

00397



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS

**DESEMPEÑO DE PLÁNTULAS
TRASPLANTADAS A PRADRERAS
GANADERAS ABANDONADAS EN LA REGIÓN
DE MARQUÉS DE COMILLAS, CHIAPAS**

T E S I S

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

P R E S E N T A

JORGE E. RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ
Enrique.

DIRECTOR DE TESIS: DR. MIGUEL MARTÍNEZ RAMOS

MEXICO, D.F.



NOVIEMBRE 2005

0350921

COORDINACIÓN



Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo profesional.

NOMBRE: Jorge Enrique Rodríguez Velázquez

FECHA: 21/10/05

FIRMA:

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 12 de septiembre del 2005, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) del(a) alumno(a) **RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ JORGE ENRIQUE** con número de cuenta **81036299** con la tesis titulada: **Desempeño de plántulas trasplantadas a praderas ganaderas abandonadas en la región de Marqués de Comillas, Chiapas**, bajo la dirección del(a) **Dr. Miguel Martínez Ramos**.

Presidente: Dra. Julieta Benítez Malvido
Vocal: Dr. Hans Martín Ricker Reymann
Secretario: Dr. Miguel Martínez Ramos
Suplente: Dr. Roberto Antonio Lindig Cisneros
Suplente: Dr. Guillermo Ibarra Mánriquez

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, D.F., a 20 de octubre del 2005.

Dr. Juan Nuñez Farfán
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

Agradecimientos

Esta tesis se realizó gracias a la ayuda y al esfuerzo de mucha gente, y al apoyo económico brindado por los proyectos PAPIIT IN-229601 y Fondo Sectorial CONACyT-SEMARNAT 2002C01-0597.

Agradezco a los miembros de mi comité evaluador, a la Dra. Julieta Benítez por revisar la tesis y ayudarme con las dudas del GLIM. A los doctores Guillermo Ibarra, Martín Ricker y Roberto Lindig, por leer mi tesis y sugerirme mejoras hacia esta. Muy especialmente agradezco al Dr. Miguel Martínez por el apoyo brindado todos estos años en el laboratorio.

A todos las personas de Loma Bonita y Playón de la Gloria que participaron con el trasplante y las mediciones de las plántulas en el campo. En especial quiero agradecerles a los hermanos Jamangapé García (Gilberto, Héctor, Santos, Adolfo y Fermín), a Armando, Don Chilo y sus hijos, Melquíades, Manuel y Tino por su apoyo invaluable y enseñarme a valorar la vida y a trabajar en equipo (a las 12 hrs en los potreros).

A Praxedis y Santiago Sinaca, a quienes siempre estaré agradecido por su fraternidad y su humildad.

A mis compañeros y compañeras del laboratorio de Poblaciones y Comunidades Tropicales en Morelia, a los viejitos, Alejandra González, Leonel López, Miguel Salinas y Carlos Ramos y a los nuevos Ximena, Whaleeha, Susana, Alex Corzo, Arlette, Elena, Francisco y Fernando.

A los Holandeses Michael Van Breugel y Nicolas Anten, por su apoyo incondicional en el campo al inicio de la tesis.

A mi familia, mis padres (Jorge y Luz Maria) por darme siempre valores y apoyo, a mis hermanos (Gabriel, Hugo y Maria Fernanda) por formar una familia. A mi esposa Gloria y a mis hijos Ek y Jorge Luis por estar en sus pensamientos y permitirme ser parte de sus vidas.

*Dedico esta tesis a mi familia y en especial
a Gloria que ha sido un ejemplo para mi*

Índice

| | |
|---|-----|
| Agradecimientos | ii |
| Índice | iii |
| Resumen | IV |
| Introducción | 1 |
| Antecedentes | 4 |
| Regeneración Natural | 4 |
| Regeneración en campos agropecuarios | 6 |
| Regeneración inducida | 8 |
| Efecto de la cobertura de pastos en el desarrollo de la regeneración natural | 9 |
| Tamaño inicial de trasplante como variable en el desempeño de las plántulas | 11 |
| Estacionalidad de trasplante | 13 |
| Objetivo | 13 |
| Materiales y Métodos | 15 |
| Sitio de estudio | 15 |
| Clima | 15 |
| Vegetación | 17 |
| Selección de las praderas ganaderas | 20 |
| Descripción de las especies de estudio | 21 |
| Crianza de plántulas experimentales en vivero | 24 |
| Siembra de plántulas y fecha de trasplante | 25 |
| Protocolo de registros de datos | 28 |
| Análisis de datos | 28 |
| Supervivencia | 28 |
| Crecimiento | 30 |
| Efecto del tamaño inicial | 31 |
| Índice de rendimiento relativo | 32 |
| Resultados | 33 |
| Supervivencia | 33 |
| Crecimiento | 48 |
| Proporción de plántula sobrevivientes dependiendo de la especie, el tamaño y la fecha de trasplante | 58 |
| Discusión | 68 |
| Conclusión | 74 |
| Consideraciones | 75 |
| Literatura citada | 77 |
| Anexo 1 | 83 |
| Anexo 2 | 85 |
| Anexo 3 | 88 |

Resumen

El trasplante de especies arbóreas nativas es una práctica que ayuda a acelerar el proceso de regeneración natural en praderas ganaderas abandonadas (PGA). Se ha observado que los árboles trasplantados facilitan la llegada de semillas de especies nativas, importantes en el desarrollo de la regeneración natural. Bajo la copa de estos árboles y en su entorno puede desarrollarse una comunidad diversa y abundante de plantas nativas de selva. El desarrollo de los árboles trasplantados está condicionado, por varios factores que actúan como barreras de la regeneración natural, tales como; la compactación del suelo, las malezas que conforman la pradera ganadera. El presente estudio evaluó durante 2.5 años (después del abandono de las praderas) el efecto de la vegetación de pradera sobre el desempeño (supervivencia y crecimiento) de plántulas de cinco especies nativas arbóreas y una arbustiva de rápido crecimiento en la región de Marqués de Comillas Chiapas. Asimismo, se evaluó el efecto de la temporada de trasplante (lluvias vs. secas) y el tamaño inicial de las plántulas. Las plántulas de *Carica papaya* trasplantadas al final de la temporada de lluvias murieron antes de 10 meses. En general se observó que la eliminación de las malezas, aumenta la supervivencia de las plántulas. Sin embargo para la especie *Cedrela odorata* el mayor rendimiento se observa en plántulas bajo cobertura de la vegetación. Las tasas de crecimiento en general fueron mayores cuando las plántulas estaban libres de vegetación de pradera. La tasa de crecimiento más alta ($7.7 \text{ cm}^{-1} \text{ mes}^{-1}$) se observó en praderas sin cobertura de la vegetación en la especie *Trichospermum mexicanum* en el mes de septiembre del 2005. La probabilidad

de supervivencia de las plántulas trasplantadas en la temporada de lluvia fue mayor en los meses de mayo y septiembre, que el de aquellas trasplantadas durante la temporada de secas noviembre y febrero. El efecto del tamaño de las plántulas varió dependiendo de la especie, de la temporada de trasplante y del tiempo transcurrido desde el trasplante. Las plántulas de *Trichospermum mexicanum* que se transplantaron al inicio y al final de lluvias, en ausencia de la vegetación fueron las que tuvieron el mayor rendimiento (mayor valor de supervivencia y crecimiento relativos).

I. INTRODUCCIÓN

En las regiones neotropicales es frecuente que las “selvas altas perennifolias”, (*sensu* Miranda y Hernandez-X, 1963) ó “bosques tropicales perennifolios” (*sensu* Rzedowski, 1978) se deforestan para establecer campos agropecuarios. A nivel mundial, se estima que durante la última década 15.6 millones de hectáreas cubiertas con este tipo de bosque fueron deforestadas por año y transformadas en praderas para la crianza de ganado (Parota *et al* 1997, Chapman *et al.* 2002). Este manejo ocasiona una seria disminución en la biodiversidad y produce serios trastornos ambientales, incluyendo entre otros, erosión del suelo, disminución de la recarga de mantos freáticos y un aumento en la concentración de CO₂ en la atmósfera debido a la quema de los bosques (Montagnini *et al.*1991 y 1998).

La velocidad con la que se deforestan las selvas supera por mucho las tasas de regeneración natural de estos ecosistemas (Hooper 2002). En este contexto, ha aumentado el interés por obtener conocimiento y nuevas técnicas que permitan promover y facilitar la recuperación de selvas en ambientes degradados por la actividad humana, en particular, en áreas destinadas a praderas ganaderas abandonadas (PGA) no productivas (Sarmiento 1997, Chapman *et al.* 2002).

Varios factores físicos y biológicos retardan o inhiben el desarrollo de la regeneración natural de la selva en ambientes degradados. Estos factores actúan como barreras en la germinación, el establecimiento y el desarrollo de especies nativas de árboles (Guariguata *et al* 1995, Haggard *et al* 1997, Holl 1999). Entre estos factores destacan la distancia a los bordes de selva (donde se encuentra la fuente principal de semillas), la falta de dispersores de semillas, la compactación

del suelo, la depredación de semillas y la presencia de plantas exóticas que constituyen la vegetación de PGA (Aide *et al.* 1994, Vieira *et al.* 1994, Holl 2002).

Diferentes estudios muestran que el trasplante de especies arbóreas o arbustivas a las PGA ayuda a superar algunas de estas barreras, favoreciendo el proceso de regeneración natural de la selva (Guevara *et al.*, 1993, González-Montagut 1996). Por un lado, los árboles trasplantados pueden funcionar como perchas de aves y mamíferos que son dispersores de semillas de diversas plantas nativas (McClanahan 1993, Aide 1994, Vieira 1994, Hagggar 1997, Holl 1999, Holl *et al.* 2000). Por otro lado, con el desarrollo de la vegetación trasplantada, aumenta la humedad relativa y disminuye la temperatura ambiental así como la radiación solar a nivel del suelo, lo cual favorece el establecimiento y desarrollo de las plantas que emergen de las semillas que arriban al campo (Everham III 1996, Holl 1999).

El presente trabajo es parte de un proyecto general dirigido al estudio de la regeneración de selvas en campos agropecuarios abandonados, en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. Este proyecto tiene el objetivo de entender patrones, procesos y mecanismos ecológicos que ocurren a nivel de poblaciones y comunidades de plantas tropicales en campos agropecuarios abandonados. El proyecto analiza variables ecológicas que pueden ser determinantes de la velocidad regenerativa de la selva en PGA. En particular, esta tesis aborda el estudio demográfico de plántulas de especies nativas arbóreas y arbustivas de selva trasplantadas en PGA y evalúa, experimentalmente, la influencia de la cobertura de la vegetación de PGA, la época de trasplante y el tamaño inicial de

las plántulas sobre el desempeño de las mismas. Basándome en los resultados obtenidos, se proponen acciones que pueden ser útiles en programas de restauración ecológica en praderas ganaderas abandonadas.

II. ANTECEDENTES

II.1. Regeneración Natural

El concepto de “regeneración natural” se refiere al proceso de renovación de una comunidad vegetal a partir de bancos de propágulos que disparan su desarrollo al ocurrir un evento de perturbación (Martínez-Ramos 1994). Estos bancos comprenden semillas viables almacenadas en el suelo, semillas que arriban a través de agentes (físicos ó bióticos) de dispersión, plántulas presentes antes de la perturbación y meristemos encontrados en estructuras vegetativas remanentes tales como raíces, tallos, tocones y ramas.

En los bosques tropicales perennifolios, la “regeneración natural” ocurre (de manera idealizada) como un ciclo regenerativo que da inicio cuando se forma un “claro” en el dosel superior del bosque al caer árboles completos o ramas grandes (Whitmore 1978, Martínez-Ramos 1985). La caída de los árboles es provocada por diferentes agentes de perturbación tales como vientos fuertes, lluvias severas, fuego, flujos intensos de agua, deslaves, terremotos, flujos de lava arrojada por la erupción de volcanes (Whitmore 1978). La perturbación propicia espacios abiertos y un ambiente rico en recursos (por ejemplo, lumínicos) que estimula el crecimiento de los propágulos presentes en el sitio y la colonización del área por plantas heliófilas (Fig. 1 b). A esta fase de colonización le sigue una de “construcción” en la cuál las plantas heliófilas y aquellas de mayor tolerancia a la sombra se desarrollan de manera acelerada, cerrando con el tiempo el claro (Fig. 1 c). El ciclo de regeneración termina cuando la estructura y composición de la comunidad de árboles llega a un nivel de funcionalidad y complejidad estructural

similar a la que se tenía antes de la perturbación (Figura 1; Martínez-Ramos 1985). Se ha estimado que el ciclo de regeneración (o renovación) de los bosques tropicales ocurre en periodos de entre 50 y 400 años (Aide *et al.* 1994). Los bosques tropicales perennifolios se renuevan de manera continua y se estructuran a manera de un mosaico de fases regenerativas que posee una estructura espacial y dinámica temporal que depende de los regimenes de perturbación y de los atributos de historia de vida (tales como tasa de crecimiento, atributos demográficos y tolerancia fisiológica a la sombra) de las especies vegetales (principalmente arbóreas) constitutivas del bosque (Martínez-Ramos 1985, Martínez-Ramos *et al.* 1986).

Ciclo de regeneración natural de la selva

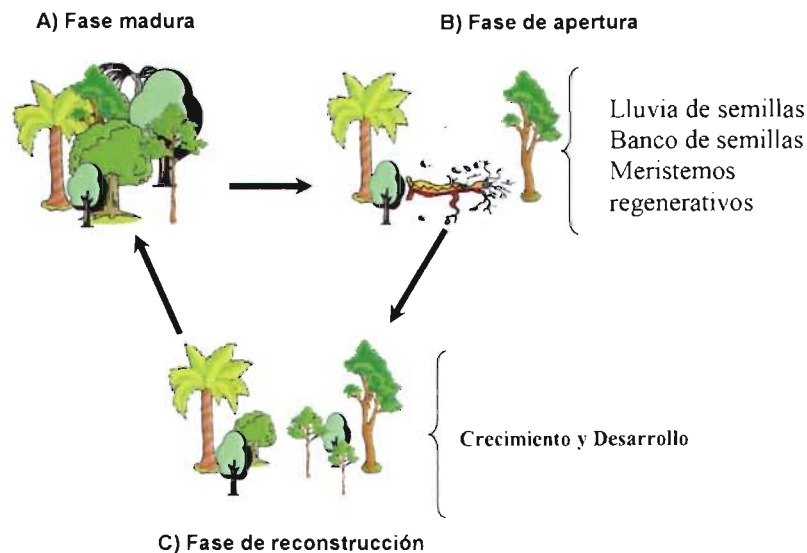


Figura 1. Ciclo regenerativo de la selva, en donde se observa las tres fases o etapas más importantes en este proceso. a) La fase madura, b) de apertura y colonización y c) de reconstrucción.

II.2. Regeneración en campos agropecuarios

La actividad humana genera severos eventos de perturbación cuando las áreas boscosas son deforestadas y transformadas en tierras de cultivo, de pastoreo, de actividad minera o para otros fines de uso (Parota 1997, Pascarella 2000). La regeneración natural de los bosques tropicales perennifolios en estos ambientes transformados es muy lenta o nula comparada con aquella que ocurre bajo los eventos más comunes de perturbación natural (Wijdevan y Kusee 2000). Algunos estudios muestran que la recuperación de la selva en potreros después de ser abandonados puede darse en tiempos mayores a 60 años (Aide *et al.* 1996).

La regeneración natural de la selva en PGA es negativamente afectada por la baja cantidad de propágulos regenerativos presentes en estos campos.

Diferentes estudios han mostrado que la abundancia de semillas viables de especies heliófilas que están presentes en el suelo de las praderas ganaderas es significativamente menor (30% o menos) de aquellas presentes en el suelo de los bosques no afectados por actividades humanas (Zahawi *et al.* 1999, Cubiña 2001). Benitez-Malvido *et al.* (2001) encontraron que la cantidad de plántulas de especies arbóreas de selva que emergen del banco de semillas en praderas recién abandonadas es equivalente a un tercio de aquellas que emergieron del banco de semillas presente en el suelo de selvas no afectadas por actividad humana.

Igualmente, la lluvia de semillas en praderas abandonadas se encuentra reducida en abundancia y riqueza de especies respecto a aquella que ocurre dentro de los bosques no alterados (Martínez-Garza y González Montagut 1999). Esto se debe al pobre ingreso de semillas a través de la dispersión, producido por la lejanía entre el campo y la fuente de propágulos (remanentes de bosque nativo)

y la baja actividad de movimiento en campos abiertos de los animales que desempeñan la función de dispersión de semillas de la mayoría de las especies vegetales del bosque (Aide et al 1994, Zimmerman 2000, Myster 2003).

Debido a que la mayoría de los árboles y otras plantas leñosas son taladas y quemadas para tener tierras de pastoreo o cultivo, los bancos regenerativos son eliminados prácticamente de los suelos de las praderas ganaderas. Además, las plántulas que logran establecerse se encuentran bajo el riesgo de muerte por herbivoría y/o el pisoteo del ganado (Aide y Cavalier 1994, Holl 1999).

Una serie de otros factores biológicos, físicos y químicos presentes en los praderas ganaderas actúan también como barreras a la regeneración natural en estos campos, incluyendo: i) elevada dominancia de vegetación alienígena (gramíneas forrajeras y plantas herbáceas y arbustivas ruderales asociadas), ii) suelos compactados debido al intenso pisoteo del ganado, iii) suelos con niveles muy bajos en nutrientes minerales, iv) condiciones microclimáticas adversas, incluyendo una elevada radiación solar y una baja humedad relativa (Aide y Cavalier 1994, Holl 1999, Nespstad et al 1996 y 1997, Powers 1997, Cubiña 2001, Pascarella 2000, Zimmerman 2000).

II.3. Regeneración inducida

Se puede decir que la regeneración inducida inicia cuando el hombre incorpora de manera dirigida propágulos regenerativos, como semillas o plántulas a sitios donde la regeneración natural es baja o inexistente. Diferentes estudios muestran que los árboles transplantados a praderas ganaderas o tierras de cultivo aceleran el proceso regeneración natural (Aide 1995, Haggar 1997, Power 1997, Holl *et al.* 2000, Hooper 2002). La velocidad con la que inicia la regeneración natural se encuentra determinada por características intrínsecas a la historia de vida de las especies tales como: el tamaño de la copa, la velocidad de crecimiento, la fecundidad (i.e., producción de propágulos) y la tolerancia a la sombra. Además, también actúan mecanismos sucesionales a nivel de la comunidad como la facilitación, tolerancia y la inhibición entre especies (Connell y Slatyer 1977).

La importancia de los árboles transplantados como promotores de la regeneración natural queda ilustrada por lo que ocurre con los árboles de selva que quedan como remanentes en los campos agropecuarios. Estos árboles funcionan como perchas o puntos de atracción para animales frugívoros dispersores de semillas, lo cual facilita el arribo de semillas de otras especies de árboles (Guevara *et al.* 1986, Holl *et al.* 2000). En PGAs de la región de Los Tuxtla, Veracruz, Guevara *et al.* (1986) encontraron una diversidad mucho mayor de especies de plantas nativas bajo la copa de árboles remanentes que fuera de ésta. Además, los árboles remanentes modifican el microclima bajo su copa disminuyendo la radiación solar y aumentan la humedad relativa del ambiente sobre y bajo el suelo (Guimarães *et al.* 1994, Guariguata *et al.* 1995, Power *et al.*

1997, Uhl 1988). Estos cambios favorecen el establecimiento de especies de árboles tolerantes a la sombra (Holl 1999).

Se ha observado que la sombra producida por los árboles remanentes reduce el establecimiento de malezas o pastos (Aide 1994, Slocum 2001). Este efecto facilita el establecimiento de diferentes especies de árboles tolerantes a la sombra pero inhibe el desarrollo de especies secundarias demandantes de luz (Gerhardt 1993, Aide 1994).

Se ha encontrado que dependiendo de la espesura del follaje de los árboles remanentes y del tipo de fruto que producen (secos ó carnosos), la abundancia, diversidad y el desarrollo de propágulos bajo la copa es diferencial (Otero-Araniz *et al* 1999). Por ejemplo, Slocum (2001) encontró que bajo árboles remanentes con copas densas y frutos carnosos, como aquellos del género *Ficus*, la abundancia y la diversidad de especies fueron mayores que bajo árboles con copas menos densas y frutos sin arilo, como aquellos del género *Cordia*. Sin embargo, la velocidad de crecimiento de las plántulas que se encontraban bajo copas poco densas fue más rápido que aquellas encontradas bajo copas densas.

II.4. Efecto de la cobertura de pastos sobre la regeneración natural.

Se ha encontrado que la cobertura de gramíneas en las praderas ganaderas puede actuar como una barrera a la regeneración natural, afectando negativamente el desempeño (supervivencia y/o crecimiento) de plántulas de especies de árboles nativos de selva (Holl *et al.*2000, De Steven 1991, Parrotta 1997, Holl *et al.*2000, Kikongo *et al.* 2002). Sin embargo, esta cobertura puede

actuar también como un facilitador en la germinación y en el desarrollo de las plántulas de varias especies de árboles (Parrotta 1997, Holl *et al.*2000.). El microambiente que opera bajo la cobertura de pastos (baja radiación solar y elevada humedad relativa) favorece la germinación de las semillas de árboles tolerantes a la sombra (Aide *et al.* 1994, Vieira *et. al.*1994, Everham 1996, Holl 2002).

González-Montagut (1996) encontró en campos ganaderos abandonados de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, que la cobertura de pastos afecta positivamente la germinación de las semillas de las especies pioneras *Cecropia peltata* (Cecropiaceae), *Heliocarpus appendiculatus* (Tiliaceae) y *Stemmadenia donnell-smithii* (Apocynaceae). De manera semejante, Aide y Cavelier (1994) encontraron que en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, la cobertura de pastos tiene efectos positivos en la germinación de semillas de *Cochlospermum vitifolium* (Cochlospermaceae).

A nivel de las plántulas, el efecto de la vegetación de la pradera sobre la supervivencia tiene un importante componente de variación interespecífica. Así, en el estudio de González-Montagut (1996) la eliminación de la vegetación de pradera aumentó notablemente la supervivencia de las plántulas de *Cecropia peltata* mientras que en las de *Helicarpus appendiculatos* el efecto fue marginal y en aquella de *Stemmadenia donnell-smithii* la supervivencia no se vio afectada. Sin embargo, en las tres especies la remoción de la vegetación permitió un mayor crecimiento de las plántulas. Holl (2002) mostró que la vegetación de pastos (en campos ganaderos en Costa Rica) tiene efectos negativos en la probabilidad de

supervivencia de plántulas de *Cecropia polyhlebia*, *Heliocarpus apendiculatus* y *Sortea trophoides*.

Otros estudios han mostrado que la vegetación de la pradera limita la abundancia y establecimiento de muchas especies arbóreas nativas de selva. Por ejemplo, Hagggar (1997) encontró que la abundancia de tallos y la riqueza de especies de árboles y arbustos de selva, fue tres veces mayor en sitios donde se eliminó la vegetación de la pradera respecto a los controles con vegetación.

Las especies que conforman la vegetación de pradera pueden competir por nutrientes y agua con las plántulas. En la región de Sierra Nevada de Santa Martha, Colombia, Aide *et al* (1994) atribuyeron el bajo rendimiento de las plántulas de cinco especies nativas de árboles a la competencia por nutrientes con los pastos. En otros sistemas templados, Davis *et al.* (1998) mostraron la existencia de una fuerte competencia entre la vegetación herbácea y las plántulas de especies de *Quercus* spp. bajo niveles reducidos de agua y alta intensidad lumínica; la probabilidad de supervivencia y la biomasa de las plántulas disminuyeron en competencia con los pastos.

II.5. Tamaño de trasplante como variable en el desempeño

El tamaño de las plántulas al momento del trasplante puede determinar la habilidad para competir por recursos con la vegetación existente (Holl 1998). Las plántulas de mayor vigor pueden competir mejor por recursos limitados (Sarukhán *et al.* 1984). Puede esperarse, por lo tanto, que entre mayor sea el tamaño de una plántula mayor será su éxito de establecimiento y desempeño.

En diferentes especies se ha encontrado que las plántulas (de una misma cohorte que crecieron bajo las mismas condiciones ambientales) con mayor área foliar, biomasa y altura tienen mayor probabilidad de sobrevivir y mayor tasa de crecimiento que aquellas de menor vigor (Sarukhán *et al.*, 1984). Sin embargo, Benítez-Malvido *et al.* (2005) encontraron efectos contrarios a esta tendencia en plántulas de tres especies de la familia Sapotácea trasplantadas a praderas ganaderas y bosques de diferente edad sucesional. En general, las plántulas con tamaños grandes tuvieron menor probabilidad de supervivencia que aquellas de menor tamaño. Los autores concluyeron que este resultado se debió a problemas asociados con el manejo de trasplante. Por ejemplo, la manipulación tiende a producir más daño en las raíces de las plántulas más grandes.

Algunos estudios indican el tamaño de las plántulas al momento del trasplante pero no evalúan su efecto sobre el desempeño de las plántulas. Por ejemplo, Holl (2002) trasplantó plántulas de las especies arbóreas *Cecropia polyhlebia* (Cecropiaceae), *Hasseltia floribunda* (Flacurtiaceae) y *Heliocarpus appendiculatus* (Tiliaceae) de entre 1 y 4 cm de altura, pero no discutió el efecto esta variación en la supervivencia y crecimiento de las plántulas. El estudio de la importancia que tiene el tamaño de las plántulas al momento del trasplante sobre el éxito de establecimiento en campos abandonados es un tema de estudio aún por explorar.

