



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE ECOLOGÍA**

**RESTAURACIÓN DE POTREROS CON DISTINTA
HISTORIA DE USO EN EL EJIDO DE CHAJUL,
SELVA LACANDONA, CHIAPAS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

**P R E S E N T A
EDMUNDO HUERTA PATRICIO**

DIRECTOR DE TESIS: DR. RODRIGO A. MEDELLÍN LEGORRETA

MÉXICO D. F.

OCTUBRE 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a CONACYT por la beca que me otorgó para poder realizar mis estudios de Maestría, a Fundación Pakard y a mi familia por el apoyo financiero para la realización del trabajo de campo.

Quiero agradecer a todos aquellos que me dieron su apoyo académico y a todos los que estuvieron cerca de mí.

Al Dr. Rodrigo Medellín por todo lo aprendido y madurado, a la autonomía que me permitió ejercer en este proyecto. Al M. en C. Vicente Arriaga por todo el apoyo académico que me brindó y por su apoyo moral en los momentos más difíciles de la Maestría.

A la Dra. Alma Orozco y al Dr. Javier Álvarez por su valioso apoyo académico. A la M. en C. Julia Carabias y al Dr. José Sarukhán por sus acertados comentarios y correcciones a la tesis.

A Rafael Lombera y a su padre Don Manuel Lombera por todo el apoyo en el ejido Chjaul durante el trabajo de campo.

A los voluntarios, alumnos del Dr. Medellín y amigos que me ayudaron a la colecta de semillas, construcción del vivero y transplante de árboles, en especial a Juanelo y a Brad.

A mis papas y a mis hermanos por todo su amor, los consejos y por estar cerca y siempre apoyando mis decisiones.

A mis amigos de la Maestría en restauración, en particular a Mariana, Julieta y Andrea.

En especial quiero agradecer a Germán y a Rodolfo, por toda la luz y enseñanzas que a través de ellos he adquirido en esta etapa de mi vida y que sin ellas el término de esta tesis no sería lo mismo.

Gracias

Edmundo Huerta Patricio

ÍNDICE

1. Introducción	5
2. Antecedentes	8
2.1 ¿Qué es la Restauración Ecológica?	8
2.2 Importancia del proceso de regeneración natural y la regeneración inducida para la restauración del bosque tropical húmedo	14
3. Objetivos	18
3.1. Objetivo general.....	18
3.2. Objetivo particular.....	18
4. Área de estudio	19
4.1 Localización.....	19
4.2 Clima.....	22
4.3 Edafología.....	22
4.4 Tipo de Vegetación.....	22
4.5 Sitios de estudio	23
4.6 Historia de uso de los sitios de estudio	26
4.7 Caracterización de los sitios de estudio con respecto al perfil superficial del suelo	29
5. Método	30
5.1 Colecta de semillas y obtención de plántulas.....	30
5.2 Transplante y efecto del grado de perturbación del sitio sobre el crecimiento y supervivencia de los árboles.....	37
5.3 Obtención de datos y Análisis Estadísticos.....	38
6. Resultados	41
6.1 Producción y emergencia de plántulas en vivero.....	41
6.2 Tasa absoluta de crecimiento.....	43
6.3 Tasa relativa de crecimiento.....	47
6.4 Supervivencia.....	51
7. Discusión	56
7.1 <i>Cedrela odorata</i> L.....	56
7.2 <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake.....	60
7.3 <i>Virola guatemalensis</i> (Hemsl.) Warb.....	63
8. Conclusiones	70
9. Recomendaciones	73
10. Literatura citada	76

Resumen

La selva Lacandona en el estado de Chiapas ha estado sometida a una intensa deforestación durante el siglo XX. Existen una gran cantidad de centros de población alrededor de lo que ha sido decretada como la Reserva de la Biosfera Montes Azules; sus pobladores han ejercido presión sobre los recursos del bosque tropical húmedo transformándolo en pastizales destinados para ganadería (potreros) y en parcelas de cultivo. Hoy día la biodiversidad y las reservas ejidales colindantes a la Reserva de la Biosfera se encuentran en peligro de desaparecer.

Es importante implementar planes de restauración ecológica en los centros de población que rodean a la Reserva de la Biosfera Montes Azules con el objeto de recuperar los servicios ambientales así como la diversidad biológica de la región.

El presente proyecto tiene como objetivo probar tres especies de importancia forestal para la restauración del bosque tropical húmedo en pastizales y acahuales abandonados del ejido de Chajul.

Con el objeto de determinar el efecto de la historia de uso de los sitios perturbados sobre el crecimiento y supervivencia de tres especies de árboles tropicales, se midió la supervivencia de plántulas de cada especie y su TAC y TRC en términos de altura y diámetro del tallo en condiciones de campo. Las especies analizadas fueron *Cedrela odorata*, *Virola guatemalensis* y *Schizolobium parahyba* en pastizales abandonados y un acahual con diferente historia de uso, se introdujeron plántulas producidas en vivero y para el caso de *C. odorata* extraídas de bancos de plántulas en campo. El monitoreo se realizó de enero del 2004 a junio del 2004.

El análisis de los resultados mostró que la historia de uso de la tierra tiene un efecto sobre el crecimiento y supervivencia de las tres especies analizadas. En términos generales, las tres especies crecen más en el potrero más perturbado. Sin embargo en cuanto a la supervivencia hay diferencias considerables en su comportamiento y es en el acahual y en el potrero 2 donde la supervivencia es mayor para las tres especies.

Las especies analizadas tuvieron mayor o menor éxito en su establecimiento temprano en los potreros y el acahual, siendo la historia de uso del sitio una variable importante para la supervivencia y el crecimiento de estas especies.

La información generada por la historia de uso de las parcelas nos ayudara a sentar algunas bases para planes de restauración ecológica a nivel regional; en particular el enriquecimiento de acahuales con especies maderables es una de las alternativas más viables por donde emprender camino en estas zonas ejidales como Chajul.

Finalmente la restauración ecológica del bosque tropical húmedo en el ejido de Chajul debe de satisfacer tanto a las necesidades e iniciativas propias de los dueños de la tierra, así como a los objetivos y metas de la ciencia de la restauración ecológica.

Abstract

The Lacandonia region is one of the most important Tropical Rain Forest in the state of Chiapas in south east Mexico. During the last century these forest had been heavily deforested, the population growth, wood extraction, land transformation into extensive livestock areas and agriculture fields represent the most important deforestation causes. Today the biodiversity of this ecosystem is endangering. The original coverage where 1.5 millions of hectares, actually the Lacandonian Tropical Rain Forest is protected by a federal system of natural protected areas with only 0.5 million of hectares.

It is urgent the necessity to implement a Restoration Ecology program of deforested areas in the population center of Marqués de Comillas in the Lacandonia region, with the objective to recover the environmental services, to conserve the undisturbed forest and restore the biodiversity of the area.

These project have the main objective to test three tropical tree species as a model for the restoration of the Tropical Rain Forest in disturbed habitats. I analyze the early establishment of *Cedrela odorata*, *Schizolobium parahyba* and *Virola guatemalensis* in three abandoned cattle pastures with a different land use history. I describe the use history of the land making an open test to the land owners.

The results show that the land uses history has an effect on the early establishment measured by the absolute and relative growth rates and survival probability of the seedlings. *Cedrela odorata* and *Schizolobium parahyba* where the most successful species where the land use history show a heavily intensive use with 4 to 5 cattle's per hectare during 13 years and 5 year of abandonment. In the less disturbed habitat with one year of activity with 4 to 5 cattle's per hectare, *Virola guatemalensis* and *Cedrela odorata* where the most successful species.

These information may help us to establish some bases for restoration programs in the region of Marqués de Comillas and Lacandonia area, in particular to get the capacity to decide witch species are the best ones to restore a disturbed habitats with different land use histories in a mosaic of disturbed land.

1

INTRODUCCIÓN

La selva Lacandona en el estado de Chiapas representa uno de los últimos remanentes grandes de bosque tropical húmedo en México (Medellín 1994; De Vos 2002). En esta región existen graves problemas de deforestación, siendo la ganadería extensiva el principal motivo de esta pérdida (Mendoza y Dirzo 1999) así como el desmedido crecimiento poblacional alrededor de la reserva. No existen datos recientes que muestren claramente la dinámica en las tasas de deforestación, pero es un hecho que éstas se han incrementando año con año debido a la demanda de la población local por más tierras (De Vos 2002).

La región de la selva Lacandona ha sido escenario de diversos fenómenos sociales, como migraciones locales de los altos de Chiapas, el llamado *Ahlan K'in* (la migración a las tierras bajas de Lacandonia); migraciones de campesinos en busca de tierras y de una mejor calidad de vida provenientes de otros estados de la República Mexicana como Guerrero, Michoacán y Oaxaca (De Vos 2002).

Esta colonización que ha devastado a la selva Lacandona, fue concretada por la política del presidente Miguel Alemán (1946-1952) de retomar lo que se llamó la “Marcha al Mar”,

lanzada anteriormente por Manuel Ávila Camacho (1939-1945). El trasfondo del discurso oficial era una política de apropiación privada concebida como sustituto de la reforma agraria y en vez de distribuir las tierras de los latifundios hacendados entre los campesinos, se les invitó a ocupar terrenos nacionales vírgenes, abriéndolos paralelamente a inversionistas capitalistas (De Vos 2002).

Uno de los procesos legales que sin duda alguna fue el detonante del problema más grande que actualmente enfrenta la selva Lacandona, es la adjudicación a la Nación de 401 959 hectáreas en Ocosingo, la Trinitaria, Las Margaritas y La Libertad para desarrollar una *colonización dirigida con la creación de Nuevos Centros de Población Ejidal*, destinando éstas tierras a la satisfacción de las necesidades agrarias (Diario Oficial 18 de agosto de 1967).

Estos sucesos ocasionaron y siguen ocasionando una serie de conflictos sociales que han reducido a la selva Lacandona de su cobertura original de 1.5 millones de hectáreas a 0.5 millones de hectáreas de bosque tropical húmedo que aún están conectadas con el Petén guatemalteco (Gaona y Medellín 2005).

En el tema de la selva Lacandona existe una gran disyuntiva, por un lado asegurar el desarrollo social de los diferentes grupos étnicos alrededor de la región y por otro, la tendencia presevacionista e intereses de diversos grupos sociales como son la comunidad científica, asociaciones civiles, ONG's, gobierno, sector empresarial, etc. Desafortunadamente, la falta de comunicación entre estos grupos y la manipulación política de algunos de ellos, han arrojado violentas acusaciones entre los diversos grupos de trabajo

perdiendo el objetivo que se busca en conjunto que es la conservación y restauración del bosque tropical húmedo en beneficio de los mexicanos y del desarrollo humano (Gaona y Medellín 2005).

Mientras tanto los datos más recientes de deforestación en la región Lacandona han estimado tasas promedio de deforestación anual de 2.13 % para 1974 y 1.6 % entre 1984 y 1991, siendo la ganadería extensiva el principal motivo de ésta pérdida (Mendoza y Dirzo 1999). No existen datos recientes que muestren la problemática actual pero ésta no promete ser muy alentadora.

Es indispensable que los nuevos estudios tengan un componente social con el objetivo de realizar una restauración cultural y ecológica *transdisciplinaria* (Wyant *et al.* 1995; Hobbs y Harris 2001; Pfadenhauer 2001; Swart *et al.* 2001; Naveh 2005), así mismo, estamos obligados a promover la aceptación de los objetivos de la restauración en la sociedad (Pfadenhauer 2001) conciliando por un lado, la conservación del bosque tropical húmedo y por el otro, el desarrollo humano de los grupos sociales que formamos parte del paisaje, lo que representa la Totalidad del Ecosistema Humano (Total Human Ecosystem) (Naveh 2005).

2

ANTECEDENTES

2.1. ¿Qué es la Restauración Ecológica?

La restauración ecológica ha sido definida como el proceso de alteración intencional para establecer un ecosistema histórico nativo (Primack y Massardo 2001), sin embargo, dependiendo de las situaciones, de los objetivos para una determinada región y del tipo de restauración, no necesariamente implicaría establecer un ecosistema histórico nativo, pero si la restauración de algunos elementos, funciones y servicios ambientales de los ecosistemas.

La restauración ecológica proporciona la teoría y técnicas para recuperar diversos tipos de comunidades y ecosistemas degradados, a lo cual existen cinco aproximaciones referidas a la recuperación de ecosistemas: la *restauración*, que significa regresar a su estado no alterado a un ecosistema dañado, o bien, la reconstrucción de un ecosistema degradado considerando la estructura comunitaria; *rehabilitación*, ésta busca la reparación del ecosistema no emular las condiciones prístinas, considera recuperar los elementos, la estructura o función de un sistema ecológico; *recuperación*, se refiere a la recuperar sitios severamente degradados, por ejemplo minas abandonadas o construcciones a gran escala; *recreación*, también llamada reemplazo ó creación de hábitat, es la completa reconstrucción

ó reemplazo de ecosistemas en sitios severamente perturbados por un hábitat productivo; finalmente la *recuperación ecológica* implica dejar que el sistema se recupere por sí solo, a través de los atributos propios de la sucesión natural (Mefe y Carroll 1997; Primack y Massardo 2001).

Los proyectos de restauración ecológica han tenido sus raíces en cómo funcionan los sistemas ecológicos, es decir, en la teoría ecológica. Los ecosistemas son sistemas abiertos, difíciles de delimitar y representan entidades con una naturaleza dinámica, lo que hace que los alcances de la restauración ecológica en términos de atributos estructurales y propios de su composición resulte problemática (Hobbs y Harris 2001). Otra limitante de la restauración ecológica, ha sido que ésta ha estado en práctica sin un marco teórico conceptual aparente, lo que ha puesto de manifiesto la necesidad de bases conceptuales para satisfacer los parámetros académicos y de investigación ecológica (Allen *et al.* 1997; Palmer *et al.* 1997).

Algunos autores mencionan que para tener los objetivos claros de la restauración, es necesario tener una fotografía clara de las opciones de restauración ecológica disponibles (Hobbs y Harris 2001). La restauración ecológica busca recrear un ecosistema, emular su estructura, función, diversidad y dinámica, basándose en el pasado (Society of Ecological Restoration 1997), lo que ha originado un fuerte debate cuestionando si esto es realmente posible (Hobbs y Harris 2001) debido a la naturaleza dinámica de los ecosistemas y a la irreversibilidad de algunos cambios en dichos sistemas (Pickett y Parker 1994; Aronson *et al.* 1995).

En base a lo anterior se ha sugerido cambiar el objetivo central de la restauración ecológica: de tratar de reconstruir algunas formas del pasado, a tratar de reparar daños y crear sistemas que satisfagan objetivos sensatos y acordes con la realidad. Es decir, en un área particular los objetivos pueden ser; retener y restaurar una composición y elementos estructurales específicos de un ecosistema, pero este puede ser solo uno de los objetivos potenciales, ya que, en sitios donde resulta imposible o extremadamente costoso restaurar la composición y estructura de un ecosistema, los objetivos alternativos como: la introducción de especies exóticas que posteriormente sean remplazadas por otras, o incluso el uso de fertilizantes y pesticidas, podrían ser los apropiados (Hobbs y Harris 2001).

De ésta manera el objetivo de la restauración puede enfocarse a reparar las funciones ecológicas y los servicios ambientales, o bien a crear sistemas completamente nuevos haciendo uso de especies que no son nativas de la región pero sí adecuadas a las limitantes fisicoquímicas en particular, siendo el objetivo adecuado para algunas situaciones (Wheeler *et al.* 1995).

Estos sistemas nuevos serían apropiados, como ya se ha dicho, en unas situaciones, dependiendo de los objetivos y las prioridades previamente definidas para las actividades de restauración (Hobbs y Harris 2001). Se ha sugerido que una primera aproximación para establecer objetivos claros, sensatos y en base a estos asignar prioridades de manejo y restauración para una zona en particular; sea categorizar el paisaje en términos de degradación, destrucción y modificación del hábitat (McIntyre y Hobbs 1999).

La restauración ecológica ha sido un componente de creciente importancia para la conservación biológica. No se restringe a ecosistemas remotos ó áreas protegidas, por el contrario, se enfoca a lugares alterados por actividades humanas expandiendo así el campo de la biología de la conservación, por lo que los factores sociales, económicos y políticos que se desarrollan en el sitio donde se pretende implementar dicho plan son los más relevantes para implementar un programa de restauración ecológica (Hobbs y Harris 2001; Primack y Massardo 2001).

La restauración ecológica es un asunto tanto ético como técnico - *los restauradores de formación científica tienen que tener muy claro que la restauración ecológica requiere de una visión amplia que incluya aspectos históricos, sociales, culturales, políticos, estéticos y morales-* (Higgs 1997).

Eric Higgs critica rigurosamente los conceptos positivistas y reduccionistas que aún persisten en los círculos académicos y de investigación. Considera a la restauración ecológica como parte de la “Cultura de las ciencias naturales” (Higgs 1997). Pero la restauración ecológica y cultural, en su opinión, representan en muchos aspectos una segunda frontera, llamada “cultura humanística”. Es así como el autor trata de mostrar a la restauración ecológica como una ciencia holística y transdisciplinaria. Es decir, una ciencia donde interaccionan diversas disciplinas en el transcurso de su desarrollo; una ciencia que trasciende a través de ella misma e incluso más allá de las disciplinas convencionales, creando una nueva meta-disciplina, trascendiendo a las ciencias “normales” (Naveh 2002; Naveh 2005).

