sitio de estudio, durante los 17 meses que duró este trabajo. Es importante resaltar que el crecimiento radicular de las plántulas en los sistemas estacionales es mayor que el aéreo; lo que sugiere un mayor desarrollo radicular (Murphy y Lugo 1986; Lieberman y Li 1992). Estas diferencias inherentes de las especies, derivan en diversas estrategias para incorporar nutrientes, lo que supone menos competencia entre éstas (Eviner y Chapin III, 1997); esto es considerado como una ventaja más de las especies empleadas en proyectos de restauración.

En general, las especies tendieron a reducir su área de copa a lo largo del estudio; a pesar de esto, se observó una estrecha vinculación entre el aumento de la precipitación y el aumento del área de copa para la mayoría de las especies durante ambas temporadas de lluvia (junio a octubre, 2005 y 2006). La mayor área de copa promedio para todas las especies (171 cm^2), se observó al final de la primera temporada de lluvias (septiembre del 2005). En las SBC, el crecimiento de la parte aérea de las especies, una vez introducidas en el campo, solamente presenta tasas de crecimiento positivas durante los seis meses más húmedos (Gerhardt, 1996; Galindo-Escamilla, 2006). Por otro lado, la menor área de copa promedio de todas las especies (60 cm^2) se registró antes del inicio de la segunda temporada de lluvias (en junio del 2006). Borchert *et al.* (2002), mencionan que el estrés hídrico parece ser la principal causa de la caída

de las hojas (Wright, 1991); sin embargo, las hojas tienden a mantenerse por mucho más tiempo en plántulas con un sistema radicular más desarrollado, lo que les provee de una mejor hidratación durante la temporada de secas. Es decir, este comportamiento se debe a una estrategia desarrollada por las plantas para poder sobrevivir a esta temporada. Las especies que presentaron la mayor área de copa promedio, tanto en el año de implantación como al final del estudio fueron *L. divaricata* e *I. muruoides*. Esta característica puede ser favorable en la selección de estas especies para su uso en la restauración en pastos abandonados, ya que éstos representan una gran barrera biótica para la regeneración, establecimiento y crecimiento de especies leñosas, pues ejercen una fuerte competencia con las plántulas principalmente por agua e impiden la regeneración de otras (Nepstad y Serrao, 1991; Holl, 1999). Por lo tanto, en un área de restauración es importante tener especies que tengan un buen desarrollo del área de copa inicial para así, con su sombra, poder suprimir rápidamente dichos pastos.

VIII. CONCLUSIONES

La especies más recomendadas para restauración de esta área de SBC con un alto nivel de degradación y problemas de anegamiento, son: *Ipomoea muruoides*, *Dodonea viscosa*, *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Pithecellobium dulce* y *Lysiloma divaricata*; ya que presentaron los mayores porcentajes de supervivencia y los menores porcentajes de herbivoría; así como las mayores longitudes (con excepción de *Acacia pennatula* y *Lysiloma divaricata* para las últimas dos variables mencionadas) al final de este estudio. Por otra parte, *Ipomoea muruoides*, *Acacia pennatula*, *Lysiloma divaricata*, y *Pithecellobium dulce*, presentaron los mayores diámetros de tallo; mientras que las mayores áreas de copa, las tuvieron *Lysiloma divaricata*, *Ipomoea muruoides*, *Pithecellobium dulce* y *Dodonea viscosa*. Para el resto de las especies (*Leucaena leucocephala* y *Erythrina coralloides*), éstas tuvieron un muy bajo desempeño en la mayoría de las variables evaluadas en este estudio, por lo que

no serían especies recomendadas para su uso en la restauración de esta zona. Para el caso de *Erythrina coralloides*, mostró la herbivoría más elevada y presentó la supervivencia más baja. Es importante realizar estudios posteriores, ya que probablemente el haber sido introducidas con una altura inferior a las demás, pudo haber sido un factor determinante en su desarrollo final.

A pesar de que *L. divaricata* haya tenido una baja supervivencia, herbivoría moderada y una altura menor al promedio; tuvo la mayor área de copa al término del estudio, por lo que es una especie (catalizadora) recomendable para su uso en la restauración de pastos abandonados, debido a su capacidad para suprimir la competencia de los mismos; *Lysiloma divaricata* además, es una especie recomendable por otros autores porque puede establecerse en laderas con pendientes abruptas de SBC, posee la capacidad de fijar N en el suelo, mantiene una alta viabilidad de sus semillas en un ambiente sin ningún control, y tiene diversos usos tradicionales (maderables, combustibles y forrajeros) en la región.

Acacia farnesiana, presentó un menor crecimiento en diámetro de tallo y área de copa, sin embargo, tuvo un desempeño satisfactorio para el resto de las variables evaluadas en este estudio; además, de acuerdo a varios estudios, *Acacia farnesiana* tiene una amplia distribución en todo el mundo, puede crecer sobre una gran variedad de suelos (áreas de pastizales y tierras degradadas) y posee un profundo sistema radicular (previniendo la erosión, la escorrentía), lo que mejora la estructura del suelo; es una especie catalizadora, ya que tiene un gran potencial para incrementar la materia orgánica y la fertilidad del suelo (es una especie fijadora de nitrógeno). Dentro de sus usos tradicionales, puede ser empleada como barrera rompevientos, cerca viva, combustible (uso extensivo), maderables y como forraje (por sus altos contenidos de proteína cruda y palatabilidad).