II.6. Estacionalidad de trasplante

La temperatura elevada y la baja disponibilidad de agua en el suelo, que se observa durante la temporada de menor precipitación (“secas”), son variables importantes que pueden afectar el desempeño de las plántulas trasplantadas. En el parque Nacional de Guanacaste, Costa Rica, se observó que el crecimiento de las plántulas de dos especies demandantes de luz y dos especies tolerantes a la sombra, trasplantadas a potreros abandonados, disminuyó considerablemente durante la temporada de secas (Gerhardt 1993). Un resultado semejante fue encontrado por Nepstad *et al.* (1995) en una región Amazónica. Dentro de la literatura de biología tropical no existen más estudios que aborden la importancia de transplantar especies de plántulas a sitios degradados durante diferentes estaciones del año.

II.7. Objetivo

Esta tesis evalúa el desempeño (supervivencia y crecimiento) de plántulas de seis especies leñosas nativas (una arbustiva y cinco arbóreas) demandantes de luz, trasplantadas a praderas ganaderas durante los primeros 2.5 años desde la fecha de abandono. Los objetivos particulares de este trabajo son los siguientes:

- i) Evaluar el efecto de la remoción de la vegetación de pradera abandonada sobre la supervivencia y crecimiento de plántulas de seis especies leñosas demandantes de luz.

- ii)** Evaluar el efecto del tamaño (altura) inicial de las plántulas de las diferentes especies al momento de trasplante sobre la supervivencia de las mismas.

- iii)** Evaluar el efecto de la estación de trasplante (“lluvias” vs. “secas”) sobre el desempeño de las plántulas trasplantadas de las diferentes especies de estudio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo al sur este del estado de Chiapas, en la región de Marqués de Comillas (16° 05´-16°10´ N y 91° 0´-90° 50´ O). Esta región se encuentra delimitada físicamente por los ríos Lacantún y Salinas y por la frontera internacional de México con Guatemala. La región de Marqués de Comillas abarca un área total de 203,999 ha (Vázquez *et al.* 1992). En particular, dentro de esta región, el estudio se desarrolló en campos ganaderos ubicados en los ejidos de Chajul, Loma Bonita y Playón de la Gloria (Figura 1).

Los sistemas productivos en la región se relacionan con cultivos de maíz, chile, papaya, frijol y el desarrollo de praderas para ganadería. Entre los años 1975-85 fue notoria la acelerada pérdida de áreas de selva madura debido a los fuertes apoyos institucionales para el desarrollo de la ganadería en la región.

III.2. Clima

Clima

El clima es de tipo A de Köppen, que corresponde a los sub tipos *Af* y *Am*, (cálido húmedos), con precipitaciones anuales promedio superiores a los 2 000 mm. El promedio anual de precipitación para el área de Marqués de Comillas es aproximadamente 3,000 mm. La época principal de lluvia inicia en junio y termina a finales de enero. Los meses con mayor precipitación promedio son agosto y septiembre. Las precipitaciones más bajas (<100 mm por mes) ocurren en los

meses de diciembre a marzo. El mes más seco es marzo con solo 30 mm de lluvia (Le Bloas 2002). La temperatura promedio anual es de 24.7° C. El promedio de temperatura máxima y mínima es de 28° C y 21° C respectivamente (Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Montes Azules 2001(Ver, Fig. 2).

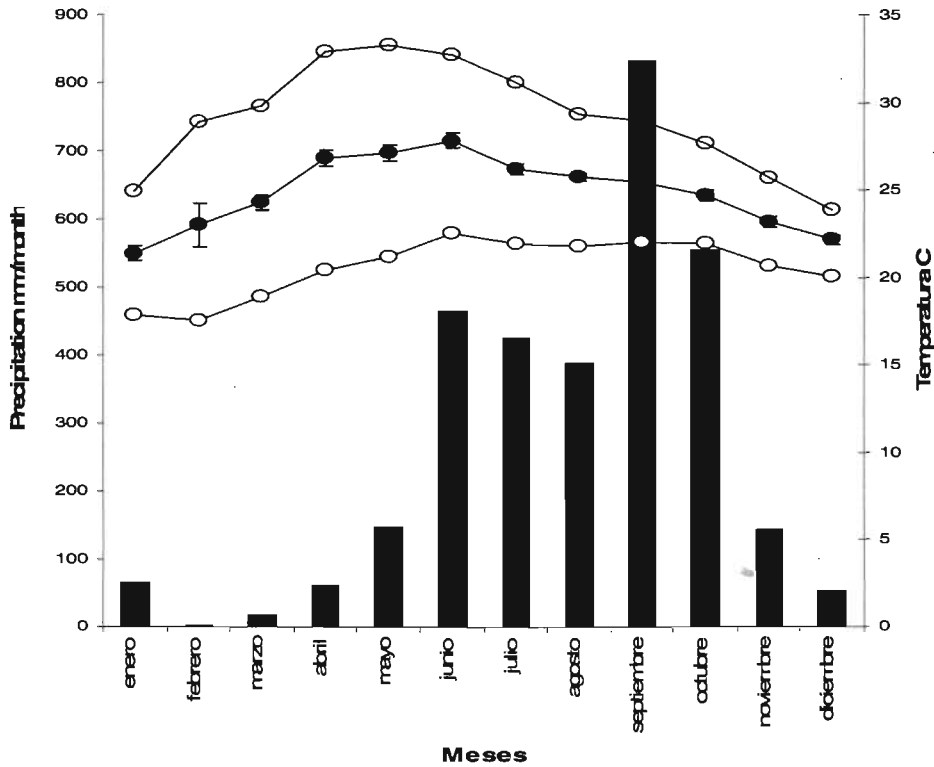


Figura 2. Variación de la precipitación y temperatura promedio mensual de la región de estudio, para el periodo de marzo de 1999 a marzo de 2000 (datos de la Comisión Federal de Electricidad situada en el ejido de Playón de la Gloria).

III.3. Vegetación

La vegetación dominante dentro de la región de Marqués de Comillas corresponde al tipo denominado como selva alta perennifolia dentro del sistema de clasificación de tipos de vegetación de Miranda y Hernández-X (1963) y bosque tropical perennifolio dentro de la clasificación de Rzedowski (1978). El bosque alcanza una altura máxima entre 30 m en las áreas de lomeríos bajos y de hasta 50 m en las áreas aluviales en los bordes de los ríos mayores. La selva de lomeríos se encuentra dominada por *Dialium guianense* (Leguminosae) y por los codominantes *Guarea glabra* (Meliaceae) *Brosimum alicastrum* y *B. costarricana* (Moraceae), *Ampelocera hottlei* (Ulmaceae) y *Cupanea dentata* (Sapindaceae) (Martínez-Ramos *et al.* datos no publicados). Los cultivos en la Región de Marqués de Comillas, se establecen generalmente en áreas aluviales (con suelos fértiles) y en lomeríos bajos (con suelos menos fértiles). Las praderas ganaderas se establecen primordialmente en los lomeríos bajos (Méndez 1998). El mayor porcentaje de cobertura de vegetación en Marqués de Comillas corresponde a bosques secundarios con diferentes etapas sucesionales, en los que se observa dominancia de especies como; *Cecropia peltata* (Cecropiaceae), *Luhea candida* (Tiliaceae), *Schizolobium paraybum* (Leguminosae), *Ochroma pyramidale* (Bombacaceae) y *Trichospermum mexicanum* (Tiliaceae)

III.4. Selección de las praderas ganaderas

Se seleccionaron cinco praderas ganaderas de aproximadamente de 2 ha cada una. Dos praderas se localizan en el ejido de Chajul, otras dos en el ejido de Playón de la Gloria y una más en el ejido de Loma Bonita (Figura 3). Estos

campos estaban en uso activo al momento de iniciarse el presente estudio (año 1999). En cada uno de los cinco campos se establecieron cuatro parcelas permanentes de 20 m de ancho por 100 de largo. Se trató de establecer las parcelas permanentes en forma paralela con una separación mínima de 20 m entre ellas (Figura 4). Con el fin de excluir al ganado, las parcelas experimentales fueron delimitadas en su periferia con cuatro hilos de alambre de púas. En dos de las cuatro parcelas de cada uno de los cinco campos ganaderos, se eliminó totalmente la cobertura vegetal con el uso de machete. En las otras dos parcelas se redujo esta cobertura a 1.5 m de altura para homogeneizar experimentalmente la vegetación de pradera inicial. De esta manera, se establecieron en cada uno de las cinco praderas experimentales dos parcelas con vegetación y dos sin vegetación de pradera (Figura 4). La asignación del tratamiento de con o sin vegetación entre las parcelas se hizo de manera aleatoria.

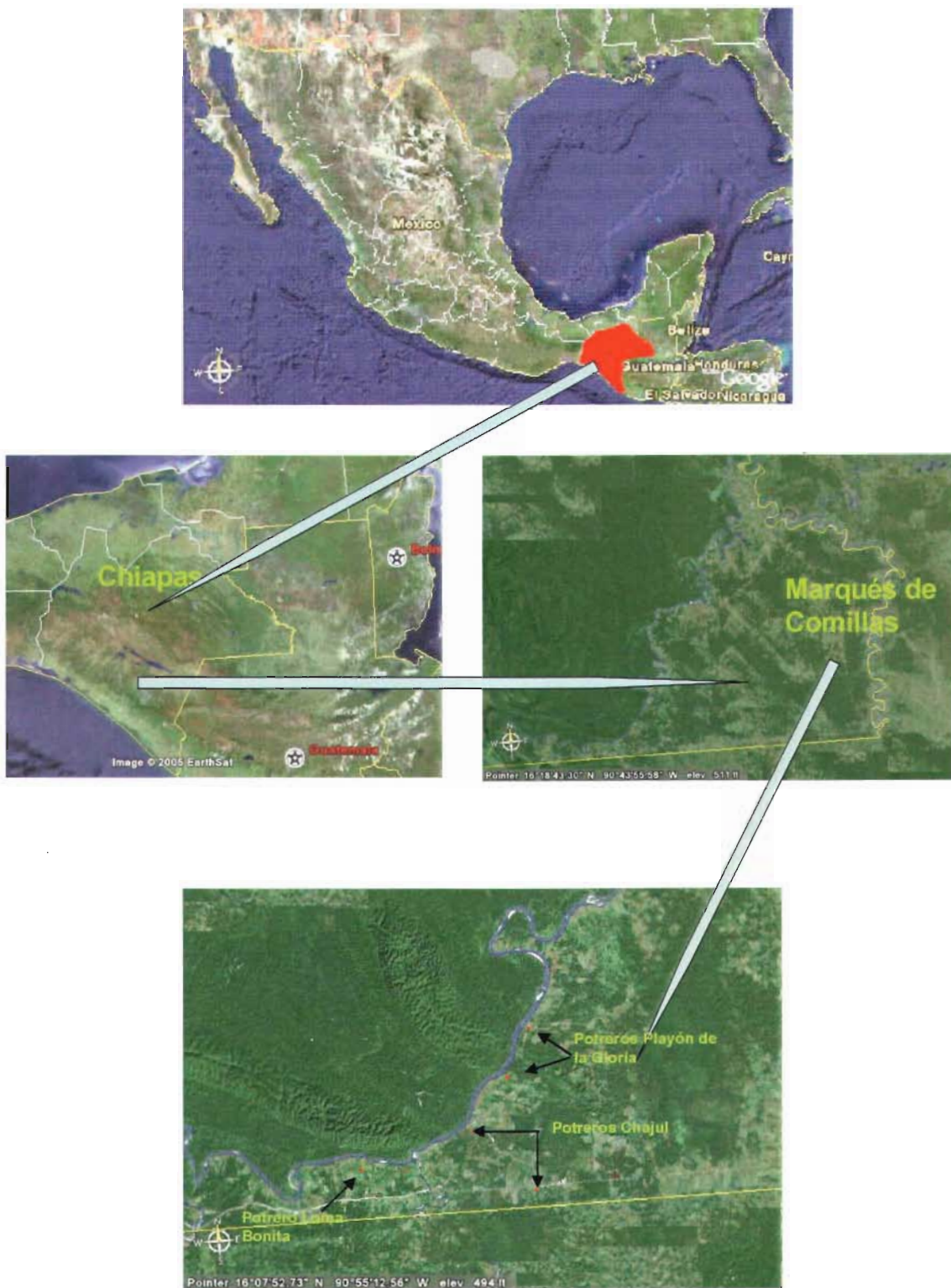


Figura 3. Ubicación geográfica de los sitios de estudio en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. Los círculos de color rojo indican la localización de las cinco praderas ganaderas experimentales en los ejidos de Playón de la Gloria, Chajul y Loma Bonita.

Potrero experimental

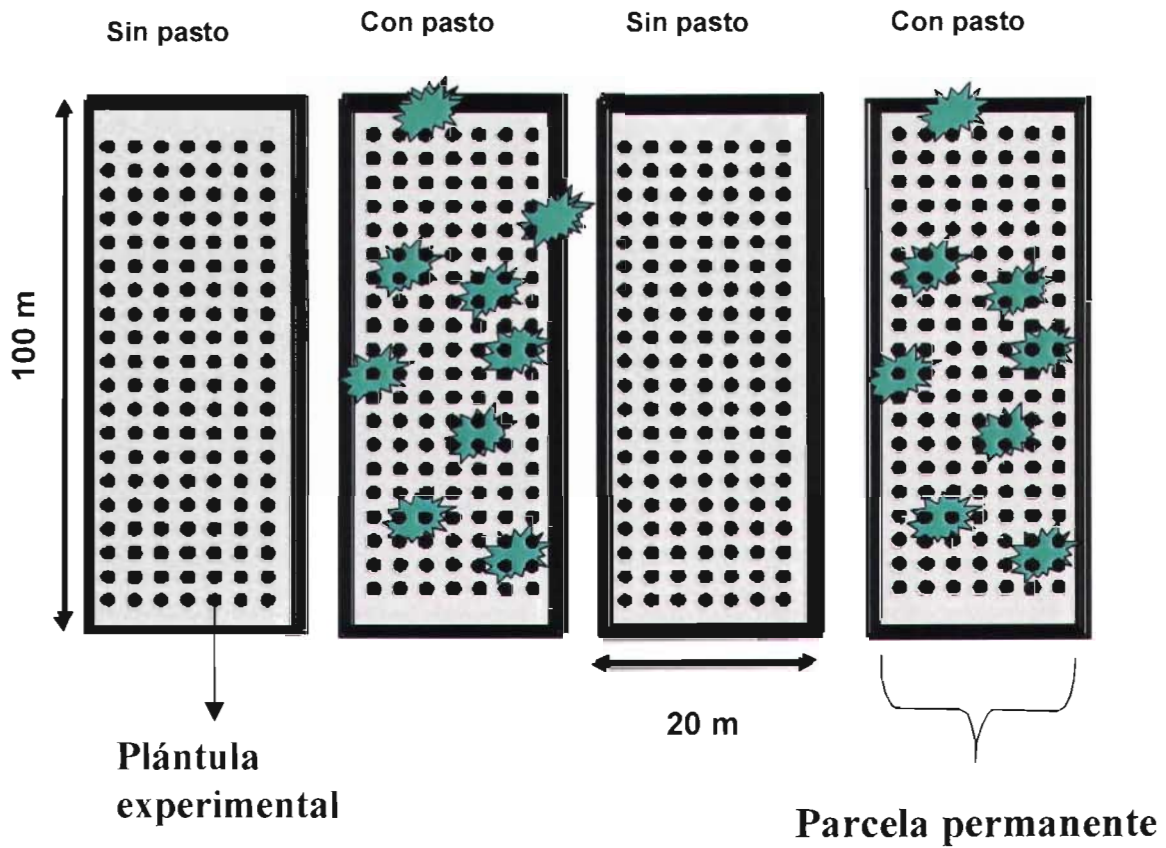


Figura 4. Esquema de la disposición espacial y dimensiones de las cuatro parcelas experimentales (20 x 100 m) que se establecieron en cada una de las cinco praderas ganaderas en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. En cada potrero se establecieron dos parcelas permanentes a las cuales se eliminó la cobertura de la vegetación y dos en las que no se eliminó. Se muestra el arreglo espacial de las plántulas indicado por los puntos separados de manera uniforme en cada parcela (3 x 3 m).

III. 5. Descripción de las especies de estudio

Se emplearon plántulas de seis especies leñosas, cinco arbóreas (poner los nombres) y una arbustiva (*Solanum nudum*, Solanaceae), que son abundantes en los bosques secundarios que se desarrollan en campos agropecuarios abandonados y en los claros naturales de la selva presente en la región de Marqués de Comillas (Pennington y Sarukhán 1998, ver Figura con fotos). Todas las especies se pueden clasificar como demandantes de luz, exceptuando a *Cedrela odorata* (Meliaceae). Poseen atributos de historia de vida asignadas a las llamadas especies pioneras de acuerdo con la clasificación de Whitmore (1988): el ciclo de vida es corto (< 30 años), rápido crecimiento, madurez reproductiva temprana, reproducción copiosa y producción de semillas pequeñas. El establecimiento de plántulas está relacionado de manera estricta con la ocurrencia de eventos de perturbación. A continuación se presenta una breve descripción de cada especie. (Ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Características generales y descripción de las especies de plántulas utilizadas en este estudio.

| Especie | Tamaño de semilla | Características generales | Síndrome de dispersión | Referencias |
|--|---|---|------------------------|---|
| <i>Carica papaya L.</i> Caricaceae | 3.7 a 4.5 mm de largo y 2 a 2.5 mm de ancho | Árbol dioico de 2 a 6 m de altura, de rápido crecimiento, demandante de luz. Se desarrolla en etapas iniciales de la sucesión natural. | Zoocoría | Ibarra-Manríquez y Sinaca-Colin, 1996 www.conabio.gob.mx/conocimiento/infoespecies/arboles/doctos/23-caric1m.2005 |
| <i>Cecropia peltata L.</i> Cecropiaceae | 1-2 mm de longitud y 0.8-1.3 mm de ancho | Árbol dioico que mide hasta 20 m de altura. Es una especie de rápido crecimiento, alta fecundidad tolerante a la luz solar. Se desarrolla en etapas iniciales de la sucesión natural. | Zoocoría | Álvarez-Buylla, Elena. 1997 Pennington y Sarukhán. 1998 www.conabio.gob.mx/conocimiento/infoespecies/arboles/doctos/21-m.2005 |
| <i>Cedrela odorata L.</i> Meliaceae | 8-10 mm de largo, 3-6 mm de ancho | Árbol monoico que alcanza una altura de 35 m. Es una especie que se desarrolla en etapas intermedias en la sucesión natural. | Anemocoría | Ibarra-Manríquez y Sinaca S., 1996 Pennington y Sarukhán. 1998 www.conabio.gob.mx/conocimiento/infoespecies/arboles/doctos/2-m.2005 |
| <i>Ochroma pyramidale (Cav.ex Lam.)</i> Bombacaceae | 5 mm de largo y 2mm de ancho | Árbol hermafrodita, que mide hasta los 20 m de altura, de rápido crecimiento y demandante de luz. Se desarrolla al inicio de la regeneración natural. | Anemocoría | Ibarra-Manríquez y Sinaca-S., 1996 Pennington y Sarukhán. 1998 www.conabio.gob.mx/conocimiento/infoespecies/arboles/doctos/Bom-21m.2005 |
| <i>Trichospermum mexicanum (A.DC.)</i> Tiliaceae | 3 mm de diámetro | Árbol monoico que alcanza alturas de hasta 15 m de altura. Es una especie de crecimiento rápido tolerante a la luz, que se desarrolla en lugares con alta incidencia de radiación. | Anemocoría | Ibarra-Manríquez y Sinaca-Colin, 1996 Pennigton y Sarukhán. 1998 |
| <i>Solanum nudum Dunal</i> Solanaceae | 2.5 mm de largo y 1.5 mm de ancho | Arbusto hermafrodita que mide hasta 2.5 m de altura, tolerante a luz que se desarrolla en lugares abiertos. | Zoocoría | Flora de Veracruz. 1998 Villaseñor <i>et al.</i> , 1998 |

Cecropia peltata



Carica papaya



Solanum nudum



Cedrela odorata



Ochroma pyramidale



***Trichospermum
mexicanum***

Fotos de las seis especies de plántulas de árboles nativos de rápido crecimiento, que se trasplantaron en las praderas ganaderas experimentales en el área de Marqués de Comillas, Chiapas.

III.6. Crianza de plántulas experimentales en vivero

Para obtener plántulas se colectaron semillas de las especies empleadas en el presente estudio de acahuales jóvenes, en las orillas de los caminos y en parcelas dentro de los ejidos. Para cada especie, las semillas se obtuvieron de cuando menos cinco árboles reproductivos. En el caso de la especie *Cedrela odorata*, además de colectar semillas, se usaron plántulas (criadas en viveros) donadas por los propietarios de los terrenos en los que se realizó el presente estudio.

Las semillas colectadas se limpiaron y secaron a la intemperie bajo condiciones de sombra. Para la obtención de las plántulas, las semillas se sembraron en suelo obtenido de bordes de selva en áreas aluviales. Este suelo se colocó en bolsas de plástico de color negro de 5 cm de ancho por 10 cm de largo. Se hizo una perforación en la base de las bolsas para garantizar un buen drenaje. Se colocó de una a tres semilla por bolsa para garantizar la obtención de al menos una plántula por bolsa. Para el caso de *Cecropia peltata* se sembraron más semillas por bolsa considerando que las plántulas son muy pequeñas (< 3 mm de altura) al momento de emerger.

Las bolsas se colocaron en un vivero rústico (3 m de ancho x 15 m de largo x 2 m de alto) que se construyó con postes y travesaños rectangulares (15 cm de ancho) de madera y cubierto parcialmente con una malla plástica de 0.25 cm de apertura, que produjo un 25% de sombra.

III.7. Siembra de plántulas y fechas de trasplante

Después de dos meses de crecimiento en el vivero las plántulas se transplantaron a los cinco potreros experimentales. Con la ayuda de coas de madera (aproximadamente 5 cm de diámetro), se hicieron perforaciones en la tierra de aproximadamente 10 cm de profundidad a intervalos de 3 m, a lo largo y ancho de cada parcela (224 perforaciones por parcela). En cada perforación se sembró una plántula desprendiendo la bolsa de plástico, conservando el suelo contenido en la bolsa y cuidando no dañar las raíces. En el caso de *Cecropia peltata* se sembraron varias plántulas por perforación con el fin de no dañar a las pequeñas plántulas que emergieron en cada bolsa de siembra.

La siembra de las plántulas a las parcelas experimentales se realizó en cuatro fechas diferentes (tres meses de diferencia entre cada fecha). La primera fecha se realizó en el mes de noviembre de 1999 (final del periodo principal de lluvias), la segunda en el mes de febrero del 2000 (inicio del periodo de sequía), la tercera en el mes de mayo del 2000 (inicio del periodo principal de lluvias) y la cuarta en septiembre del 2000 (dentro del periodo principal de lluvias). El último censo para todas las fechas de trasplante se llevó a cabo en el mes de junio del 2002.

El número de plántulas trasplantadas en las praderas experimentales varió para cada fecha de siembra y para cada uno de los tratamientos (Figura 3). En la primera fecha se trasplantó en los cinco potreros experimentales, un total de 25,977 plántulas. En la segunda fecha, se sembró un total de 3,139 plántulas. En la tercera fecha se sembraron 407 y en la cuarta fecha se sembró un total de 1993

plántulas. Se sembró para todas las fechas y todos los potreros abandonados un total de 31,516 plántulas.

En cada pradera experimental, en dos parcelas (una con y otra sin vegetación) se trasplantaron especies que producen frutos carnosos, cuyo síndrome de dispersión es la zoocoría (*Cecropia peltata* y *Carica papaya*). En las dos parcelas restantes (una con y otra sin vegetación) se trasplantaron plántulas de especies que producen frutos secos cuyo síndrome de dispersión es la anemocoría (*Trichospermum mexicanum* y *Cedrela odorata*). Debido a que ya no se contaba con plántulas de *Carica papaya*, para la segunda, tercera y cuarta fechas de trasplante se sembraron en su lugar plántulas de la especie *Solanum nudum*. Las diferencias en el número de plántulas trasplantadas en cada fecha se debió a la gran mortalidad que ocurrió después del trasplante. Debido a esta disminución drástica de plántulas, se fueron sembrando las plántulas que quedaban en el vivero (Figura 5).