Otros pensadores exploran cómo categorizar el paisaje en términos de degradación, destrucción y modificación del hábitat y en base a esto, asignar las prioridades de manejo y restauración. Para hacer esto posible es necesaria ésta visión holística así como la visión transdisciplinaria que sugiere Naveh (2002). Se requiere de una interacción efectiva entre el análisis científico, innovaciones en el uso de la tierra y desarrollo de principios, un efectivo enlace entre académicos, practicantes técnicos, políticos y usuarios de la tierra (Hobbs y Harris 2001).

La idea de la restauración ecológica en Latinoamérica no puede pretender regresar los ecosistemas perturbados a su estado prístino en sitios donde la población humana ya está establecida, sino por el contrario difundir estos conceptos mencionados anteriormente, adoptar una visión holística del problema a través de una restauración ecológica transdisciplinaria (Hobbs y Harris 2001; Naveh 2005).

Las políticas conservacionistas propuestas por las reservas de la biosfera con un concepto de protección que combina la investigación científica, la necesidad de tener áreas bien protegidas (zonas núcleo) y protección legal por decreto de amplias zonas por medio de la participación local en las llamadas áreas de amortiguamiento o influencia (SEMARNAP 1995), representan la base para una restauración ecológica transdisciplinaria, otorgan instrumentos legales que pueden facilitar este tipo de proyectos incluyendo el componente social dentro de la restauración a través de las zonas de preservación ecológica dentro de los centros de población y en las zonas de amortiguamiento de las reservas de la biosfera (Brañes 2000). Es así como la restauración ecológica se ha transformado en una parte

integral para el manejo de la tierra en la actualidad por lo que necesita asegurar y mantener vínculos con otras disciplinas (Naveh 2005).

La restauración ecológica debería convertirse en una ciencia indispensable para la especie humana ya que hemos generado grandes cambios en el planeta como consecuencia de nuestro desmedido crecimiento poblacional, patrones de consumo y tecnología inadecuada. Tan sólo en la última etapa del primer milenio, la humanidad generó cambios negativos en la composición atmosférica y transformaciones a los ecosistemas terrestres como nunca en nuestra historia. En este tercer milenio, la humanidad es una especie dominante que secuestra la mayor parte de los productos resultado de la fotosíntesis, obligándose necesariamente a adoptar una estrategia de supervivencia y persistencia en el planeta, comprometiéndose no solo a conservar los ecosistemas sino a restaurar los que ha dañado: particularmente los servicios ambientales que estos ofrecen (Hobs y Harris 2001).

2.2. Importancia del proceso de regeneración natural y de la regeneración inducida para la restauración del bosque tropical húmedo.

Para poder implementar un plan de restauración ecológica en los bosques tropicales húmedos ha sido indispensable conocer la dinámica de regeneración natural del bosque y los procesos de sucesión vegetal (Martínez-Garza 1996; Martínez-Ramos 1985).

Al proceso de cambio estructural de la vegetación después de una perturbación ya sea natural o de carácter antrópico se le denomina sucesión secundaria (Ricklefs 1999). Existen diversas causas y mecanismos a través de los cuales se lleva a cabo dicho proceso. En términos generales se han descrito tres mecanismos importantes que son: 1) la disponibilidad de un sitio abierto, 2) disponibilidad diferencial de las especies y 3) la capacidad diferencial de las especies para desarrollarse en un sitio determinado (Pickett *et al.* 1987).

Estos cambios estructurales de la vegetación hacen del bosque tropical húmedo una matriz heterogénea donde existen comunidades vegetales propias de un bosque maduro y comunidades con vegetación secundaria, las cuales colonizaron el sitio con la apertura de claros por la caída de un árbol o la apertura de grandes claros en el bosque producidos por fenómenos naturales como, inundaciones o tormentas eléctricas, etc., (Martínez-Ramos 1994). Estos fenómenos producen perturbaciones que modifican el bosque tropical húmedo dándole estructura y funcionamiento y haciendo de éste, un ecosistema cambiante y sumamente dinámico (Pickett *et al.* 1987). Otro factor que contribuye a ésta heterogeneidad en la estructura de la vegetación son los diferentes tipos de suelos propios de una determinada región (Siebe *et al.* 1994).

Algunos investigadores han sugerido inducir y acelerar este proceso de regeneración natural del bosque en sitios perturbados por el ser humano con el objetivo de llevar a cabo una restauración ecológica. Una de éstas propuestas ha sido inducir la germinación de semillas de especies no pioneras en condiciones controladas de vivero y posteriormente transplantar las plántulas en sitios perturbados como potreros o acahuals, una vez que se facilitó su germinación y crecimiento en las primeras etapas de su desarrollo; debido a que en dichos sitios no germinarían y no sobrevivirían ante las condiciones adversas presentes en los hábitats perturbados como altas temperaturas, carencia de nutrientes, presencia de depredadores y malas condiciones del suelo (Holl 2000).

Después de la apertura de grandes claros y caminos perturbados por actividad forestal en la selva Amazónica, la introducción de plántulas de *Swietenia macrophylla*, *Torresia acreana*, *Ceiba pentandra*, *Bertholletia excelsa* y *Cedrela fissilis*, ha sido un éxito, siendo un método eficaz en claros que van desde 100 a 800 m²; en estos sitios se sembraron plántulas de cada especie en cinco transectos, cada planta representó una muestra. La plantación se realizó en diferentes tiempos, dependiendo de la especie, entre 1990 y 1993. El espacio usado entre cada plántula fue de 5 metros, el tamaño de las plántulas en el momento del trasplante fue de 20 a 30 cm de alto; durante 5 años se tomaron medidas cada año de altura diámetro y supervivencia (Oliveira 2000).

Otros trabajos sugieren modelos que incluyen especies maderables nativas a los pastizales, tal es el caso de *Vochysia guatemalensis* e *Hyeronima alchorneoides* como una forma de restaurar zonas degradadas por ganadería extensiva. El objetivo es estimular el desarrollo

económico local y promover la conservación de especies de maderas preciosas sin necesidad de erradicar las actividades agrícolas y ganaderas (Moulaert *et al.* 2002).

En la selva de los Tuxtlas, la regeneración del bosque tropical húmedo a partir de pastizales destinados a la ganadería, representa uno de los temas más estudiados en la región (Martínez-Ramos 1985; Martínez-Ramos y Soto-Castro 1993; Guevara y Laborde 1993; Martínez-Garza 1996; Meli 2004).

El estudio realizado por Meli (2004), analiza el potencial de seis especies leñosas nativas, como estrategia de restauración en potreros abandonados. En términos generales, se observó que especies como *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium*, *Cecropia obtusifolia*, *Erythrina folkersii*, *Hampea nutricia* y *Omphalea oleifera* tienen un buen porcentaje de establecimiento en pastizales abandonados. De ésta forma, el ahorrar pasos en el proceso de sucesión secundaria introduciendo plántulas o estacas, acelera el proceso induciendo la recuperación del bosque exitosamente.

En este tipo de estudios se analizan diferentes variables que reflejan la tasa de crecimiento de los árboles tropicales y a su vez el éxito del reclutamiento; entre éstas variables están: la altura de los árboles, el número de hojas, el diámetro al nivel de la raíz, la biomasa, área foliar y la tasa fotosintética (Oliveira 2000; Rawat y Singh 2000; Moulaert *et al.* 2002; Holl *et al.* 2002; Meli 2004).

Para la región de Chajul existe un trabajo aún no publicado (Martínez-Ramos *en prensa*), en el que se propone un modelo de restauración en potreros, utilizando plántulas de

especies pioneras y no pioneras. Se observó que la tasa de germinación de semillas es mayor en sitios con pasto que en sitios donde el pastizal se removió. Por el contrario, se observó un mayor crecimiento y supervivencia de plántulas sembradas en sitios sin pasto.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar el éxito de cuatro especies de árboles *Schizolobium parahyba*, *Cedrela odorata*, *Ochroma pyramidale* y *Virola guatemalensis* producidas en viveros locales y transplantadas a tres sitios con diferente grado de perturbación, medido a través de la historia de uso que le han dado sus dueños en el ejido de Chajul.

Finalmente se plantean algunas recomendaciones basadas en los resultados de este estudio y en los diálogos con los dueños de la tierra, la experiencia propia del trabajo y la literatura disponible, con el objeto de considerar estos antecedentes para proyectos futuros de restauración ecológica.

3

OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la capacidad de cuatro especies de árboles tropicales para la restauración del bosque tropical húmedo en pastizales para ganado abandonados.

3.2. Objetivo particular:

1. Determinar si existe un efecto del grado de perturbación del sitio medido en función de su historia de uso, sobre la supervivencia y crecimiento de las plántulas de cuatro especies de árboles tropicales: *Ochroma pyramidale*, *Schizolobium parahyba* Blake., *Cedrela odorata* L. y *Virola guatemalensis* (Hemsl). Warb.

4

ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Localización:

La región de la selva Lacandona representa una de las últimas extensiones grandes de bosque tropical húmedo en México y norteamérica. Forma la quinta parte del estado de Chiapas, estado austral de la Republica Mexicana (de Vos 1996).

Esta región abarca desde las tierras bajas hasta los 1800 msnm del área situada entre la planicie caliza septentrional de Yucatán, los altos de Chiapas, y Guatemala al oeste y al sur. Tenía una extensión original de 1 530 000 ha, las cuales originalmente estaban cubiertas en su mayoría por bosque tropical húmedo. En la actualidad no se tiene un dato exacto de la cobertura de bosque tropical húmedo en la región, sin embargo, la suma de hectáreas de todas las áreas naturales protegidas de la región hace un total de 528 536 hectáreas de bosque tropical húmedo protegido (CONANP 2006).

El 12 de enero de 1978 es decretada la Reserva de la Biosfera de Montes Azules con una extensión de 331 200 ha localizada en los municipios de Ocosingo y Las Margaritas (Figura 1).

Geográficamente la Selva Lacandona está constituida por dos regiones fisiográficas: 1) las llanuras y declives del Golfo de México formadas por las cuencas de los ríos alto Usumacinta y Lacantún, así como por las zonas Marqués de Comillas y Romano Sur y 2) la Sierra de los Lacandones integrada por el nudo Diamante, las sierras de la Colmena y del Caribe, la Meseta de Agua Escondida, las zonas denominadas compañía Agua Azul y Romano Norte, el valle de Ocosingo y las cuencas de los ríos Lacanjá, Azul, Perlas, Jataté, Tzaconejá, Dolores y Santo Domingo (De Vos 1996).

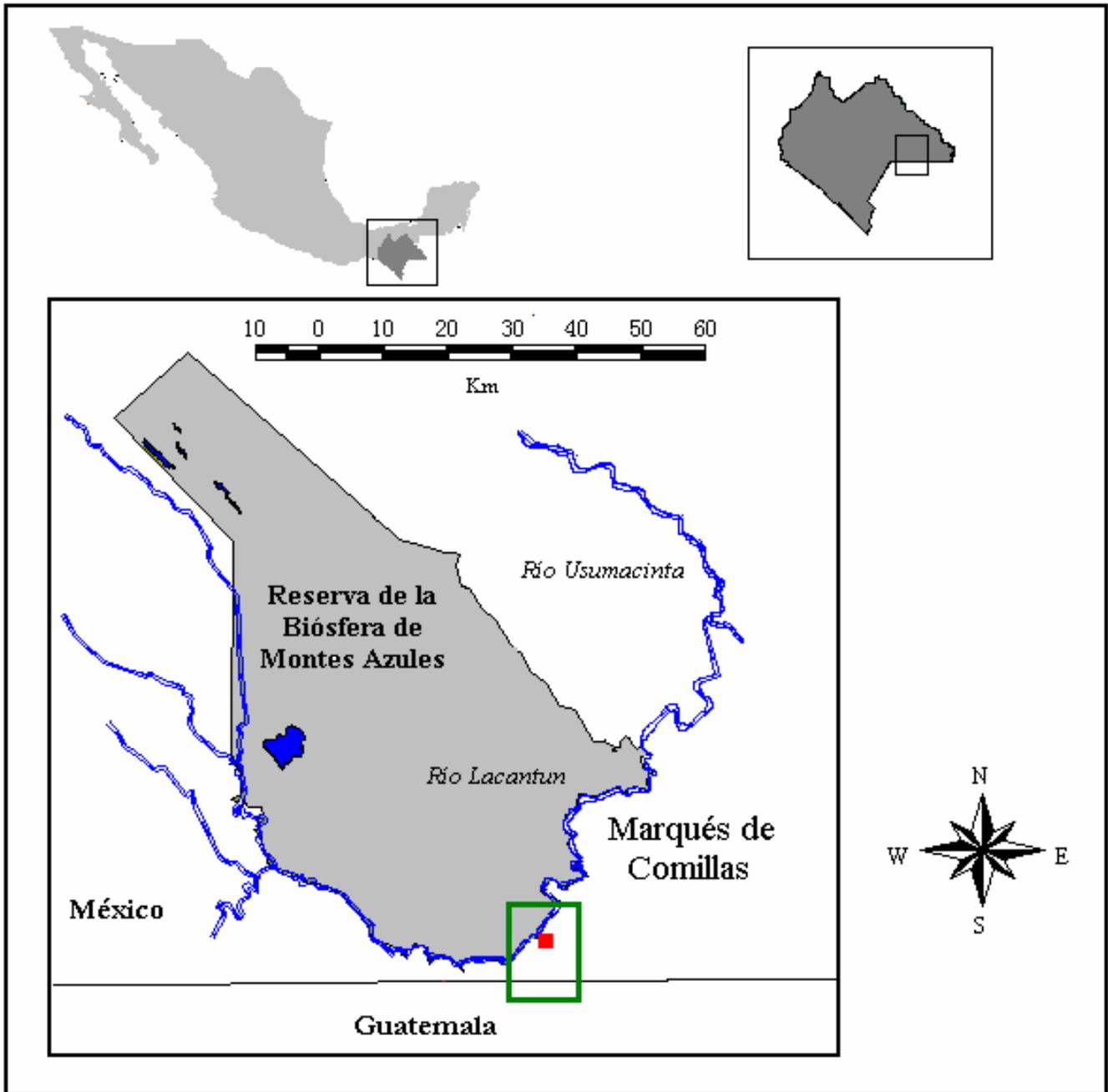


Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de estudio y de la base logística en la zona de Marqués de Comillas y Reserva de la Biosfera de Montes Azules.

4.2 Clima:

El clima de la región es de cálido-húmedo a templado-subhúmedo respondiendo al gradiente latitudinal de la región. El clima es de tipo Amw” (l’g, según la modificación de García (1973). Presenta una temperatura media anual de 25.3 °C. Las temperaturas más bajas se registran en el mes de enero durante los “nortes” y las más altas en mayo poco antes del comienzo de la temporada de lluvias.

4.3 Edafología:

Las laderas escarpadas en las montañas de piedra caliza están dominadas por suelos del tipo Leptosol Rendizítico (FAO 1988), con un pH de 7 y un potencial de enraizamiento muy limitado. Hay limitantes en el crecimiento de las plantas durante la época seca debido a una baja capacidad de retención de agua. El suelo que se desarrolla en la planicie inundable corresponde al tipo Planosol Eutítrico, caracterizado por tener un pH muy ácido de 4.9 y acumulación de sedimentos con una textura limosa (Siebe *et al.* 1994).

4.4 Tipo de Vegetación:

El tipo de vegetación que se desarrolla en la selva Lacandona pertenece a la unidad fitogeográfica denominada Provincia de la Costa del Golfo de México (Rzedowski 1978). El tipo de vegetación corresponde a un bosque tropical húmedo, las especies arbóreas dominantes son: *Brosimum alicastrum* (ramón), *Dialium guianense* (guapaque), *Ficus* spp. (amate), *Guarea glabra* (cedrillo), *Licania platypus* (pio), *Quararibea funebris* (molinillo) y *Talauma mexicana* (jolmashté).

Algunas especies a pesar de no ser tan abundantes, destacan por su importancia económica y cultural como: *Swietenia macrophylla* (caoba), *Manilkara zapota* (chico zapote), *Ceiba pentandra* (ceiba), *Cedrela odorata* (cedro rojo).

4.5 Sitios de estudio

El presente estudio se realizó en tres sitios que en algún momento de su historia fueron pastizales para ganado (potreros), dos de los cuales aún conservan su estado de pastizal y un acahual, sitio en el cual ocurrió un proceso de sucesión secundaria. Estos sitios se localizan en el extremo meridional colindante con la Reserva de la Biosfera de Montes Azules, dentro del ejido de Chajul en el municipio de Marqués de Comillas (Figura 1).

Se utilizó un acahual ya que el dueño de la parcela, quien tiene como principal actividad económica la construcción de cabañas y de casas de madera, estaba interesado en enriquecerlo con especies maderables, este mismo ejidatario no tiene ganado en su parcela y cuenta con 20 ha entre potreros abandonados acahuales y pequeños fragmentos de bosque tropical.

Cabe mencionar que el enriquecimiento de acahuales es una práctica común en el ejido de Chajul. Otra razón de peso para trabajar en un acahual fue el tener un hábitat menos perturbado donde poner a prueba las especies, enriqueciendo así el proyecto.

La base logística de este estudio fue la estación Biológica Lombera ($16^{\circ} 07.18'N$, $90^{\circ} 55.61'O$), la cual ha sido construida por iniciativa propia de uno de los pobladores del ejido (Figura 2).



Figura 2. Ubicación geográfica de los pastizales (potreros) de estudio, en la región de Marqués de Comillas, Selva Lacandona Chiapas.

Los criterios para la selección de los sitios dependieron, en primer lugar, de la disponibilidad de los dueños de la tierra para prestar o arrendar parte de su parcela, motivados por su interés en reforestar parte de ésta y en segundo lugar, de la accesibilidad al sitio.