Acacia pennatula, presentó una supervivencia media y una herbivoría moderada, no obstante, tuvo un buen desempeño en el resto de las variables evaluadas; mostrando el mejor desempeño en crecimiento de longitud de tallo; además, de acuerdo a la literatura existente, *Acacia pennatula* puede establecerse en laderas con pendientes y en suelos someros; es una especie catalizadora, puesto que puede usarse en el control de la erosión, debido a su sistema radical que se extiende ampliamente; además, mejora la fertilidad del suelo, pues es una especie fijadora de N. También posee diversos usos tradicionales; medicinales, maderables, combustibles, puede emplearse como cortina rompevientos y como forraje, puesto que las vainas son altamente palatables y nutritivas para la engorda de ganado.

Dodonea viscosa, tuvo un menor crecimiento en diámetro de tallo y altura, sin embargo presentó un buen desempeño para el resto de las variables evaluadas en este trabajo; además, de acuerdo a otros estudios *Dodonea viscosa*, tiene una amplia distribución en América, es una especie muy común de suelos degradados, puede crecer en terrenos con fuertes pendientes y posee una alta resistencia al fuego. También, cuenta con diversos usos tradicionales; medicinales, combustibles, maderables, puede emplearse como cortina rompevientos y se utiliza para tutorio en cultivos agrícolas; es una especie catalizadora, pues se recomienda su uso en el control de la erosión y como restaurador de suelos, ya que tiene la capacidad de desarrollar micorrizas (esto, a pesar de no ser una leguminosa), lo que favorece el crecimiento de las plantas y mejora las condiciones del suelo.

Ipomoea murucoides, mostró un buen desempeño en cada una de las variables evaluadas en este trabajo, destacándose por tener el mayor diámetro y longitud de tallo al final de este estudio; además, de acuerdo a la literatura existente el género *Ipomoea*, tiene una amplia distribución en el continente Americano; es una especie común de tierras secas, pastizales abandonados y suelos degradados; puede desarrollar un área de copa grande (lo que es importante para suprimir la competencia con los pastos) y posee defensas contra

insectos herbívoros; también es una catalizadora de la restauración por ser una especie atractora, en especial de aves y murciélagos, lo que es esencial para la dispersión de semillas en regiones tropicales ya que pueden ayudar a aumentar la regeneración de otras especies aledañas.

A pesar de que, *Pithecellobium dulce* tuvo un bajo crecimiento en diámetro de tallo, mostró un buen desempeño en el resto de las variables evaluadas en este estudio; además, de acuerdo a estudios previos, tiene una amplia distribución en Latinoamérica; tolera una amplia variedad de suelos; es una especie vigorosa y de rápido crecimiento; desarrolla una copa frondosa (útil para suprimir rápidamente los pastos y además de aportar un mantillo rico en materia orgánica al suelo); y es resistente a la sequía y al fuego. También posee diversos usos tradicionales; maderables, combustibles, medicinales, comestibles, como barrera rompevientos y forrajeros (presenta altos valores de proteína cruda). Otra ventaja de *Pithecellobium dulce*, es su capacidad para fijar N (mejora la fertilidad) y controlar la erosión de los suelos, pues puede emplearse en la recuperación de terrenos degradados.

Este trabajo aporta un conocimiento valioso sobre las especies que pueden ser utilizadas en proyectos de restauración de áreas degradadas, con base en el desempeño observado en cada una de las variables evaluadas, por el efecto catalizador y por el alto valor tradicional que cada una de las especies tiene en la región.