Para mantener el tratamiento sin vegetación, se removían los pastos con machete cada quince días, asegurándose que las plántulas experimentales no tuvieran contacto con la vegetación de la pradera.

| Noviembre de 1999 | | | Febrero de 2000 | | |
|---------------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|
| | Con cobertura | Sin cobertura | | Con cobertura | Sin cobertura |
| <i>C.peltata</i> | 11378 | 881 | <i>C.peltata</i> | 712 | 717 |
| <i>C.papaya</i> | 1288 | 1125 | <i>C.papaya</i> | - | - |
| <i>C.odorata</i> | 291 | 263 | <i>C.odorata</i> | 61 | 113 |
| <i>O.pyramidale</i> | 2997 | 3119 | <i>O.pyramidale</i> | 136 | 162 |
| <i>T. mexicanum</i> | 2049 | 2586 | <i>T. mexicanum</i> | 268 | 462 |
| <i>S. nudum</i> | - | - | <i>S. nudum</i> | 272 | 236 |

| Mayo de 2000 | | | Septiembre de 2000 | | |
|---------------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|
| | Con cobertura | Sin cobertura | | Con cobertura | Sin cobertura |
| <i>C.peltata</i> | 31 | 37 | <i>C.peltata</i> | 195 | 359 |
| <i>C.papaya</i> | - | - | <i>C.papaya</i> | - | - |
| <i>C.odorata</i> | 13 | 17 | <i>C.odorata</i> | 369 | 523 |
| <i>O.pyramidale</i> | 28 | 14 | <i>O.pyramidale</i> | 41 | 65 |
| <i>T. mexicanum</i> | 82 | 58 | <i>T. mexicanum</i> | 53 | 65 |
| <i>S. nudum</i> | 101 | 26 | <i>S. nudum</i> | 127 | 102 |

Figura 5. Número total de plántulas sembradas de seis especies de estudio, en cinco praderas ganaderas abandonadas y en cuatro fechas de siembra en la región de Marqués de Comillas, Chipas.

III.8. Registro de datos

Al momento del trasplante, se registró la posición de cada plántula a lo ancho (x) y largo (y) de la parcela. Para cada plántula se registró su presencia/ausencia y para las supervivientes su altura (desde la base del tallo al ápice de crecimiento). A partir de la fecha de trasplante, se dio un seguimiento trimestral de la supervivencia y del crecimiento. Para la primera fecha de trasplante (noviembre 1999) se realizaron un total de nueve censos; para la segunda (febrero 2000) 8 censos; para la tercera (mayo 2000) 7 censos; y para la cuarta (septiembre 2000) 6 censos. El último censo para todas las fechas de trasplante se hizo en el mes de junio del 2002.

III.9. Análisis de datos

III.9.1. Supervivencia

La probabilidad de supervivencia (l_x) para cada cohorte de plántulas de cada especie, tratamiento y fecha de trasplante se calculó como la proporción de plántulas vivas a un tiempo dado respecto al número de plántulas inicial:

$$l_x = \frac{N_x}{N_0}$$

Se obtuvieron curvas de supervivencia para cada cohorte de plántulas de cada especie, tratamiento de cobertura y fecha de trasplante vs. el tiempo (en meses) transcurrido desde la fecha de trasplante.

Para evaluar el efecto de la vegetación de pastos sobre la tasa de mortalidad de las plántulas de cada especie y cada fecha de siembra, se usó el modelo exponencial:

$$N_t = \exp(a - bt \pm ct^2)$$

Donde N_t es el número de plántulas sobrevivientes a un tiempo dado (t), e es la base de los logaritmos naturales, a es el logaritmo del número inicial de plántulas (cohorte inicial al momento del trasplante); b es la tasa promedio de muerte de las plántulas (ind/ind/mes), c es la tasa cuadrática de mortalidad (ind/ind/mes²), t es el tiempo transcurrido desde la fecha de trasplante en meses y t^2 es el tiempo al cuadrado. El valor del parámetro c determina el tipo de curva de supervivencia de la cohorte. Si $c > 0$, la tasa de mortalidad que sufren las plántulas disminuye a través del tiempo y genera una curva de supervivencia de tipo cóncava (tipo III según Deevey en Begon *et al.* 1996). Si $c < 0$, la tasa de mortalidad aumenta con el tiempo, el y el modelo describe una curva de forma convexa (tipo II según Deevey 1945 en Begon *et al.* 1996). Finalmente, si $c = 0$ la tasa de mortalidad es constante a través del tiempo y la curva de supervivencia es una recta (tipo II según Deevey 1945 en Begon *et al.* 1996).

El modelo se ajustó a través del paquete estadístico GLIM 3.77 (Royal Society of Statistics of London, Crawley 1993) y, para cada especie, el efecto de cada variable independiente o factor (tratamiento de vegetación de pradera, tamaño inicial de las plántulas y fecha de trasplante) sobre los parámetros b y c , se evaluó a través de la devianza explicada por la interacción entre el factor tiempo y la variable independiente en cuestión. La devianza explicada por el modelo equivale a un valor aproximado de χ^2 (Crawley 1993). Las pruebas de

hipótesis se evaluaron considerando un nivel de significancia menor o igual al 5%. En todos los casos, el ajuste al modelo y las pruebas de hipótesis considero un error tipo Poisson y una función de unión logarítmica (Crawely 1993). En los casos que fue necesario, se corrigió el problema de sobredispersión (“overdispersion”) del modelo reescalándolo. Para ello se uso como factor de escala el cociente de Pearson que es igual a la devianza residual/grados de libertad residuales derivados del modelo con el problema de sobredispersión (ver, Crawely 1993).

III.9.2. Crecimiento

Para cada especie, tratamiento y fecha de censo se obtuvo el promedio de altura de las plántulas vivas. A través de un análisis de covarianza (ANCOVA), se evaluó el efecto del tratamiento de cobertura, fecha de trasplante y tamaño inicial de las plántulas por especie y cohorte (plántulas de una misma fecha de trasplante) sobre la tasa de crecimiento de las plántulas. El modelo empleado para evaluar el efecto de los tratamientos de cobertura sobre la pendiente (tasa de crecimiento) de la relación entre altura y tiempo fue polinomial de la forma:

$$A_t = a + bt + ct^2$$

Donde A_t es la altura a un tiempo (t) dado, a es el tamaño promedio inicial de las plántulas (en centímetros), b es la tasa de crecimiento promedio (cm mes^{-1}), c es la tasa de crecimiento cuadrática y t es el tiempo transcurrido desde la fecha de trasplante en meses y t^2 es el tiempo cuadrático. En este modelo, el tiempo se consideró un factor continuo, el tratamiento de cobertura un factor discreto con dos niveles (con y sin cobertura) y la fecha de trasplante un factor con cuatro niveles.

El efecto del tiempo de la remoción de cobertura, fecha de trasplante y tamaño inicial de las plántulas sobre la tasa de crecimiento se evaluó a través del valor de F correspondiente a la interacción entre el factor tiempo (lineal y cuadrático) y cada uno de estos factores discretos. Los ANCOVAs se llevaron a cabo a través del paquete estadístico GLIM 3.77 considerando un error normal y una función de unión idéntica (Crawely 1993).

III.9.3. Efecto del tamaño inicial

Para analizar el efecto del tamaño inicial de trasplante sobre la supervivencia de las plántulas se tomó en cuenta, para cada especie, el promedio de altura inicial en cada fecha de trasplante. Con este promedio, las plántulas se dividieron en dos categorías: i) “pequeñas”, plántulas con una altura menor al promedio y ii) “grandes”, plántulas con una altura igual o mayor al promedio. El análisis se efectuó considerando la supervivencia de las plántulas a los 6 y 12 meses transcurridos desde la siembra y al final del experimento, para cada especie y fecha de trasplante. El tratamiento de vegetación (con y sin vegetación) se incluyó como otro factor ya que la altura inicial puede interactuar con este tratamiento. Cuando no se encontró un efecto de interacción entre categoría de altura y tratamiento de vegetación, el modelo se redujo al análisis del efecto de categoría de altura. El efecto aislado y la interacción de los factores se evaluó a través de análisis de devianza. Para ello se usaron modelos lineales generalizados con un error binomial y una función de unión logística.

III.9.4. Índice de rendimiento relativo.

Con el fin de evaluar el desempeño de las especies en términos comparativos, se construyó un índice de rendimiento relativo (IRR) tomando en cuenta la probabilidad de supervivencia (PS_j) de la especie un año después del trasplante y su tasa de relativa de crecimiento (TRC_j) al final de este periodo. PS_j y TRC_j se escalaron considerando el máximo valor observado de supervivencia (PS_{max}) y crecimiento (TRC_{max}) entre las especies de modo que el IRR se calculó como: $IRR = (PS_j / PS_{max}) \times (TRC_j / TRC_{max})$. Este índice varía entre 0 y 1, siendo 1 el máximo rendimiento relativo. El IRR se calculó para cada una de las especies tomando en cuenta las especies trasplantadas en una misma fecha y bajo una misma condición de cobertura de pastos.

IV. RESULTADOS

IV.1. Supervivencia

Solo una fracción de las plántulas trasplantadas sobrevivió hasta el final del experimento. En la mayoría de los casos esta fracción fue menor al 10% de las plántulas iniciales (Figuras 6a, b, c y d). Las plántulas de *Ochroma pyramidale* tuvieron la menor supervivencia de entre todas las especies. No se encontraron sobrevivientes al final del experimento de esta especie ni de *Carica papaya*, bajo ninguno de los tratamientos de cobertura ó fecha de trasplante.

Para la mayoría de las especies y las fechas de trasplante (nueve de quince casos totales combinando especies y fechas de trasplante) la eliminación de la vegetación de pradera, disminuyó la tasa de mortalidad de las plántulas (Figura 6a, 6b y 6c).

Fecha 1

Noviembre 1999

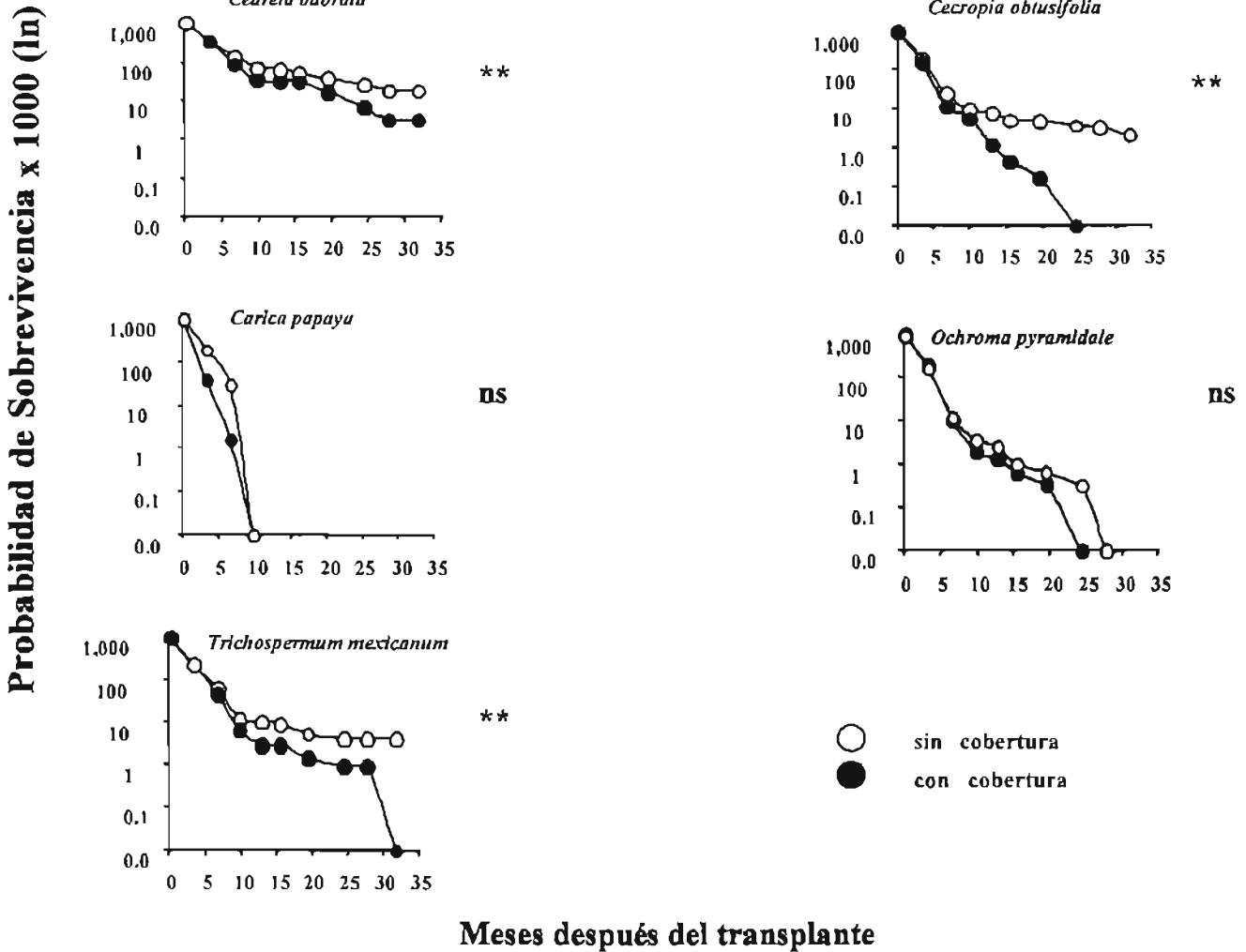
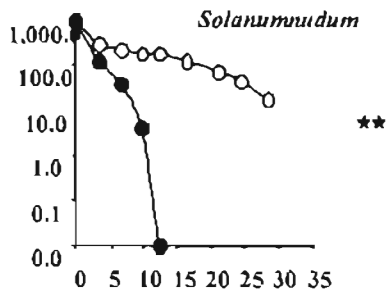
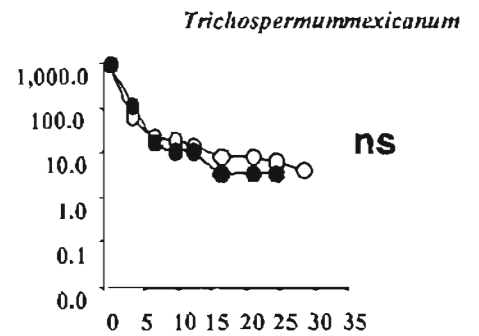
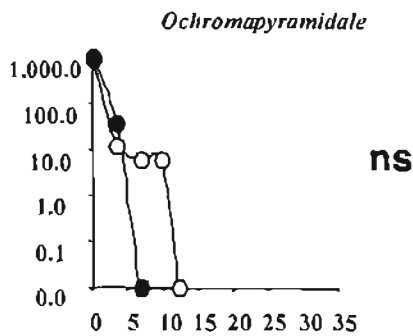
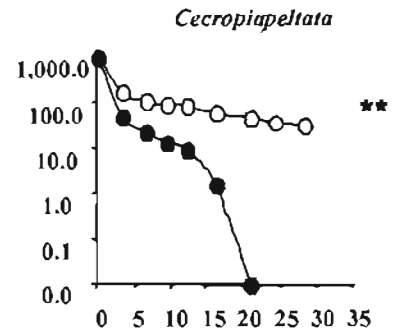
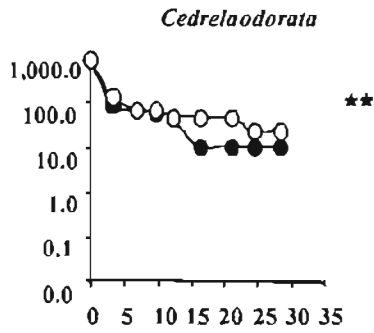


Figura 6a. Curvas de supervivencia de cinco especies de plántulas de árboles pioneros y un arbusto trasplantadas en noviembre de 1999, a campos ganaderos abandonados en presencia y ausencia de cobertura de pastos, en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. Los asteriscos (**) que se encuentran en cada una de las gráficas, indican diferencias significativas en las curvas de supervivencia ($p \leq 0.05$) y ns indica que las curvas no difieren estadísticamente ($P \geq 0.05$).

Fecha 2

Febrero de 2000



○ sin cobertura
● con cobertura

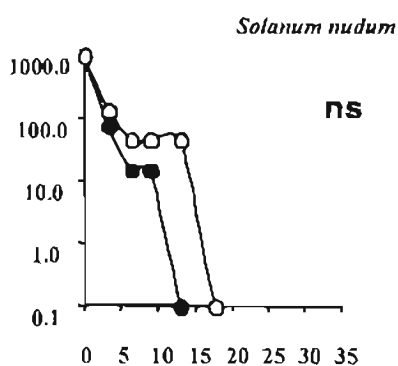
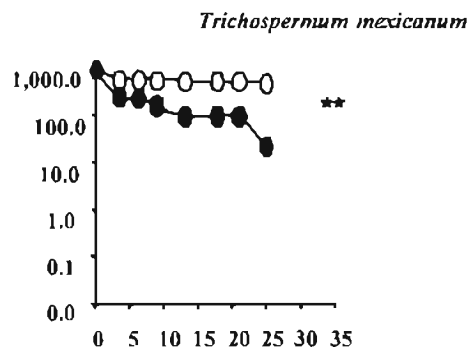
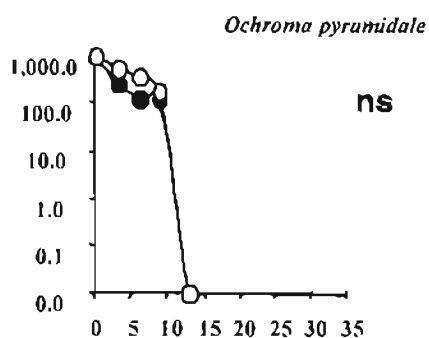
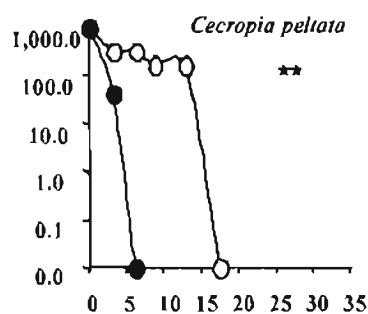
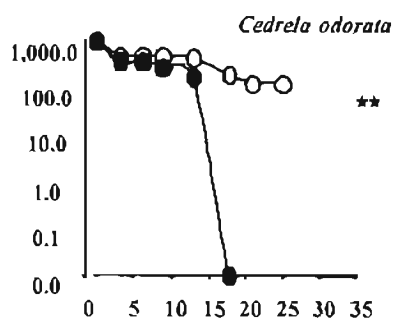
Meses después del trasplante

Figura 6b. Curvas de supervivencia de cinco especies de plántulas de árboles pioneros y un arbusto trasplantadas en febrero de 2000 a campos ganaderos abandonados en presencia y ausencia de cobertura de pastos en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. Los asteriscos (**) que se encuentran en cada una de las gráficas, indican diferencias significativas en las curvas de supervivencia ($p \leq 0.05$) y NS indica que las curvas no difieren estadísticamente ($P \geq 0.05$).

Fecha 3

Mayo 2000

Pobabilidad de Supervivencia X 10000 (ln)



○ sin cobertura
● con cobertura

Méses después del trasplante

Figura 6c. Curvas de supervivencia de cinco especies de plántulas de árboles pioneros y un arbusto trasplantadas en Mayo de 2000, a campos ganaderos abandonados en presencia y ausencia de cobertura de pastos en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. Los asteriscos (**) que se encuentran en cada una de las gráficas, indican diferencias significativas en las curvas de supervivencia ($p \leq 0.05$) y NS indica que las curvas no difieren estadísticamente ($P \geq 0.05$).

Fecha 4

Septiembre 2000

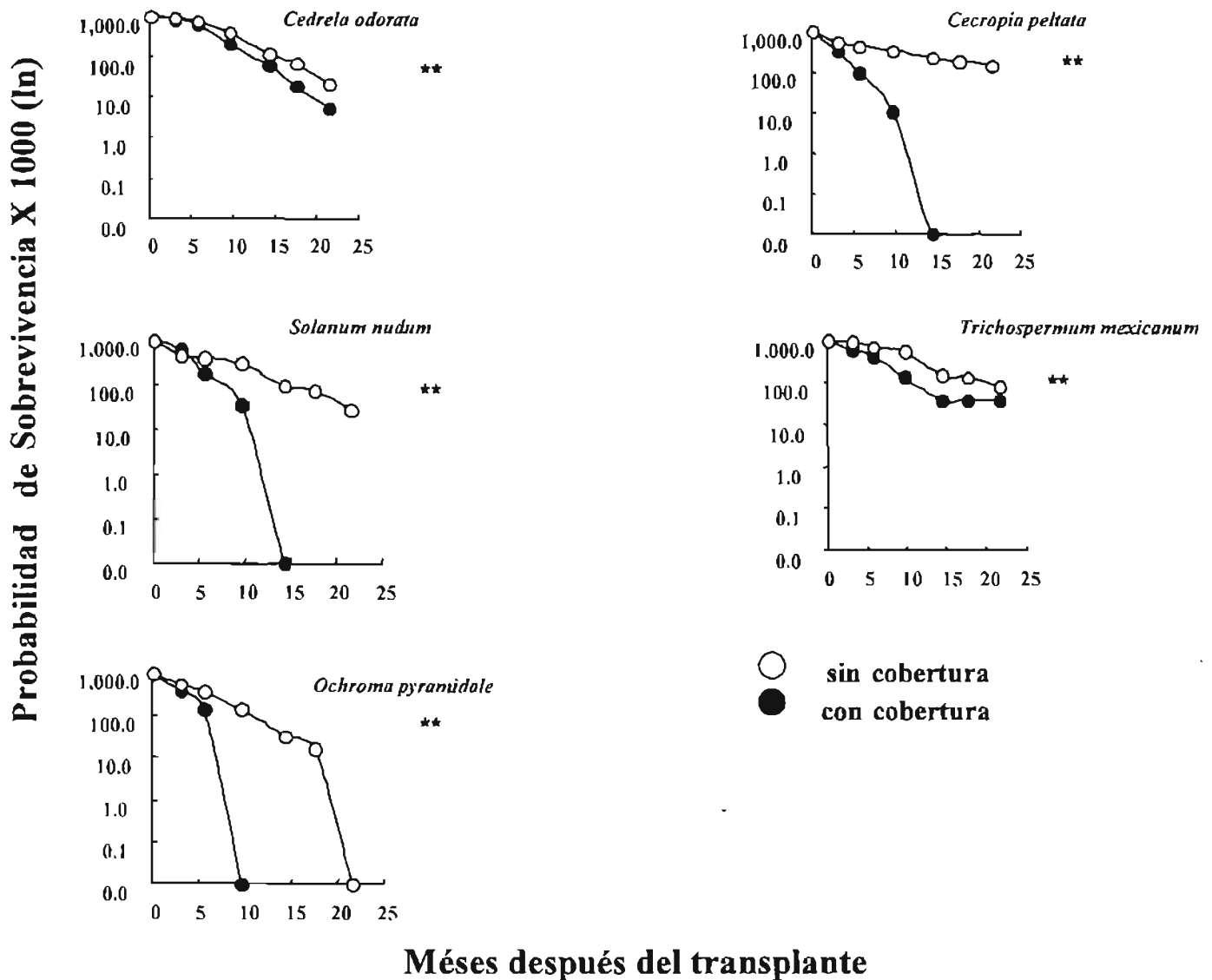


Figura 6d. Curvas de supervivencia de cinco especies de plántulas de árboles pioneros y un arbusto trasplantadas en septiembre de 2000 a campos ganaderos abandonados en presencia y ausencia de cobertura de pastos en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. Los asteriscos (**) que se encuentran en cada una de las gráficas, indican diferencias significativas en las curvas de supervivencia ($p \leq 0.05$) y NS indica que las curvas no difieren estadísticamente ($P \geq 0.05$).

VI.1.1. Efecto de la remoción de vegetación y la fecha de trasplante

VI.1.1.1. *Carica papaya*

Las pendientes de las curvas de supervivencia difirieron significativamente entre los tratamientos de presencia y ausencia de vegetación de pradera (Cuadro 2). La tasa de mortalidad de las plántulas que se plantaron en el mes de noviembre de 1999 difirió significativamente entre los tratamientos de vegetación pero no así la tasa de mortalidad cuadrática (Anexo 1.1.), lo cuál implica que la tasa de mortalidad se mantuvo constante a través del tiempo. Las plántulas plantadas en presencia de la cobertura vegetal mostraron una mayor tasa de mortalidad que aquellas plantadas en ausencia de esta cobertura (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tasa de mortalidad (plántula plántula⁻¹ mes⁻²) cuadrática estimada para cohortes de plántulas de *Carica papaya* trasplantadas en praderas ganaderas abandonadas en el área de Marqués de Comillas, Chiapas, con y sin cobertura de pastizal. Para cada fecha de trasplante, letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura ($P \leq 0.05$); e.e. = 1 error estándar.

| Fecha de Trasplante | Con cobertura \pm e.e. | Sin cobertura \pm e.e. |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Noviembre 1999 | -0.99 \pm 0.012 ^b | -0.55 \pm 0.009 ^a |

VI.1.1.2. *Cecropia peltata*

La tasa de mortalidad de las plántulas de esta especie, combinando todas las cohortes de plántulas, difirió significativamente entre los tratamientos de cobertura ($X^2 = 21$; g.l. = 1; $P \leq 0.001$). Las plántulas que crecieron en ausencia de cobertura de pastos tuvieron una mortalidad significativamente menor (0.50 plántula⁻¹ mes⁻¹;

t= 8.4; g.l.= ≤ 0.001) que aquellas desarrolladas en presencia de esta cobertura (0.63 plántula⁻¹ mes⁻¹).

Este resultado se observó en las plántulas independientemente de la fecha de trasplante (Cuadro 3). La tasa de mortalidad más baja se observó en la cohorte trasplantada en el mes de septiembre del 2000 en ausencia de la vegetación de pradera. La tasa de mortalidad más elevada se registró en las plántulas trasplantadas en el mes de mayo de 2000 en presencia de la pradera.