El primer potrero se localiza en una loma cercana a la boca del río Chajul en las coordenadas geográficas 16° 05.389'N 90° 57.421'O (potrero 1 Don Ramón, Figura 2). El segundo potrero se encuentra en las coordenadas 16° 04.82'N, 90° 53.62'O (potrero 2 Don Noe, Figura 2) y se localiza sobre la carretera fronteriza frente a la desviación a Chajul. El tercer sitio es un acahual cercano al poblado de Chajul.

4.6 Historia de uso de los sitios de estudio

La historia de uso de los sitios brinda información sobre qué tan perturbado puede estar el sitio a través de la narrativa ambiental proporcionada por los dueños de la tierra.

La figura 3 muestra la descripción del uso de la tierra en los tres sitios. Los tres sitios tienen el mismo antecedente de origen, en el cual, la selva es desmontada por la técnica de roza, tumba y quema para eventualmente establecer la milpa. Este método produce una parcela poco productiva, cosechando sólo durante el primer año.

A través de las historias de uso (Figura 3), se establecieron tres niveles de perturbación, los cuales se determinaron por el tiempo durante el cual el potrero estuvo en actividad:

1) El potrero 1 presentó un nivel de perturbación alto. En este sitio después de la roza, tumba y quema, ocurrió un proceso de transformación a tierra agrícola, un año más tarde se transformó a pastizal para ganadería, el cual se utilizó intensivamente durante 13 años con un sobre-pastoreo de 4 a 5 vacas por hectárea, finalmente la tierra se abandonó y permaneció inactiva por 6 años. Durante este tiempo el proceso de sucesión secundaria se detuvo y el tipo de vegetación que se estableció es un pastizal para ganadería.

2) El potrero 2 tiene un nivel de perturbación medio. En este caso después de haber presentado el mismo proceso de transformación agrícola, se abandonó y ocurrió un proceso de sucesión secundaria durante cinco años, lo que localmente se denomina acahual. En 1998 ocurrió un incendio en la región devastando la vegetación que ya se había desarrollado; finalmente se transformó en pastizal para ganado, etapa que duró 5 años.

3) El sitio 3 es un acahual. Este se determinó como un sitio con un nivel de perturbación bajo debido a que después del proceso de transformación agrícola se transformó a pastizal para ganadería, permaneciendo en actividad sólo durante 3 años, posteriormente fue abandonado y ocurrió un largo proceso de sucesión secundaria durante 15 años, recuperándose la vegetación y el suelo del sitio.

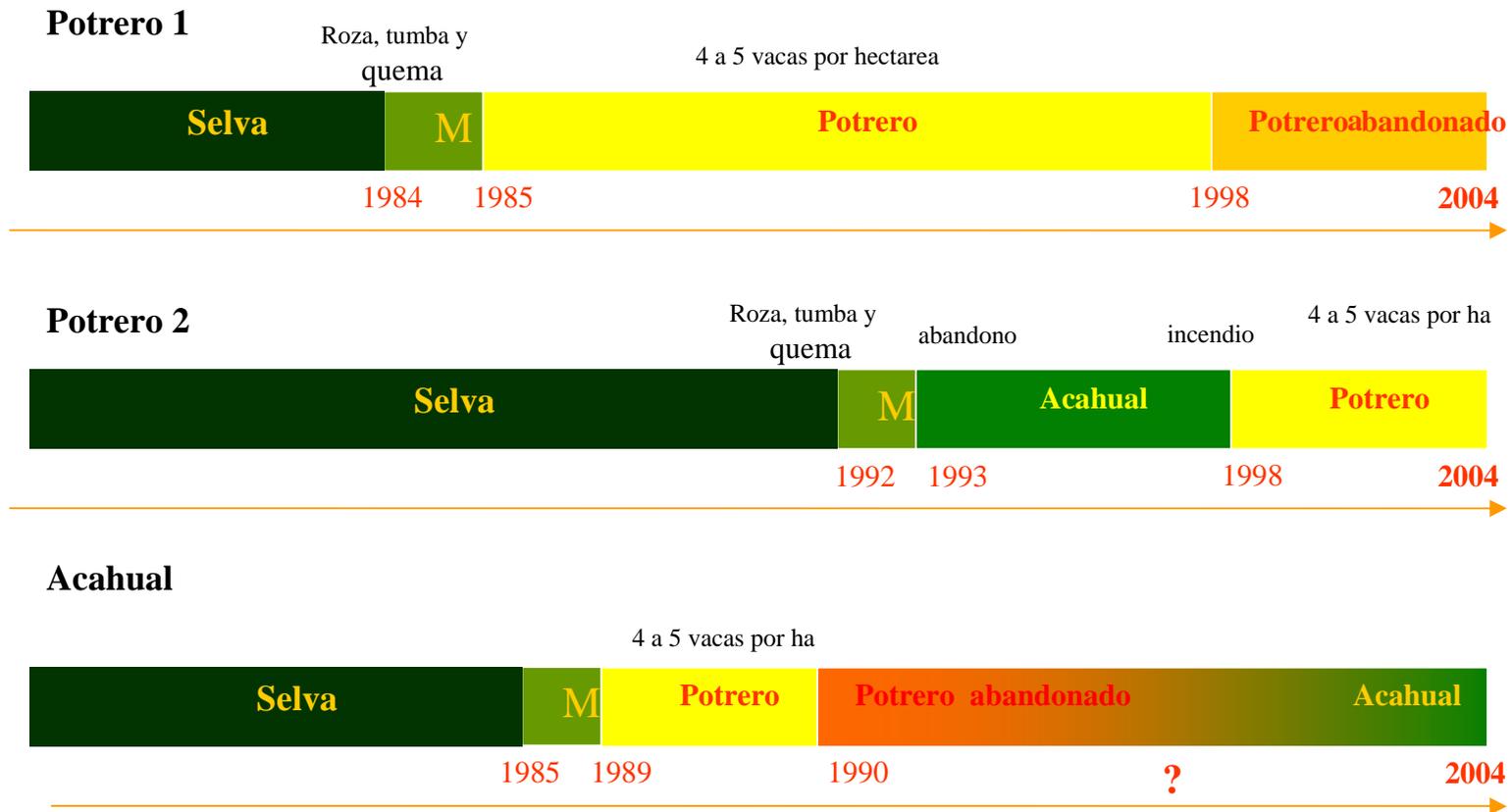


Figura 3. Descripción de la historia de uso de las parcelas de estudio: S representa la selva antes de la perturbación, M representa la primera transformación del sitio a milpa o cultivo de maíz.

4.7 Caracterización de los sitios de estudio con respecto al perfil superficial del suelo

Con un manual de descripción de suelos en campo (Siebe *et al.* 1996), se obtuvo la siguiente información para los suelos en cada sitio de estudio

El potrero 1 es un terreno homogéneo con una pendiente inclinada de aproximadamente 35° expuesta en dirección sur. La textura de la capa superficial del suelo es franco arcillo limosa en un 83.4% y franco arcillo limosa fina en un 16.6 %, la pedregosidad es 0, el pH es de 5 y la penetrabilidad de 4 cm.

El potrero 2 se caracterizó por tener un terreno con una pendiente muy pequeña menor de 5° orientada al sur con un microrrelieve abrupto; presenta diversos tipos de textura en su superficie pero en mayor proporción es franco-arcillo-limosa-fina, la pedregosidad es de 0, el pH de 5 y la penetrabilidad de 4 cm.

El acahual presenta un terreno con una pendiente de 30° orientada en dirección norte; la textura de la capa superficial del suelo es arcillo-arenosa en un 50% y franco arcillo arenosa en un 50%, la pedregosidad es de 10, el pH es de 5 y la penetrabilidad es de 7cm.

5

MÉTODO

5.1 Colecta de semillas y obtención de plántulas:

La colecta de las semillas se realizó entre los meses de abril y julio del 2004, *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban (*corcho*), *Cedrela odorata* L. (*cedro*) y *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (*plumillo*) fueron colectadas durante la época seca y las de *Virola guatemalensis* (Hemsl.) Warb. (*cacao volador*) durante la época de lluvias.

Las semillas se colectaron identificando los árboles y las semillas en el campo considerando las siguientes características según Pennington y Sarukhán (1998) y en Sánchez *et al.* (1991), de las cuales se mencionan algunas a continuación:

Ochroma pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urban

Nombres comunes: Corcho (Chajúl, Chis. Méx.), jupi, jubiguy, pomoy, jonote real.

Descripción general: Árbol de 15 a 25 m con un d. a. p. de 60 cm, tronco derecho con pocas ramas ascendentes y muy separadas, forma una copa abierta e irregular. Hojas con yemas grandes cubiertas por estípulas foliaceas, pardo rojizas, con abundantes pelos

estrellados, hojas dispuestas en espiral, simples, láminas de 13 x 13 a 35 x 35 cm. La corteza externa es lisa con algunas cicatrices lineales protuberantes, de color pardo grisácea.

Flor: Solitarias, axilares sobre pedúnculos pubescentes de 10 a 17 cm de largo, cáliz rojo o guinda de 7 a 12 cm de largo, cinco pétalos blancos con bordes rojizos, de 10 a 17 cm de largo, unidos en un tubo estrecho y carnoso, florece de diciembre a marzo (Pennington y Sarukhán 1998). Sus flores son polinizadas por mamíferos nocturnos, como el mico de noche y probablemente por algunas especies de murciélagos grandes como *Phyllostomus stenops*.

Frutos: Cápsula de cinco valvas, cilíndricas, con los extremos agudos, 16.2-21 cm de largo y 1.9 -2 cm de diámetro, superficie externa café negrusco, con costillas longitudinales evidentes en todo el fruto, Dehiscencia loculiciada; 828 semillas en promedio por fruto (Sánchez *et al.* 1991).

Semillas: Semilla turbinada, con una línea longitudinal clara funículo persistente en la base, café claro oscuro, 5 mm de largo, ovoides, morenas, pogonocoras, es decir, rodeadas por un abundante “algodón” sedoso de color café claro, ésta estructura dispersa a la semilla a través del viento (Sánchez *et al.* 1991).

Historia de vida: Es una especie pionera, demandante de luz, es una especie que puede germinar en sitios perturbados por fuego.

Usos: Su madera es muy usada para hacer artesanías por los lacandones.

***Cedrela odorata* L.**

Nombres comunes: Cedro (Chajul, Chis. Méx.), chejuté, icte, tiocuáhuil.

Descripción general: Árbol de 15 a 30 m de alto y d. a. p. de hasta 1.7 m, hojas dispuestas en espiral, paripinnadas o imparipinnadas, de 15 a 50 cm, compuestas por 10 a 22 foliolos opuestos, el tronco es derecho y en ocasiones forma pequeños contrafuertes poco prominentes, ramas ascendentes y gruesas, copa redondeada y densa, corteza externa muy fisurada con las costillas escamosas, pardo grisáceo a moreno rojiza (Pennington y Sarukhán 1998).

Flor: Flores blanco amarillentas, especie monoica, flores masculinas y femeninas en una misma inflorescencia, suavemente perfumadas, polinizadas por insectos (Sánchez *et al.* 1991; CONABIO 2005).

Fruto: Cápsula de cinco valvas, ovoide a elipsoide, 2.7 cm de largo, color café, glabra y leñosa.

Semilla: semillas anemocoras, aladas, sublanceolada a lanceolada, 2.4-3.8 cm de largo y 6-13 mm de ancho. Cuerpo de la semilla elíptico, café oscuro, 8 – 10 mm de largo y 3 – 6 mm de ancho, liso, glabro y ligeramente lustroso. Ala terminal subelíptica café pálido.

Historia de Vida: Es una especie demandante de luz, exigente en cuanto los requerimientos de luz al igual que la caoba, los juveniles producto de la regeneración natural no toleran las condiciones de sombra; por el contrario, los adultos toleran la sombra. Es una especie que tolera los suelos ácidos, arcillosos, suelos someros y compactados. Intolerante al fuego, susceptible al ataque del barrenador *Hypsipyla grandella* que ataca la yema principal y deformación de los fustes, es por esto que para su

cultivo se recomienda una densidad de 60 plantas por hectárea en asociación con otras especies (CONABIO 2005).

Usos: Tiene una madera blanda, liviana, fuerte duradera y fácil de trabajar, por lo que es apreciada como madera para muebles finos y carpintería en general, usada para construcción en zonas rurales, como leña para combustible.

Tiene un amplio uso medicinal (hoja, raíz, corteza, semilla tallo, exudado): La infusión de hojas: dolor de muelas, oídos, disentería. Tallo: antiséptico, abortivo. Látex: bronquitis. Corteza: febrífugo, caídas o golpes. Raíz: epilepsia y vermífuga.

Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake

Nombres comunes: Plumillo (Chajúl, Chis. Méx.), palo de picho, guanacaste, palo de judío, cuchillal, tzementí.

Características generales: Es un árbol de hasta 35 m de alto, d. a. p. de 1m con el tronco derecho, a veces con pequeños contrafuertes en la base, copa redondeada y abierta, hojas dispuestas en espiral, bipinnadas, de 30 a 50 cm cuando adultas, la corteza es lisa finamente fisurada, color gris claro.

Flor: las flores se presentan en brotes nuevos sin hojas, flores de aroma dulce, zigomorfas, de 2 a 2.2 cm de largo, de color amarillo, florecen de marzo a abril.

Fruto: Vainas aplanadas dehiscentes de 9 a 10 cm de largo y 2.5 a 3.5 cm de ancho, oblanceoladas con el ápice redondeado, color verde obscuras a pardas.

Semilla. Son semillas con una testa dura, aplanadas con un diámetro de 8mm, redondeadas aplanadas y de color moreno brillante. Tipo de dispersión anemocoria, presenta una estructura alada.

Historia de Vida: Es una especie muy abundante en sitios con vegetación secundaria de diversas selvas. Posee altas tasas de crecimiento (Pariona, *et al* 2003), es una especie adaptada a sitios perturbados y sumamente intolerante a la sombra (Fredericksen *et al.* 2001).

Usos: Localmente se usa como madera para construcción de casas, embarcaciones menores, artesanías y construcción de muebles. En algunos países de Centroamérica es usada para la fabricación de aglomerado y pulpa para papel (CTFS 2006); en México se ha recomendado su uso para este fin sobretodo por ser una especie de crecimiento rápido (Sarukhán *com per.* 2004), además de presentar pocos competidores (Putz 1984; Carse *et al.* 2000).

Virola guatemalensis (Hemsl.) Warb.

Nombres comunes: Cacao de chango (Chajúl, Chis. Méx.), Cacao, cacao volador, cedrillo.

Características generales: Árbol monopódico, puede alcanzar alturas de hasta 40 m de y d. a. p. de hasta 159 cm (OFI-CATIE 2004), con verticilos de ramas horizontales, fuste cilíndrico, ligeramente cónico y copa pequeña, hojas alternas y dísticas, simples, láminas de 10.5 x 3 a 20 x 4.2 cm; la corteza es de color pardo lisa, la interna es de color pardo rosado que cambia a rojo, con exudado acuoso rojizo transparente (Pennington y Sarukhán 1998).

Flor: es una especie dioica las flores masculinas son actinomorfas de color pardo amarillento, flores femeninas no obvias (Pennington y Sarukhán 1998).

Fruto: Cápsulas bivalvadas de 2 a 3 cm elipsoides, de color verde amarillento coriáceas o carnosas, lisas (Pennington y Sarukhán 1998).

Semilla. Los frutos contienen una semilla de color pardo rodeada por un arilo rojizo laciniado, carnoso. Maduran de febrero a octubre. Son recalcitrantes, por lo que no resiste reducciones de del contenido de humedad inferiores al 20 % (OFI-CATIE 2004). Sus semillas son dispersadas por animales principalmente presentan un síndrome de dispersión ornitocoro, ya que el arilo rojo atrae a varias especies de aves.

Historia de Vida: Es común tanto en bosques primarios como secundarios maduro, alcanza el dosel superior de los bosques húmedos tropicales bajos, su distribución vade los 0 a 800 msnm y ocasionalmente hasta los 1200 msnm, donde la precipitación media anual es de 1500 a 5500 mm

Usos: Fabricación de chapas y madera contrachapada, tableros aglomerados, construcción interna, carpintería en general, muebles, gabinetes, es también una buena madera para la pulpa de papel (OFI-CATIE 2004).

Los frutos se colectaron perfectamente maduros asegurando así el completo desarrollo de la semilla y del embrión (Baskin y Baskin 1998).

Para la producción de plántulas, se construyó un vivero en un acahual joven a orillas del río Lacantún, cerca de la base logística. Se utilizó malla de mosquitero transparente para dar un poco de sombra y proteger a las plántulas contra los herbívoros. Se rellenaron de tierra 270 bolsas por especie, es decir un total de 1 350 bolsas para vivero de 15 por 27 cm, se utilizó suelo de vega extraído del acahual y mezclado con viruta de madera en una

proporción de 3:1, esto para permitir un mejor drenaje del agua y adicionar un poco de materia orgánica (Arriaga *et al.* 1994). El suelo de vega es el término local de los suelos que se encuentran en las orillas del río y representa un suelo aluvial.

La siembra en vivero se realizó el 1° de Agosto del 2004 y se hizo directamente en las bolsas para vivero, colocando de dos a diez semillas por especie por bolsa dependiendo de la disponibilidad de éstas.

En el vivero germinaron tres de las cuatro especies, las semillas de *Cedrela odorata* no tuvieron éxito en su germinación, pero dada su importancia como especie forestal y el valor que los pobladores del ejido Chajul le han dado a esta especie, se colectaron plántulas en campo obteniéndolas debajo de árboles adultos y trasplantándolas a bolsas para vivero. Se mantuvieron en el vivero hasta el momento del trasplante.