IX. REFERENCIAS

- Agrawal, A. 1998. Induces responses to herbivory and increased plant performance. *Science*, 279:1201-1202.
- Aguilar, B.S. 1998. Ecología del Estado de Morelos, un enfoque demográfico. Ed. Praxis. México. 9:300-304.
- Allen, O.N., and Allen, E.K. 1981. The Leguminosae, a source book of characteristics, uses and nodulation. The University of Wisconsin Press. Madison, USA.
- Álvarez, T. y González, T. 1970. Análisis polínico del contenido gástrico de murciélagos *Glossophaginae* de México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol*, 18:137-165.
- Anaya, A.L. 1996. Reunión Internacional de Ecología Química. Ecología Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 1-47.
- Argueta-Villamar, A., Cano, A.L. y Rodante, M.E. 1994. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. Tomo I, II y III. Instituto Nacional Indigenista. México D.F.
- Austin, A.T. 2002. Differential effects of precipitation on production and decomposition along a rainfall gradient in hawaii. *Ecology*, 83(2):328–338.
- Austin, D.F. and Huáman, Z. 1996. A Synopsis of *Ipomoea* (Convolvulaceae) in the Americas. *Taxon*. 45(1):3-38.
- Banco Mundial. 1994. Estudio del Subsector Forestal, México. SAHR-Subsecretaría Forestal de Fauna Silvestre. Coordinación de Asesores. México, D.F.
- Baker, D.D. 1990. Actinorhizal plants: underexploited trees and shrubs for forestry and agroforestry. *Nitrogen Fixing Trees Research Reports*, 8:3-7.
- Baskin, J.M. and Baskin, C.C. 1998. Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. School of Biological Sciences. University of Kentucky. Academic Press. San Diego, CA. USA. pp.5-20.
- Benítez-Malvido, J.M., Martínez-Ramos, J., Camargo, L.C. and Ferraz, I.D.K. 2005. Responses of seedling transplants to environmental variations in contrasting habitats of Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, 21:397-406.
- Benítez-Malvido, J. and Kossmann-Ferraz, I.D. 1999. Litter cover variability affects seedling performance and herbivory. *Biotropica*, 31:598-606.
- Berger, J. 1993. Ecological Restoration and Non-Indigenous Plant Species: A review. *Restoration Ecology*, June:74-82.
- Berrendt, G., Brazier, J.D. y Franklin, G.L. 1968. Maderas nicaragüenses. Características y usos potenciales.
- Binkley, D. and Giardina, C. 1998. Why do tree species affect soils? The Warp and Woof of tree-soil interactions. *Biogeochemistry*, 42:89-106.
- Blakesley, D., Elliott, S., Kuarak, C., Navakitbumrung, P., Zangkum, S. and Anusarnsunthorn, V. 2002. Propagating framework tree species to restore seasonally dry tropical forest: implications of seasonal seed dispersal and dormancy. *Forest Ecology and Management*, 164:31–38.
- Bonilla, J. y Villaseñor, J. 2003. Catálogo de flora del estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas. UAEM. Morelos, México. 89 p.
- Borchert, R., Rivera, G. and Hagnauer, W. 2002. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. *Biotropica*, 34(1):27-39.

- Borchert, R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology*, 75(5):1437-1449.
- Bradshaw, A.D. 1990. The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. In: Jordan III, W.R., Gilpin, M.E. y Aber, J.D. (eds). Restoration ecology: A synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press. United Kingdom. 5:53-74.
- Brady, N.C. 1990. The nature and properties of soils. Macmillan Publishing Co. 10th edition. USA. pp. 621.
- Brewbaker, J.L., Willers, K.B. and Macklin, B. 1990. Nitrogen fixing trees: validation and prioritization. *Nitrogen Fixing Tree Research Report*, 8:8-16.
- Bukovinsky, T., Trefas, H., Van Lenteren, J.C., Vet, L.E.M. and Fermont, J. 2004. Plant competition in pest-suppressive intercropping systems complicates evaluation of herbivore responses. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 102:185-196.
- Bullock, S.H., H.A. Mooney and E. Medina (eds.) 1995. Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bullock, S. and Solís-Magallanes, J. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in México. *Biotropica*, 22:22-35.
- Buol, S.W., Hole, F.D. and McCracken, R.J. 1989. Soil genesis and classification. Iowa State University Press. 3rd edition. USA. 446 p.
- Burdman, S., Vedder, D., German, M., Itzigsohn, R., Kigel, J., Jurkevitch, E. and Okon, Y. 1998. Legume crop yield promotion by inoculation with *Azospirillum*. En: Elmerick, C., Kondorski, A. y Newton, W.E. (Eds). Biological Nitrogen Fixation for the 21st Century. pp. 609-612.
- Camacho-Rico, F., Trejo, I. y Bonfil, C. 2006. Estructura y composición de la vegetación ribereña de la barranca del río Tembembe, Morelos, México. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, 78:17-31.
- Camacho, F., Gonzáles, V. y Olivera, A. 1992. Germinación y manejo en vivero del Chapulixtle (*Dodonea viscosa* (L.) Jacq.). Memorias de la reunión científica forestal y agropecuaria. Centro de investigación de la región del centro, Campo experimental Coyoacán, México, D.F.
- Carranza-Montaña, M.A., Sánchez-Velásquez, I.R., Pineda-López, Ma.R., Cuevas-Guzmán, R. 2003. Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la Sierra de Manantlán, México. *Agrociencia*, 37:203-210.
- Casmermeiro, M.A., Molina, J.A., de la Cruz Caravaca, M.T., Hernando, C.J., Hernando, M.I. and Moreno, P.S. 2004. Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean climate. *CATENA*. 57:91-107.
- CATIE. 1999. Nota técnica sobre manejo de semillas forestales. *Acacia farnesiana* (L) Willd. 62 p.
- Ceccon, E. and Hernández, P. 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.
- Ceccon, E., García-Barrios, R., Bonfil, C., Trejo, I., Toledo, I. y Martínez, E. 2008. Estación de Restauración Ambiental del Río Tembembe: logros y lecciones aprendidas. IV Simposio territorios y sociedades en un mundo en cambio. Miradas contrastadas en Iberoamérica. Universidad de Barcelona. España. pp. 1-16.
- Ceccon, E., Huante, P. and Rincón, E. 2006. Abiotic factors influencing tropical dry forest regeneration. *Brazilian Archives of Biology and Technology – BABT*. 49(2):305-312.