Cuadro 3. Tasa de mortalidad (plántula plántula⁻¹ mes⁻¹) lineal estimadas para cohortes de plántulas de *Cecropia peltata* trasplantadas en praderas ganaderas abandonadas en el área de Marqués de Comillas, Chiapas, con y sin vegetación de pradera. Para cada fecha de trasplante, letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura ($P \leq 0.05$); e.e. = 1 error estándar.

| Fecha de Trasplante | Con cobertura \pm e.e. | Sin cobertura \pm e.e. |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Noviembre 1999 | -0.652 \pm 0.024 ^b | -0.548 \pm 0.027 ^a |
| Febrero 2000 | -0.623 \pm 0.078 ^b | -0.392 \pm 0.079 ^a |
| Mayo 2000 | -0.898 \pm 0.280 ^b | -0.241 \pm 0.028 ^a |
| Septiembre 2000 | -0.449 \pm 0.041 ^b | -0.148 \pm 0.042 ^a |

Se encontró un efecto significativo de la interacción entre el tiempo y la fecha de siembra, tanto en la tasa de mortalidad lineal como en la tasa de mortalidad cuadrática (Anexo 1.2). La tasa promedio lineal de mortalidad de plántulas promediando los tratamientos de cobertura, no varió significativamente entre las plántulas trasplantadas en noviembre de 1999, febrero y mayo de 2000. Solo se encontró una diferencia significativa en la cohorte trasplantada en

septiembre de 2000, en la que se registró la tasa de mortalidad más baja (Cuadro 4).

La tasa de mortalidad cuadrática fue estadísticamente igual para las plántulas trasplantadas en los meses de noviembre 1999 y febrero 2000. En ambos casos esta tasa tuvo un signo positivo indicando que la tasa mortalidad disminuyó con el tiempo. Para las fechas de trasplante de mayo y septiembre de 2000 la tasa de mortalidad cuadrática no difirió estadísticamente y tuvo un signo negativo lo que sugiere que la tasa de mortalidad fue constante al inicio del tiempo de trasplante y aumentó al final del experimento.

Cuadro 4. Tasa promedio de mortalidad (plántula plántula⁻¹ mes⁻¹), lineal y cuadrática estimadas sin considerar la cobertura, para cuatro fechas de trasplante de plántulas de *Cecropia peltata* en praderas abandonadas en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

a) Tasa de mortalidad lineal

| Fechas | Noviembre 1999 | Febrero 2000 | Mayo 2000 | Septiembre 2000 |
|--------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | -0.61 ± 0.31^b | -0.51 ± 0.081^b | -0.56 ± 0.082^b | -0.29 ± 0.13^a |

b) Tasa de mortalidad cuadrática

| | Noviembre 1999 | Febrero 2000 | Mayo 2000 | Septiembre 2000 |
|--|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 0.005 ± 0.004^b | 0.0024 ± 0.002^b | -0.0093 ± 0.002^c | -0.0035 ± 0.002^a |

VI.1.1.3. *Cedrela odorata*

La tasa de mortalidad de las plántulas de *Cedrela odorata*, combinando todas las cohortes de plántulas, fue significativamente mayor en presencia de la cobertura de pastos (0.36 plántula plántula⁻¹ mes⁻¹) que en la ausencia de esta cobertura

(0.20 plántula plántula⁻¹ mes⁻¹; t = 11; g.l.= 1; P ≤ 0.05). La tasa de mortalidad lineal difirió estadísticamente tanto con el tratamiento de cobertura como con las fechas de trasplante; la tasa de mortalidad cuadrática, sin embargo, no difirió entre los tratamientos de cobertura ni entre las fechas de trasplante (Anexo 1.3).

Las tasa de mortalidad más alta se presentó en las plántulas que se sembraron en presencia de la cobertura de pastos en tres de las cuatro fechas de trasplante. Solamente en la cohorte de febrero 1999 no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tasa de mortalidad (plántula plántula⁻¹ mes⁻¹) lineal estimadas para plántulas de *Gedrea odorata* plantadas en praderas ganaderas abandonadas en el área de Marqués de Comillas, Chiapas, con y sin vegetación de pradera. Para cada fecha de trasplante, letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura (P ≤ 0.05); e.e. = 1 error estándar.

| Fecha de Trasplante | Con cobertura ± e.e. | Sin cobertura ± e.e. |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Noviembre 1999 | -0.357 ± 0.015 ^b | -0.315 ± 0.011 ^a |
| Febrero 2000 | -0.391 ± 0.102 ^a | -0.464 ± 0.134 ^a |
| Mayo 2000 | -0.178 ± 0.043 ^b | -0.083 ± 0.047 ^a |
| Septiembre 2000 | -0.003 ± 0.013 ^b | -0.063 ± 0.013 ^a |

La tasa de mortalidad más baja se registró para las plántulas trasplantadas en septiembre de 2000 en ausencia de la cobertura de pastos. La tasa de mortalidad más alta se observó en la cohorte de plántulas plantadas en el mes de febrero del 2000 en presencia de la cobertura (Cuadro 6).

La tasa de mortalidad, mezclando los dos tratamientos de cobertura, varió significativamente entre las fechas de trasplante, tanto para las tasas de

mortalidad lineal como para la cuadrática (Cuadro 6); la tasa de mortalidad lineal más baja se observó en septiembre del 2000, mientras que la tasa promedio más alta se observó en febrero del 2000 (Cuadro 6). La tasa de mortalidad cuadrática en el mes de septiembre del 2000 tuvo un valor negativo indicando que para esa cohorte la tasa de mortalidad aumentó con el tiempo (Figura 6b).

Cuadro 6. Tasa promedio de mortalidad lineal y cuadrática (mezclando los tratamientos de cobertura) estimadas para cuatro fechas de trasplante de plántulas de *Cedrela odorata* en praderas abandonadas en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. Las distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

a) Tasa de mortalidad lineal

| Noviembre 1999 | Febrero 2000 | Mayo 2000 | Septiembre 2000 |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| -0.360 ± 0.017^c | -0.411 ± 0.051^d | -0.163 ± 0.068^b | -0.063 ± 0.022^a |

b) Tasas de mortalidad cuadrática

| Noviembre 1999 | Febrero 2000 | Mayo 2000 | Septiembre 2000 |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| 0.0062 ± 0.0006^c | 0.017 ± 0.0018^d | 0.0052 ± 0.0028^b | -0.0028 ± 0.0009^a |

VI.1.1.4. *Ochroma pyramidale*

Según el análisis de devianza, la tasa de mortalidad promedio, mezclando todas las fechas de trasplante, no difirió significativamente entre los tratamientos de cobertura. En las plántulas plantadas en noviembre de 1999, febrero de 2000 y mayo de 2000 la remoción de la cobertura de pastos no afectó significativamente la tasa de mortalidad (Cuadro 7). Se observó un efecto significativo de esta remoción solo en las plántulas plantadas en el mes de septiembre del 2000. Para

esa fecha de trasplante, la remoción de pastos disminuyó la tasa de mortalidad de las plántulas.

Cuadro 7. Tasa de mortalidad (plántula plántula⁻¹ mes⁻¹) lineal estimadas para plántulas de *Ochroma pyramidale* trasplantadas en praderas ganaderas abandonadas en el área de Marqués de Comillas, Chiapas, con y sin cobertura de pastizal. Para cada fecha de trasplante, letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura ($P \leq 0.05$); e.e. = 1 error estándar.

| Fecha de Trasplante | Con cobertura \pm e.e. | Sin cobertura \pm e.e. |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Noviembre 1999 | -0.560 \pm 0.05 ^a | -0.55 \pm 0.05 ^a |
| Febrero 200 | -0.316 \pm 0.14 ^a | -0.288 \pm 0.13 ^a |
| Mayo 2000 | -0.493 \pm 0.46 ^a | -0.306 \pm 0.26 ^a |
| Septiembre 200 | -0.439 \pm 0.02 ^b | -0.199 \pm 0.05 ^a |

Combinando los tratamientos de cobertura, la tasa lineal de mortalidad varió significativamente entre las fechas de trasplante (Cuadro 8) pero no así la tasa cuadrática de mortalidad (Anexo 1.4); es decir, en todas las cohortes, la tasa de mortalidad no varió con el tiempo. La tasa de mortalidad promedio, fue estadísticamente igual para las plántulas trasplantadas en los meses de mayo y septiembre del 2000 y fue significativamente menor en las plántulas trasplantadas en los meses de noviembre de 1999 y febrero de 2000.

Cuadro 8. Tasa promedio de mortalidad lineal y cuadrática estimadas para cuatro fechas de trasplante de plántulas de *Ochroma pyramidale* en praderas abandonadas en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

a) Tasa de mortalidad lineal

| Noviembre 1999 | Febrero 2000 | Mayo 2000 | Septiembre 2000 |
|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| -0.561 ± 0.017^b | -0.996 ± 0.201^c | -0.261 ± 0.113^a | 0.264 ± 0.053^a |

VI.1.1.5. *Solanum nudum*

La tasa de mortalidad, combinando todas las fechas de trasplante, difirió significativamente entre los tratamientos de cobertura del pastizal (Cuadro 9). Considerando cada cohorte por separado, esta diferencia se observó en la cohorte plantada en el mes de febrero de 2000 y en septiembre de 2000; en ambas cohortes, la remoción de vegetación de pastos disminuyó significativamente la tasa de mortalidad (Cuadro 9). La tasa de mortalidad más elevada se registró en plántulas que se plantaron en el mes de mayo 2000, independientemente del tratamiento de cobertura. La tasa de mortalidad más baja se observó en el mes de septiembre de 2000 bajo el tratamiento de remoción de cobertura de la vegetación (Cuadro 9).

La mortalidad de las plántulas varió significativamente entre las fechas de trasplante, tanto para la tasa de mortalidad lineal como la cuadrática (Cuadro 10).

Cuadro 9. Tasa de mortalidad (plántula plántula⁻¹ mes⁻¹) estimadas para cohortes de plántulas de *Solanum nudum* trasplantadas en praderas ganaderas abandonadas en el área de Marqués de Comillas, Chiapas, con y sin cobertura de pastizal. Para cada fecha de trasplante, letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura ($P \leq 0.05$); e.e. = ± 1 error estándar.

| Fecha de Trasplante | Con cobertura \pm e.e. | Sin cobertura \pm e.e. |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Febrero 2000 | -0.528 \pm 0.089 ^b | -0.284 \pm 0.088 ^a |
| Mayo 2000 | -0.785 \pm 0.127 ^a | -0.513 \pm 0.177 ^a |
| Septiembre 2000 | -0.311 \pm 0.050 ^b | -0.144 \pm 0.052 ^a |

Cuadro 10. Tasa de mortalidad lineal y cuadrática estimadas, mezclando los tratamientos de cobertura, para cuatro fechas de trasplante de plántulas de *Solanum nudum* en praderas abandonadas en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

a) Tasa de mortalidad lineal

| Fechas | Febrero 2000 | Mayo 2000 | Septiembre 2000 |
|--------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | -0.584 \pm 0.039 ^b | -0.743 \pm 0.67 ^c | -0.296 \pm 0.067 ^a |

b) Tasa de mortalidad cuadrática

| Fechas | Febrero 2000 | Mayo 2000 | Septiembre 2000 |
|--------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | 0.003 \pm 0.001 ^b | 0.013 \pm 0.006 ^c | 0.0009 \pm 0.002 ^a |

El valor más bajo de la tasa de mortalidad lineal se encontró en el mes de septiembre de 2000 y el más alto en el mes de mayo de 2000. Lo mismo sucedió con los valores obtenidos para la tasa de mortalidad cuadrática (Cuadro 10), lo cual indica que la tasa de mortalidad aumentó con el tiempo a mayor velocidad en esta cohorte que en aquella sembrada en febrero de 1999 y en septiembre de 2000 (Figura 6b y c).

VI.1.1.6. *Trichospermum mexicanum*

El análisis de devianza (Anexo 1.6.) mostró que la tasa de mortalidad lineal ($X^2=7643$, g.l. =1, $P \leq 0.001$) y cuadrática ($X^2=255.4$, g.l. =1, $P \leq 0.001$) difirieron significativamente entre los tratamientos de cobertura, pero no entre las fechas de trasplante ($P \geq 0.05$). El valor positivo que se encontró para el término cuadrático indica que la tasa de mortalidad disminuyó con el tiempo (Figura 3a).

La tasa promedio de mortalidad, combinando todas las fechas de trasplante, fue significativamente menor ($t= 7.54$; g.l.= 1; $P \leq 0.01$) en ausencia (-0.30 ± 1 e.e plántula plántula⁻¹ mes⁻¹) que en presencia de la cobertura de la pradera (-0.40 ± 1 e.e plántula plántula⁻¹ mes⁻¹).

El aumento en la supervivencia de las plántulas en ausencia de la vegetación de pradera se observó en tres de las cuatro fechas de trasplante. No se encontró diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura en las plántulas trasplantadas en febrero de 2000 (Cuadro 11).

La tasa de mortalidad, lineal y cuadrática, encontrada para cada una de las cohortes trasplantadas en diferentes fechas, sin importar el tratamiento de cobertura, se muestra en el Cuadro 11. Las plántulas trasplantadas en los meses de mayo de 2000 y septiembre de 2000 mostraron tasas de mortalidad significativamente mayores que las trasplantadas en los meses de noviembre de 1999 y febrero de 2000.

Cuadro 11. Tasa de mortalidad (plántula plántula⁻¹ mes⁻¹) lineal estimadas para cohortes de plántulas de *Trichospermum mexicanum* trasplantadas en praderas ganaderas abandonadas en el área de Marqués de Comillas, Chiapas, con y sin cobertura de pastizal. Para cada fecha de trasplante, letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura ($P \leq 0.05$); e.e. = 1 error estándar.

| Fecha de Trasplante | con cobertura \pm ee | sin cobertura \pm ee |
|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Noviembre 1999 | -0.530 \pm 0.01 ^b | -0.476 \pm 0.01 ^{ac} |
| Febrero 2000 | -0.652 \pm 0.07 ^a | -0.651 \pm 0.05 ^a |
| Mayo 2000 | -0.194 \pm 0.28 ^b | -0.095 \pm 0.02 ^a |
| Septiembre 2000 | -0.186 \pm 0.04 ^b | -0.024 \pm 0.04 ^a |

El valor negativo que se encontró en la tasa cuadrática de la cohorte sembrada en el mes de septiembre de 2000 (Cuadro 12) significa que la tasa de mortalidad aumentó con el paso del tiempo. En las otras cohortes, este término fue positivo, indicando que la tasa de mortalidad disminuyó a medida que las plántulas crecieron y adquirieron mayor edad.

Cuadro 12. Tasa promedio de mortalidad lineal y cuadrática estimadas (mezclando los tratamientos de cobertura) para cada una de las fechas de trasplante de plántulas de *Trichospermum mexicanum* en praderas abandonadas en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

a) Tasa promedio de mortalidad lineal

| Noviembre 1999 | Febrero 2000 | Mayo 2000 | Septiembre 2000 |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| -0.532 \pm 0.01 ^b | -0.684 \pm 0.04 ^c | -0.182 \pm 0.05 ^a | -0.130 \pm 0.04 ^a |

b) Tasa de mortalidad cuadrática

| Noviembre 1999 | Febrero 2000 | Mayo 2000 | Septiembre 2000 |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 0.010 \pm 0.0005 ^d | 0.017 \pm 0.001 ^c | 0.004 \pm 0.002 ^b | -0.002 \pm 0.0028 ^a |

VII.2. CRECIMIENTO

VII.2.1. Efecto de remoción de pastos y fecha de trasplante

La tasa de crecimiento en altura de las plántulas varió según la especie y el tratamiento de cobertura. En general, la tasa de crecimiento fue mayor en el tratamiento de remoción de la cobertura de pastos (Figuras 4 a,b,c.). Según los resultados de ANCOVA, con excepción de *Carica papaya* y *Ochroma lagopus*, este aumento fue significativo en la mayoría de las especies (ver valor significativo de F para la interacción tiempo x tratamiento de cobertura en el Anexo 3).

Según los resultados del análisis del ANCOVA, la tasa promedio de crecimiento más alta se registró en plántulas que se transplantaron en el mes de mayo del 2000 sin la presencia de la cobertura del pastizal ($6.20 \pm e.e \text{ cm mes}^{-1}$). La tasa más baja de crecimiento promedio se encontró en plántulas que se transplantaron en el mes de febrero del 2000 ($1.4 \pm e.e \text{ cm mes}^{-1}$) en presencia de cobertura del pastizal.

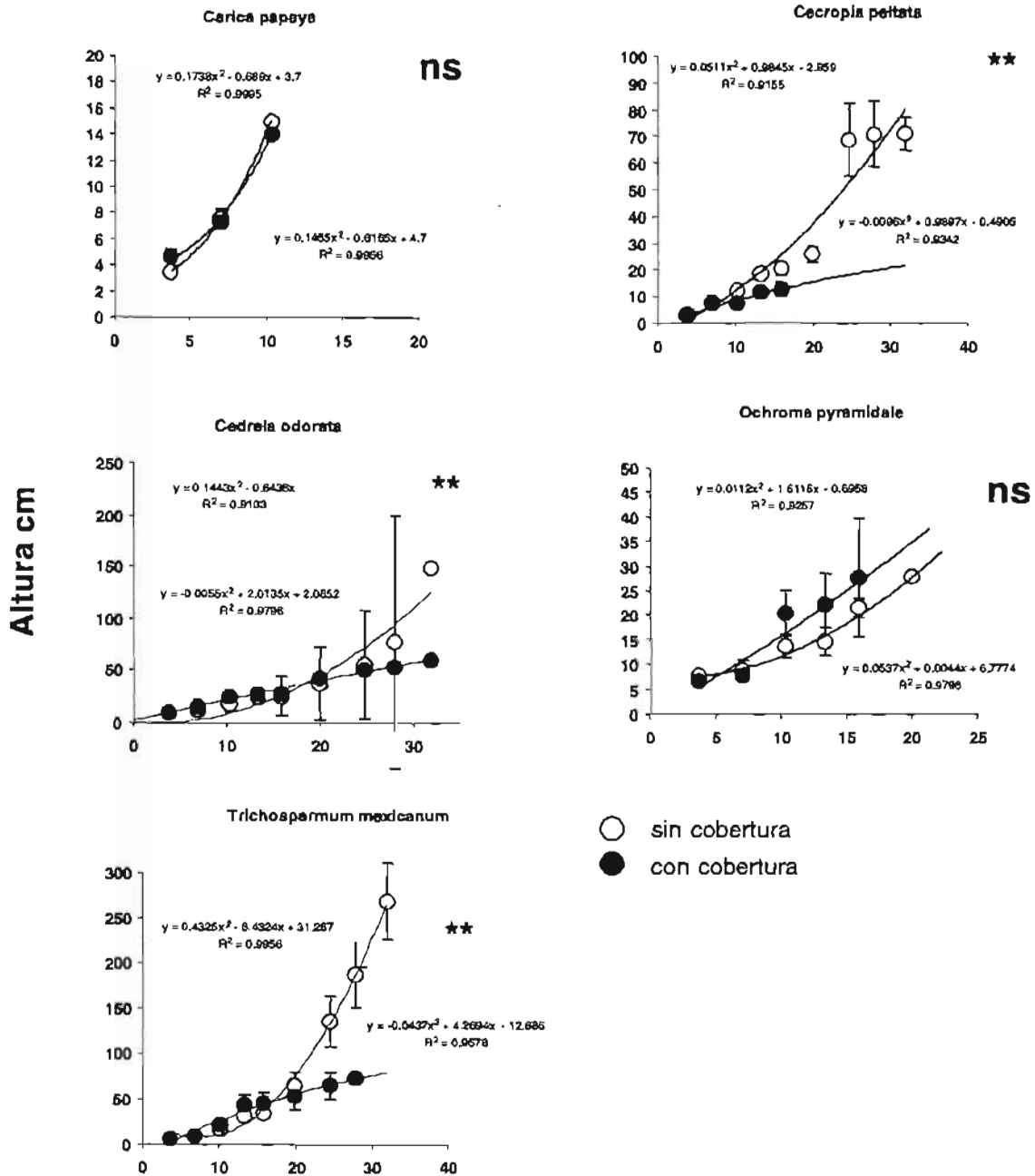
VII.2.1.1. *Carica papaya*

La tasa de crecimiento de plántulas de esta especie no difirió significativamente entre los tratamientos de cobertura de la vegetación (Anexo 2.1., Cuadro 13).

Cuadro 13. Tasa de crecimiento ($\text{cm cm}^{-1} \text{ mes}^{-1}$) lineal estimada para plántulas de *Carica papaya* plantadas en noviembre de 1999 en praderas ganaderas abandonadas en el área de Marqués de Comillas, Chiapas, con y sin cobertura de pastos. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura ($P \leq 0.05$); e.e. = 1 error estándar.

| Fecha de Trasplante | Con cobertura \pm e.e. | Sin cobertura \pm e.e. |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Noviembre 1999 | 1.25 ± 0.18^a | 1.20 ± 0.18^a |

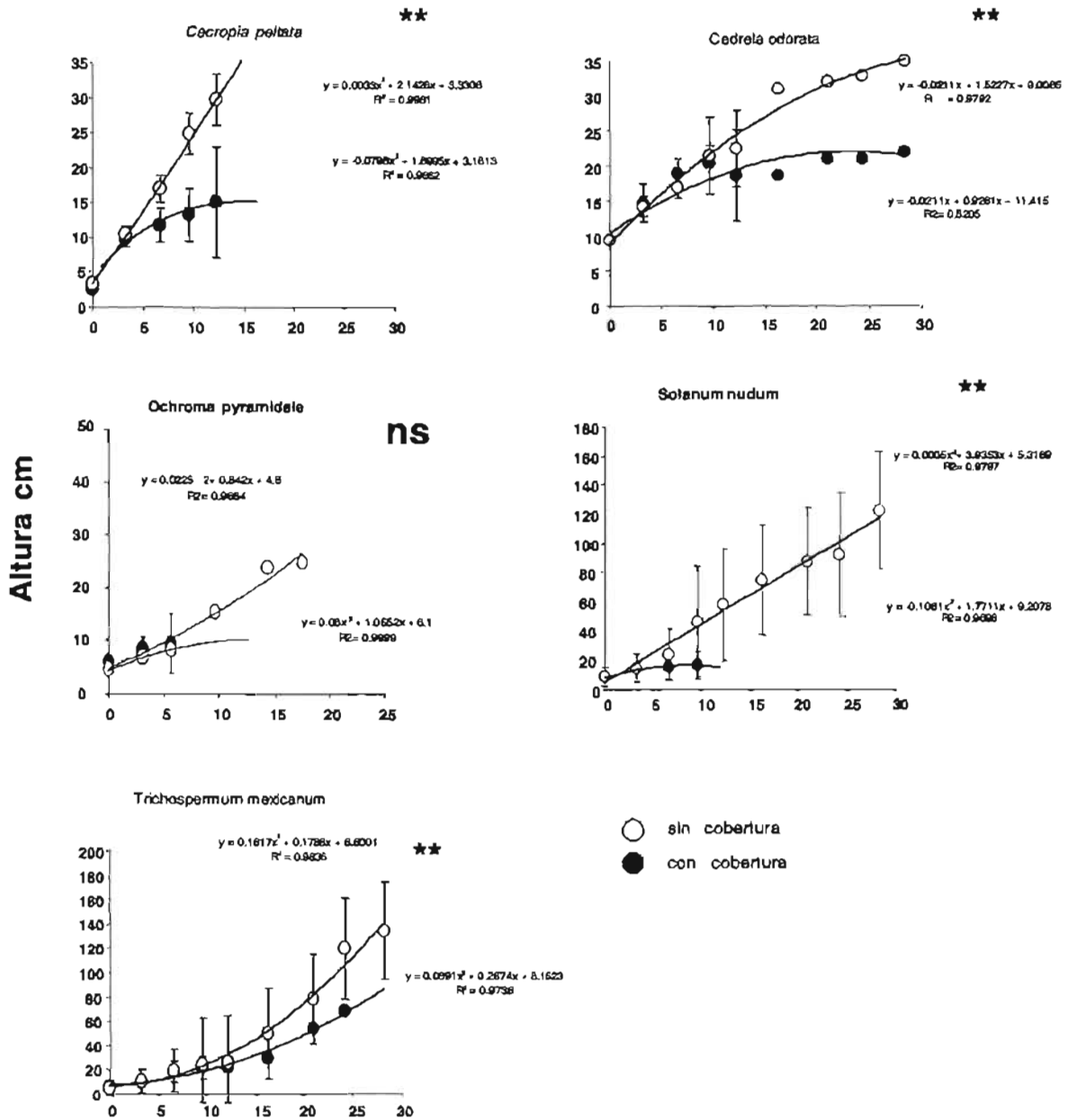
Fecha 1
 Noviembre 1999



Meses después del trasplante

Figura 4 a. Trayectoria de crecimiento en plántulas de cinco especies de árboles, trasplantadas en el mes de noviembre de 1999, en presencia y ausencia de cobertura de la vegetación en praderas abandonadas en la Región de Marqués de Comillas, Chiapas. Cada punto indica el valor promedio de altura y las líneas verticales es un error estándar. Los asteriscos (**) que se encuentran en cada una de las gráficas, indican diferencias significativas en las curvas de crecimiento ($p \leq 0.05$) y NS indica que las curvas no difieren estadísticamente ($P \geq 0.05$).