Las plántulas se regaron por aspersión a las 6:00 AM, sólo en caso de que no hubiese lluvia durante la noche. Es importante mencionar que tres semanas antes del trasplante, las plántulas se regaron con menor frecuencia, con el objetivo de prepararlas para el estrés del transporte a los sitios y la siembra.

Para el caso de *Ochroma pyramidale* la mortalidad en vivero fue muy alta siendo sólo unas cuantas plántulas las que sobrevivieron, en campo se encontraron igualmente muy pocas plántulas por lo que se desistió de trabajar con esta especie.

En todas las especies se midió la emergencia de plántulas como una medida indirecta de germinación.

5.2 Transplante y efecto del grado de perturbación del sitio sobre el crecimiento y supervivencia de los árboles.

La fase de transplante se realizó 5 meses después de la siembra en vivero. Se transportaron un total de 387 plántulas, 43 plántulas por especie por sitio. En cada parcela se realizaron cuatro transectos de 70 metros cada uno, en estos se transplantaron las diferentes especies de plántulas sistemáticamente de manera alternada, separados dos metros uno del otro, cada dos metros se seleccionó al azar, con una moneda, el lado en el cual la plántula sería transplantada (Figura 4).

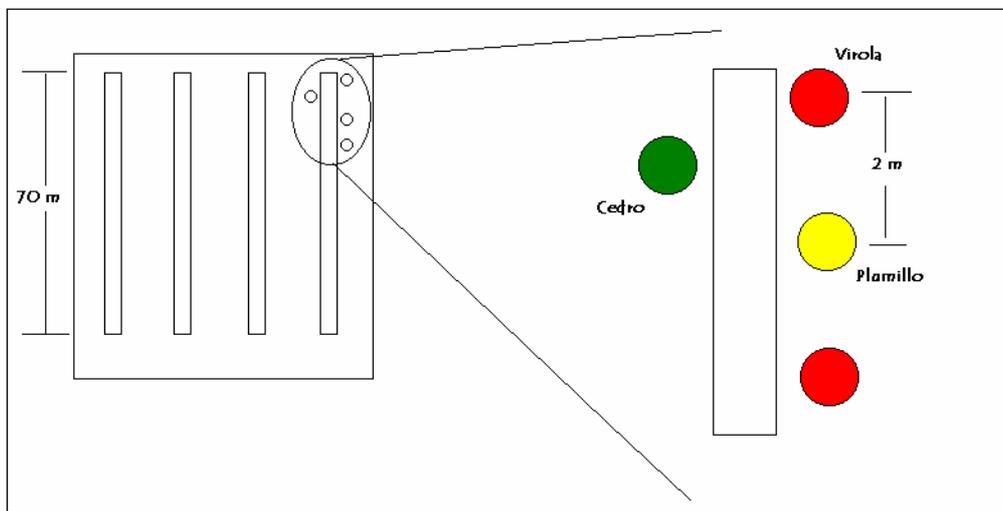


Figura 4. Diseño experimental de las parcelas en los potreros

Con el objeto de determinar el éxito del transplante y de analizar el efecto de la perturbación del sitio sobre el crecimiento y supervivencia de las plántulas, se midieron

las variables de respuesta de: altura y diámetro a dos centímetros de la base de la raíz. La supervivencia se midió registrando la presencia de la plántula viva cada dos meses.

Se realizó un perfil superficial del suelo con el objeto de conocer las características edafológicas básicas en cada sitio. Con base en el manual para la descripción ecológica de suelos en el campo (Siebe *et al.* 1996), se describió la textura del suelo usando la prueba del tacto para determinar la cantidad de limo, arena y arcilla, se midió el pH con papel pH tomando una pequeña muestra de suelo y diluyéndola en agua destilada, la pedregosidad se midió comparando las láminas presentes en el manual de campo, la penetrabilidad del suelo se midió con un penetrómetro hecho con una estaca de metal gradada en centímetros y un plomo de 3 lb, al dejar caer el plomo a una distancia de 10cm con respecto a la estaca, ésta se enterraba en el suelo y se medía la profundidad a la cual se enterraba la misma.

5.3 Obtención de datos y Análisis Estadísticos

Durante el transplante se realizó una primer toma de datos de los árboles, se midió con una cinta métrica la altura de las plántulas desde la base hasta la yema (sin considerar las hojas que sobrepasan la yema) y el diámetro a dos centímetros de la base del tronco con ayuda de un vernier, se marcó con un plumón indeleble (Meli 2004) el sitio donde se tomó la medición para asegurar que en las subsecuentes tomas de datos, la medición se realizará en el mismo sitio.

A partir del transplante que fue el 1 de enero del 2005 se realizaron 3 visitas a la zona de estudio cada dos meses para tomar los datos y evaluar el crecimiento temprano y la supervivencia de las plántulas en cada sitio.

Se obtuvieron estimadores de la tasa absoluta (TAC) y tasa relativa de crecimiento (TRC) de la altura y el diámetro del tallo en diferentes momentos de su desarrollo. Para cada plántula se calculó la TAC como:

$$(X_2 - X_1) / (t_2 - t_1)$$

donde X es la altura o el diámetro y t es el tiempo transcurrido en meses, también se calculó la TRC (Hunt 1987), usando la siguiente formula:

$$\text{TRC} = \text{Ln}(\text{crecimiento final}) - \text{Ln}(\text{crecimiento inicial}) / t_2 - t_1$$

Las tasas de crecimiento absoluto y relativo solo se compararon estadísticamente para cada especie de manera independiente, con ANOVA de una vía se comparó el crecimiento absoluto y relativo entre los tres sitios y a través de una prueba de Tukey - Kramer se determinó cual de los grupos era el que difería. Sólo se compararon las diferencias entre hábitat para cada especie, debido a que las plántulas de *Cederla odorata* provenían de tapetes de plántulas debajo de árboles maduros, a diferencia de las otras dos especies que provenían de vivero y se observó su crecimiento desde la germinación de las semillas.

En cuanto a las réplicas de parcela éstas no pudieron realizarse debido a las condiciones logísticas, financieras y de disposición de los ejidatarios para realizar experimentos en sus tierras, motivo por el cual el trabajo está “pseudoreplicado”.

Para determinar el efecto de cada sitio sobre la probabilidad de supervivencia de cada especie se aplicó un análisis de regresión logística con ayuda del programa estadístico JMP versión 3.1.6.2. Los datos fueron analizados aplicando un modelo cuadrático al cubo, a través del cual se determinaron las curvas de probabilidad de supervivencia para cada especie en cada sitio. Con el objeto de determinar el efecto de los sitios sobre la probabilidad de supervivencia, se aplicó un ANOVA de una vía a la matriz.

6

RESULTADOS

6.1 Producción y emergencia de plántulas en vivero

Para *Virola guatemalensis* se observó la emergencia de las primeras plántulas germinadas, a partir del treceavo día con un porcentaje de germinación del 85.2 % (Figura 5).

Las primeras plántulas de *Schizolobium parahyba* se observaron a partir del doceavo día, el porcentaje de germinación fue del 100% (Figura 6)

Con *Ochroma pyramidale* la germinación comenzó a partir de el quinto día y el porcentaje de germinación fue del 100% (Figura 7).

Como ya se mencionó anteriormente en el caso de *Cedrela odorata* la germinación no fue exitosa, en el mes julio del 2004 se colectó esta especie de los bancos de plántulas debajo de árboles adultos, es por esto que sólo se presentan los gráficos de tres especies.

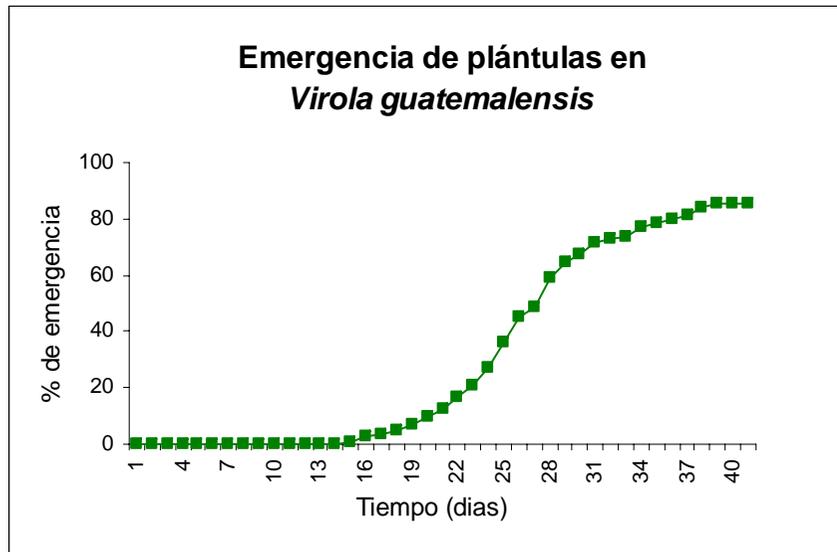


Figura 5. Porcentaje de emergencia de plántulas de *Virola guatemalensis* en condiciones de vivero

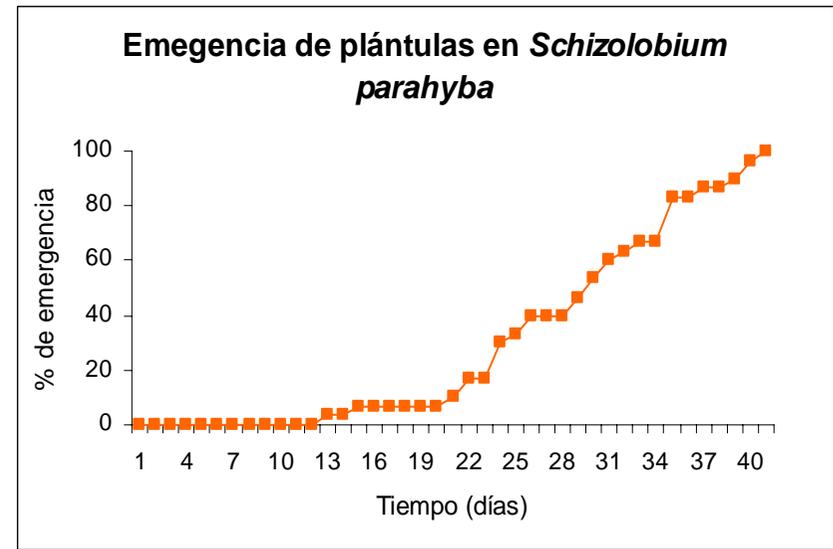


Figura 6. Porcentaje de emergencia de plántulas de *Schizolobium parahyba* en condiciones de vivero

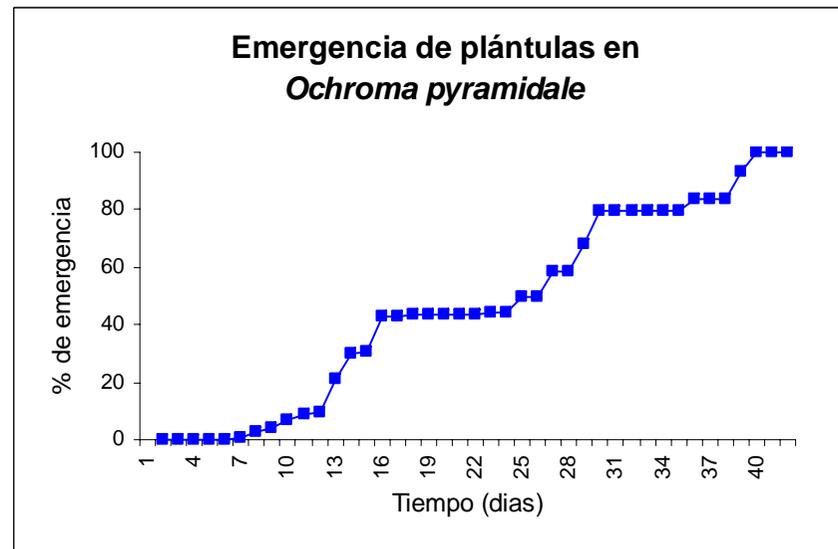


Figura 7. Porcentaje de emergencia de plántulas de *Ochroma pyramidale* en condiciones de vivero.

6.2 Tasa Absoluta de Crecimiento

El análisis de varianza muestra que *Cedrela odorata* alcanzó altura promedio mayor, en términos de TAC, en el potrero 2 de (± 1 error estándar) 1.85 ± 0.40 cm/mes, seguido por el potrero 1 con (± 1 error estándar) 1.8 ± 0.83 cm/mes y finalmente por el acahual con (± 1 error estándar) 0.75 ± 0.45 cm/mes. Las diferencias observadas en los tres sitios fueron estadísticamente significativas ($F_{2, 128} = 5.0017$, $p < 0.001$) (Figura 8), el grupo que difiere es el acahual (Tukey-Kramer). En el caso del diámetro a dos centímetros de la base de la raíz, en el potrero 1 el promedio del diámetro fue de (± 1 error estándar) 0.5 ± 0.18 mm/mes, en el potrero 2 de (± 1 error estándar) 0.26 ± 0.03 mm/mes, finalmente para el acahual el valor promedio fue de (± 1 error estándar) 0.31 ± 0.08 mm/mes; no se encontraron diferencias significativas en las TAC del diámetro del tallo para esta especie ($F_{2, 128} = 0.0845$, $p < 0.001$) (Fig. 9).

Para *Schizolobium parahyba* los valores promedio en la altura del tallo fueron mayores en el potrero 1 (Figura 8), de (± 1 error estándar) $5.68 \pm 0.0.79$ cm/mes para el potrero 1, para el potrero 2 de (± 1 error estándar) 1.96 ± 0.29 cm/mes y para el acahual con (± 1 error estándar) 2.84 ± 0.32 cm/mes ($F_{2, 128} = 67.99$, $p < 0.001$), siendo el potrero 1 el grupo que difiere de los otros dos (Tukey-Kramer). Los valores promedio del diámetro para esta especie no mostraron diferencias significativas (Figura 9) ($F_{2, 128} = 0.2969$, $p < 0.001$), con valores promedio en el potrero 1 de (± 1 error estándar) 0.39 ± 0.13 mm/mes, en el potrero 2 con (± 1 error estándar) 0.25 ± 0.03 mm/mes y en el acahual con (± 1 error estándar) 0.22 ± 0.11 mm/mes.

Los valores promedio en la altura de *Virola guatemalensis* fueron de (± 1 error estándar) 3.28 ± 0.22 cm/mes en el potrero 1, (± 1 error estándar) 1.43 ± 1.01 cm/mes en el potrero 2 y (± 1 error estándar) 1.34 ± 0.16 cm/mes en el acahual; el análisis de varianza mostró que si existen diferencias significativas al comparar estos promedios ($F_{2, 128} = 4.98$, $p < 0.001$), con la prueba de Tukey – Kramer se determinó que el acahual es el que difiere de los otros dos grupos (Figura 8) . En el caso del diámetro a dos centímetros de la base de la raíz los valores promedio fueron, en el potrero 1 (± 1 error estándar) 0.35 ± 0.09 mm/mes, en el potrero 2 (± 1 error estándar) 0.24 ± 0.07 mm/mes y en el acahual (± 1 error estándar) 0.25 ± 0.04 mm/mes, en este caso no hubo diferencias significativas ($F_{2, 128} = 3.1$, $p < 0.001$) (Figura 9).

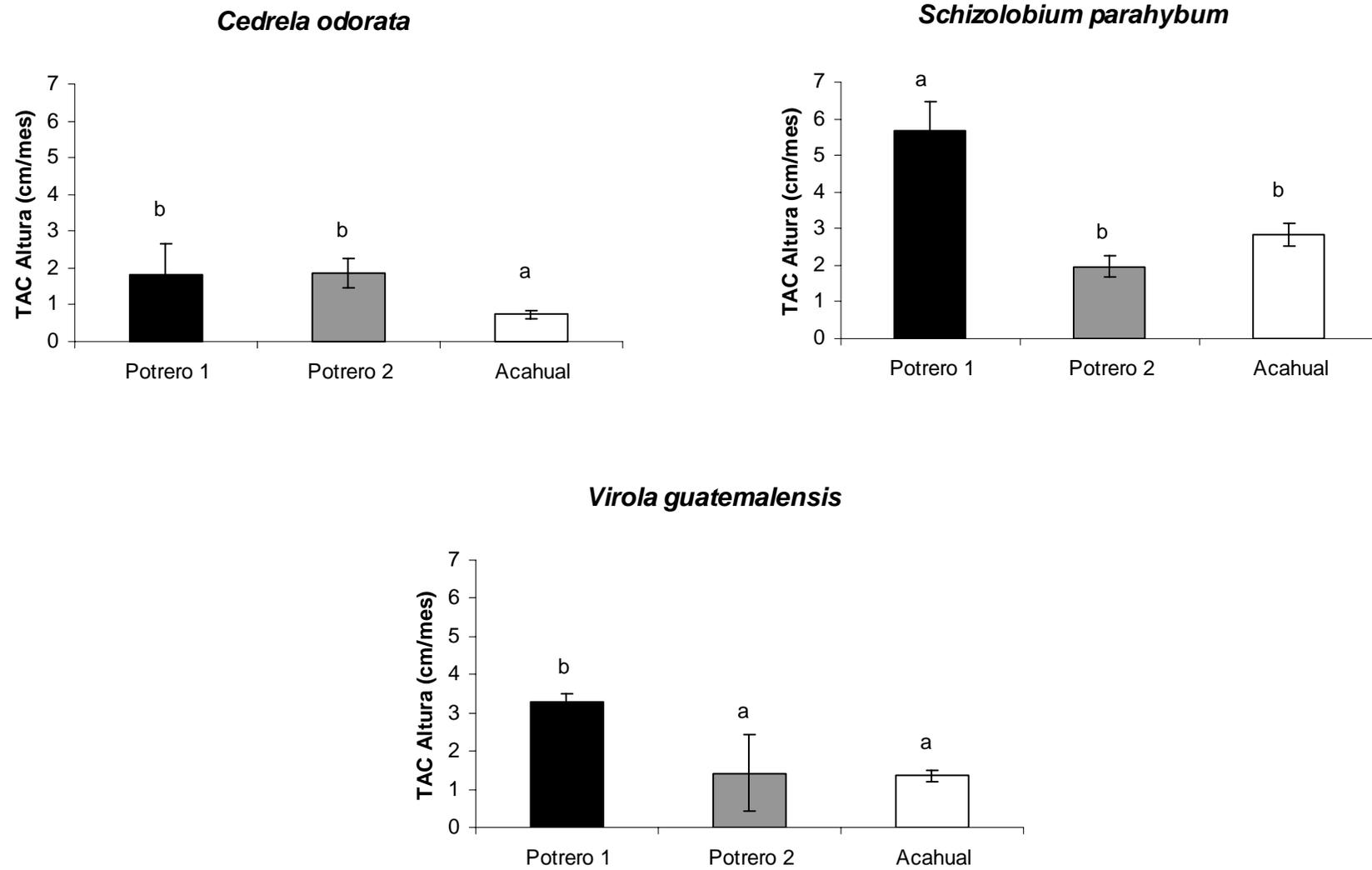


Figura 8. Tasa absoluta de crecimiento en la altura del tallo para cada especie transplantadas en diferentes hábitat.