- Ceccon, E. and Sanchez-Solis I. 2005. Litterfall dynamics of four species from tropical deciduous forests of the Morelos State with potential to restoration. Resúmenes de contribuciones técnicas. In: Anales del VI Simposio Nacional e Congresso Latino-americano de Recuperação de Areas Degradadas, 24-28 october, Curitiba, Paraná, Brazil.
- Ceccon, E., Sánchez, S. and Campo-Alves, J. 2004. Tree seedling dynamics in two abandoned tropical dry forests of differing successional status in Yucatán, México: A field experiment with N and P fertilization. *Plant Ecology*, 170:277-285.
- Ceccon, E. 2003. Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas. UNAM. México. *Ciencias*, 72. Octubre-Diciembre.
- Cervantes-Gutiérrez, V., López-González, M., Salas-Nava, N. y Hernández-Cárdenas, G. 2001. Técnicas para propagar especies nativas de la selva baja caducifolia y criterios para establecer áreas de reforestación. Coordinación de Servicios Editoriales, Facultad de Ciencias. UNAM. México. pp.02-45.
- Cervantes-Sánchez, M.D.J., Boyás, T.R., Zavala, C.R., Ambríz, P., García, F. y Galván, C.H. 2001. Diagnóstico Forestal del Estado de Morelos. SAGARPA, INIFAP. 2ª Edición. Morelos, México.
- Cervantes, V., Arriaga, V., Meave, J. and Carabias, J. 1998. Growth análisis of nine multipurpose woody legumes native from Sothern México. *Forest Ecology and Management*, 110:329-341.
- Cervantes- Gutiérrez, V., Arriaga, V., y Carabias, J. 1996. La problemática socioambiental e Institucional de la Región de la Montaña, Guerrero, México. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, 59:67-80.
- Chappell, N.A., Ternan, J.L. and Bindin, K. 1999. Correlation of physicochemical properties and sub-erosional landforms with aggregate stability variations in a tropical Ultisol disturbed by forestry operations. *Soil and Tillage Research*, 50:55-71.
- Cheung, K.C., Wong, J.P.K., Zhang, Z.Q., Wong J.W.C. and Wong, M.H. 2000. Revegetation of lagoon ash using the legume species *Acacia auriculiformis* and *Leucaena leucocephala*. *Environmental pollution*, 109:75-82.
- Clarkson, B.D. and McQueen, J.C. 2004. Ecological Restoration in Hamilton city, North Island, New Zealand. 16th Int'l Conference, Society for Ecological Restoration. Victoria, Canada. August: 24-26.
- Coley, P.D. and Barone, J.A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Ann. Rev. Ecol. and System.* 27:305–335.
- Coley, P.D. 1983. Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest. *Ecological Monographs*. 53:209–233.
- CONABIO. 2007. Conabio / Especies nativas valiosas para la reforestación/ Índice de especies. Disponible en la World Wide Web: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/indice_especies.html
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2007. Área Técnica. Gerencia Regional Balsas. Cuernavaca, Morelos, México.
- Contreras, T. y Urbina, F. 1995. Historia Natural del Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre Corredor Biológico Chichinautzín. Centro de Investigaciones Biológicas. UNAM. Morelos, México. pp. 11-13.
- Dawson, J.O. 1986. Actinorhizal plants: Their use in forestry and agriculture. *Outlook in Agriculture*, 15(4):202-208.
- Dethier, V.G. 1954. Evolution of feeding preferences in phytophagous insects. *Evolution*, 8:33-54.