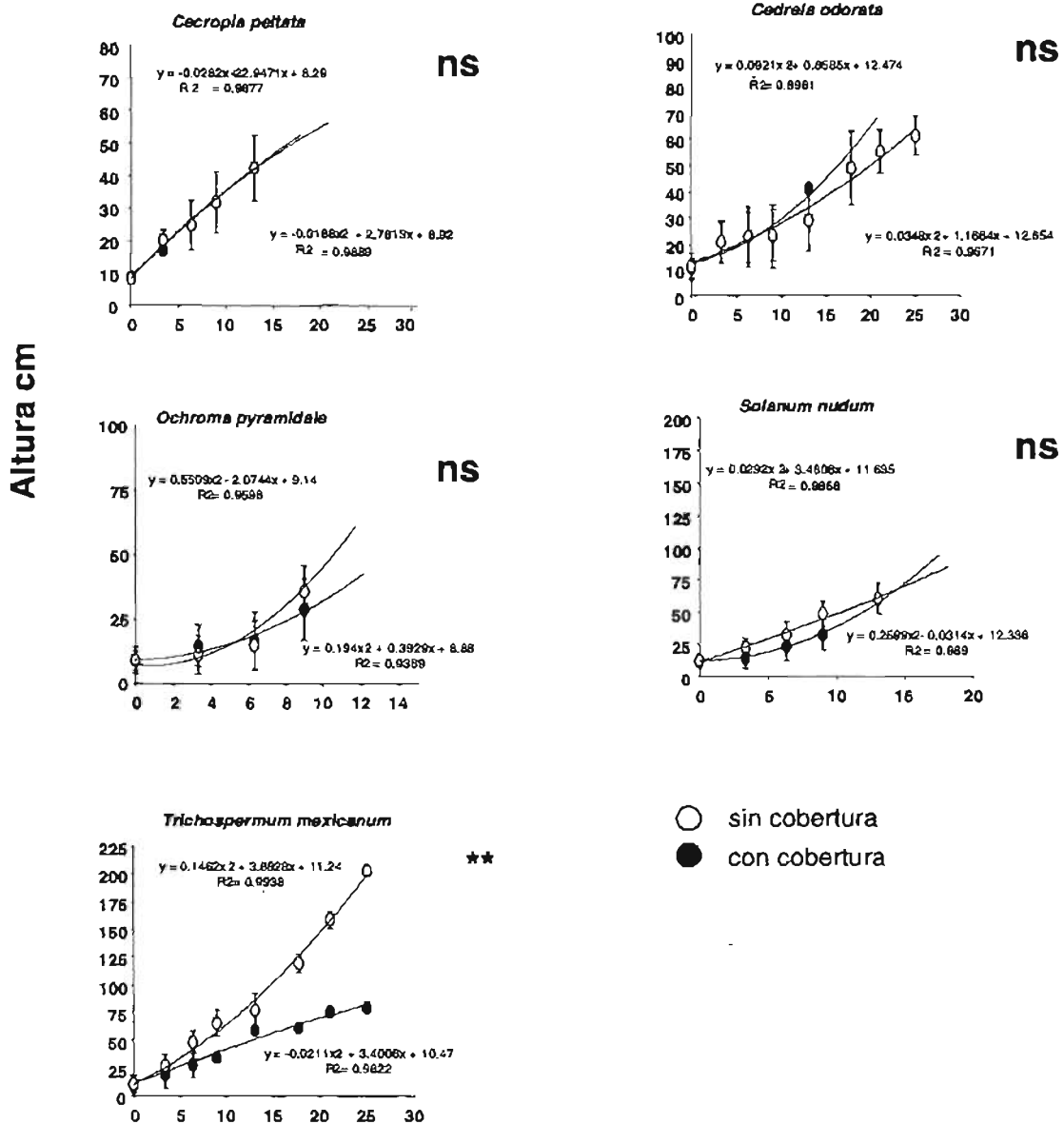
Fecha 2
Febrero 2000



Meses después del trasplante

Figura 4 b Trayectoria de crecimiento en plántulas de cinco especies de árboles, trasplantadas en el mes de febrero del 2000, en presencia y ausencia de cobertura de la vegetación en praderas abandonadas en la Región de Marqués de Comillas, Chiapas. Cada punto indica el valor promedio de altura y las líneas verticales es un error estándar. Los asteriscos (**) que se encuentran en cada una de las gráficas, indican diferencias significativas en las curvas de crecimiento ($p \leq 0.05$) y NS indica que las curvas no difieren estadísticamente ($P \geq 0.05$).

Fecha 3
Mayo 2000

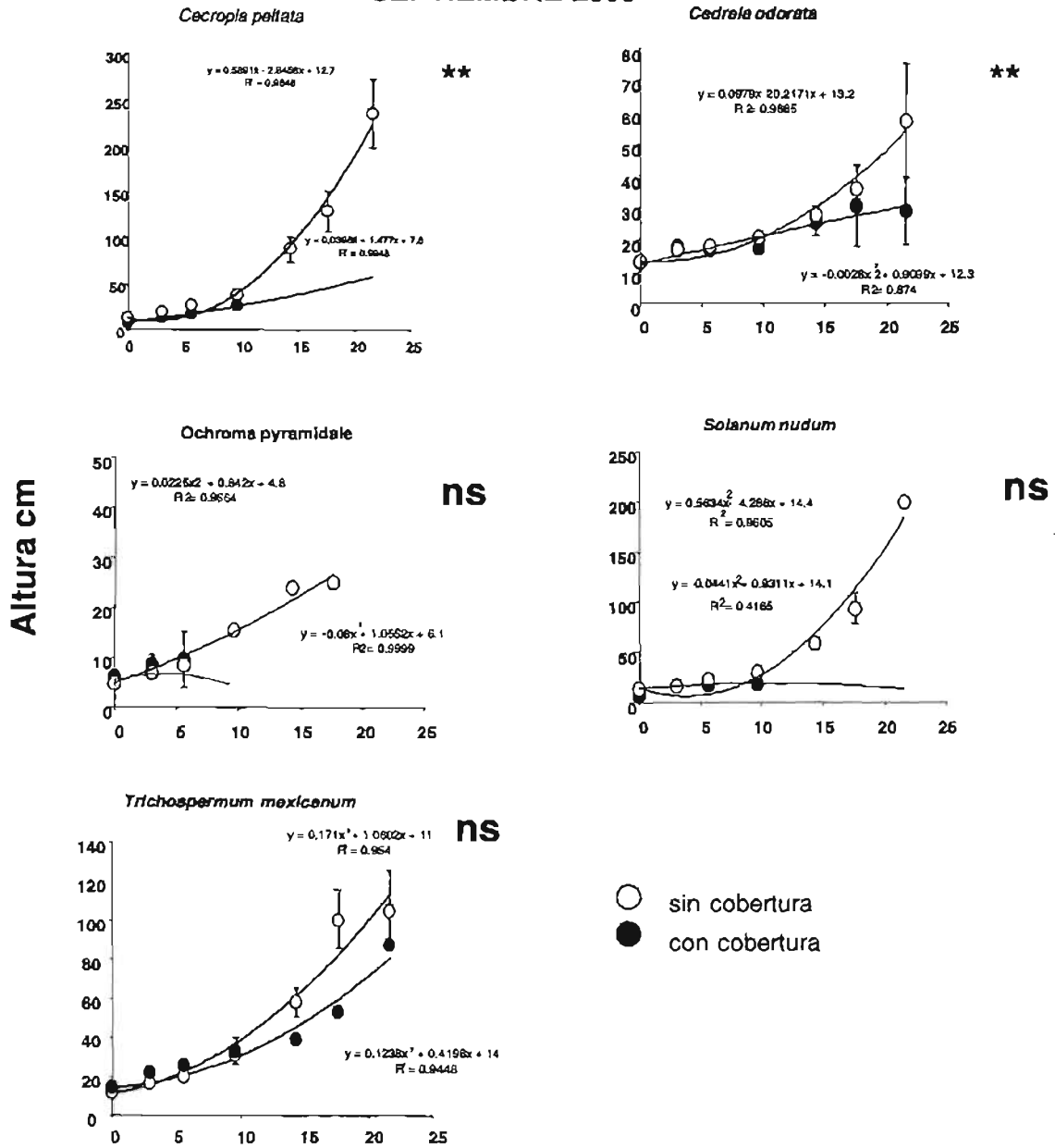


Meses después del trasplante

Figura 4 b. Trayectoria de crecimiento en plántulas de cinco especies de árboles, trasplantadas en el mes de mayo del 2000, en presencia y ausencia de cobertura de la vegetación en praderas abandonadas en la Región de Marqués de Comillas, Chiapas. Cada punto indica el valor promedio de altura y las líneas verticales es un error estándar. Los asteriscos (**) que se encuentran en cada una de las gráficas, indican diferencias significativas en las curvas de crecimiento ($p \leq 0.05$) y NS indica que las curvas no difieren estadísticamente ($P \geq 0.05$).

Fecha 4

SEPTIEMBRE 2000



Meses después del trasplante

Figura 4 c. Trayectoria de crecimiento en plántulas de cinco especies de árboles, trasplantadas en el mes de septiembre del 2000, en presencia y ausencia de cobertura de la vegetación en praderas abandonadas en la Región de Marqués de Comillas, Chiapas. Cada punto indica el valor promedio de altura y las líneas verticales es un error estándar. Los asteriscos (**) que se encuentran en cada una de las gráficas, indican diferencias significativas en las curvas de crecimiento ($p \leq 0.05$) y NS indica que las curvas no difieren estadísticamente ($P \geq 0.05$).

VII.2.1.2. *Cedrela odorata*

La tasa de crecimiento de plántulas de esta especie difirió significativamente entre los tratamientos de cobertura (Anexo 2.2). En promedio, en ausencia de cobertura las plántulas crecieron casi el doble ($2.05 \pm \text{e.e. cm mes}^{-1}$) que en presencia de cobertura ($1.25 \pm \text{e.e. cm mes}^{-1}$).

Con excepción de las plántulas plantadas en mayo de 2000, la tasa de crecimiento fue mayor en las plántulas bajo el tratamiento de remoción de la cobertura. La tasa de crecimiento más alta ocurrió en las plántulas plantadas en el mes de noviembre de 1999 sin cobertura de pastos y la más baja se presentó en aquellas plantadas en el mes de febrero de 2000 en presencia de pastos (Cuadro 14).

Cuadro 14. Tasa de crecimiento ($\text{cm cm}^{-1} \text{mes}^{-1}$) lineal estimada para plántulas de *Cedrela odorata* plantadas en praderas ganaderas abandonadas en el área de Marqués de Comillas, Chiapas, con y sin cobertura de pastos. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura ($P \leq 0.05$); e.e. = 1 error estándar.

| Fecha de Trasplante | Con cobertura \pm e.e. | Sin cobertura \pm e.e. |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Noviembre 1999 | 1.91 ± 0.22^a | 3.17 ± 0.22^b |
| Febrero 2000 | 0.61 ± 0.22^a | 1.08 ± 0.22^b |
| Mayo 2000 | 2.29 ± 0.60^a | 2.11 ± 0.26^a |
| Septiembre 2000 | 1.11 ± 0.32^a | 1.81 ± 0.32^b |

VII.1.2.3 *Cecropia peltata*

Los resultados del ANCOVA muestran que la tasa de crecimiento promedio de esta especie difirió significativamente entre los tratamiento de cobertura y entre las fecha de trasplante (Anexo 2.3). El tiempo cuadrático fue significativo, lo que quiere decir que la velocidad de crecimiento es más bajo al inicio del tiempo que al final ($P \leq 0.05$). Las tasas de crecimiento promedio mensual que se encontró para todas las fechas de trasplante en ambientes donde la cobertura de pastos se removió, fue el doble ($1.5 \pm 0.34 \text{ cm mes}^{-1}$) que la que se encontró en plántulas expuestas a la cobertura de pastos ($0.7 \pm 0.34 \text{ cm mes}^{-1}$).

Cuadro 15. Tasa de crecimiento ($\text{cm cm}^{-1} \text{ mes}^{-1}$) lineal estimada para plántulas de *Cecropia peltata* plantadas en praderas ganaderas abandonadas en el área de Marqués de Comillas, Chiapas, con y sin cobertura de pastos. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura ($P \leq 0.05$); e.e. = ± 1 error estándar.

| Fecha de Trasplante | Con cobertura \pm e.e. | Sin cobertura \pm e.e. |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Noviembre 1999 | 0.7 ± 0.08^a | 1.3 ± 0.08^b |
| Febrero 2000 | 1.0 ± 0.11^a | 2.1 ± 0.11^b |
| Mayo 2000 | 2.5 ± 0.8^a | 3.5 ± 0.8^a |
| Septiembre 2000 | 1.5 ± 0.22^a | 3.0 ± 0.22^b |

Para cada una de las fechas de trasplante se observó que las tasas de crecimiento fueron más altas en plántulas bajo tratamiento de remoción de pastos (Cuadro 15) que en plántulas expuestas a la cobertura del pastizal. La tasa de crecimiento más alta se observó en el mes de mayo 2000 y septiembre 2000, que corresponde al periodo de lluvias (Cuadro 15). La tasa mas baja de crecimiento se

observó en plántulas trasplantadas en el mes de noviembre de 1999 y febrero del 2000, bajo cobertura de la vegetación (Cuadro 15).

VII.2.1.4. *Ochroma pyramidale*

Aunque en tres de las cuatro fechas de trasplante la velocidad de crecimiento de las plántulas de esta especie fue mayor bajo el tratamiento de remoción de pastos, la tasa promedio de crecimiento no difirió significativamente entre los tratamientos de cobertura, ni entre las fechas de trasplante (Anexo 2.4, Cuadro 16).

Cuadro 16. Tasa de crecimiento ($\text{cm cm}^{-1} \text{mes}^{-1}$) lineal estimada para plántulas de *Ochroma pyramidale* plantadas en praderas ganaderas abandonadas en el área de Marqués de Comillas, Chiapas, con y sin cobertura de pastos. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura ($P \leq 0.05$); e.e. = ± 1 error estándar.

| Fecha de Trasplante | Con cobertura \pm e.e. | Sin cobertura \pm e.e. |
|---------------------|------------------------------|------------------------------|
| Noviembre de 1999 | 0.89 \pm 0.17 ^a | 1.31 \pm 0.17 ^a |
| Febrero de 2000 | 1.54 \pm 1.15 ^a | 2.5 \pm 1.15 ^a |
| Mayo de 2000 | 2.4 \pm 0.35 ^a | 2.7 \pm 0.35 ^a |
| Septiembre 2000 | 0.95 \pm 0.61 ^a | 0.63 \pm 0.61 ^a |

V11. *Tricospermum mexicanum*

El análisis de ANCOVA mostró la existencia de diferencias significativas en la tasa de crecimiento de las plántulas de esta especie entre los tratamientos de cobertura (Anexo 2.5). En promedio, combinando todas las fechas de trasplante, las plántulas desarrolladas en ausencia de la cobertura de pastos tuvieron una tasa de crecimiento de casi el doble ($5.86 \pm 0.39 \text{ cm mes}^{-1}$) que la de aquellas que se

trasplantaron con cobertura de pastos ($3.16 \pm 0.44 \text{ cm mes}^{-1}$ $t=8.6$, g.l. = 1, $P \leq 0.01$)

En tres de las cuatro fechas de trasplante la tasa de crecimiento en altura fue significativamente mayor en el tratamiento de remoción de pastos (Cuadro 17). La excepción ocurrió en las plántulas trasplantadas en el mes de septiembre de 2000, en las que no se encontró diferencias significativas en las tasa de crecimiento entre tratamientos.

Cuadro 17. Tasa de crecimiento ($\text{cm cm}^{-1}\text{mes}^{-1}$) lineal estimada para plántulas de *Trichospermum mexicanum* plantadas en praderas ganaderas abandonadas en el área de Marqués de Comillas, Chiapas, con y sin cobertura de pastos. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura ($P \leq 0.05$); e.e. = ± 1 error estándar.

| Fecha de Trasplante | Con cobertura \pm e.e. | Sin cobertura \pm e.e. |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Noviembre 1999 | 2.94 ± 0.49^a | 6.05 ± 0.42^b |
| Febrero 2000 | 2.80 ± 0.59^a | 4.4 ± 0.49^b |
| Mayo 2000 | 3.87 ± 0.58^a | 7.7 ± 0.58^b |
| Septiembre 2000 | 4.20 ± 1.93^a | 5.08 ± 1.97^a |

La tasa de crecimiento más elevada se registró en plántulas que se trasplantaron en el mes de mayo de 2000 bajo la remoción de pastos, mientras que la tasa de crecimiento más baja se registro en las plántulas plantadas en el mes de febrero del 2000 en presencia de la cobertura de pastos (Cuadro 17).

Solanum nudum

El ANCOVA mostró la existencia de diferencias significativas en la tasa de crecimiento de las plántulas de esta especie entre los tratamientos de cobertura y entre fechas de trasplante (Anexo 2.6). Combinando todas las fechas de trasplante, la tasa de crecimiento promedio de las plántulas trasplantadas sin la presencia de pastos fue más de dos veces mayor ($3.35 \pm 0.40 \text{ cm mes}^{-1}$) que la de aquellas trasplantadas con la cobertura de pastos ($1.5 \pm 0.40 \text{ cm mes}^{-1}$, $t=11.5$, $gl=1$, ≤ 0.01)

Cuadro 18. Tasa de crecimiento ($\text{cm cm}^{-1} \text{ mes}^{-1}$) lineal estimada para plántulas de *solanum nudum* plantadas en praderas ganaderas abandonadas en el área de Marqués de Comillas, Chiapas, con y sin cobertura de pastos. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos de cobertura ($P \leq 0.05$); e.e. = ± 1 error estándar.

| Fecha de Trasplante | Con cobertura \pm e.e. | Sin cobertura \pm e.e. |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Febrero del 2000 | 0.68 ± 0.36^a | 3.0 ± 0.36^b |
| Mayo del 2000 | 2.20 ± 0.39^a | 3.95 ± 0.39^b |
| Septiembre del 2000 | 3.01 ± 0.67^a | 3.70 ± 0.67^a |

En las plántulas trasplantadas en el mes de septiembre del 2000 no se observó una diferencia significativa en la tasa de crecimiento entre los tratamientos de cobertura (Cuadro 18). La tasa de crecimiento más alta ocurrió en las plántulas plantadas en mayo de 2000 sin cobertura pastos mientras que la tasa de crecimiento más baja se observó en las plántulas plantadas en el mes de febrero del 2000 con la cobertura de pastos (Cuadro 18).

VIII.1.2 Proporción de plántulas sobrevivientes dependiendo de la especie, el tamaño y la fecha de trasplante.

Con excepción de *Ochroma pyramidale*, el tamaño inicial de las plántulas (de las diferentes especies de estudio) fue en aumento desde la primera a la última fecha de trasplante (Figura 5).

En general se observó para casi todas las especies, excepto en las plántulas de *Cedrela odorata* que se trasplantaron en noviembre 1999 y febrero 2000, que la proporción de sobrevivientes fue mayor, a los seis meses y al año trasplante, en las plántulas grandes que en las pequeñas (Figuras 6 -10). Sin embargo, la probabilidad de supervivencia dependiente del tamaño de trasplante, varió según la fecha de trasplante, la especie y el tratamiento de cobertura.

Para *Ochroma pyramidale* solamente se analizó el desarrollo de las plántulas a los 6 meses y al año después de ser trasplantadas, debido a que al final del experimento no se tuvo ninguna plántula sobreviviente. Según el análisis de devianza no se encontró efecto del tamaño en ninguna de las fechas de trasplante. En este especie, sólo se encontró que las plántulas trasplantadas sin vegetación de pradera en las fechas 2, 3 y 4 sobrevivieron mejor a los 6 meses que aquellas que crecieron en presencia de esta cobertura (Figura 8).

La supervivencia de las plántulas de *Cecropia peltata* que fueron trasplantadas en el mes de noviembre de 2001 (fecha 1) fue afectada significativamente por la categoría de altura ($X^2 = 6.6$, g.l. 1, $P < 0.01$) y el tratamiento de cobertura a los 6 meses del trasplante ($X^2 = 76.7$, g.l. 1, $P < 0.001$; Anexo 3. Cuadro 3.2.1). Después de un año del trasplante, se mantuvieron los efectos del tratamiento de cobertura ($X^2 = 84.7$, g.l. 1, $P < 0.001$) y de la categoría

de altura ($X^2 = 9.7$, g.l. 1, $P < 0.05$), siendo mayor la probabilidad de supervivencia en las plántulas grandes (Anexo 3. Cuadro 3.2.1). Al final del experimento se encontró solo efecto del tratamiento de cobertura ($X^2 = 17.4$, g.l. 1, $P < 0.001$; Anexo 3. Cuadro 3.2.2).

En las plántulas de *Cecropia peltata* trasplantadas en el mes de febrero de 2000 no se encontró efecto alguno de la categoría de tamaño sobre la supervivencia, solamente se observó el efecto positivo de la remoción de la vegetación de pradera a lo largo de todo el experimento (Figura 7. Fecha 2). Para las plántulas trasplantadas en el mes de mayo del 2000 en ausencia de la vegetación de pradera, la probabilidad de supervivencia a los seis meses fue significativamente mayor en las plántulas con tamaños grandes. Sin embargo, no se encontraron sobrevivientes al final del experimento. La categoría de tamaño tuvo un efecto significativo sobre la supervivencia de las plántulas trasplantadas en el mes de septiembre del 2000 sólo hasta el final del experimento; en ausencia de la vegetación, las plántulas grandes tuvieron mayor supervivencia que las pequeñas ($P < 0.05$; Anexo 3. Cuadro 3.3.3.).

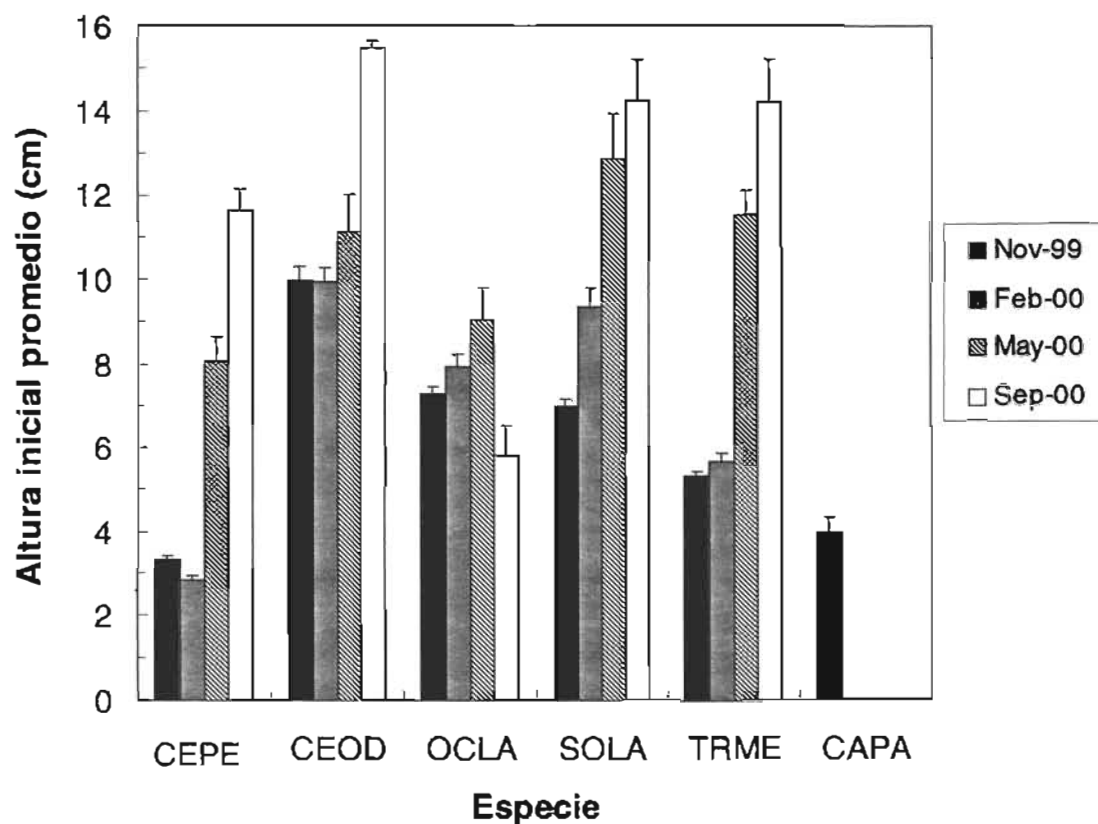


Figura 5. Altura inicial promedio de plántulas de cuatro especies de árboles y una arbustiva (SOLA) trasplantadas en fechas diferentes en praderas ganaderas abandonadas en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. CEPE = *Cecropia peltata*, CEOD = *Cedrela odorata*, OCLA = *Ochroma pyramidale*, SOLA = *Solanum nudum*, TRME = *Trichospermum mexicanum*, CAPA = *Carica papaya*. En esta última solo se tuvo plántulas para la primera fecha de trasplante.