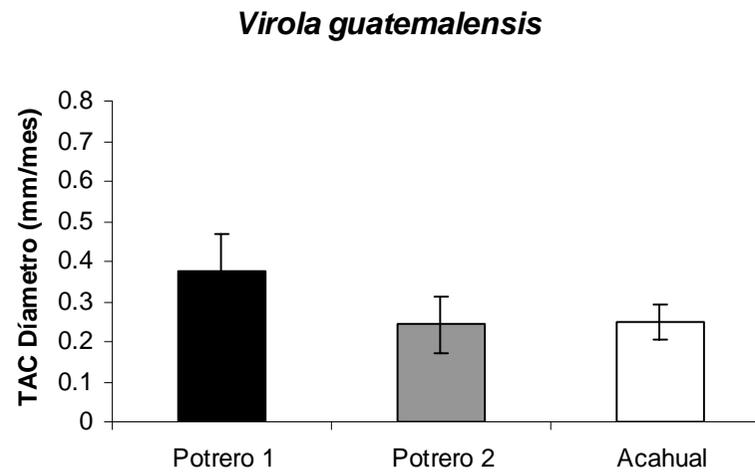
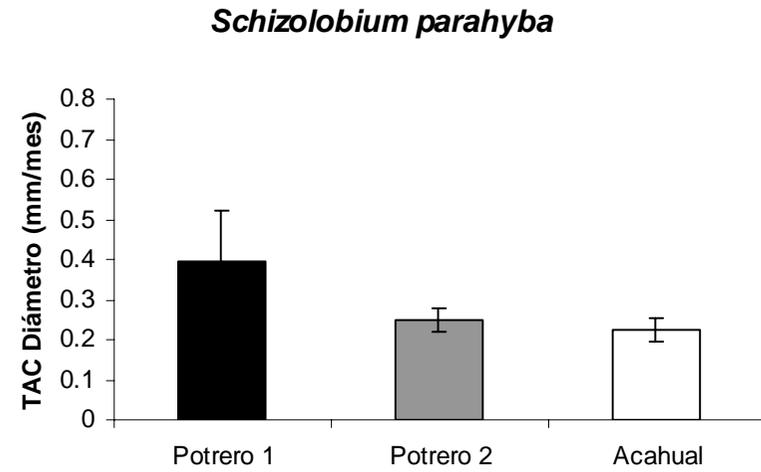
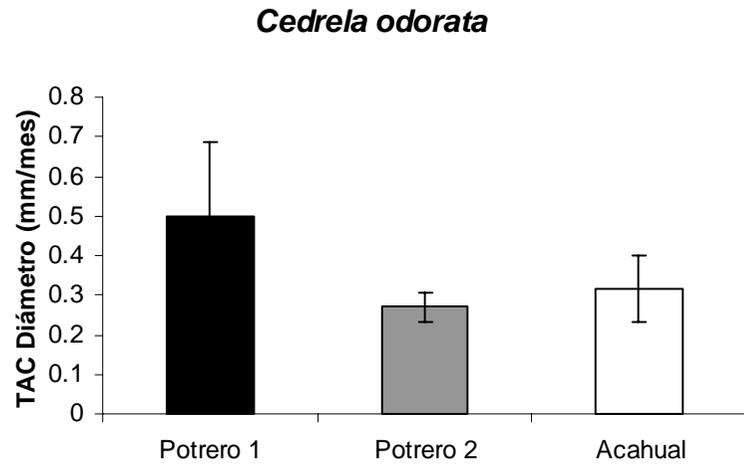


Figura 9. Tasa absoluta de crecimiento en el diámetro en la base de la raíz en cada especie transplantada en diferentes hábitats.

6.3 Tasa relativa de crecimiento

Considerando la TRC el análisis de varianza muestra que *Cedrela odorata* alcanzó un incremento promedio mayor de altura en el potrero 2 y en el potrero 1 (± 1 error estándar) 0.050 ± 0.018 cm/mes, (± 1 error estándar) 0.053 ± 0.011 cm/mes respectivamente, en el acahual el incremento promedio de la altura fue (± 1 error estándar) 0.017 ± 0.002 cm/mes, estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($F_{2, 128} = 5.73$, $p < 0.001$). Al comparar estos datos con una prueba de Tukey – Kramer se observó que el acahual es el que difiere de los otros dos sitios (Figura 10).

El incremento en diámetro fue mayor en el potrero 1 con (± 1 error estándar) 0.089 ± 0.034 mm/mes, seguido del potrero 2 con (± 1 error estándar) 0.000423 ± 0.00010 mm/mes y finalmente el potrero 1 con (± 1 error estándar) 0.040 ± 0.006 mm/mes, sin embargo estas diferencias no son estadísticamente significativas ($F_{2, 128} = 1.8588$, $p < 0.001$).

Con *Schizolobium parahyba* en el incremento promedio en la altura los valores para el potrero 1 son de (± 1 error estándar) 0.121 ± 0.01 cm/mes, para el potrero 2 de (± 1 error estándar) 0.04 ± 0.005 cm/mes y finalmente para el acahual con (± 1 error estándar) 0.06 ± 0.007 cm/mes, las diferencias entre los promedios son estadísticamente significativas ($F_{2, 128} = 12.0490$, $p < 0.001$). En el caso de el diámetro los valores para el potrero 1 son de (± 1 error estándar) 0.078 ± 0.025 mm/mes, en el potrero 2 de (± 1 error estándar) 0.048 ± 0.006 mm/mes y para el acahual de (± 1 error estándar) 0.050 ± 0.007 mm/mes, las

diferencias en los promedios no son estadísticamente significativas ($F_{2, 128} = 0.2931$, $p < 0.001$).

El valor en el incremento de la altura para *Virola guatemalensis* fue mayor en el potrero 1 (± 1 error estándar) 0.10 ± 0.016 cm/mes, en el potrero 2 de (± 1 error estándar) 0.045 ± 0.01 cm/mes y en el potrero 1 de (± 1 error estándar) 0.046 ± 0.004 cm/mes. Estas diferencias son estadísticamente significativas ($F_{2, 128} = 5.8308$, $p < 0.001$). El potrero 1 es el que difiere del potrero 2 y del acahual, según la prueba de Tukey – Kramer (Figura 10).

En el caso de diámetro del tallo, *Virola guatemalensis*, se observa un incremento mayor en el potrero 1 con valores de (± 1 error estándar) 0.082 ± 0.020 mm/mes, seguido del acahual con (± 1 error estándar) 0.055 ± 0.009 mm/mes, y finalmente por el potrero 2 con (± 1 error estándar) 0.050 ± 0.014 mm/mes. Estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($F_{2, 128} = 0.8308$, $p < 0.001$) (Figura 11).

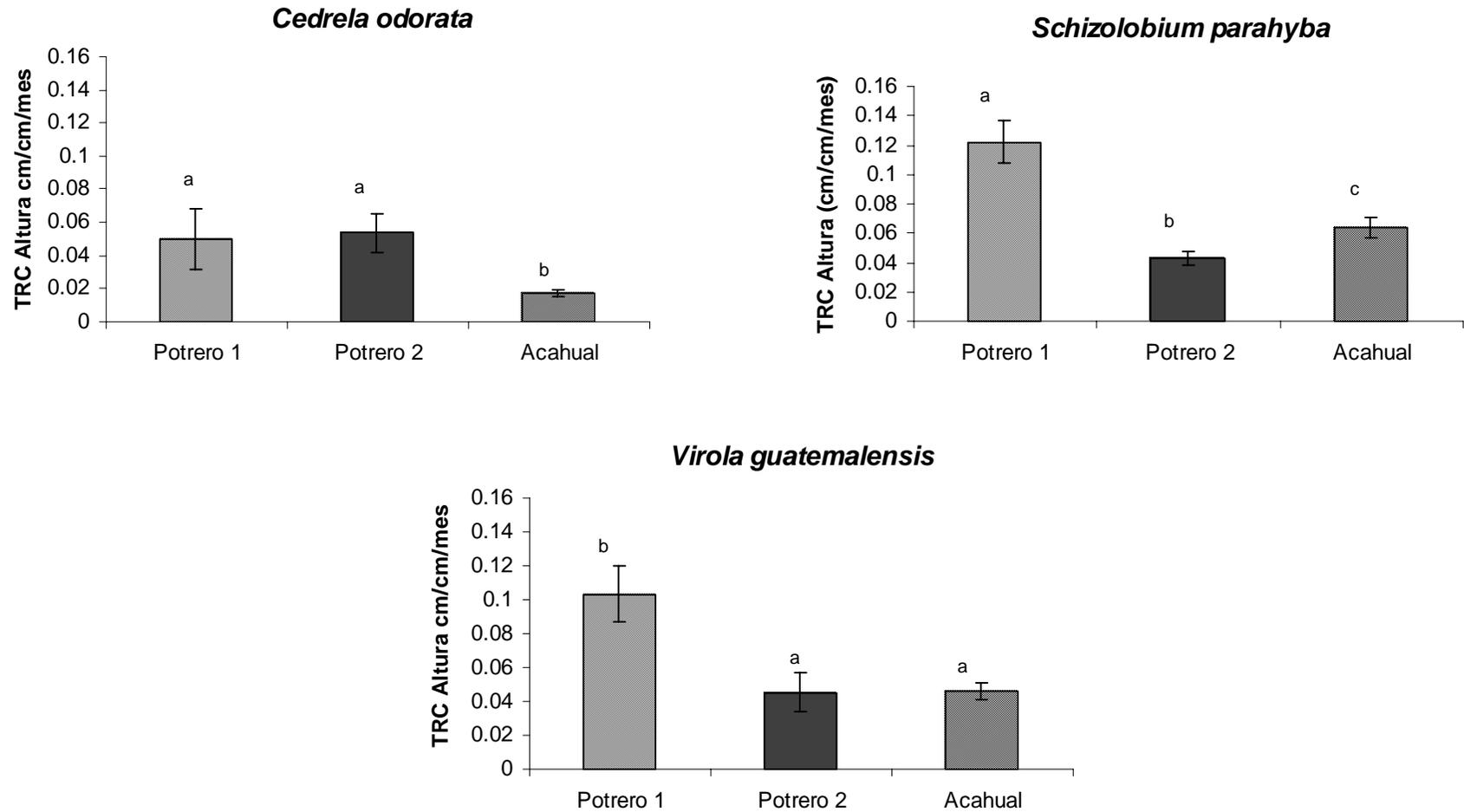


Figura 10. Tasa relativa de crecimiento (TRC) en la altura del tallo para las cuatro especies transplantadas en dos potreros y un acahual, las barras muestran el error estándar y las letras las diferencias estadísticas entre sitios.

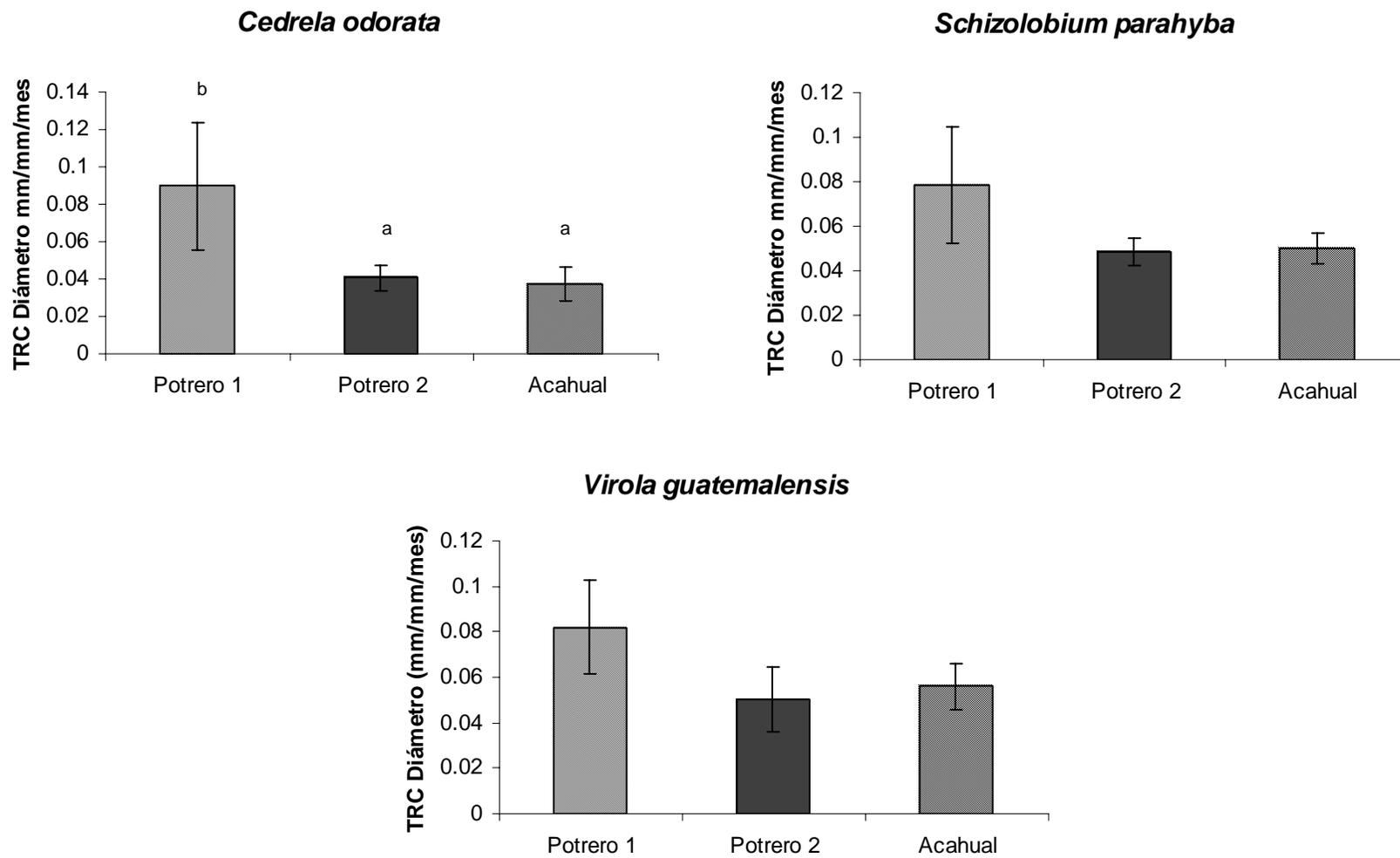


Figura 11. Tasa relativa de crecimiento (TRC) en el diámetro del tallo para las cuatro especies transplantadas en dos potreros y un acahual, las barras muestran el error estándar y las letras las diferencias estadísticas entre sitios.

6.4 Supervivencia:

La probabilidad de supervivencia de *Cedrela odorata* fue mayor en el acahual seguida por el potrero 2 y muy baja en el potrero 1, las curvas muestran que la supervivencia decae lentamente en el potrero 2 y disminuye de manera constante en el potrero 1 y en el acahual (Figura 12). Los porcentajes de supervivencia muestran, que en el último mes de muestreo la supervivencia es mayor en el acahual y en el potrero 2 (Tabla 1).

Para *Schizolobium parahyba*, la probabilidad de supervivencia muestra tres comportamientos diferentes, en el potrero 1 la probabilidad de supervivencia disminuyó de manera constante. En el potrero 2 la probabilidad de supervivencia disminuyó lentamente y en el acahual la probabilidad de supervivencia decae rápidamente (Figura 13). En este caso los porcentajes de supervivencia también fueron menores en el potrero 1 (Tabla 1).

La probabilidad de supervivencia en *Virola guatemalensis* decae rápidamente en los tres sitios, en el potrero 1 ésta es muy baja seguida de el potrero 2 y finalmente en el acahual se observó un supervivencia mayor (Figura 14). El mayor porcentaje de supervivencia a seis meses del transplante ocurrió en el acahual (Tabla1).

Especie	Potrero 1	Potrero 2	Acahual
<i>Cedrela odorata</i>	6.81%	36.17%	46.51%

<i>Schizolobium parahyba</i>	13.63%	22.72%	28.8%
<i>Virola guatemalensis</i>	4.4%	15.55%	44.18%

Tabla 1. Porcentajes de supervivencia en el último mes de muestreo para los tres hábitats.