- Dirzo, R. and Domínguez, C.A. 1995. Plant-herbivore interactions in Mesoamerican tropical dry forests. pp. 304-325 En: Bullock, S.H., Medina, E. & Mooney, H.A. (eds.). Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press, Cambridge. USA.
- Dorado, O. y Maldonado, B. 2005. Programa de conservación y manejo reserva de la biosfera Sierra de Huautla. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 1ª edición. México.
- Dorado, O.R. 1983. La subfamilia *Mimosoideae* (Familia *Leguminosae*) en el estado de Morelos. Tesis de licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas. UAEM. Morelos, México.
- Ehrlich, P. and Raven, P.H. 1964. Butterflies and plants: A study in coevolution. *Evolution*, 18:586-608.
- Espejo-Serna, A. 2006. Diagnóstico de los recursos forestales no maderables y maderables no tradicionales en bosques tropicales y subtropicales en los estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca". Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. (Citado 05-Febrero-2006). Disponible en la World Wide Web: <http://www.semarnat.gob.mx/pfnm2/indices/indices.htm>
- Eviner, V.T. and Chapin, F.S., III. 1997. Plant-microbial interactions. *Nature*, 385:26-27.
- Fehling-Fraser, T.C. 2010. Sobrevivencia y crecimiento inicial de esquejes de *Erythrina americana* mill. tratados con ácido indolbutírico y fertilizante fosfatado, como herramienta para la restauración productiva. Tesis de licenciatura. UAEM. Morelos, México.
- Foroughbakhch, R. 1992. Stablishment and growth potencial of fuelwood species in northeastern Mexico. *Agroforestry Systems*, 19:95-108.
- Fraenkel, G.S. 1959. The raison d'etre of secondary plant substances. *Science*, 129:473-486.
- Galindo-Escamilla, A. 2006. Problemática para el establecimiento de seis especies nativas de selva baja caducifolia en la recuperación de un sitio perturbado en las barrancas del Tembembe, Morelos. Tesis de Maestría. UNAM. México, D.F.
- García-Barrios, R., Ceccon, E., Bonfil, C., Trejo, I., Toledo, I., y Martínez-Romero, E. 2005. Estación de restauración ambiental del río Tembembe: un modelo mexicano de vinculación universitaria con la comunidad. Congreso Latino Americano de Recuperación de Áreas Degradadas. Curitiba, Brasil.
- García-Mateos, R., Soto-Hernández, M., Martínez-Vázquez, M. and Villegas-Monter, A. 1999. Isolation of alkaloids of *Erythrina* from tissue culture. *Phytochem. Anal.* 10:12-16.
- García, R., Soto, M. y Vibrans, H. 2001. *Erythrina americana* Miller ("Colorin," *Fabaceae*), un recurso versátil de México. Una Revisión. *Economic Botany*, 55(3):391-400.
- García-Guzmán, G. and Dirzo, R. 2001. Patterns of leaf-pathogen infection in the understory of a Mexican rain forest: Incidence, spatiotemporal variation, and mechanisms of infection. *American Journal of Botany*, 88:634-645.
- Gentry, A.H. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. En: Hecht, M.K., Wallace, B., Prance, E.T. (eds.). *Evolutionary biology: New York and London*, Plenum Press. Vol 15. pp. 1-84.
- Gerhardt, K. 1998. Leaf defoliation of tropical dry forest tree seedlings implications for survival and growth. *Trees*, 13:88-95.
- Gerhardt, K. 1996. Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings in a tropical seasonal dry forest. *Forest Ecology and Management*, 82(3): 3-48.

- 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. and Hytteborn, H. 1992. Natural dynamics and regeneration methods in tropical dry forests- an introduction. *Journal of Vegetation Science*, 3:361-364.
- Gobierno del Estado de Morelos. 2004. Municipio de Miacatlán. (Citado el 06 de Febrero, 2008) Disponible en la World Wide Web: <http://e-municipios.e-morelos.gob.mx/miacatlan.htm>
- Gómez-Garzón, A. 2002. Caracterización del medio físico de la cuenca del río Tembembe empleando sistemas de información geográfica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje, Subcoordinación de Conservación de Cuencas, Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del SIG CUENCAS. Morelos, México.
- Gómez, R.J.C. y Ceccon, E. 2004. La restauración ecológica en México: ¿Sueño o realidad? Agua y desarrollo. 16:23-27.
- Greenberg, R., Bichier, P. and Sterling, J. 1997. Acacia, cattle and migratory birds in southeastern Mexico. Smithsonian Migratory Bird Center, National Zoological Park. *Biological Conservation*, 80:235-247.
- Groom, P.K., Lamont, B.B., and Markey A.S. 1997. Influence of leaf type and plant age on structure and sclerophylly in hakea (Proteaceae). *Australian Journal of Botany*, 45:827-838.
- Habte, M. and Manjunath, A. 1987. Soil Solution Phosphorus Status and Mycorrhizal dependency in *Leucaena leucocephala*. *Microbiology*, 53(4):797-801.
- Herrera-Arreola, G., Herrera, Y., Reyes-Reyes, B.G. and Dendooven, L. 2007. Mesquite (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.), huisache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) and catclaw (*Mimosa biuncifera* Benth.) and their effect on dynamics of carbon and nitrogen in soils of the semi-arid highlands of Durango Mexico. *Journal of Arid Environments*, 69:583-598.
- Herrera, Z., Lanuza, B. 1995. Especies para reforestación en Nicaragua. Servicio Forestal Nacional. MARENA. Managua, Nicaragua. Pp. 97-99.
- Holl, K.D. 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotropica*, 31:229-242.
- Howe, H.F. and Westley, L.C. 1988. Ecological relationships of plants and animals. Oxford University Press. 2:27-103.
- Huante, P., Rincón, E. and Gavito, M. 1992. Root system análisis of seedlings of seven tree species from a tropical dry forest in Mexico. *Micorrhiza*, 2:141-145.
- Hunt, R. and Parsons, I.T. 1974. A computer program for deriving growth-functions in plant growth- analysis. *J. appl. Ecol.* 11:297-307.
- Hutton, E.M. 1995. Very acid soil constraints for tree legumes like *Leucaena* and selection and breeding to overcome them. In: Proceedings of the Workshop "Nitrogen Fixing Trees for Acid Soils". Evans, D.O. and L.T. Szott (eds.). Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA) and Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. pp. 258-271.
- Igboji, I.F. 1992. On appraising soil erosion menace and control measures in Southeastern Nigeria. *Soil Technology*, 5(1):57-65.
- INE. Instituto Nacional de Ecología. 2005. *Dodonea viscosa* Jacq. (Citado el 24 de Abril, 2006). Disponible en la World Wide Web: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/379/flora61.html>