En las plántulas de *Cedrela odorata* trasplantadas en noviembre de 1999 y febrero de 2000 (Figura 6), los individuos pequeños tuvieron mayor probabilidad de supervivencia que los grandes en ausencia de la vegetación de pradera. En las plántulas trasplantadas en los meses de mayo y septiembre de 2000 se observó lo contrario, las plántulas grandes tuvieron en general mayor probabilidad de supervivencia que las pequeñas, sobre todo en ausencia de la vegetación de pradera (Figura 6). En las plántulas plantadas en el mes de mayo (fecha 3) el efecto de la categoría de tamaño se observó al año del trasplante y al final del experimento. Para las plántulas trasplantadas en el mes de septiembre de 2000 (fecha 4) se encontró un efecto significativo de la categoría de altura sobre la supervivencia a los 6 meses ($X^2 = 67.2$, g.l. 1, $P < 0.001$), al año ($X^2 = 32.6$, g.l. 1, $P < 0.001$) y al final experimento ($X^2 = 11.9$, g.l. 1, $P < 0.001$), siendo mayor la probabilidad de supervivencia de plántulas grandes que las pequeñas principalmente en ausencia de la cobertura de la pradera (Anexo 3. Cuadros 3.1.4, 3.1.5 y 3.1.6).

Cedreia odorata

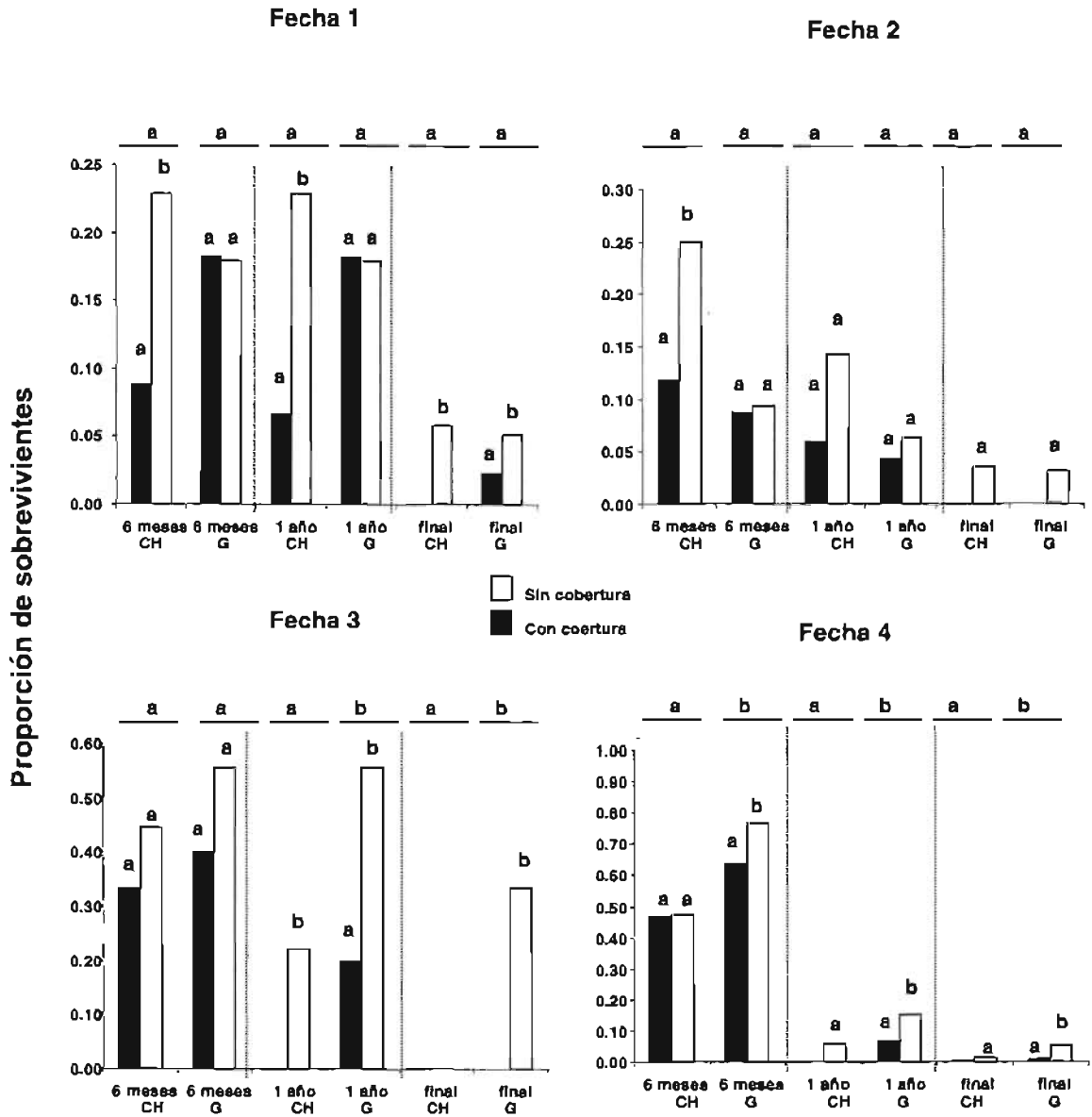


Figura 6. Proporción de plántulas sobrevivientes en cuatro fechas diferentes de trasplante a 6 meses, 1 año y al final del experimento después de haber sido expuestas y trasplantadas con diferentes tamaños a la cobertura del pastizal. Las líneas discontinuas en cada grafica separan el tiempo transcurrido a partir del trasplante. Las letras iguales arriba de las barras señalan que no se encontraron diferencias significativas debido al tratamiento ($P \geq 0.05$). Las letras iguales sobre las líneas horizontales, arriba de todas las barras, significa que no se encontraron diferencias significativas en el tamaño de trasplante ($P \geq 0.05$). CH = Plántulas chicas, G = Plántulas grandes.

Cecropia peltata

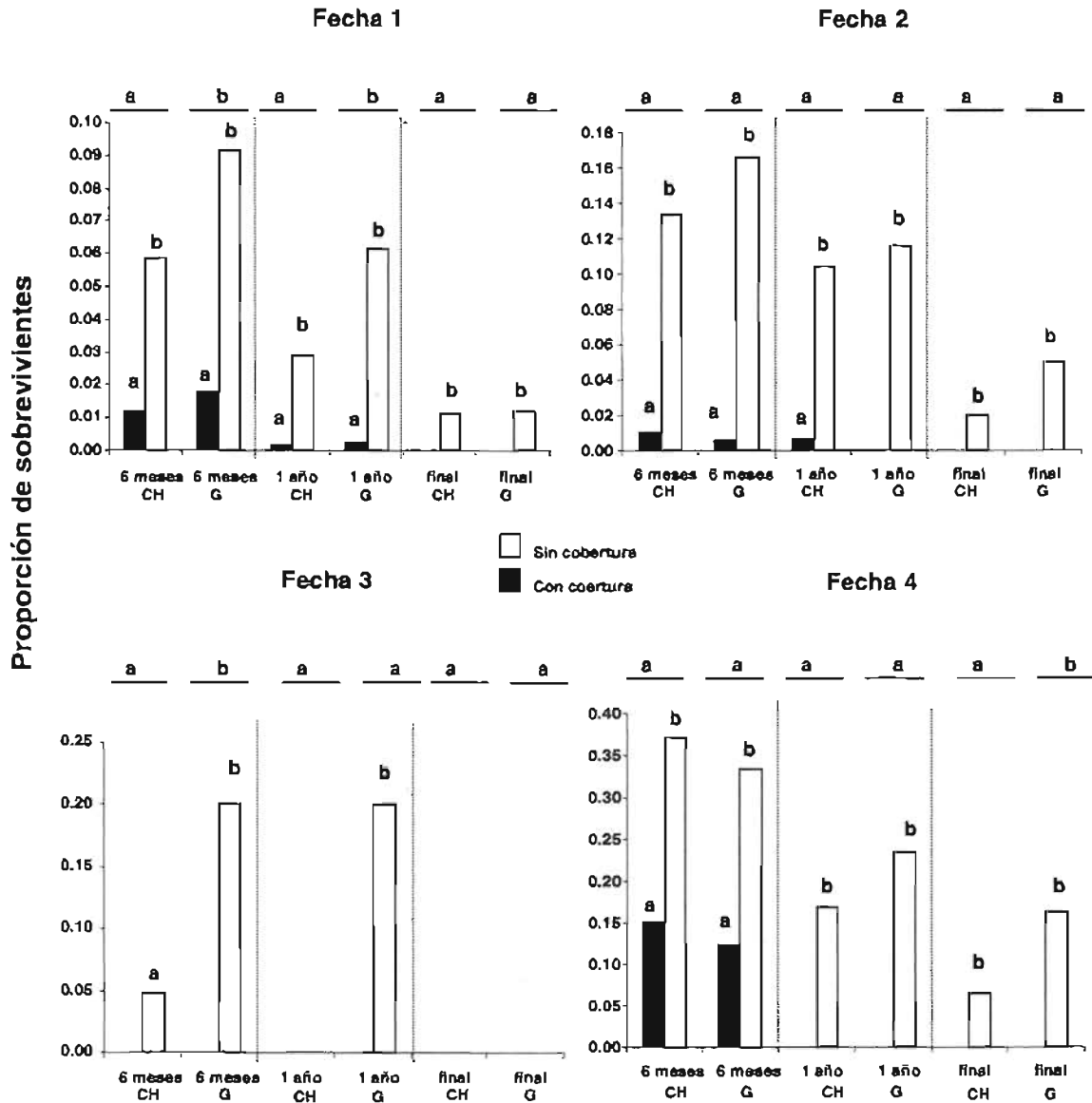


Figura 7. Proporción de plántulas sobrevivientes en cuatro fechas diferentes de trasplante a 6 meses, 1 año y al final del experimento después de haber sido expuestas y trasplantadas con diferentes tamaños a la cobertura del pastizal. Las líneas discontinuas en cada grafica separan el tiempo transcurrido a partir del trasplante. Las letras iguales arriba de las barras señalan que no se encontró diferencias significativas en el tratamiento ($P \geq 0.05$). Las letras iguales sobre las líneas horizontales, arriba de todas las barras, significa que no se encontraron diferencias significativas en el tamaño de trasplante ($P \geq 0.05$). CH = Plántulas chicas, G = Plántulas grandes.

Ochroma pyramidale

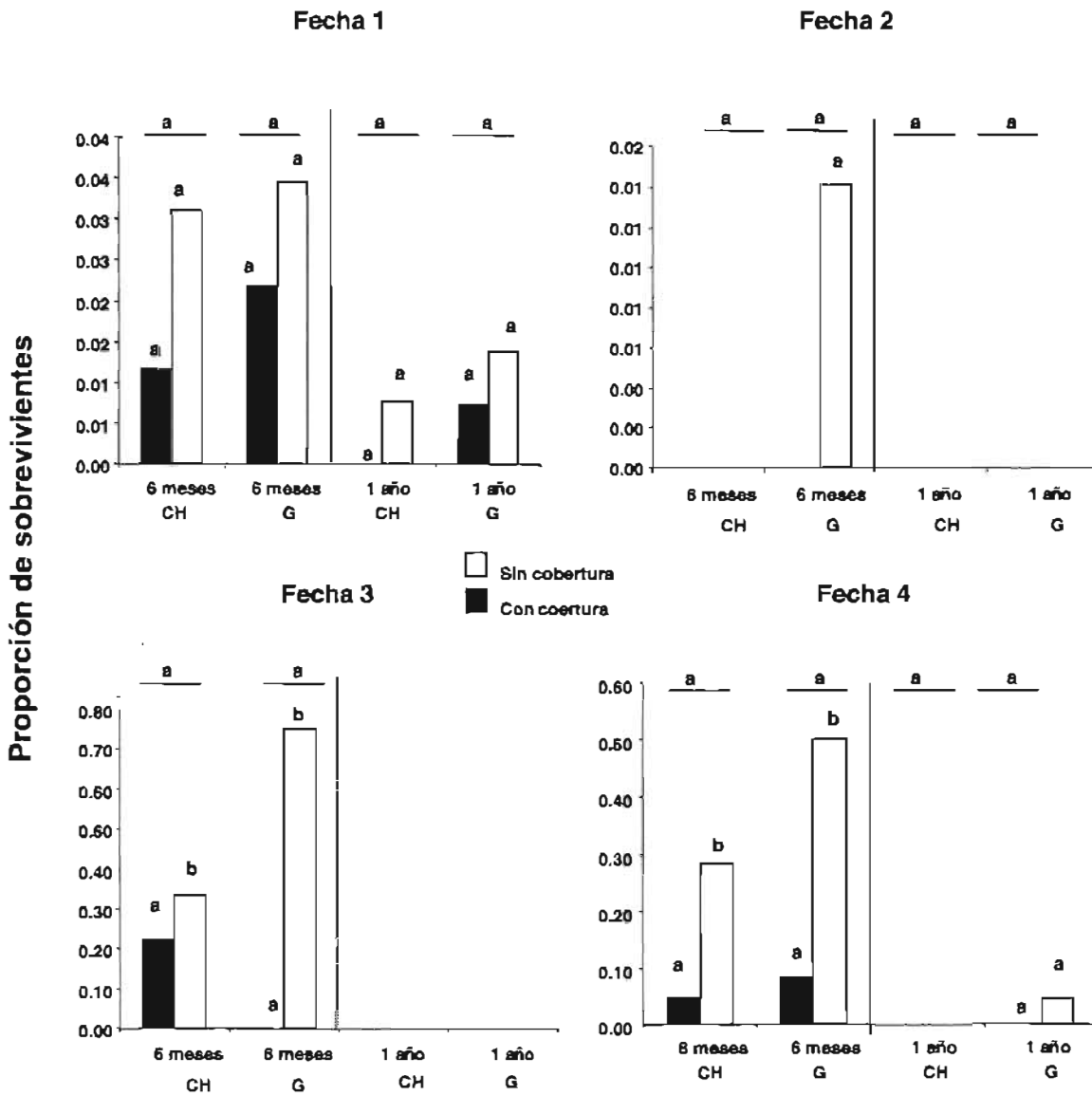


Figura 8. Proporción de plántulas sobrevivientes en cuatro fechas diferentes de trasplante a 6 meses, 1 año y al final del experimento después de haber sido expuestas y trasplantadas con diferentes tamaños a la cobertura del pastizal. Las líneas discontinuas en cada grafica separan el tiempo transcurrido a partir del trasplante. Las letras iguales arriba de las barras señalan que no se encontró diferencias significativas en el tratamiento ($P \geq 0.05$). Las letras iguales sobre las líneas horizontales, arriba de todas las barras, significa que no se encontraron diferencias significativas en el tamaño de trasplante ($P \geq 0.05$). CH = Plántulas chicas, G = Plántulas grandes.

Solanum nudum

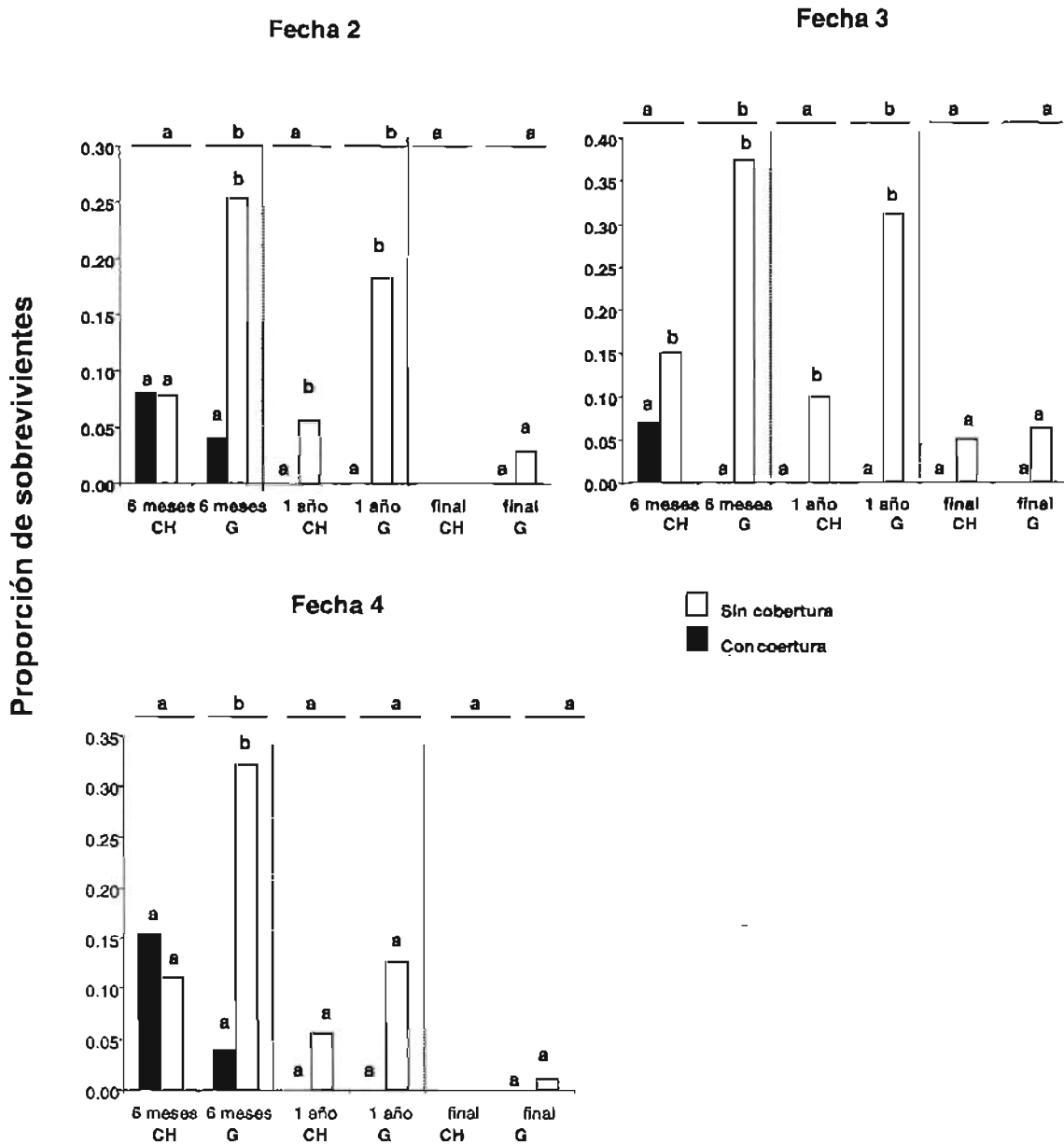


Figura 9. Proporción de plántulas sobrevivientes en tres fechas diferentes de trasplante a 6 meses, 1 año y al final del experimento después de haber sido expuestas y trasplantadas con diferentes tamaños a la cobertura del pastizal. Las líneas discontinuas en cada grafica separan el tiempo transcurrido a partir del trasplante. Las letras iguales arriba de las barras señalan que no se encontró diferencias significativas en el tratamiento ($P > 0.05$). Las letras iguales sobre las líneas horizontales, arriba de todas las barras, significa que no se encontraron diferencias significativas en el tamaño de trasplante ($P > 0.05$). CH = Plántulas chicas, G = Plántulas grandes.

Trichospermum mexicanum

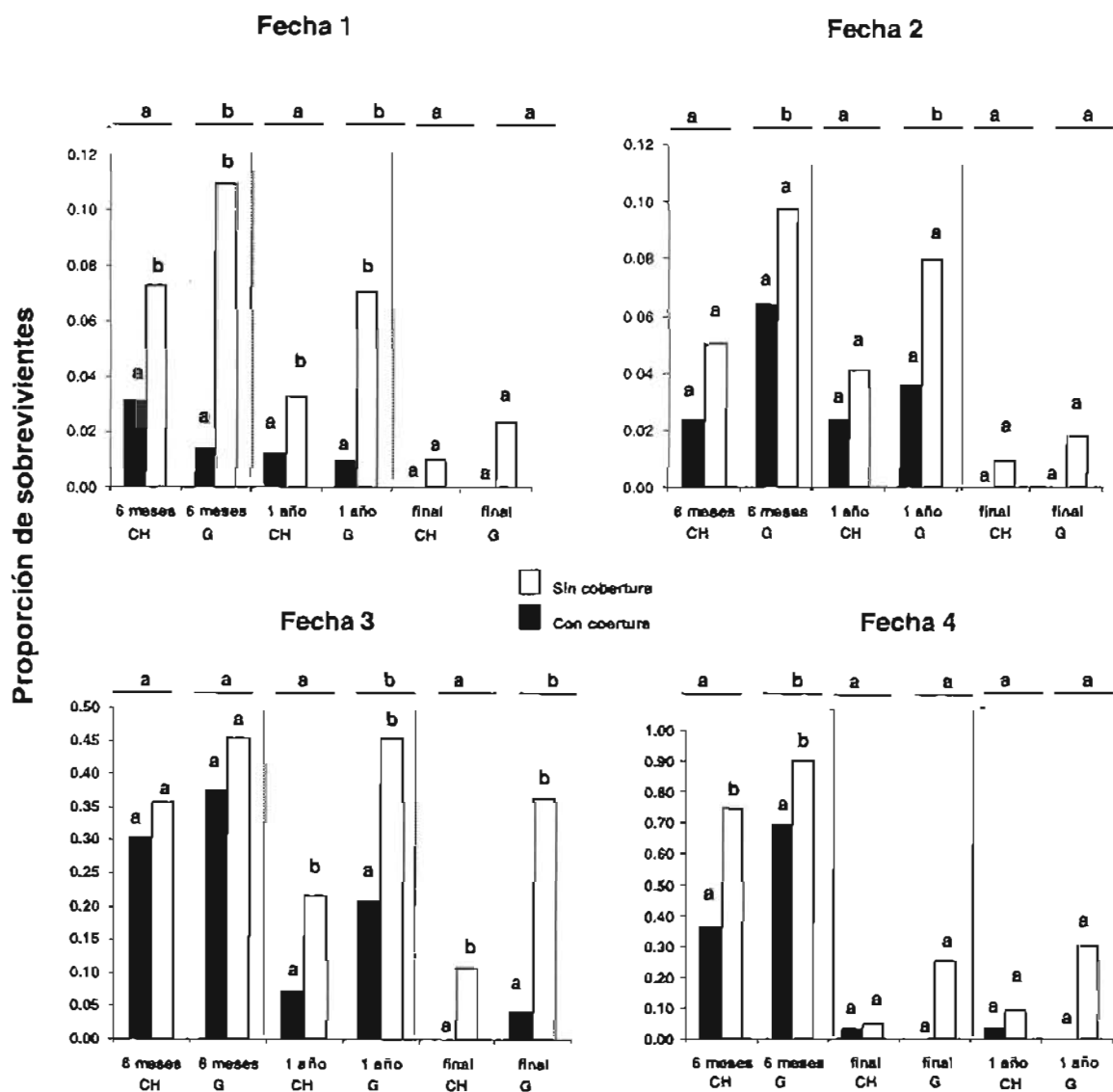


Figura 10. Proporción de plántulas sobrevivientes en cuatro fechas diferentes de trasplante a 6 meses, 1 año y al final del experimento después de haber sido expuestas y trasplantadas con diferentes tamaños ("grandes" y "pequeños") a la cobertura del pastizal. Las líneas discontinuas en cada grafica separan el tiempo transcurrido a partir del trasplante. Las letras iguales arriba de las barras señalan que no se encontró diferencias significativas en el tratamiento ($P \geq 0.05$). Las letras iguales sobre las líneas horizontales, arriba de todas las barras, significa que no se encontraron diferencias significativas en el tamaño de trasplante ($P \geq 0.05$). CH = Plántulas chicas, G = Plántulas grandes.