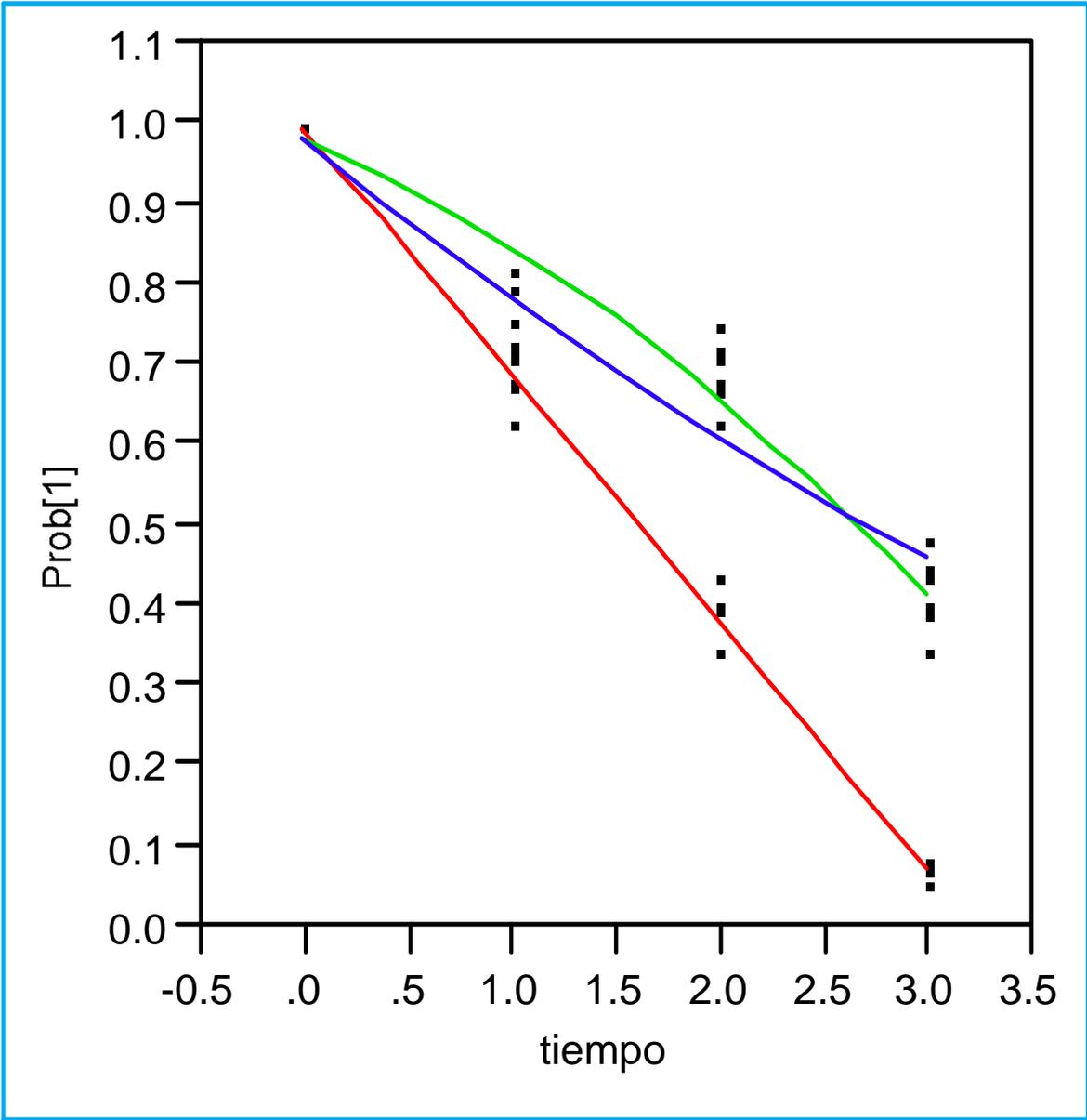


Figura 12. Probabilidad de supervivencia para *Cedrela odorata* en tres tipos de hábitat: potrero 1 (rojo), potrero 2 (verde) y acahual (azul).

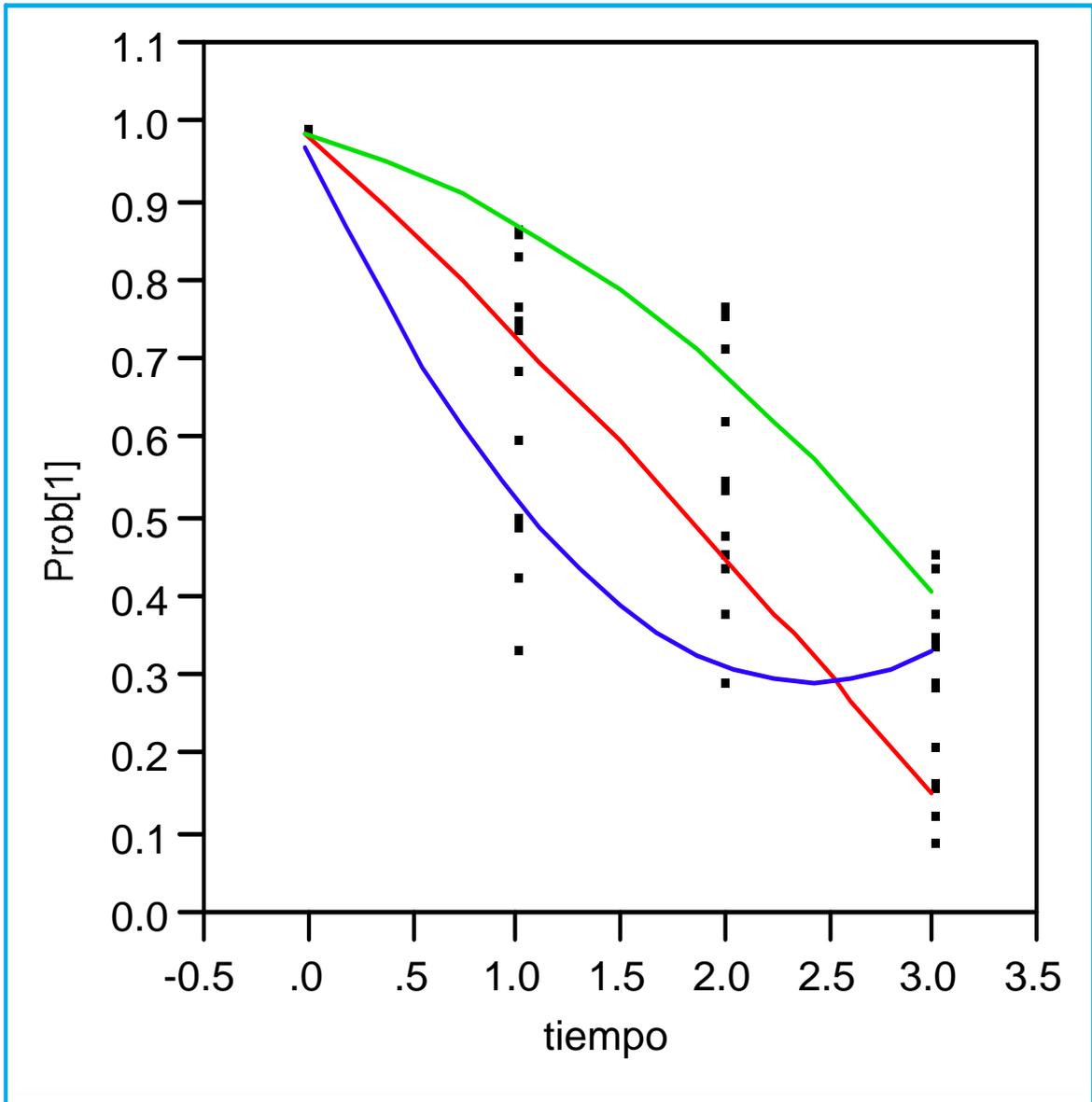


Figura 13. Probabilidad de supervivencia en *Schizolobium parahyba* en los tres tipos de hábitat, potrero 1 (rojo), potrero 2 (verde) y acahual (azul).

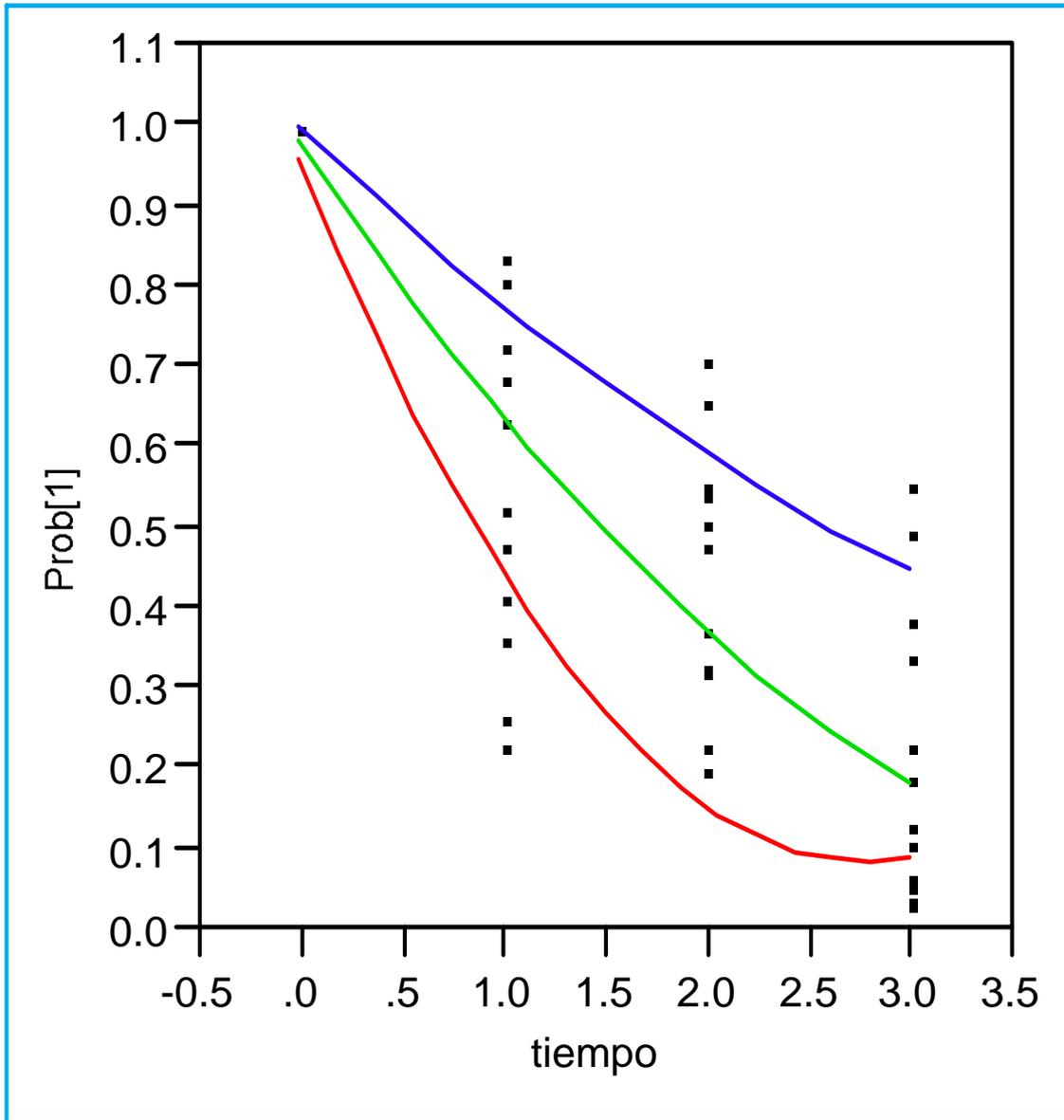


Figura 14. Probabilidad de supervivencia de *Virola guatemalensis* en tres diferentes hábitats, potrero 1 (rojo), potrero 2 (verde) y acahual (azul).

7

DISCUSIÓN

7.1 Cedrela odorata L.

Los individuos de esta especie transplantados en el potrero 1 y 2 mostraron una TAC y TRC mayores en la altura del tallo a seis meses del trasplante, este patrón no difiere del observado para diámetro donde el incremento fue mayor en el potrero 1 pese a que en este caso las diferencias no fueron significativas.

En ambos casos el crecimiento fue menor en el acahual esto se puede explicar porque en este hábitat al haber una mayor cobertura de dosel, la cantidad de luz que penetra al sotobosque es menor, se sabe que en claros muy grandes como los potreros, la densidad en el flujo de fotones excede los $2000 \mu\text{mol}^{-2}\text{s}^{-1}$, mientras que en sitios con sombra el rango es de 5 a $20 \mu\text{mol}^{-2}\text{s}^{-1}$ esto tiene importantes repercusiones en muchos aspectos fisiológicos de las plántulas (Ramos y Grace 1990) por lo que el crecimiento de una especie como *Cedrela odorata* se vería favorecido en sitios con mayor cantidad de luz.

Lo anterior coincide con el hecho de que *Cedrela odorata* es una especie demandante de luz (Webb *et al.* 1984) presente en sitios con vegetación secundaria y con tasas de crecimiento elevadas siendo una especie de rápido crecimiento (Ramos y Grace 1990; Mayhew 1998).

Se ha reportado que la fertilidad del suelo es otro factor importante, se ha demostrado que *Cedrela odorata* tiene un mejor desempeño en sitios con vegetación secundaria con suelos enriquecidos por el fuego (Webb *et al.* 1984), cabe mencionar que en base a la historia de uso del sitio, el potrero 2 sufrió un evento de incendio en su proceso de cambio de acahual a potrero, por lo que esto pudo favorecer el desempeño de esta especie en este sitio (Figura 3).

Las especies vegetales en los sitios perturbados tienen una capacidad diferencial para desarrollarse en estos sitios lo cual depende de varios factores, así como del tipo y frecuencia de la perturbación (Pickett *et al.* 1987). Se observó que *Cedrela odorata* respondió de forma diferencial a cada uno de los tres niveles de perturbación, siendo el potrero 1 y 2 donde alcanzó un mejor desarrollo en su crecimiento esto habla de la capacidad de esta especie como especie pionera para colonizar claros muy grandes (Ramos y Grace 1990).

Por otro lado la probabilidad de supervivencia en el acahual y en el potrero 1 es constante y en el potrero 2 ésta decrece lentamente, no obstante, también es una especie que forma parte de la estructura primaria del bosque tropical, los árboles más grandes pueden tolerar la sombra (CONABIO 2005).

La probabilidad de supervivencia para esta especie fue mayor en el acahual, esto se debe en gran medida a las características del suelo en este sitio, donde la textura de éste es franco arcillo arenosa en mayor proporción, pedregosidad 10 y penetrabilidad 7; dichas variables

permiten un mejor drenaje y aireación del suelo favoreciendo el enraizamiento de los árboles, (Whitmore 1976).

Se sabe que los suelos limosos son parte de los requerimientos para el crecimiento de *Cedrela odorata*, suelos ácidos derivados de roca volcánica; independientemente del tipo de roca, el común denominador de los sitios donde se cultiva esta especie en México y Centroamérica es un suelo con un buen drenaje y aireación (Holdridge 1973; Raunio 1973; Styles 1972; Whitmore 1976).

Al respecto de lo anterior, el análisis superficial de suelo hecho en los tres sitios, mostró que la textura de la capa superficial del suelo en los potreros es franco arcillo limosa y franco arcillo limosa fina, la pedregosidad y la penetrabilidad son muy bajas a diferencia del acahual donde las estas variables son mayores permitiendo una mejor aireación, enraizamiento y supervivencia de las plantas.

Es indispensable realizar perfiles de suelo detallados en las parcelas de estudio y donde se realicen plantaciones futuras ya que este es un factor que tiene un efecto considerable.

Cedrela odorata representa una especie adecuada para la restauración ecológica de potreros abandonados y enriquecimiento de acahuales en la región en el ejido de Chajul, su crecimiento temprano en los potreros cuya historia de uso muestran un alto grado de perturbación (Figura 3), es donde alcanza una altura mayor. Estos datos históricos pueden ayudar a tomar decisiones como qué especies son adecuadas dependiendo del grado de

perturbación del sitio, el tipo de manejo adecuado para incrementar las tasas de crecimiento y la probabilidad de supervivencia.

En el caso del acahual se observó que *Cedrela odorata* crece muy lento pero por otro lado, su probabilidad de supervivencia fue alta, para este caso es indispensable implementar algún tipo de manejo en los transectos de transplante, como la poda sistemática de árboles y arbustos alrededor de los individuos, permitiendo así una mayor entrada de luz y en consecuencia un incremento en la tasa de crecimiento de esta especie.

Cedrela odorata representa una especie clave en proyectos de restauración ecológica en el ejido de Chajul, en potreros que no tengan muchos años de actividad o de abandono así como en acahuales donde pueden implementarse proyectos de enriquecimiento de acahuales con especies de importancia forestal.

Es importante considerar dos aspectos importantes que pueden repercutir de manera significativa en el crecimiento y supervivencia de esta especie, uno son las micorrizas arbusculares y otro las plagas importantes de esta especie.