- INEGI. 2000. Carta de climas 1:50000 E-14-A-58. INEGI. México.
- Jansen, I.J. 1981. Reconstructing soil after surface mining of prime agricultural land. *Mining Engineering*. pp. 312-324.
- Janzen, D.H. 1988. Tropical dry forests: the most endangered major ecosystem. In: Wilson, E. O. (Ed.) *Biodiversity*. Washington, DC: National Academic Press. USA. pp. 130-137.
- Kahindi, R.K., Abdulrazak, S.A. and Muinga, R.W. 2007. Effect of supplementing Napier grass (*Pennisetum purpureum*) with Madras thorn (*Pithecellobium dulce*) on intake, digestibility and live weight gains of growing goats. *Small Ruminant Research*, 69:83–87.
- Khan, A.G. 1974. The occurrence of Mycorrhizas in Halophytes, Hydrophytes and Xerophytes, and of Endogone Spores in Adjacent Soils. *Microbiology*, 81:7-14.
- Karban, R., Maron, J., Felton, G.W., Ervin, G. and Eichenseer, H. 2003. Herbivore damage to sagebrush induces resistance in wild tobacco: evidence for leavesdropping between plants. *Oikos*. 100:325-330.
- Keeler, K.H. and Kaul, R.B. 1984. Distribution of defense nectaries in Ipomoea (Convolvulaceae). *Am. J. Bot.*, 71(10):1364-1372.
- Köppen, W. 1948. *Climatología*. Fondo de Cultura Económica. México. 478 p.
- Krisnamurthy, L. y Ávila, M. 1999. *Agroforestería Básica*. Serie de textos para la formación ambiental. PNUMA. 2013 p.
- Kursar, T.A. and Coley, P.D. 1991. Nitrogen content and expansion rate of young leaves of rainforest species: Implications for herbivory. *Biotropica*, 23:141-150.
- Lal, R. 1999. Soil quality and soil erosion. *Soil and water conservation Society*. 5:75-76.
- Lieberman, D. and Li, M. 1992. Seedling recruitment patterns in a tropical dry forest in Ghana. *Journal of Vegetation Science*, 3:375-382.
- Lieberman, D. and Lieberman, M. 1984. The causes and consequences of synchronous flushing in a dry tropical forest. *Biotropica*, 16:193-201.
- Lowery, D. and Gray, V. 1995. "The Population Ecology of Gucci Gulch, or the Natural Regulation of Interest Group Numbers." *American Journal of Political Science*, 39:1-29.
- Lozoya, X. y Lozoya, M. 1982. *Flora medicinal de México. Plantas indígenas*. Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). México. pp. 174-192.
- Lugo, A.E., Cuevas, E. and Sánchez, M.J. 1990. Nutrients and mass in litter and top soil of 10 tropical tree plantations. *Plant and Soil*, 125:263-280.
- Martínez-Romero, E., Segovia, L., Mercante, F.M., Franco, A.A., Graham, P. and Pardo, M.A., 1991. Rhizobium tropici, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 41:417–426.
- Martínez, M. 1969. *Las Plantas Medicinales de México*. Ediciones Botas, México. 77 p.
- Mayea, S., Carone, M., Novo, R., Boado, I., Silveira, I., Soria, M., Morales, Y. y Valiño, A. 1998. *Microbiología Agropecuaria*. Tomo II. Ed. Félix Varela. La Habana, Cuba. pp. 156-178.