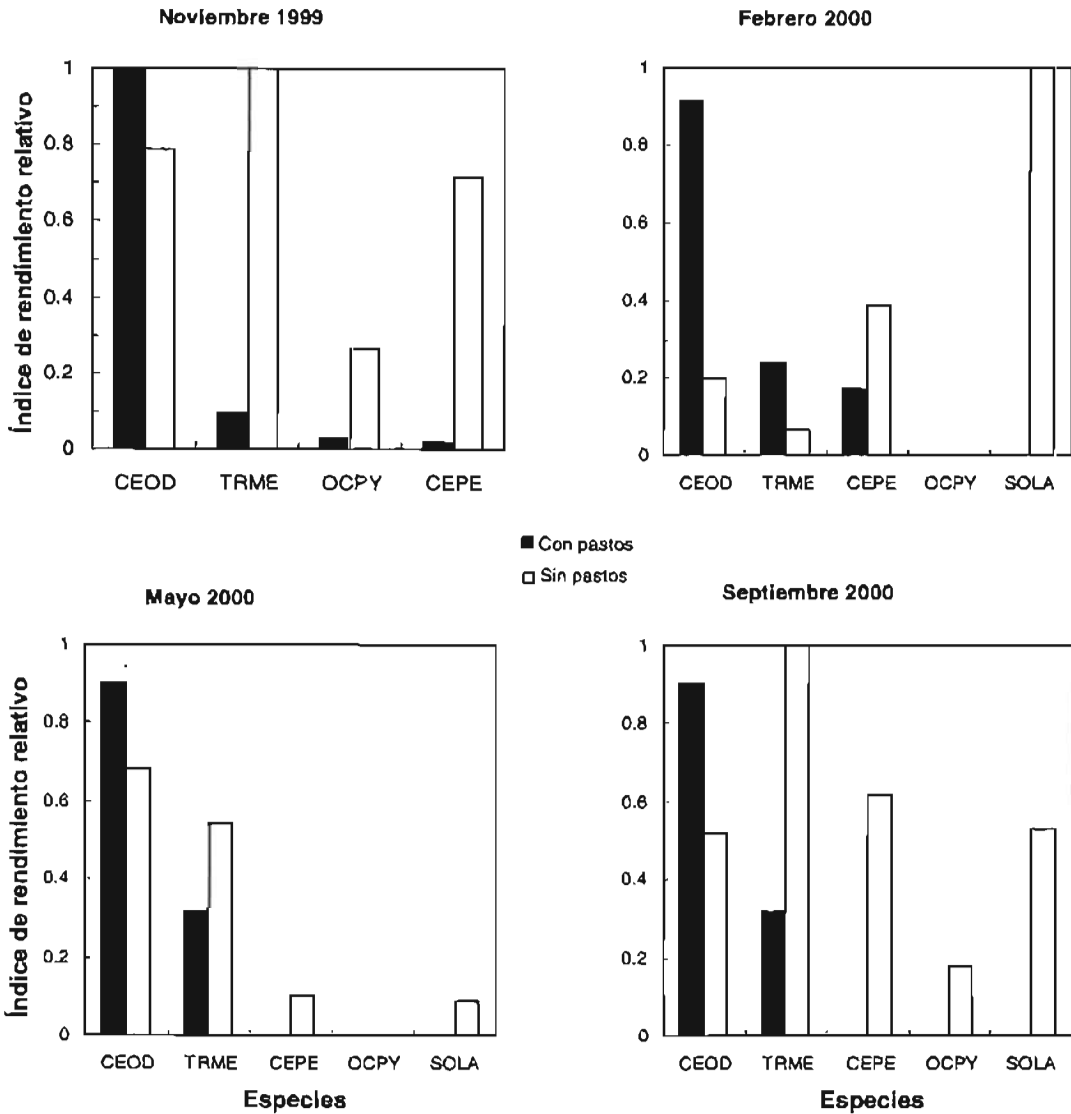


Figura 11. Rendimiento relativo de especies de plántulas trasplantadas a praderas ganaderas abandonadas en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. Para cada una de cuatro fechas de trasplante, en barra negras se indica el rendimiento de las especies en presencia de pastos y en barras blancas el rendimiento de esas especies en ausencia de pastos. Especies: CEOD = *Cedrela odorata*, CEPE = *Cecropia peltata*, OCPY = *Ochroma pyramidale*, TREME = *Trichospermum mexicanum*, SOLA = *Solanum nudum*.

IX. DISCUSIÓN

IX.1. Cobertura de la vegetación

Los resultados muestran que la vegetación de las praderas ganaderas abandonadas (PGA) afecta negativamente la supervivencia de las plántulas de las diferentes especies nativas demandantes de luz. Al final del experimento (1.6 a 2.5 años después del trasplante), el porcentaje de plántulas sobrevivientes bajo la cobertura de la vegetación de pradera fue menor al 5% en las diferentes especies de estudio. Este porcentaje aumentó, en promedio, siete veces en ausencia de la pradera.

Al igual que la supervivencia, el crecimiento (menos para *Ochroma pyramidale*) fue afectado negativamente por la vegetación de pradera. Así, al final del experimento (al menos en tres de las cuatro fechas de trasplante), las plántulas de *Trichospermum mexicanum*, *Cecropia peltata* y *Cedrela odorata* trasplantadas sin la cobertura de pradera crecieron al doble de velocidad que las plántulas trasplantadas bajo esta cobertura. Estos resultados concuerdan con los reportados por Aide *et al.* (1995), De Steven (1991), Guariguata *et al.* (1995) y Haggan (1997) quienes mencionan que la vegetación de gramíneas y herbáceas de praderas ganaderas representa una barrera importante para el desarrollo de las plántulas de árboles nativos de rápido crecimiento.

Los efectos diferenciales que tuvo la vegetación de pradera sobre la supervivencia y el crecimiento de las plántulas de las especies de estudio pueden estar relacionados con atributos de historia de vida de las especies (por ejemplo, tamaño de las semillas, habilidad competitiva, capacidad de tolerar altos niveles

de radiación solar, tasa de crecimiento). Por ejemplo, Hooper *et al.* (2002) encontraron que el pasto *Saccharum spontaneum* inhibe el desempeño (germinación de semillas y supervivencia de plántulas) de especies arbóreas pioneras cuyas plántulas emergen típicamente de semillas pequeñas. Pero también encontraron que este pasto facilita el desarrollo de especies de árboles tolerantes a la sombra cuyas plántulas emergen típicamente de semillas grandes. Cinco de las seis, excepto *Cedrela odorata*, especies empleadas en el presente estudio son clasificadas como especies pioneras tempranas (Pennington y Sarukhán 1998) que producen semillas relativamente pequeñas (< 5 mm de largo). *Cedrela odorata* es una especie demandante de luz y de larga vida que produce semillas relativamente grandes y plántulas con un nivel de tolerancia a la sombra relativamente mayor que el de las otras especies (ver, Cuadro 5). Las plántulas de esta especie tuvieron su mayor rendimiento en presencia de la vegetación de pradera (ver Figura 11). Esta vegetación disminuye la luz fotosintéticamente activa a nivel del suelo entre un 30 % y 50% (Martínez-Ramos y J. Rodríguez-Velázquez, datos no publicados). Otros estudios han mostrado que las plántulas de *Cedrela odorata* se desempeñan bien en presencia de pastos ganaderos (Ricker *et al.* 2000).

Los resultados anteriores muestran que los atributos de historia de vida y la vegetación de pradera son factores ecológicos importantes que afectan el rendimiento de las plántulas en los campos ganaderos abandonos. Al parecer, las plántulas de árboles tolerantes a la sombra enfrentan con mayor éxito la interacción con la vegetación de pradera que las especies pioneras (Martínez-Garza *et al.* 2005). En este sentido, las gramíneas y malezas asociadas pueden

actuar al mismo tiempo como un factor que facilita el desarrollo de especies tolerantes a la sombra o bien como un factor que inhibe el desarrollo de especies demandantes de luz de corta vida. Por lo tanto, el manejo de la cobertura de la vegetación de pradera provee varias alternativas en el uso de especies nativas con diferentes historias de vida que pueden trasplantarse a los campos abandonados. También puede visualizarse la posibilidad de establecer especies nativas en los campos abandonados en forma de mosaico, estableciendo especies tolerantes a la sombra en áreas con vegetación de pradera y pioneras en áreas sin tal vegetación. Esta idea está apoyada por el hecho de que en otro experimento, realizado en el mismo sistema de estudio, la densidad de árboles (> 1 m de altura) de especies pioneras fue mayor en sitios donde se eliminó la vegetación de pradera mientras que la densidad de árboles tolerantes a la sombra fue mayor en sitios donde se eliminó esta vegetación (Martínez-Ramos y J. Rodríguez-Velázquez., datos no publicados).

IX.2. Competencia

Este estudio no evaluó directamente el papel de la competencia por nutrientes, o por agua, entre las plántulas trasplantadas y la vegetación de pradera. Sin embargo, los resultados del experimento de remoción de la cobertura de pastos, sugieren que esta interacción biótica es importante. Así, puede interpretarse que el bajo desempeño observado en las plántulas de las especies pioneras trasplantadas en los sitios en presencia de la vegetación de pradera es el resultado del efecto competitivo de los pastos. Este efecto pudo darse a través de

la interferencia lumínica, como ya se discutió anteriormente, o bien por la interacción por recursos limitados a nivel de raíces (Davis *et al.* 1998)

En relación con la competencia a nivel de raíces, se ha documentado que las gramíneas en campos ganaderos compiten por nutrientes que están limitados y afectan negativamente el desarrollo de plántulas de diferentes especies arbóreas nativas trasplantadas a esos campos (Guariguata *et al.* 1995, Holl 1998, Foster 1999). En el presente estudio se encontró que trasplantar plántulas en temporadas de baja precipitación pluvial (*i.e.*, baja disponibilidad de agua en el suelo) en presencia de la vegetación de pastos produjo, en la mayoría de las especies, mayores tasas de mortalidad y/o menores tasas de crecimiento. Muy probablemente la disminución del recurso agua en el suelo durante la temporada de secas incrementó la intensidad de competencia, lo cual se tradujo en mayor mortalidad y menor crecimiento de las plántulas.

IX.3. Fecha de trasplante

La variación en las tasas de mortalidad y de crecimiento que se encontraron entre las fechas de trasplante, puede deberse a las condiciones ambientales (principalmente de precipitación y temperatura) que prevalecen al momento y después del trasplante. Nepstad *et al.* (1996) documentaron una baja supervivencia (< 30 %) en las plántulas de diez especies de árboles que se plantaron en praderas ganaderas durante la época de secas en una región de la Amazonia brasileña.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran la importancia de trasplantar plántulas a los potreros durante la temporada de lluvias. El

rendimiento que se encontró en plántulas que se transplantaron en una fecha previa al periodo del año con baja precipitación (Noviembre de 1999) o en una fecha dentro de este periodo de relativa sequía (Febrero del 2000) fue para *C. odorata*, *T. mexicanum*, *C. peltata* y *S. nudum* significativamente menor que en plántulas que se transplantaron en una fecha al inicio del periodo principal de lluvia en el año (Mayo del 2000) o en una fecha dentro de este periodo (Septiembre del 2000).

IX.4.Tamaño de trasplante

Los resultados del presente estudio indican, en general, que el tamaño de las plántulas al momento del trasplante es una variable importante para la supervivencia inicial de las especies arbóreas nativas en el campo abandonado. Entre mayor fue el tamaño de las plántulas mayor fue la probabilidad de supervivencia. Sin embargo, esta relación varió de manera importante dependiendo de la especie, de la fecha de trasplante y de la cobertura de la vegetación de pradera.

Dentro de cada fecha de trasplante, en la mayoría de las especies y en ausencia de la cobertura de la vegetación de pradera, el efecto del tamaño inicial de las plántulas sobre su supervivencia fue consistente a lo largo del primer año de trasplante. Después de este tiempo, este efecto se diluyó o tendió a desaparecer. Probablemente, los efectos del microambiente (por ejemplo, disponibilidad de luz, agua, nutrientes, intensidad de herbivoría y patógenos)

presente en el sitio de siembra que operó sobre cada planta superaron con el tiempo el efecto del tamaño inicial sobre la supervivencia.

La baja supervivencia de las plántulas grandes que crecieron en presencia de la vegetación de pradera, observada al final del experimento, posiblemente se debió a que la competencia ejercida por los pastos aumentó con el tiempo. La cobertura de pastos al inicio del experimento no era alta (< 50 cm) ni espesa y con el tiempo de abandono esta cobertura aumentó rápidamente superando el tamaño de las plántulas. Después de un año de abandono, en promedio, el pasto alcanzó una altura de 1.5 m, superando el tamaño de las plantas trasplantadas más grandes. Esto puede explicarse por que se observó mayor probabilidad de sobrevivientes en plántulas grandes al inicio del experimento bajo cobertura del pastizal que al final. Al final del experimento se observó una proporción muy baja de sobrevivientes (< 10 %) de plántulas grandes bajo cobertura de la vegetación de pradera.

La elevada mortalidad observada tanto en las plántulas de *Ochroma pyramidale* y *Carica papaya*, posiblemente se debió a que el tamaño de trasplante inicial, no fue lo suficientemente grande para superar el efecto de la competencia provocada por la cobertura de la pradera. Otro factor probable de mortalidad de las plántulas de estas especies es su pobre capacidad para soportar inundación. En la época de lluvias, en algunas parcelas experimentales, el suelo se anegó. Según la literatura, *C. papaya* y *O. pyramidale* no tienen una buena supervivencia cuando se encuentran en suelos anegados. (www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/15-bomba6m 2005).

Muy probablemente, el aumento en la cantidad de agua al nivel del suelo, disminuyó el rendimiento de estas especies.

Habría que considerar también que el traslado y el manejo de trasplante que se les da a las plántulas, puede afectar la supervivencia de las mismas dependiendo de la especie y del tamaño de trasplante (Benitez-Malvido *et al.* 2005).

X. CONCLUSIONES

Después de llevar a cabo un seguimiento por 32 meses la supervivencia y el crecimiento de plántulas de seis especies nativas demandantes de luz en praderas ganaderas abandonadas, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La cobertura vegetal de la pradera ganadera disminuyó, en general, el crecimiento y la supervivencia de las plántulas de las especies demandantes de luz.
2. La supervivencia de las plántulas trasplantadas es más alta cuando se plantan en épocas de alta precipitación, sin la cobertura de pastos y con tamaños grandes.
3. Al parecer, especies con semillas y plántulas grandes se desarrollan bien bajo la cobertura de los pastos, como ocurrió con *Cedrela odorata*. Por el contrario, las plántulas trasplantadas de especies pioneras de corta vida se desarrollan mejor cuando esta vegetación es removida.
4. Existe una fuerte variación en el rendimiento de las plántulas trasplantadas entre las especies demandantes de luz. Las plántulas de *Trichospermum*

mexicanum tuvieron el más alto rendimiento en ausencia de los pastos mientras que las plántulas *Cedrela odorata* fueron la que tuvieron el mayor rendimiento en presencia de la vegetación de pradera. *Carica papaya* y *Ochroma pyramidale* fueron las especies con el menor rendimiento tanto en presencia como en ausencia de la vegetación de pradera. Sin embargo, el rendimiento relativo de las especies varió según los atributos de historia de vida, la fecha de trasplante y los tratamientos de cobertura de pastos.

X.I. Consideraciones finales

Para realizar proyectos de restauración en praderas ganaderas tropicales, se deben considerar varios atributos de las especies candidatas a ser usadas en actividades de trasplante. Primero, se tiene que conocer las características de historia de vida de las especies. Dependiendo de estas características se tomará la decisión de eliminar o no la cobertura de la vegetación. Si se quiere trasplantar especies pioneras será necesario eliminar la cobertura de la vegetación ya que ello favorece de manera importante el desarrollo de dichas especies. Si se requiere trasplantar especies tolerantes a la sombra es recomendable no remover la cubierta de pastos ya que las plántulas de dichas especies se desarrollan mejor bajo tal cobertura.

Segundo, se debe de considerar el tamaño de trasplante en las plántulas. Tamaños “grandes” aseguran una mayor probabilidad de supervivencia de las plántulas, pero hay que considerar el riesgo de transplantar plantas grandes debido a que es más factible que se rompa el tallo o las raíces. Tercero, es muy

importante la temporada del año para trasplantar las plántulas. Con base en los resultados obtenidos en esta tesis, se recomienda trasplantar durante la temporada de lluvias, así se garantiza que las plántulas no sufran estrés hídrico.

Finalmente, otro aspecto importante que se debe de considerar para garantizar el desarrollo de las plántulas trasplantadas, es conocer atributos funcionales básicos de las mismas, por ejemplo, capacidad para soportar ambientes estresantes en baja disponibilidad de agua o de inundación. Para ello es fundamental antes de llevar a cabo el trasplante de plántulas, llevar a cabo una evaluación del ambiente del suelo (por ejemplo, grado de compactación e intensidad de uso del suelo).

X.2. LITERATURA CITADA

- Aide, M. y J. Cavellier. 1994. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restoration Ecology*. **2** (4): 219-229
- Aide, M., J. Zimmerman, L. Herrera, M. Rosario & M. Serrano. 1995. Forest recovery in abandoned pasture in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* **77**: 77-86
- Aide, M., J. Zimmerman, M. Rosario, & H. Marciano. 1996. Forest recovery in abandoned cattle pasture along an elevation gradient in Northeastern Puerto Rico. *Biotropica*. **28** (4a):537-548
- Aide, M., J. Zimmerman, B. Pascarella, L. Rivera, & H. Marciano-Vega. 2000. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: Implications for restoration ecology. *Restoration Ecology* **8** (4):328-338
- Barbaro, L., T. Dutoit, & P. Cozic. 2001. A six-year experimental restoration of biodiversity by shrub-Clearing and grazing in calcareous grassland of the French Prealps. *Biodiversity and conservation*. **10**: 119-135.
- Begon, M., & J. Harper, & C. Townsend. 1996. Ecology. Individuals, Populations and Communities. *Blackwell Sciences*. Oxford.
- Benitez-Malvido, J., M. Martínez-Ramos & E. Ceccon. 2001. Seed Rain vs. Seed bank, and the effect of Vegetation cover on the Recruitment of tree seedlings in Tropical Successional Vegetation. Gerhard Gottsberger & Sigrid (Editors). *Diss.Bot. Berlin-Stuttgart*. **346**:185-203.
- Benítez-Malvido, J., M. Martínez-Ramos, L. Camargo, & I.D.K.Ferraz. 2005. Responses of seedling transplants to environmental variations in contrasting habitats of Central Amazona. *Journal of Tropical Ecology*. **21**: 397-406.
- Brown, S. & A. Lugo. 1994 .Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. *Restoration Ecology* **2** (2): 97-111.
- Connell, J.H. & R.O. Slatyer. 1997. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist*. **111**: 1119-1144.
- Crawley, M. 1993. Glim for ecologist. Blackwell Science. Cambridge. Pp 379
- Chapman, C., A. Chapman, A. Janne, & M.A. Burgess. 2002. Does weeding promote regeneration of an indigenous tree community in felled pine plantations in Uganda. *Restoration Ecology*. **10** (2): 408-415.

- Cubiña A., & M. Aide. 2001. The effects of distance from forest edge on seed rain and soil seed bank in a tropical pasture. *Biotropica* **33** (2): 260-267.
- Davis, Mark, A. K. Wrage, R. Keith, & R. Reich. 1998. Competition between tree seedling and herbaceous vegetation: support for a theory of resource supply and demand. *Journal of Ecology*. **86**. 652-661
- De Steven, D. 1991 Experiments on Mechanisms of tree establishment in old-field succession: Seedling Emergence. *Ecology* **72** (3): 1066-1075
- Duncan, R., & C. Chapman. 1999. Seed dispersal and potential forest succession in abandoned agriculture in tropical Africa. *Ecological Applications*. **9** (3): 998-1008.
- Everham III., E., M., Myster, & E. Van der Genachte. 1996. Effects of light, moisture, temperature, and litter on regeneration of five tree species in the tropical montane wet forest of Puerto Rico. *American Journal of Botany*. **83** (8): 1063-1068.
- Foster, Bryan L. 1999. Establishment, competition and the distribution of native grasses among Michigan old-fields. *Journal of Ecology*. **87**: 476-489.
- González, Montagut R., 1996. Establishment of rain forest species along the riparian corridor-pasture gradient in Los Tuxtlas, México. Tesis Doctoral. Universidad de Harvard. Massachusetts.USA.
- Guevara, S., S. Purata, & E. Van der Maarel. 1986. The role of remnant forest trees in tropical secondary succession. *Vegetatio* **66**: 77-84.
- Guevara, S. & J. Laborde,. 1993. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability. *Vegetatio*. **107** (108): 319-338.
- Guariguata, M., R. Rheingans, & F. Montagnini. 1995. Early woody invasion in Costa Rica : Implications for forest restoration. *Restoration Ecology*. **3** (4): 252-260.
- Guariguata, M., R. 1997. Forest regeneration in abandoned logging roads in lowland Costa Rica. *Biotropica*. **29** (1) 15-28.
- Guimarães Vieira I., C. Uhl, & D. Nepstad. 1994 The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. As a "succession facilitator" in an abandoned pasture, Paragominas, Amazônia. *Vegetatio* **115**: 91-99.

- Gerhardt, K. 1993. Tree seedling development in tropical dry abandoned pasture and secondary forest in Costa Rica. *Journal of Vegetation Science* **4**:95-102.
- Haggar, J., K. Wightman, & R. Fisher. 1997. The potential of plantations to forest woody regeneration within a deforest landscape in lowland Costa Rica. *Forestry Ecology and Management*. **99**: 55-64.
- Holl, K. D. 1998. Effects of above- and below-ground competition of shrubs and grass on *Calophyllum brasiliense* (Camb.) seedling growth in abandoned tropical pasture. *Forest Ecology and Management*. **109**:187-195
- Holl, K. D. 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotropica*. **31** (2): 229-242.
- Holl, K. D. 2000. Tropical mountain forest in Costa Rica: Overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecological*. **8** (4): 339-349
- Holl, K. D. 2002. Effect of shrub on tree seedling establishment in an abandoned tropical pasture. *Restoration Ecological* .**90**: 179-187.
- Hopper, E., R. Condit, & P. Legendre. 2002. Responses of 20 native tree species reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications*. **12** (6): 1626-1641.
- Ibarra-Manríquez, G. & S. Sinaca. 1996. Lista comentada de plantas de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtles" Veracruz, México. *Rev. Biol. Trop.* **44** (1): 41-60.
- Ibarra-Manríquez, G. & S. Sinaca. 1996. Lista comentada de plantas de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtles" Veracruz, México. *Rev. Biol. Trop.* **44** (2): 427-447.
- Kirongo Balozzi, B., E.G, Mason, & A. Nugroho. 2002. Interference mechanisms of pasture on the growth and fascicle dynamics of 3-year-old radiate pine clones. *Forest Ecology and Management*. **159**: 159-172.
- Martínez-Garza, C., R. González-Montagut. 1999. Seed rain from forest fragments into tropical pasture in Los Tuxtles, México. *Plant Ecology* **145**: 255-265
- Martínez-Garza, C., V. Peña, M. Ricker, A. Campos, & H. Howe. 2005. Restoring tropical biodiversity: Leaf traits predict growth and survival of late-successional trees in early-successional environments. *Forest Ecology and Management*. **217**: 365-379.
- Martínez-Ramos, M. 1985. Ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. En. A. Gómez-Pompa y S. del Amo

- (eds.). Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. *Editorial Alambra Mexicana. México*. 191-239.
- Martínez-Ramos, M & E. Álvarez-Buylla. 1986. Seed dispersal, gap dynamics and tree recruitment: the case of *Cecropia obtusifolia* at Los Tuxtlas, México. En: Estrada, A y T.H. Flemming (Eds.). *Frugivores and seed dispersal*. Dr. Junk Publishers.
- Martínez-Ramos, M. 1994. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Bol. Soc. Bot. México* **54**: 179-224.
- McClanahan T.R. & R.W. Wolfe. 1993. Accelerating forest succession in a fragmented landscape: The role of birds and perches. *Conservation Biology*. **7** (2):279-287
- Méndez-Bahena, A. (1999). Sucesión secundaria de la Selva Húmeda y Conservación de Recursos Naturales en Marqués de Comillas, Chiapas. Tesis de Maestria. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, México.
- Miranda, F. & E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la sociedad Botánica de Mexico*. **28**: 29-178.
- Montagnini, F., K. Ramstad, & E. Stijfhoorn. 1991. Multipurpose trees for soil restoration in the humid lowland of Costa Rica. In: Taylor, D.A. & Mc Dicken, K.G. (eds.). 41-58.
- Montagnini, F., B. Eibl, L. Szczipanski, & Ríos R. 1998. Tree Regeneration and Species Diversity Following Conventional and Uniform Spacing Methods of Selective Cutting in Subtropical Humid Forest Reserve. *Biotropica* **30** (3): 349-361
- Myster, R. W. 2003. Effects of Species, Density, Patch-Type, and Season on Post-Dispersal Seed Predation in a Puerto Rico Pasture. *Biotropica* **35** (4): 542-546
- Myster, R.W. 1994. A comparison of rate of succession over 18 yr in 10 contrasting old fields. *Ecology*. **75** (2). 387-392.
- Nee, Michel. 1993. La Flora de Veracruz, Solanaceae II. Instituto Nacional de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz y Universidad de California Riverside USA. Fascículo 72.
- Nepstad D. C, C. Uhl, Pereira & Cardoso da Silva 1996. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest to eastern Amazonia. *Oikos* **76**:25-39.