Se sabe que las micorrizas arbusculares tienen un papel fundamental en la ecología y rehabilitación de un bosque tropical (Siqueira, *et al* 1998), existen fuertes diferencias entre diferentes especies de árboles tropicales con respecto a su interdependencia con micorrizas arbusculares, la colonización de micorrizas arbusculares puede ir de cero en especies arbóreas no micotróficas hasta más de un 60% en especies altamente micotróficas, además existe un relación de algunas especies para obtener el P disuelto en el suelo sólo a través de

esta asociación. Siqueira y Saggin-Júnior (2001) reportan a una especie de cedro, *Cedrela fissilis*, como micotrófica con una dependencia alta de micorrizas arbusculares para la obtención de P. Lo anterior es un factor importante en cuanto a las diferencias observadas en la probabilidad de supervivencia entre el potrero 1 y 2, es decir es posible que la supervivencia de la especie en uno u otro sitio esté condicionada a la existencia y concentración de micorrizas en el lugar.

Por otro lado uno de los problemas más comunes con las plántulas de *Cedrela odorata* es la infección por *Hypsiphyla grandela*, cuya larva ataca a las yemas apicales provocando un mal desarrollo de los árboles e incluso la muerte (Mayhew y Newton 1998), el cultivo de esta especie en los acahuals ayuda a reducir la infección de los árboles por esta plaga debido a la mezcla de especies que en estos sitios de vegetación secundaria se encuentran de manera natural.

En los potreros donde no existe más vegetación que gramíneas esta especie es más susceptible a la infección de las larvas de *Hypsiphyla grandela*, se sugiere la mezcla de otras especies de árboles, incluyendo especies de crecimiento rápido ya que esto disminuye considerablemente la infección de plagas (Newton *et al.* 1993).

7.2 *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake

En este caso las tasas de crecimiento en la altura del tallo fueron mayores en el potrero 1, en cuanto al diámetro no se observaron diferencias significativas sin embargo hay una tendencia a que el incremento en el diámetro sea mayor en el potrero 1. Estas diferencias se deben a la que *Schizolobium parahyba* es una especie pionera intolerante a la sombra y bien adaptada a sitios muy perturbados (Pariona *et al.* 2003).

Se ha observado que *Schizolobium parahyba* presenta tasas de crecimiento altas en sitios con gran cantidad de luz (Pariona *et al.* 2003), tiene pocos competidores, lo cual se debe principalmente a su tamaño y a que presenta hojas compuestas, haciéndola poco “palatable” herbívoros (Putz 1984; Carse *et al.* 2000).

En claros con grandes extensiones producidos por actividades agrícolas y ganaderas se desarrollan micro sitios favorables para el establecimiento de árboles intolerantes a la sombra (Dikson *et al.* 2000), como *Schizolobium parahyba* esto explicaría la diferencia entre el potrero y el acahual.

Paralelamente *Schizolobium parahyba* se ha observado asociada a especies como *Terminalia amazonia*, *Vochysia guatemalensis*, *Dialium guianense* entre otras (Pennington y Sarukhán 1998), dichas especies forman parte de la composición florística del acahual donde se realizó este estudio, lo cual puede ser un indicador indirecto de que en este sitio puede verse favorecido el crecimiento y supervivencia de esta especie, por otro lado la densidad de dosel no era alta y las condiciones de luz eran buenas debido a que la historia de uso del acahual indica que este es relativamente joven.

Schizolobium parahyba al ser una especie de sucesión secundaria avanzada se ve favorecido su crecimiento en acahuales jóvenes, donde la cantidad de luz que puede penetrar es mayor que en un bosque primario maduro (Pariona 2003).

En el potrero 2 las tasas de crecimiento fueron muy bajas, es posible que la competencia con el pasto hubiese podido afectar el crecimiento de esta especie, en este sitio los pastos alcanzaban una talla de hasta más de metro y medio de alto y se ha demostrado que este es un factor que afecta las TAC y TRC de especies de árboles tropicales transplantados a pastizales (Meli 2004). Otra posible causa pudiera ser que las condiciones del suelo tengan un efecto sobre el crecimiento de esta especie, sería importante realizar un estudio del suelo más detallado para determinar si ésta es una de las causas por las cuales en este sitio las tasas de crecimiento fueron tan bajas.

El análisis de regresión logística deja ver que existen diferencias en cuanto a la probabilidad de supervivencia de esta especie para los tres sitios. En el potrero 2 donde la probabilidad de supervivencia fue mayor, la curva de supervivencia muestra que la mortalidad tiende a ser lenta. El acahual también tiene una probabilidad de supervivencia alta, sin embargo el comportamiento de la curva es diferente, la probabilidad de supervivencia decae rápidamente y después se estabiliza. La rapidez en la mortalidad del acahual puede deberse al efecto de sombra que el acahual puede ejercer sobre las plántulas de esta especie (Brokaw y Scheiner 1989), sin embargo conforme pasó el tiempo la probabilidad de supervivencia incrementó poco a poco.

En cuanto a las ventajas observadas para el manejo forestal de esta especie, los resultados sugieren que tanto en potreros como en acahuales tiene gran potencial para la restauración del bosque tropical. En el potrero 1 presentó tasas de crecimiento altas y si se lleva a cabo algún tipo de manejo adecuado, como el chapeo constante del pastizal (Meli 2004; Engel y Parrota 2000 y Pariona 2003) las TAC y TRC así como los porcentajes de supervivencia podrían incrementarse en estos sitios, donde la mortalidad se debe principalmente a la invasión del pastizal.

En cuanto a los acahuales, *Schizolobium parahyba* presentó altos porcentajes de supervivencia por lo que resulta conveniente realizar un manejo en estos sitios, permitiendo una mayor entrada de luz a través de un chapeo sistematizado con el fin de incrementar la tasa de crecimiento.

Las ventajas de usar esta especie en el ejido de Chajul en futuros proyectos de restauración ecológica, radica en que es una especie de crecimiento rápido, con madera relativamente suave pero resistente y sobretodo, que es usada localmente para construcción de casas, cayucos, follaje para ganado y elaboración de artesanías, así mismo es una especie potencial para la extracción de pulpa para papel (Sarukan *com. per.* 2004).

7.3 *Virola guatemalensis* (Hemsl.) Warb.

Ésta es una especie de la que se tiene poca información, por lo que los datos obtenidos son interesantes y de gran importancia. *Virola guatemalensis* es una especie común en las selvas medianas y altas perenifolias, en las selvas maduras de la región de los

Tuxtlas, Chimalapas en Oaxaca y Chiapas (Pennington y Sarukhán 1998), es una especie tolerante a la sombra sin embargo los datos encontrados en este trabajo sugieren que puede tolerar sitios abiertos, la TAC observada altura fueron mayores en el potrero 1 que en el potrero 2 y en el acahual la TRC fue mayor en estos sitios, esta especie crece rápido en estos dos sitios.

Un estudio técnico en Costa Rica sugiere que esta especie es común tanto en bosques primarios como secundarios maduros, este mismo estudio reporta que *Virola guatemalensis* es una especie exitosa en la regeneración natural, aunque muchas plántulas mueren, puede permanecer creciendo en el sotobosque con luz parcial, (Delgado 2002) lo anterior explica la alta probabilidad de supervivencia observada en el acahual. Si bien es una especie que se ve favorecida en sitios muy abiertos, los juveniles requieren de sombra para sobrevivir.

En sitios altamente perturbados como los potreros 1 las TAC y TRC muestran valores altos, sin embargo es importante que su propagación se realice sistemáticamente en micrositios donde *Virola guatemalensis* se desarrolle con algo de sombra, incrementando así su probabilidad de supervivencia. En particular ésta puede ser una especie muy importante para la restauración ecológica debido a que es una especie no pionera que si inducimos su germinación en vivero para transplantarla eventualmente a potreros o acahuales estaríamos acelerando el proceso sucesión vegetal de la forma en la cual la plantean algunos estudios (Holl 2000).

En cuanto al tipo de suelo donde esta especie crece, se ha reportado que crece en suelos franco arcillosos (OFI-CAITE 2004), es por esto que los valores en las TAC y TRC fueron

altos en el potrero 1 ya que el análisis superficial del suelo muestra que este sitios presenta una textura de suelo franco arcillo limosa..

En México no se ha reportado el uso de esta especie, salvo que el arilo del fruto es comestible (Pennington y Sarukhán 1998), no existen plantaciones conocidas con esta especie en la región de Marqués de Comillas. En algunos ejidos vecinos a Chajul, la madera de esta especie ha sido utilizada para la construcción de vivienda, artesanías y construcción de cayucos, además de que algunos lugareños reportan el uso de la savia como energizante durante las largas caminatas a la selva, por lo que tiene un potencial farmacéutico desconocido, a este respecto está reportado su uso en Guatemala en agua con gárgaras contra la amigdalitis y la resina de la corteza presenta sustancias alucinógenas (OFI-CAITE 2004).

En algunos países de Centro América como Nicaragua, Costa Rica, Honduras y Guatemala existen plantaciones forestales para esta especie (Smart Wood 2005). Su madera ha sido usada en Estados Unidos, Nicaragua y Costa Rica para la fabricación de chapas y madera contrachapada, además tiene un gran potencial como especie de uso industrial para la producción de aceite ya que las semillas son ricas en un aceite que puede usarse para la fabricación de jabones y velas, industrias que se han desarrollado particularmente en Brasil (OFI-CAITE 2004).

Las tres especies puestas a prueba en este estudio fueron más o menos exitosas dependiendo del grado de perturbación del sitio. Cada especie respondió de manera diferencial a las condiciones y a la historia de uso del sitio, por lo que cada una tiene

requerimientos específicos, de manera general los datos coinciden con los reportados por Martínez-Ramos (en prensa) para la región, donde plántulas sembradas en sitios sin pasto la supervivencia y crecimiento son mayores que en sitios con pasto.

En cuanto a *Ochroma pyramidale*, la mortalidad de las plántulas en vivero fue muy alta, motivo por el cual esta especie no fue transplantada a los sitios de estudio. Esto se explica debido a que el sitio donde se construyó el vivero era un claro pequeño en medio de un acahual. Con respecto a esto las tasas de mortalidad altas ya han sido reportadas para esta especie junto con *Trema micrantha* en claros de diferentes tamaños siendo de hasta el 50%, de igual forma sus tasas de crecimiento son bajas en claros pequeños, por lo que requiere de espacios muy abiertos para poder crecer, a diferencia de otras especies pioneras como *Cecropia peltata* con un buen desempeño en claros de diversos tamaños (Pearson *et al.* 2003).

Existen factores que no fueron medidos en el presente trabajo dado que no formaban parte de los objetivos, pero que pueden tener repercusiones importantes y que pudieran explicar algunos de los patrones encontrados en el crecimiento y supervivencia de las tres especies estudiadas, uno de los más importantes pudiera ser el de las asociaciones con micorrizas arbusculares de las especies analizadas y su dependencia a éstas (Siqueira y Saggin-Júnior 2004).

Las tres especies tienen un valor comercial, la madera de *Cedrela odorata* es muy cotizada en el mercado, sin embargo es importante mencionar que para *Schizolobium parahyba* y *Virola guatemalensis* es preciso generar el mercado y crear los mecanismos que permitan

que sus productos entren en el mercado forestal. En términos generales este experimento resulto exitoso y se suma a proyectos como los de Oliveira (2000) en la selva Amazónica y los de Moulaert y colaboradores (2002).

Explorar el valor económico forestal de las tres especies y de otras especies arbóreas de la región (De Vos 2002), podría ayudar a generar incentivos en el ejido de Chajul a mediano y largo plazo.

Es indispensable el uso de otras especies nativas de la región con el objetivo de restaurar el bosque tropical húmedo a través de policultivos enfocados al aprovechamiento forestal, es importante fomentar los policultivos ya que ofrecen una serie de ventajas tanto ecológicas como económicas en la región (Menalled *et al.* 1998).

A este respecto es importante mencionar que los acahuales abandonados son sitios importantes para la restauración ecológica con un enfoque forestal, estos sitios representan policultivos y está demostrado que en estos sitios aumenta la productividad de la parcela debido a que la mezcla de especies disminuye la competencia interespecífica, además de todos los beneficios ecológicos y económicos que produce un policultivo (Menalled *et al.* 1998).

La restauración ecológica puede representar una vía para el desarrollo rural del ejido de Chajul y de otros ejidos aledaños. La creación de viveros de especies maderables nativas puede generar un mercado de madera local en la región donde ya de por sí existe intercambio comercial importante desde la ciudad de Palenque hasta Comitán de

Domínguez; esto ayudaría a frenar la extracción ilegal de madera dentro de la reserva de Montes Azules y de las reservas ejidales, pero sobre todo, a restaurar hectáreas de tierras que ya no son productivas, muchas de las cuales han dejado de tener ganado y representan parcelas de pastizal abandonado.

Considero que la restauración ecológica en el ejido de Chajul debe de tener como objetivo la recuperación de la cobertura vegetal para restaurar principalmente, suelo y servicios ambientales; por otro lado crear un incentivo económico forestal, para esto es necesario promover el cultivo de otras especies que no necesariamente tendrían un valor económico forestal pero que ayudarían a mantener la salud ambiental de las parcelas para el cultivo de las especies importantes en la industria forestal. Esto a su vez nos ayudaría a restaurar algunas de las interacciones, estructuras y funciones del bosque tropical húmedo.

¿Pero existen las herramientas políticas que puedan facilitar los proyectos de restauración ecológica? Actualmente existen algunas herramientas, que pueden ayudar a promover proyectos de restauración ecológica, tal es el caso de los proyectos de reforestación promovidos por la CONAFOR, además de los elementos jurídicos que promueven las iniciativas de restauración en zonas de amortiguamiento y de influencia de las Reservas de la Biosfera (Brañes 2000). Sin embargo no existe esa coordinación adecuada entre investigadores, ejidatarios, servidores públicos y otros grupos de trabajo (Hobbs y Harris 2001).

Lo anterior implica que la restauración ecológica debe tener bases conceptuales sólidas que satisfagan a todos los grupos de trabajo involucrados, es importante tener claras las

opciones de restauración ecológica disponibles y factibles para aplicar en uno u otro sitio (Hobbs y Harris 2002); así como, objetivos claros a nivel regional que permitan caracterizar el paisaje de la selva Lacandona, en base a su degradación destrucción y modificación del hábitat, para eventualmente poder asignar las prioridades de manejo y restauración (McIntyre y Hobbs 1999).

8

CONCLUSIONES

1. La historia de uso del sitio brinda información importante para el establecimiento de un programa de restauración ecológica. *Cedrela odorata*, *Schizolobium parahyba* y *Virola guatemalensis* tienen una respuesta diferencial en su crecimiento y supervivencia en relación al grado de perturbación caracterizado por la historia de uso y características generales del suelo en los sitios de estudio.
2. *Cedrela odorata* es una especie que se ve favorecida en términos de su crecimiento y supervivencia en potreros y en el acahual; en el primero el proceso de transformación de acahual a pastizal es muy reciente, la compactación del suelo debida al ganado vacuno no ha sido tan intensa como en el potrero 1 y no existe una etapa de abandono del pastizal en este sitio previo a este experimento, el evento de incendio entre el proceso de transformación de acahual a pastizal pudo favorecer el establecimiento de esta especie. Para el caso del acahual, las TAC y TRC son menores debido posiblemente al efecto que ejerce la sombra, sin embargo, el tipo de suelo y el hecho de crecer con otras especies en el acahual pueden aumentar la productividad del cultivo de ésta especie en este sitio.

3. La historia de uso tuvo un efecto sobre las tasas de crecimiento en la altura del tallo para *Schizolobium parahyba* siendo el potrero 1 el sitio donde crece más y más rápido, en términos de supervivencia, el patrón es muy parecido al reportado para *Cedrela odorata*, siendo sitios como el potrero 2 y el acahual los más favorables para esta especie.
4. El mejor sitio para el cultivo de *Virola guatemelensis* en términos de crecimiento en la altura del tallo fue el potrero 1 a pesar de la naturaleza no pionera de la especie. En términos de supervivencia debido a que ésta es una especie tolerante a la sombra el acahual representó el sitio más favorable. Los resultados sugieren que en algunas zonas abiertas muy perturbadas, esta especie típica de bosques primarios puede crecer si se cultiva sistemáticamente debajo de árboles y arbustos que le proporcionen sombra como en un acahual, de ésta forma se incrementarían la probabilidad de supervivencia en los potreros, acelerando el proceso de regeneración natural.
5. El potrero 1 es el sitio más perturbado, la historia de uso muestra que tuvo una intensa actividad ganadera durante 13 años y permaneció abandonado durante 5 años, es por esto que la supervivencia de las plántulas en este sitio es muy baja y las tasas de crecimiento también. En este tipo de sitios es importante realizar un tratamiento de remoción del pasto y descompactación del suelo, antes de iniciar alguna actividad de reforestación. Así mismo sería importante introducir especies de árboles y arbustos previamente a las especies de sucesión tardía y de bosque primario.

6. Los sitios como el potrero 1 y 2 representan sitios óptimos para restaurar el bosque tropical con especies como *Cedrela odorata* y *Viola guatemalensis*, sin embargo es necesario realizar pruebas y experimentos con otras especies de árboles.

7. Los acahuales representan sitios muy valiosos para su enriquecimiento con especies de importancia forestal como *Cedrela odorata*, *Viola guatemalensis* y de otras especies típicas de bosque primario, representan los mejores sitios para la restauración del bosque tropical en el ejido de Chajul.