- McDonald, J.A. 1992. Evolutionary implications of typical and anomalous secondary growth in arborescent *Ipomoea* (Convolvulaceae). *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. Torrey Botanical Society. 119(3):262-267.
- McDonald, A. 1991. Origin and diversity of Mexican Convolvulaceae. *Anales Instituto de Biología*. UNAM. México. Serie Botánica, 62(1):65-82.
- McPherson, G. 1981. Studies in *Ipomoea* (Convolvulaceae) I. The Arborescens Group. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Pubs. Missouri Botanical Garden Press. USA. 68(4):527-545.
- McVaugh, R. 1987. Flora Novo-Galiciana. A descriptive account of the vascular plants of Western Mexico. Leguminosae. University of Michigan press. USA. 5:514-515.
- Medina, E. y Cuevas, E. 1990. Propiedades fotosintéticas y eficiencia de uso del agua de plantas leñosas del bosque decíduo de Guanica: consideraciones generales y resultados preliminares. *Acta científica* (Puerto Rico). 4:25-36.
- Medinaceli, A., Miranda-Avilés, F., Flores-Saldaña, N.P. y Gutiérrez-Calucho, E. 2004. Herbivoría en relación al tamaño de la planta y a las diferencias de exposición de *Pilea* sp. (Urticaceae) en la Estación Biológica Tunquini, Cotapata, La Paz-Bolivia. *Ecología en Bolivia*. Octubre. 39(2):4-8.
- Meli, P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. INCI. 28(10):581-589. ISSN 0378-1844.
- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V. and Gordon, J.E. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests, *Journal of Biogeography*, 33:491-505.
- Miranda, F. y Hernández, X. E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol.Soc. Bot.Méx.*, 28:29-179.
- Monroy, C. y Castillo, P. 2007. Plantas medicinales utilizadas en el estado de Morelos. UNAM. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. 2a. Edición. Morelos, México. 314:133-134.
- Monroy-Ortiz, C. y Monroy, R. 2004. Análisis de la dominancia cultural de las plantas útiles en el estado de Morelos. *Biol. Soc. Bot. Méx.*, 74:77- 95.
- Monroy, R. y Colín, H. 2004. El guamúchil *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., un ejemplo de uso múltiple. Maderas y Bosques. Instituto de Ecología. Xalapa, México. 10(1):35-53.
- Montagnini, F. 2001. Strategies for the recovery of degraded ecosystems: Experiences from Latin America. *Interciencia*. Octubre, 2001. 10(26):498-503.
- Murphy, P.G. and Lugo A.E. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review. Ecology Sistematic*, 17:67-88.
- Neill, D. 1988. Experimental studies on species relationships of *Erythrina* (Leguminosae: Papilionoideae). *Annals of the Missouri Botanical Gardens*. 75:886-969.
- Nepstad, D.C., Uhl, C. and Serrao, E.A.S. 1991. Recuperation of a degraded Amazonian landscape: Forest recovery and agricultural restoration. *Ambio*. 20:248-255.
- Olson, D.M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E.D., Burgess, N.D., Powell, G.V.N., Underwood, E.C., D'Amico, J.A., Itoua, I., Strand, H.E., Morrison, J.C., Loucks, C.J., Allnutt, T.F., Ricketts, T.H., Kura, Y., Lamoreux, J.F., Wettengel, W.W., Hedao, P. and Kassem, K.R. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. *BioScience*, 51:933–938.

- Ordóñez, M.de J. y Flores, O. 1995. Áreas Naturales protegidas. Serie Cuadernos de Conservación. No.4. *Pronatura*. México, D.F.
- Parsons, H.M., Lamont, B.B., Koch, M.J. and Dods, K. 2007. Disentangling Competition, Herbivory, and Seasonal Effects on Young Plants in Newly Restored Communities. *Restoration Ecology*, 15(2):250-262.
- Pérez-Negron, E. and Casas, A. 2007. Use, extraction rates and spatial availability of plant resources in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México: The case of Santiago Quiotepec, Oaxaca. *Journal of Arid Environments*, 70:356-379.
- Parrotta, J.A. 1999. Productivity, nutrient cycling, and succession in single and mixed-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta* y *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. *Forest ecology and Management*, 124:45-77.
- Parrotta, J.A., Turnbull, J.W. and Jones, N. 1997. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecol. Manag.*, 99:1-19.
- Parrotta, J.A. 1991. *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Guamúchil, Madras thorn. SO-ITF-SM-40. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.
- Parrotta, J.A. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Leucaena, tantan*. SO-ITF-SM-52. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 8 p.
- Pennington, T.D., y Sarukhan, J. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. UNAM. Fondo de Cultura Económica. México. 521 p.
- Pinilla, C. y Ceccon, E. 2008. Nuevo paradigma en la restauración ecológica: integrar la conservación y la sociedad. *Ciencias*, 59(4):49-55.
- Purata, S.E., Greenberg, R., Barrientos, V. and López-Portillo, J. 1999. Economic potencial of the Huizache, *Acacia pennatula* (Mimosoideae) in Central Veracruz, México. *Economic Botany*, 53:15-29.
- Reich, P.B. and Borchert, R. 1984. Water stress and tree phenology in tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 72:61-64.
- Rico-Arce, L. 2001. El género *Acacia* (Leguminosae, Mimosoideae) en el estado de Oaxaca, México. *Anales Jara. Bot. Madrid*. 58(2):251-302.
- Rincón, E., Álvarez, M., González, G., Huante, P. y Hernández, A. 1999. Restauración de selvas bajas caducifolias. INE-SEMARNAP. México, D.F. *Gaceta Ecológica*, 53(6): 62-71.
- Rivera-Posada, J.H. y Sinisterra-Reyes, J.A. 2005. Restauración social de suelos degradados por erosión y remociones masales en laderas andinas del Valle del Cauca Colombia con la utilización de obras de bioingeniería. Quinto Congreso Nacional de Cuencas Hidrográficas, Santiago de Cali, Colombia. pp. 1-34.
- Russo, R.O. and Botero, R. 1996. Nitrogen fixing trees for animal production on acid soils. In: Powell, M.H. (ed.). Nitrogen fixing trees for acid soils: a field manual. Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA). Morrilton, Arkansas. USA. pp. 31-39.
- Rzendowski, J. 1990. Vegetación potencial. Atlas Nacional de México. Sección Naturaleza. Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F.
- Rzendowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D.F.
- Sabogal, C. 1992. Regeneration of tropical dry forests in Central America, with examples from Nicaragua. *Journal of Vegetation Science*, 3:407-416.