- Otero-Araniz, S., Castillo, S., J. Meave & G.Ibarra. 1999. Isolated Pasture Trees and the Vegetation Under their Canopies in the Chapas Coastal Plain, México. *Biotropica* **31** (2) 243-254.
- Peña-Carlos Marielo & H. De Boo. 2002. The Effect of forest successional stage on seed removal of tropical rain forest tree species. *Journal of Tropical Ecology* (18): 261-274.
- Parrotta J. A., J. W. Turnbull & N. Jones. 1997. Catalyzing native regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*. **99**:1-7.
- Parrotta J. A., H. Oliver, & Knowles. 2001. Restoring tropical forest on land mined for bauxite: Examples from Brazilian Amazon. *Ecological Engineering*. **17**:219-239
- Pascarella John B., T.M. Aide, M.I. Serrano, & J. Zimmerman. 2000. Land-Use history and forest regeneration in the Cayey Mountains, Puerto Rico. *Ecosystems*. **3**: 217-228.
- Pennington, T. D., & J. Sarukhán. 1998. Árboles Tropicales de México. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica (Ed.): 521
- Programa de Manejo Reserva de la Biosfera de Montes Azules. 2000. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP: Pp55.
- Powers, J.S., P.Haggar & R. F. Fisher. 1997. The Effect of overstory composition on understory woody regeneration and species richness in 7-years-old plantations in Costa Rica. *Forestry Ecology and Management*. **99**: 43-54.
- Quintana-Ascencio Pedro F., M. González-Espinosa, Ramírez-Marcial, Domínguez-Vázquez & Martínez-Icó. 1996. Soil seed banks and regeneration of tropical rain forest from milpa field at the selva Lacandona Chiapas. *Biotropica* **28** (2): 192-209.
- Ricker, Matrin, C. Siebe, S. Sánchez, S. Kumiko, B. Larson, M. Martinez-Ramos, & F. Montagnini. 2000. Optimising seedling management: *Pouteria sapota*, *Diospyros digyna*, and *Cedrela odorata* in a Mexican rainforest. *Forest Ecology and Management*. **139**: 63-77.
- Ritchie M.E., & H. Olf. 1999. Herbivore diversity and plant dynamics: compensatory and additive effects. En, *Herbivores between plant and predators*. (Ed) Olf H, Brown V.K. and Drent R.H. **6**: 175-204.
- Rzedowski, J. 1986. "Vegetación de México". Limusa. México. Pp. 221

- Suazo-Orduño I. 1988. Aspectos ecológicos de la especie invasora *Pteridium aquilinum* (L.) (Pteridiaceae). En una selva húmeda de la Región de Chajul, Chiapas. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. 114.
- Sarukhán, J., M. Martínez-Ramos, & D. Piñero. 1984. The analysis of demographics variability at the individual level and its population consequences. 83-106 (En) Dirzo, R. & Sarukhán, J. (Eds.). *Perspectives on plant population ecology*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Sarmiento Faustino O. 1997 Arrested succession in pasture hinders regeneration of Tropicandean forests and shreds mountain landscapes. *Environmental Conservations* **24** (1): 14-23.
- Slocum Matthew G. 2001. How tree species differ as recruitment foci in a tropical pasture. *Ecological Society of America*. 82 (9):2547-2559.
- Uhl Christopher 1987. Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. *Journal of Ecology*. (75): 377-407.
- Uhl Christopher, K. Clark, N. Dezzee, & P. Maquirino. 1988. Vegetation dynamics in Amazonian tree fall Gaps. *Ecology*. **69** (3): 751-763.
- Vázquez-Yanes, C. & A. Orozco-Segovia. 1992b. The rain forest in Tropical America: forest dynamics, reforestation, seed handling, and problems of management. *Tree plant's notes*, **43**(4): 114-118
- Vieira Guimarães, I., C., C. Uhl, D. Nepstad. 1994. The role of shrub *Cordia multispicata* Cham. As a "succession facilitator" in an abandoned pasture, Paragominas, Amazônia. *Vegetatio*. **115**: 91-99.
- Whitmore, T.H. 1988. The influence of tree population dynamics on forest species composition. *Plant Population Ecology* (Ed. by A.J. Davy, M.J. Hutching & A.R. Watkinson). Blackwell Scientific Publications, Oxford. Pp 271-291
- Wijdeven Sander M., & M. Kuzee. 2000. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. *Restorations Ecology* **8** (4): 414-424.
- Zahawi, R.A. & C.K. Augspurger. 1999. Early plant succession in abandoned pasture in Ecuador. *Biotropica*. 31 (4): 540-552.
- Zimmerman Jess K., J. Pascarella, & M. Aide. 2000. Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico. *Restoration Ecology*. 8 (4): 350-360

X.3. ANEXOS

Anexo 1

X.3.1. Supervivencia

Resultados de los análisis de devianza que se realizaron para cada una de las seis especies de plántulas experimentales que se transplantaron a potreros abandonados. Se evaluó el efecto de tiempo, tratamiento, fecha de trasplante y sus interacciones sobre las tasas supervivencia de las plántulas. En la Región de Marqués de Comillas, Chiapas. F= Fecha de introducción. T= tiempo lineal. T² = Tiempo cuadrático. Trat = Tratamiento.

Cuadro 1.1. *Carica papaya*

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r ² | P < |
|-----------------------|-----------------------------|------|---------------------|-------|
| Tiempo | 10376 | 1 | 0.98 | 0.001 |
| Tratamiento | 1.0 | 1 | 0.09 ^{e-6} | ns |
| T ² | 0.2 | 1 | 0.02 ^{e-6} | ns |
| Trat X T | 145.4 | 1 | 0.01 | 0.001 |
| Trat X T ² | 6.7 | 2 | 0.006 | 0.05 |
| Error | 20.5 | 15 | | |
| Total | 10549.8 | 21 | | |

Cuadro 1.2. *Cecropia peltata*

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r ² | P < |
|--------------------|-----------------------------|------|----------------|-------|
| Fecha | 4929.0 | 3 | 0.344 | 0.001 |
| Tiempo | 8826.0 | 1 | 0.617 | 0.001 |
| Tratamiento | 21.0 | 1 | 0.018 | 0.001 |
| T ² | 257.4 | 1 | 0.017 | 0.001 |
| T x F | 218.1 | 3 | 0.015 | 0.001 |
| T ² x F | 12.9 | 3 | 0.008 | 0.005 |
| Trat x F | 109.0 | 3 | 0.007 | 0.001 |
| Trat x T | 64.0 | 1 | 0.004 | 0.001 |
| Error | 28.9 | 47 | 0.004 | |
| Total | 14466.3 | 57 | | |

Cuadro 1.3. *Cedrela odorata*

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P |
|--------------------|-----------------------------|------|--------|-------|
| Fecha | 3959.0 | 3 | 0.508 | 0.001 |
| Tiempo | 3302.0 | 1 | 0.424 | 0.001 |
| Tratamiento | 107.0 | 1 | 0.013 | 0.001 |
| T ² | 1.0 | 1 | 0.0001 | ns |
| T x F | 66.3 | 3 | 0.008 | 0.001 |
| T ² x F | 218.4 | 4 | 0.028 | 0.001 |
| Trat x F | 32.2 | 3 | 0.004 | 0.001 |
| Trat x T | 35.7 | 1 | 0.004 | 0.001 |
| Error | 22.0 | 22 | 0.005 | |
| Total | 7743.6 | 40 | | |

Cuadro 1.4. *Ochroma pyramidale*

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P |
|--------------------|-----------------------------|------|--------|-------|
| Fecha | 2743.0 | 3 | 0.34 | 0.001 |
| Tiempo | 5124.0 | 1 | 0.64 | 0.001 |
| Tratamiento | 1.0 | 1 | 0.0001 | ns |
| T ² | 1.4 | 1 | 0.0001 | ns |
| T x F | 32.9 | 3 | 0.0041 | 0.001 |
| T ² x F | 1.9 | 4 | 0.0002 | ns |
| Trat x F | 6.1 | 4 | 0.0007 | ns |
| Trat X T | 1.5 | 1 | 0.000 | ns |
| Error | 41.6 | 60 | 0.005 | |
| Total | 7953.4 | 78 | | |

Cuadro 1.5. *Solanum nudum*

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P |
|--------------------|-----------------------------|------|-------|-------|
| Fecha | 252.0 | 2 | 0.115 | 0.001 |
| Tiempo | 1416.0 | 1 | 0.647 | 0.001 |
| Tratamiento | 15.0 | 1 | 0.006 | 0.001 |
| T ² | 61.4 | 1 | 0.027 | 0.001 |
| T x F | 64.5 | 2 | 0.029 | 0.001 |
| T ² x F | 18.1 | 2 | 0.008 | 0.001 |
| Trat x F | 149.7 | 2 | 0.068 | 0.001 |
| Trat x.T | 164.6 | 1 | 0.075 | 0.001 |
| Error | 36.1 | 41 | 0.016 | |
| Total | 2177.4 | 53 | | |

Cuadro 1.6. *Trichospermum mexicanum*

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|--------------------|-----------------------------|------|-------|-------|
| Fecha | 3542.0 | 3 | 0.298 | 0.001 |
| Tiempo | 7643.0 | 1 | 0.644 | 0.001 |
| Tratamiento | 71.0 | 3 | 0.006 | 0.001 |
| T ² | 255.4 | 1 | 0.022 | 0.001 |
| T x F | 236.3 | 3 | 0.020 | 0.001 |
| T ² x F | 47.5 | 3 | 0.004 | 0.001 |
| Trat x F | 7.1 | 3 | 0.001 | ns |
| Trat x T | 27.3 | 1 | 0.002 | 0.001 |
| Error | 57.1 | 50 | | |
| Total | 11886.7 | 68 | | |

Anexo 2

X.3.2. Crecimiento

Resultados del ANCOVA aplicado a cada una de las seis especies experimentales cuyas plántulas se trasplantaron en campos ganaderos abandonados en la Región de Marqués de Comillas, Chiapas.

CUADRO 2.1. *Carica papaya*

| Factor | g.l. | CM | F | P< |
|--------------------|------|-------|--------|-------|
| Tiempo (T) | 1 | 177 | 72.000 | 0.001 |
| Tratamiento (TRAT) | 1 | 0.1 | 0.001 | n.s. |
| T x TRAT | 1 | 0.47 | 0.130 | n.s. |
| Error | 4 | 14.2 | | |
| Total | 7 | 191.7 | | |

Cuadro 2.2. *Cedreia odorata*

| Factor | g.l. | CM | F | P< |
|--------------------|------|---------|-------|-------|
| Tiempo (T) | 1 | 13266 | 56.10 | 0.001 |
| Tratamiento (TRAT) | 1 | 1033 | 2.29 | ns |
| Fecha (F) | 3 | 1170 | 6.24 | 0.01 |
| F x T | 3 | 1401 | 11.68 | 0.01 |
| F x TRAT | 3 | 797.6 | 6.50 | 0.01 |
| T x TRAT | 1 | 1526 | 16.20 | 0.01 |
| T x F x TRAT | 3 | 2317 | 27.10 | 0.01 |
| Error | 47 | 4014.3 | | |
| Total | 62 | 25524.9 | | |

Cuadro 2.3. *Cecropia peltata*

| Factor | g.l. | CM | F | P < |
|---------------------|------|---------|------|-------|
| Tiempo | 1 | 1296 | 80.9 | 0.001 |
| Tratamiento | 1 | 159.9 | 14.7 | 0.001 |
| Fecha | 3 | 119 | 2.02 | ns |
| Fecha X Tiem | 3 | 48.16 | 7.8 | 0.01 |
| Fecha X Trat | 3 | 8.12 | 0.7 | ns |
| Tiem X Trat | 1 | 83.8 | 34.0 | 0.01 |
| Tiem X Fecha X Trat | 3 | 4.9 | 7.8 | 0.01 |
| Error | 18 | 28.43 | | |
| Total | 33 | 1748.31 | | |

Cuadro 2.4. *Ochroma pyramidale*

| Factor | g.l. | CM | F | P < |
|---------------------|------|--------|-------|-------|
| Tiempo | 1 | 1011 | 29.64 | 0.001 |
| Tratamiento | 1 | 22.9 | 0.33 | n.s. |
| Fecha | 3 | 178 | 11.4 | 0.01 |
| Fecha X Tiem | 3 | 34.23 | 2.5 | n.s. |
| Fecha X Trat | 3 | 178 | 11.4 | n.s. |
| Tiem X Trat | 1 | 41.38 | 3.4 | n.s. |
| Tiem X Fecha X Trat | 3 | 5.16 | 0.38 | n.s. |
| Error | 14 | 189.9 | | |
| Total | 29 | 1660.4 | | |

Cuadro 2.5. *Solanum nudum*

| Factor | g.l. | CM | F | P < |
|---------------------|------|--------|-------|-------|
| Tiempo | 1 | 1550 | 47.35 | 0.001 |
| Tratamiento | 1 | 240.8 | 2.12 | n.s. |
| Fecha | 2 | 78.4 | 0.67 | n.s. |
| Fecha X Tiem | 2 | 18.8 | 0.55 | n.s. |
| Fecha X Trat | 2 | 37.9 | 1.19 | n.s. |
| Tiem X Trat | 1 | 271.20 | 19.98 | 0.001 |
| Tiem X Fecha X Trat | 2 | 15.12 | 1.07 | n.s. |
| Error | 10 | 141.23 | | |
| Total | 21 | 2353.4 | | |

Cuadro 2.6. *Trichospermum mexicanum*

| Factor | g.l. | CM | F | P < |
|---------------------|------|----------|-------|-------|
| Tiempo | 1 | 106003 | 122.8 | 0.001 |
| Tratamiento | 1 | 14690 | 5.49 | 0.05 |
| Fecha | 3 | 3081.3 | 4.7 | 0.05 |
| Fecha X Tiem | 3 | 1277 | 1.8 | n.s. |
| Fecha X Trat | 3 | 674 | 1.8 | n.s. |
| Tiem X Trat | 1 | 16724 | 43.15 | 0.001 |
| Tiem X Fecha X Trat | 3 | 590.6 | 1.67 | n.s. |
| Error | 44 | 204.9 | | |
| Total | 59 | 143244.8 | | |

ANEXO 3

X.3. Tamaño de introducción

Resultados del análisis de devianza que se realizó para plántulas de las especies *Cedrela odorata*, *Cecropia peltata*, *Trichospermum mexicanum* y *Solanum nudum*, que se trasplantaron en la 1^a, 2^a, 3^{er} y 4^a fecha, a los 6, 12 meses y al final del experimento, en potreros abandonados en la Región de Marqués de Comillas, Chiapas. Se evaluó el efecto del tamaño al momento del trasplante, la fecha, la cobertura de la vegetación y su interacción sobre la probabilidad de supervivencia. A continuación se muestran solamente los resultados del análisis de devianza que tuvieron uno o mas factores significativos ($P \leq 0.05$).

3.1. *Cedrela odorata*

Fecha 1

Cuadro 3.1.1
Final del experimento

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|------|
| Tratamiento | 5.2 | 1 | 0.98 | 0.05 |
| Categoría de altura | 0.03 | 1 | 0.005 | ns |
| Trat X C. de altura | 0.001 | 1 | 0.001 | ns |
| Error | 5.2 | 3 | | |
| Total | 10.43 | 6 | | |

Fecha 3

Cuadro 3.1.2
1 año después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|------|
| Tratamiento | 3.8 | 1 | 0.59 | 0.05 |
| Categoría de altura | 3.9 | 1 | 0.60 | 0.05 |
| Trat X C. de altura | 0.1 | 1 | 0.01 | ns |
| Error | 6.4 | 3 | | |
| Total | 14.2 | 6 | | |

Cuadro 3.1.3
Final del experimento

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|------|
| Tratamiento | 2.8 | 1 | 0.37 | ns |
| Categoría de altura | 4.4 | 1 | 0.59 | 0.05 |
| Trat X C. de altura | 0.1 | 1 | 0.01 | ns |
| Error | 7.4 | 3 | | |
| Total | 14.7 | 6 | | |

Fecha 4

Cuadro 3.1.4
6 meses después del experimento

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|-------|
| Tratamiento | 5.3 | 1 | 0.06 | 0.05 |
| Categoría de altura | 67.2 | 1 | 0.85 | 0.001 |
| Trat X C. de altura | 6.8 | 1 | 0.08 | 0.05 |
| Error | 79.4 | 3 | | |
| Total | 158.7 | 6 | | |

Cuadro 3.1.5
1 año después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|-------|
| Tratamiento | 28.1 | 1 | 0.06 | 0.001 |
| Categoría de altura | 32.6 | 1 | 0.85 | 0.001 |
| Trat X C. de altura | 6.3 | 1 | 0.08 | 0.05 |
| Error | 67.1 | 3 | | |
| Total | 74.0 | 6 | | |

Cuadro 3.1.6
Final del experimento

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|----------|--------|-------|
| Tratamiento | 11.3 | 1 | 0.48 | 0.001 |
| Categoría de altura | 11.9 | 1 | 0.51 | 0.001 |
| Trat X C. de altura | 0.05 | 1 | 0.0002 | ns |
| Error | 23.2 | 3 | | |
| Total | 46.45 | 6 | | |

3.2. *Cecropia peltata*

Fecha 1

Cuadro 3.2.1
6 meses después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|----------|--------|-------|
| Tratamiento | 76.7 | 1 | 0.92 | 0.001 |
| Categoría de altura | 6.6 | 1 | 0.08 | 0.05 |
| Trat X C. de altura | 0.2 | 1 | 0.0002 | ns |
| Error | 83.3 | 3 | | |
| Total | 166.8 | 6 | | |

Cuadro 3.2.2
1 año después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|----------|-------|-------|
| Tratamiento | 84.7 | 1 | 0.42 | 0.001 |
| Categoría de altura | 9.7 | 1 | 0.02 | 0.001 |
| Trat X C. de altura | 0.1 | 1 | 0.001 | ns |
| Error | 94.5 | 3 | | |
| Total | 189.0 | 6 | | |

Cuadro 3.2.3
Final del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|----------|-------|-------|
| Tratamiento | 17.4 | 1 | 0.98 | 0.001 |
| Categoría de altura | 0.1 | 1 | 0.02 | ns |
| Trat X C. de altura | 0.1 | 1 | 0.001 | ns |
| Error | 17.7 | 3 | | |
| Total | 24.3 | 6 | | |

Fecha 2

Cuadro 3.2.4
6 Meses después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|----------|-------|-------|
| Tratamiento | 72.0 | 1 | 0.98 | 0.001 |
| Categoría de altura | 0.5 | 1 | 0.006 | ns |
| Trat X C. de altura | 0.4 | 1 | 0.005 | ns |
| Error | 73.0 | 3 | | |
| Total | 145.09 | 6 | | |

Cuadro 3.2.5
1 año después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|----------|--------|-------|
| Tratamiento | 51.0 | 1 | 0.99 | 0.001 |
| Categoría de altura | 0.1 | 1 | 0.001 | ns |
| Trat X C. de altura | 0.04 | 1 | 0.0007 | ns |
| Error | 51.3 | 3 | | |
| Total | 102.05 | 6 | | |

Cuadro 3.2.6
Final del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|----------|-------|-------|
| Tratamiento | 12.0 | 1 | 0.80 | 0.001 |
| Categoría de altura | 2.9 | 1 | 0.19 | ns |
| Trat X C. de altura | 0.06 | 1 | 0.003 | ns |
| Error | 15.0 | 3 | | |
| Total | 29.96 | 6 | | |

Fecha 3

Cuadro 3.2.7
6 Meses después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|----------|-------|-------|
| Tratamiento | 51.0 | 1 | 0.70 | 0.001 |
| Categoría de altura | 4.0 | 1 | 0.05 | 0.05 |
| Trat X C. de altura | 0.6 | 1 | 0.008 | ns |
| Error | 72.0 | 3 | | |
| Total | 127.6 | 6 | | |

Cuadro 3.2.8
1 año después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|----------|-------|-------|
| Tratamiento | 30.0 | 1 | 0.78 | 0.001 |
| Categoría de altura | 1.3 | 1 | 0.05 | ns |
| Trat X C. de altura | 0.7 | 1 | 0.008 | ns |
| Error | 38.0 | 3 | | |
| Total | 70.0 | 6 | | |

Fecha 4

Cuadro 3.2.9
6 Meses después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|-------|
| Tratamiento | 30.0 | 1 | 0.96 | 0.001 |
| Categoría de altura | 0.8 | 1 | 0.025 | ns |
| Trat X C. de altura | 0.02 | 1 | 0.006 | ns |
| Error | 31.0 | 3 | | |
| Total | 61.8 | 6 | | |

Cuadro 3.2.10
1 año después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|--------|-------|
| Tratamiento | 48.8 | 1 | 0.95 | 0.001 |
| Categoría de altura | 2.2 | 1 | 0.043 | ns |
| Trat X C. de altura | 0.05 | 1 | 0.0009 | ns |
| Error | 51.1 | 3 | | |
| Total | 102.15 | 6 | | |

Cuadro 3.2.11
Final del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|-------|
| Tratamiento | 18.0 | 1 | 0.65 | 0.001 |
| Categoría de altura | 9.7 | 1 | 0.34 | 0.001 |
| Trat X C. de altura | 0.08 | 1 | 0.002 | ns |
| Error | 28.0 | 3 | | |
| Total | 55.78 | 6 | | |

3.3. *Ochroma pyramidale*

Fecha 3

Cuadro 3.3.1:
6 meses después del experimento

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|------|
| Tratamiento | 3.9 | 1 | 0.53 | 0.05 |
| Categoría de altura | 0.1 | 1 | 0.03 | ns |
| Trat X C. de altura | 3.7 | 1 | 0.47 | 0.05 |
| Error | 7.3 | 3 | | |
| Total | 14.4 | 6 | | |

Fecha 4

Cuadro 3.3.2:
6 meses después del experimento

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|-------|
| Tratamiento | 11.8 | 1 | 0.80 | 0.001 |
| Categoría de altura | 2.9 | 1 | 0.20 | ns |
| Trat X C. de altura | 0.08 | 1 | 0.01 | ns |
| Error | 14.87 | 3 | | |
| Total | 29.65 | 6 | | |

3.4. *Solanum nudum*

Fecha 2

Cuadro 3.4.1
6 Meses después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|-------|
| Tratamiento | 6.0 | 1 | 0.38 | 0.001 |
| Categoría de altura | 4.3 | 1 | 0.27 | 0.05 |
| Trat X C. de altura | 5.2 | 1 | 0.33 | 0.05 |
| Error | 15.7 | 3 | | |
| Total | 31.2 | 6 | | |

Cuadro 3.4.2
1 año después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|----------|-------|-------|
| Tratamiento | 12.5 | 1 | 0.33 | 0.001 |
| Categoría de altura | 5.8 | 1 | 0.29 | 0.05 |
| Trat X C. de altura | 0.1 | 1 | 0.005 | ns |
| Error | 18.5 | 3 | | |
| Total | 36.9 | 6 | | |

Fecha 3

Cuadro 3.4.3
6 Meses después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|----------|-------|-------|
| Tratamiento | 7.5 | 1 | 0.76 | 0.005 |
| Categoría de altura | 0.6 | 1 | 0.06 | ns |
| Trat X C. de altura | 1.7 | 1 | 0.17 | ns |
| Error | 9.8 | 3 | | |
| Total | 19.6 | 6 | | |

Cuadro 3.4.4
1 año después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|----------|-------|-------|
| Tratamiento | 8.6 | 1 | 0.77 | 0.001 |
| Categoría de altura | 2.3 | 1 | 0.2 | ns |
| Trat X C. de altura | 0.1 | 1 | 0.01 | ns |
| Error | 11.5 | 3 | | |
| Total | 22.5 | 6 | | |

Fecha 4

Cuadro 3.4.5

6 Meses después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|-------|
| Tratamiento | 5.6 | 1 | 0.35 | 0.025 |
| Categoría de altura | 5.8 | 1 | 0.36 | 0.025 |
| Trat X C. de altura | 4.2 | 1 | 0.27 | 0.05 |
| Error | 15.8 | 3 | | |
| Total | 31.4 | 6 | | |

3.5. *Trichospermum mexicanum*

Fecha 1

Cuadro 3.5.1

6 meses después del experimento

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|-------|
| Tratamiento | 24.3 | 1 | 0.8 | 0.001 |
| Categoría de altura | 0.8 | 1 | 0.02 | ns |
| Trat X C. de altura | 4.8 | 1 | 0.15 | 0.05 |
| Error | 30.0 | 3 | | |
| Total | 59.9 | 6 | | |

Cuadro 3.5.2

1 año después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|-------|
| Tratamiento | 14.5 | 1 | 0.8 | 0.001 |
| Categoría de altura | 4.6 | 1 | 0.02 | 0.05 |
| Trat X C. de altura | 0.8 | 1 | 0.15 | ns |
| Error | 20.1 | 3 | | |
| Total | 36.0 | 6 | | |

Cuadro 3.5.3
Final del experimento

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|------|
| Tratamiento | 4.1 | 1 | 0.68 | 0.05 |
| Categoría de altura | 1.8 | 1 | 0.30 | ns |
| Trat X C. de altura | 0.04 | 1 | 0.01 | ns |
| Error | 6.04 | 3 | | |
| Total | 11.98 | 6 | | |

Fecha 2

Cuadro 3.5.4:
6 meses después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|------|
| Tratamiento | 2.7 | 1 | 0.3 | ns |
| Categoría de altura | 5.9 | 1 | 0.6 | 0.05 |
| Trat X C. de altura | 0.2 | 1 | 0.03 | ns |
| Error | 8.9 | 3 | | |
| Total | 17.7 | 6 | | |

Fecha 3

Cuadro 3.5.5
1 año después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|------|
| Tratamiento | 2.4 | 1 | 0.42 | ns |
| Categoría de altura | 3.3 | 1 | 0.02 | 0.05 |
| Trat X C. de altura | 0.01 | 1 | 0.001 | ns |
| Error | 20.1 | 3 | | |
| Total | 36.0 | 6 | | |

Cadro 3.5.6
Final del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|-------|
| Tratamiento | 12.8 | 1 | 0.42 | 0.001 |
| Categoría de altura | 4.5 | 1 | 0.02 | 0.05 |
| Trat X C. de altura | 0.2 | 1 | 0.001 | ns |
| Error | 17.6 | 3 | | |
| Total | 35.1 | 6 | | |

Fecha 4

Cuadro 3.5.7
6 meses después del trasplante

| Factor | Devianza (aprox. χ^2) | g.l. | r^2 | P< |
|---------------------|-----------------------------|------|-------|------|
| Tratamiento | 6.0 | 1 | 0.58 | 0.05 |
| Categoría de altura | 4.2 | 1 | 0.41 | 0.05 |
| Trat X C. de altura | 0.03 | 1 | 0.002 | ns |
| Error | 10.3 | 3 | | |
| Total | 35.1 | 6 | | |