9

RECOMENDACIONES

1. Detectar a los ejidatarios que ya no tienen ganado en sus parcelas y que desean reforestarlas, en este sentido muchas de estas parcelas ya tienen algunos años de abandono y en algunos sitios ya se a regenerado el bosque tropical, encontrándose en un estado de sucesión secundaria ó acahual.
2. Se recomienda para el caso de *Virola guatemalensis*, sembrar las plántulas debajo de árboles y arbustos en el pastizal, esto incrementaría la supervivencia de las plántulas en estos sitios y aseguraría un crecimiento óptimo.
3. En cuanto a las tres especies resulta importante realizar un manejo dentro del acahual que consiste en permitir la entrada de mayor cantidad de luz este, realizando podas sistemáticas en los árboles que se encuentren cercanos a las plántulas.
4. Al mismo tiempo es recomendable que en los potreros se realice un manejo a través de chapeo al rededor de los árboles, principalmente en sitios como el potrero 2 donde los pastos son muy altos.
5. Es fundamental que el germoplasma se obtenga de la región y no se traiga semilla o plántulas de otros sitios o viveros lejanos al sitio de plantación.
6. Se recomienda el considerar otras especies que aparentemente no tienen un uso forestal pero que existe un uso en otros países de Centro América, en este sentido es

de suma importancia transmitir este conocimiento a los ejidatarios y convencerles de que además del Cedro y la Caoba existen muchas otras especies con las que puede generarse un mercado forestal, es decir agregar valor económico a otras especies que para ellos no lo tiene.

7. Es indispensable llevar a cabo un plan de manejo después del trasplante que asegure un incremento en las tasas de supervivencia así como un incremento en las tasas de crecimiento (Engel y Parrota 2000; Pariona *et al.* 2003). El costo de dicho plan tendría que ser cubierto por instituciones gubernamentales y ONG's, para lo cual es fundamental crear un mecanismo de enlace entre ejidatarios e instituciones, asesorando a los ejidatarios en la licitación a los proyectos que instituciones como CONAFOR convoca cada año para reforestación, manejo, conservación, entre otros asegurando la aprobación y la aplicación de dichos recursos.
8. La realización paralela por parte del sector académico de un estudio de mercado de las especies planteadas para el proyecto de restauración ecológica; de no existir el mercado evaluar los canales a través de los cuales se puede generar un mercado para esas especies a mediano y largo plazo.
9. La dirección de la restauración ecológica en el ejido de Chajul, necesariamente tiene que ser dirigida hacia el aprovechamiento de los recursos forestales del Bosque Tropical. Sin embargo resultaría indispensable hacer un análisis a una escala menor, a nivel regional de las prioridades de restauración.
10. Este proyecto futuro de restauración ecológica requeriría una coordinación entre los diversos actores que han existido por muchos años en el ejido de Chajul y zonas aledañas como los son, la Estación Biológica Chajul, el sector Académico de la UNAM que lleva realizando estudios en la región desde la década del los ochentas,

las organizaciones no gubernamentales, CONAFOR y particularmente los ejidatarios interesados en destinar sus parcelas para fines de restauración y no para ganadería extensiva. Para esto es necesario que las instituciones, ONG's e investigadores tengan una participación activa en asambleas, reuniones ejidales, organización de talleres donde se evalúe la situación ambiental a nivel regional y se establezcan conjuntamente las estrategias y decisiones a tomar.

11. Algunos ejidatarios de Chajul tienen la iniciativa de realizar plantaciones de cedro y caoba de manera independiente, enriqueciendo los acahuales que se encuentran en sus parcelas, esto lo hacen de manera empírica sin ningún protocolo o bitácora en mano, por lo que no hay un seguimiento de la plantación y su desarrollo. En este sentido resultaría muy enriquecedor rescatar este conocimiento empírico de los pobladores de la región y formalizar el trabajo que de por sí ellos ya realizan. Existen investigaciones científicas que sustentan y ejemplifican dicho conocimiento empírico tal es el caso de Engel y Parrotta (2000), quienes realizaron plantaciones con *Schizolobium parahyba*, *Mimosa scabrella*, *Chorisia speciosa*, *Croton floribundus* y *Enterolobium contortisilicum* a partir de siembra directa desde semillas en sitios degradados.

12. Es urgente realizar un análisis de prioridades a nivel regional con un enfoque trasdisciplinario en la zona de Marqués de Comillas, con el fin de priorizar las actividades de restauración, con las autoridades ambientales, los pobladores de la región, académicos y ONG's a través de un taller regional de Restauración Ecológica.

LITERATURA CITADA

- Anderson, J.; S. Dhillon & E. Le Floch, 1995. On the need to select an ecosystem of reference, however imperfect: a replay to Pickett and Parker. *Restoration Ecology* 3: 1-3.
- Arriaga, V.; V. Cervantes & A. Vargas-Mena, 1994. Manual de Reforestación con especies nativas. Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología y Universidad Nacional Autónoma de México (eds) 57.
- Allen, E. B.; W. W. Covington & D. A. Falk, 1997. Developing the conceptual basis for restoration ecology. *Restoration Ecology* 5:275-276.
- Barañes, R. 2000. Manual de derecho ambiental Mexicano. Fondo de Cultura Económica. 317-318
- Brokaw, N.V.L. & S. M. Scheiner, 1989. Species composition in gaps and structure of a tropical forest. *Ecology* 70: 538-541.
- Clements, F. E. 1936. Nature and structure of climax. *Journal of Ecology*. 24: 252-284.
- Carse, L.; T. S. Fredericksen; J. C. Licona, 2000. Tree liana associations in Bolivian tropical forest. *Tropical Ecology* 70, 538-541 p.
- CTFS (Center for Tropical Forest Science), 2006. Smithsonian Tropical Research Institute. Web Databases.
- CONABIO, 2005. Documento de dominio público, información de especies, www.conabio.gob.mx
- CONAFOR, 2006. Programa para el Desarrollo Forestal. WWW.CONAFOR.GOB.MX.
- CONAFOR, 2003. Reporte oficial de apoyos otorgados para el Programa para el Desarrollo Forestal 2003. Estado de Chiapas. WWW.CONAFOR.GOB.MX
- CONAFOR, 2004. Reporte oficial de apoyos otorgados para el Programa para el Desarrollo Forestal 2004. Estado de Chiapas. www.conafor.gob.mx
- CONANP, 2006, Documentos para consulta, planes de manejo de las Áreas Naturales Protegidas del Estado de Chiapas. <http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta.php>
- De Vos J. 2002. Una tierra para sembrar sueños, Historia reciente de la Selva Lacandona. 1950-200. Fondo de Cultura Económica, México D. F. 505 pp.
- Diario Oficial 18 de agosto de 1967.

- Dikson, M.B.; D. F. Whigham & S. M. Hermann, 2000. Tree regeneration in felling and natural treefall disturbances in a semideciduous tropical forest in Mexico. *Forest Ecology and Management*.
- Engel, V. L.; J. A. Parrotta, 2001. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central Sao Paulo state, Brazil. *Forest Ecology and management* 152: 169-181p.
- Fleming, T. H.; D. L. Venable & L. G. Herrera, 1993. Opportunism vs. specialization: the evolution of dispersal strategies in fleshy-fruited plants. *Vegetatio* 107/108: 107-120.
- Fleming, T. H. & E. R. Heithaus, 1981. Frugivorous bats, seed shadows and the structure of Tropical Forest. *Reproductive Botany*, 45-53.
- Fredericksen, T. S.; B. Mostacedo; J. Justiniano & J. Ledesma, 2001. Seed tree retention considerations for roneven – aged management in Bolivian tropical forest. *Journal of Tropical Forestry Science*. 13, 352-363.
- Gaona, O & R. A. Medellín, 2004. The Lacandon jungle bulwark of biodiversity. *Voices of Mexico, Cisan –UNAM*. 108-112.
- Gorchov, D. L.; F. Cornejo; C. Ascorra & M. Jaramillo, 1993. The role of seed dispersal in the natural regeneration of rain forest after strip-cutting in the Peruvian Amazon. *Vegetatio*. 107/108:339-349.
- Guevara, S. & J. Laborde, 1993. Monitoring seed dispersal at isolate trees in tropical pastures: consequences for local species availability. *Vegetatio*, 107/108:319-338.
- Higgs, E. S. 1997. What is good Ecological Restoration? *Conservation Biology*. 11 (2): 338-348 p.
- Hobbs, R. J. & J. A. Harris, 2001. Restoration Ecology: Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millennium. *Restoration Ecology* 9(2): 239-246
- Holdridge, L. R. 1976. Ecología. de las Meliáceas Latinoamericanas. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller. vol. 3. J. L. Whitmore, ed. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Miscellaneous Publication 1. Turrialba, Costa Rica. p. 7.
- Holl, K. D.; M. E. Loik; E. H. V. Lin; & I. A. Samuels, 2000. Tropical Montane Forest in Costa Rica: Overcoming Barriers to Dispersal and Establishment. *Restoration Ecology* Vol. 8 No. 4, pp. 339-349.
- Holl, K.D. 2002. Effect of shrubs on tree seedling establishment in abandoned tropical pasture. *Journal of Ecology* 90, 179-187.

- Hartshorn G. S. 1983. *Costa Rican Natural History*. Edit. Janzen D. H., The University of Chicago Press, Chicago.
- Lemekert, J.D. 1979. Instalación y manejo de viveros forestales. Editorial Universidad Estatal a distancia. San José Costa Rica. En *Sistemas Agroforestales. Principios y Aplicaciones en los Trópicos*, Organización para Estudios Tropicales (OET) Centro Agronómico Tropical de Investigación (CATIE) San José Costa Rica, 1986.
- Martínez Ramos, M. 1994. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Boletín de la sociedad Botánica de México*. 54: 179-224.
- Martínez-Ramos, M. & Soto Castro, 1993. Seed rain and advanced regeneration in a tropical rain forest. *Vegetatio*. 107/108: 299-318.
- Martínez-Ramos, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles y regeneración natural de las selvas perenifolias. 191-239 p. *In*: A. Gómez-Pompa, y S. Del Amo (eds.), *Investigaciones sobre regeneración de selvas altas en Veracruz*. Vol. II. Alambra Mexicana, SA. México, D.F.
- Martínez-Garza C. 1996. Lluvia de Semillas en Pastizales: Potencial florístico para la regeneración de la selva de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 90 pp.
- Menalled, F. D.; M. J. K. Kelty & J. J. Ewel, 1998. Canopy development in tropical tree plantations: a comparison of species mixtures and monocultures. *Forest Ecology and Management* (104): 249-263.
- McIntyre, S. & R. J. Hobbs, 1999. A framework for conceptualizing human impacts on landscapes and its relevance to management and research. *Conservation Biology* 13: 1282-1292.
- Meli P. 2004. Recolonización de potreros abandonados. Un caso de estudio de restauración en la selva de los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Instituto de Ecología UNAM, México D.F. 161pp.
- Mendoza E. & R. Dirzo 1999. Deforestation in Lacandonia (southeast Mexico): evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot. *Biodiversity and Conservation* 8: 1621-1641
- Mitchell, A. T.; K. J. Zimmerman; R. Maydee & H. Marcano, 1996. Forest recovery in abandoned cattle pastures along an elevational gradient in northastern Puerto Rico. *Biotropica* 28(4a): 537 - 548.
- Medellín, R.A. 1991. The selva Lacandona: An Overview. *Topical Conservation and Development Program*. TCD Newsletter, 24: 1-5.
- Medellín, R.A. & O. Gaona, 1999 Seed dispersal by bats and birds in forest disturbed habitats of Chiapas, Mexico. *Biotropica* 31 (3): 478-485.

- Medellín, R. A. 1994. Mammal diversity and conservation in the Selva Lacandona, Chiapas, México. *Conservation Biology* 8(3): 780-798.
- Meffe, G. K. & C. R. Carroll, 1997. *Principles of Conservation Biology*, Sinauer Associates INC. Sunderland, Massachusetts. 729 pp.
- Mendoza E. & R. Dirzo, 1999. Deforestation in Lacandonia (southeast Mexico): evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot. *Biodiversity and Conservation* 8: 1621-1641
- Moularet A., J. P. Mueller; M. Villarreal; R. Piedra & L. Villalobos, 2002. Establishment of two indigenous timber species in dairy pastures in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 54: 31-40
- Naveh, Z. 2005. Epilogue: Toward a Transdisciplinary Science of Ecological and Cultural Landscape Restoration. *Restoration Ecology* 13 (1): 228-234.
- Naveh, Z. 2002. A transdisciplinary education program for regional sustainable development. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* 28: 167-191.
- Nepstad, D.; C. Uhl, C. & E. A. Serrao, 1990. Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: A case study from Paragominas, Pará, Brazil. *In: Anderson, A. B. (eds.), Alternatives to deforestation: Steps toward sustainable use of the Amazon rain forest*. Columbia Univ. Press. New York. 281pp.
- Olivera M.V.N., 2000. Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanised forest exploitation in Acre, Brazil. *Forest Ecology and Management* 127:67-76.
- OFI-CATIE, 2004. Manual de los Árboles de Centro América. Cordero J. y Bochier D.H. Eds. Turrialba Costa Rica. 937-940.
- Palmer, M.A.; R. F. Ambrose & N. L. Poff 1997. Ecological theory and community restoration ecology. *Restoration Ecology* 5: 291-300.
- Pariona, W.; T. S. Fredericksen & J. C. Licona 2003. Natural regeneration and liberation of timber species in logging gaps in two Bolivian tropical forest. *Forest Ecology and Management* 181: 3113-322
- Pfandenhauer, J. 2001. Some remarks on the Socio-Cultural Background of Restoration Ecology. *Restoration Ecology* 9 (2): 220-229.
- Pennington, T. D. & J. Sarukhán, 1998. Árboles tropicales de México. Universidad Nacional Autónoma de México. México 18-65.

- Pearson, T.R.; D.F. Burslem; R.E. Goeriz & J.W. Dalling, 2003. Regeneration niche partitioning in neotropical pioneers: effects of gap size, seasonal drought and herbivory on growth and survival. *Oecologia* [Oecologia]. **137** : 456-465.
- Pickett, S.T.A.; S. L. Collins & J. J. Armesto, 1987. Ahierarchical consideration of causes and mechanisms of succession. *Vegetatio* **69**: 109-114.
- Pickett, S.T.A. & V. T. Parker, 1994. Avoiding the old pitfalls: oportunities in a new discipline. *Restoration Ecology* **2**:75-79.
- Primack, R. & F. Massardo, 2001. Restauración Ecológica, en *Fundamentos de Conservación Biológica, Perspectivas Latinoamericanas*. Primack, Roíz, Feinsinger, Dirzo y Massardo (Eds.). Fondo de Cultura Económica. 559-567p
- Putz, F.E. 1984. How trees avoid and shed lianas. *Biotropica* **16**: 19-23.
- Ramos, J. & J. Grace, 1990. The effects on the gas exchange of seedlings of four tropical trees from México. *Functional Ecology* (4): 667-677.
- Raunio, A. L. 1973. *Cedrela spp.* international provenance trial planted in 1971 at Longuza, Tanga region, Tanzania. *In Tropical provenance and progeny research and international cooperation*. p. 262-265. Commonwealth Forestry Institute, Oxford.
- Rawat, J.S. & T. P. Shigh, 2000. Seedling of four tree species in nursery and their correlations with field growth in Tamil Nadu, India.
- Ricklefs, R. E. & G. L. Miller, 1999. *Ecology*, Freedman. NY. USA. 885 pp.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México. 432 pp.
- Sánchez-Garfias, B.; M. G. Ibarra & G. L. González, 1991. Manual de identificación de frutos y semillas anemócoros de árboles y lianas de la estación Los Tuxtlas Veracruz, México. Instituto de Biología, UNAM. 86 pp.
- Siebe, C.; M. Martínez-Ramos; G. Segura-Warnholtz; Rodríguez_Velásquez & Sánchez_Beltrán, 1994. *Soil Vegetation Patterns in the Tropical Rain Forest at Chajul, Southeast México*.
- Siebe, C.; R. Jahn; & K. Stahr, 1996. Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Publicación Especial 4. 51 pp.
- Siqueira, J. O. & J. Saggin-Júnior, 2001. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. *Mycorrhiza* **11**:245-255.

- Siqueira, J.O.; M.A. Carbone; N. Curi; S.C. da Silva Rosado & A.C. Davide, 1998 Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management* 107: 241-252.
- Smart Wood, Practical conservation through certified forestry, 2005. Resúmen Público de Certificación de Desarrollo Forestal Integral S.A. NY . USA. 26 pp.
- Society for Ecological Restoration, 1997, Program and Abstracts, 3rd Annual Conference, Orlando, Florida, mayo 1991, pp 18-23.
- Swart, J. A. A.; H. J. van der Windt & J. Keulartz, 2001. Valuation of nature in Conservation and restoration. *Restoration Ecology* 9 (2): 230-238
- SEMARNAP, 1995. Reservas de la Biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. Semarnap, INE, CONABIO. 11- 13.
- Vázquez-Yanes, C. & A. Orozco-Segovia, 1994. Signals for seeds to sense and respond to gaps. *In: Cadwell, M.M. & Percy, R.W. Exploitation of Environmental heterogeneity by plants. Academic Press California. USA. 209-237 p.*
- Wheeler, B.D. ,S.C.Shawn, W. J. Fojt & R. A. Robertson, 1995. Restoration of temperate wetlands. John Wiley and Sons, Chichester, United Kingdom.
- Wyant, J.G.; R. A. Meganck & S. H. Ham, 1995. A planning and decision-making framework for ecological restoration. *Environmental management* 19(6): 789-796.
- Webb, D.B.; P. J. Wood; J. P. Smith & G. S. Henman, 1984. A guide to Species selection for tropical and subtropical plantations. Tropical Forestry Paper 15. Oxford, UK.
- Whitmore, J. L. 1976. Myths regarding *Hypsipyla* and its host plants. *In Studies on the shootborer Hypsipyla grandella Zeller Lep. Pyralidae. vol. 3. p. 54-55. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Miscellaneous Publication 1. Turrialba, Costa Rica*