- San Miguel-Chávez, R. 2007. Alkaloid production in elicited cell suspension cultures of *Erythrina americana* Miller. *Journal Phytochemistry Reviews*, 6(1):1568-7767.
- Sánchez, I. 2010. Producción de hojarasca y descomposición de materia orgánica de cuatro especies arbóreas de Selva Baja Caducifolia en una plantación de Zacatepec, Morelos. Tesis de licenciatura. UNAM. México D.F.
- Sánchez, S., Soto, R., Kite, G. y García, M. 2001. Identificación de alcaloides en las inflorescencias de *Erythrina americana* Miller. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. México. 7(1):37-48.
- Sánchez, O. 1969. La flora del Valle de México. Herrero. México. pp. 197.
- Sayer, E.J. and Newbery, D.M. 2003. The role of tree size in the leafing phenology of a seasonally dry tropical forest in Belize, Central America. *Journal of Tropical Ecology*, 19(5):539-548.
- SEMARNAT. 2005. Regiones de Texcoco-obras. Disponible en la World Wide Web: <http://www.semarnat.gob.mx/regiones/texcoco/obras.shtml>
- Shelton, H.M. and Brewbaker, J.L. 1984. *Leucaena leucocephala* the most widely used forage tree legume. In: R. C. Gutteridge and H.M. Shelton (eds.). *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture*. Wallingford, UK. CAB International. pp. 15-29.
- Society for Ecological Restoration, International (*SER, International*), Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: *Society for Ecological Restoration International*.
- Sprent, J.I. 2001. Nodulation in legumes. Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
- Trejo, I. and Dirzo, R. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in México. *Biological Conservation*, 94:133-142.
- Trejo, I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*. UNAM. 39:40-52.
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. (Citado el 23 de Mayo, 2008). Disponible en la World Wide Web: <http://www.tropicos.org>
- Torres, J., Castro, R. y Grande, D. 2008. Cercas de uso pecuario en la cuenca del río La Antigua, Veracruz: Inventario florístico y costo de construcción. V Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible del 24 al 28 de Noviembre de 2008 Maracay, Venezuela. *Zootecnia Tropical*. México. 26(3):279-283 (Consultado en Abril, 2009). Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/pdf/zt/v26n3/art26.pdf>
- Vázquez-Perales, R., Islas-Samperio, J., Martínez-Romero, E., Toledo, I. and Cecon, E. 2005. Initial establishment of two energy plantations using agroforestry systems for small farmers: the case of the village of Cuentepec, in Mexico. *Memorias en extenso del 14th European Biomass Conference and Exhibition Biomass for Energy, Industry and Climate Protection*. October 2005. Palais des Congrès, Paris, France. pp. 17-21.
- Vázquez-Yanes, C., Orozco, S. A., Rojas, M., Sánchez, M.A. y Cervantes, V. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Vázquez Yanes, C. y Batis, A. 1996. Adopción de árboles nativos valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. *Bol. Soc. Bot. Mex.*, 58:75-84.

- Vázquez-Yanes, C., Orozco-Segovia, A. Rincón, E. Sánchez-Coronado, M.E., Huante, P. Toledo, J.H. and Barradas, V.L. 1990. Light beneath the litter in a tropical forest: effect on seed germination. *Ecology*, 71(5):1952-1958.
- Vietmeyer, N.D. 1980. Agriculture and nutrition at village level, Underexploited village resources. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences. 209(1174):47-58.
- Vitousek, P.M. and Hooper, D.U. 1998. Effects of plant composition and diversity on nutrient cycling. *Ecological Monographs*, 68(1):121-149.
- Vitousek, P.M. and Howarth, R.W. 1991. Nitrogen limitation on land and in the sea: How can it occur? *Biogeochemistry*, 13:87-115.
- Von Carlowitz, P., Wolf, G. and Kemperman, R. 1991. The Multipurpose and Shrub Database. An Information and Decision-Support System. User's manual, Version 1.0. ICRAF. Nairobi Kenya.
- Weis, A.E. and Berenbaum, M.R. 1989. Herbivorous insects and green plants. Plant animal interactions. Abramsons, W.G (Ed.). McGraw Hill. New York, USA. pp. 123-162.
- Wotowiec, P. y Martínez, H.A. 1984. Estudios silviculturales con especies para producción de leña en la zona semiárida de Guatemala. CATIE/INAFOR, Guatemala, Febrero 1984.
- Wright, S.J. 1991. Seasonal Drought and the Phenology of Understory Shrubs in a Tropical Moist Forest. *Ecology*, 72(5):1643-1657.
- Xiang-zhou, X., Hong-wu, Z. and Ouyang, Z. 2004. Development of check-dam systems in gullies on the Loess Plateau. China. *Environmental science and policy*, 7(2):79-86.
- Young-Zong, S., Yu-Lin, L., Jian-Yuan, C. and When-Zhi, Z. 2005. Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, inner Mongolia, northern China. *CATENA*. 59:267-278.