



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Instituto de Ecología

“EL PAPEL DE LOS ÁRBOLES DE CÍTRICOS
SOBRE LA DISPERSIÓN DE SEMILLAS EN
POTREROS TROPICALES: IMPLICACIONES PARA
LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LOS
TUXTLAS, VERACRUZ, MÉXICO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(RESTAURACIÓN ECOLÓGICA)**

P R E S E N T A

ALFONSO DE LA VEGA RIVERA

DIRECTOR DE TESIS DR. RODOLFO DIRZO MINJAREZ

MÉXICO, D.F.

OCTUBRE, 2005



COORDINACIÓN

M: 350364



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

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

NOMBRE: Alfonso de la Vega Rivera
FECHA: 31/0ct/05
FIRMA: (Firma)

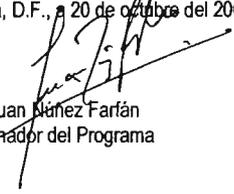
Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

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) VEGA RIVERA ALFONSO DE LA con número de cuenta 95334051 con la tesis titulada: El papel de los árboles de cítricos sobre la dispersión de semillas en potreros tropicales: implicaciones para la restauración ecológica de Los Tuxtlas, Veracruz, México, bajo la dirección del(a) Dr. Rodolfo Dirzo Minjarez.

Presidente:	Dra. Alma Delfina Orozco Segovia
Vocal:	Dr. Javier Álvarez Sánchez
Secretario:	M. en C. Julia Carabias Lillo
Suplente:	Dra. Ma. del Pilar Huante Pérez
Suplente:	Dr. Rodolfo Dirzo Minjarez

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 Núñez Farfán
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

El presente trabajo fue financiado por la Fundación Packard y del Presupuesto Operativo del laboratorio de Interacción planta-Animal del Instituto de Ecología de la UNAM.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la DGEP de la UNAM colaboraron a través del otorgamiento de una beca de Maestría.

En la realización del proyecto participaron el Dr. Rodolfo Dirzo Minjarez, la Dra. Ma. Del Pilar Huante Pérez y la M. en C. Julia Carabias Lillo.

Quiero dedicar este trabajo a mi abuelita Felipita, quien ya no está conmigo, pero siempre estará en mi corazón. Le agradezco el haberme apoyado siempre y confiar en que mi camino era el correcto. Le agradezco todos los momentos que compartió tan alegremente conmigo.

Quiero agradecerle a Rodolfo Dirzo, por darme la oportunidad de colaborar con el y me enseñó no sólo a ser un buen científico sino una mejor persona. ¡Gracias por todo amigo!

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme formado como profesionista y como persona, por haberme permitido participar en la increíble vida universitaria. A todos mis maestros.

Agradezco también al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Dirección General de Estudios de Posgrado (DGEP) de la UNAM por el apoyo que me brindaron mediante una beca para realizar la maestría. También agradezco a la fundación Packard por el apoyo financiero para la elaboración de este proyecto.

Agradezco enormemente a la Maestra Julia Carabias y a la Dra. Pilar Huante por sus atinados consejos durante estos 3 años, y por haber colaborado como asesoras del proyecto. Agradezco especialmente a la Dra. Alma Orozco, quien me ha apoyado incondicionalmente durante mi carrera académica en el Instituto de Ecología. Así como al Dr. Javier Álvarez por sus correcciones a mi trabajo.

A mis padres Fernando y Josefina por su absoluta confianza en mí, por haberme apoyado y aconsejado en todo momento, por todo lo que me enseñaron y me han dado, gracias por su amor. A mi hermano Genaro que también siempre me ha apoyado y ha sido ejemplo y guía durante toda mi vida. Quiero agradecer en general a toda mi familia que siempre ha estado a mi lado, sin ellos nunca hubiera llegado a ser quien soy.

Quiero agradecer al mismo tiempo, a todas las personas que colaboraron conmigo en la realización de este trabajo. A René Sánchez por su apoyo en la elaboración de los censos de aves. A Álvaro Campos por su apoyo durante mis estancias en Los Tuxtlas y la identificación de las semillas, la cual no hubiera sido posible sin el apoyo de la Maestra Martha Olvera, curadora de la colección de semillas del Instituto de Biología de la UNAM. Al Dr. Lalo Mendoza por su gran disposición a ayudarme siempre y tener una solución acertada a mis problemas. A todos mis amigos y colegas que participaron de alguna forma en el proyecto como hacedores de trampas, cavadores o recoge semillas: Sofía, Hanna, Xumo, Daniela, Cons, Leti, Beto, Perla e Ivs. A todo el personal del Instituto de Ecología, de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas de la UNAM y al señor Pablo Tepox de Balzapote.

También mis más sinceros agradecimientos a Georgina García, Luz Ma. Aranda y Carolina Espinosa, por su apoyo y su disposición siempre incondicional.

Gracias a todos los compañeros del Instituto de Ecología y del LIPA.

A todos mis amigos y compañeros de la Maestría en Restauración. En especial a Pablito, Josué, Polo, Vale, Juan Carlos, Vero y Misha.

Agradezco a todos mis amigos infinitamente por todo lo que hemos vivido, compartido y lo que seguiremos haciendo juntos: Rafa, Carlo, Diego, Beto, Ana, Marcos, Kim, Xumo, Cons, Coa, Ernesio, Ivs, Dan, Berni, Fer, Perla, Varinia, Isra, Sofía, Hanna y Gibrán.

A mi amigo Juan Carlos por los momentos tan felices que pasamos viviendo juntos.

A Ana Lesher por ser una luz hermosa y completa de amor que me ha iluminado de pies a cabeza, gracias por acompañarme, quererme y apoyarme.

Un especial agradecimiento para mi musa: Lupe la bonita, por su compañía, por enseñarme tantas cosas y aguantarme todos estos años, espero compartir contigo muchos más.

RESUMEN

La zona de Los Tuxtlas se encuentra altamente amenazada por las actividades antrópicas, principalmente por la deforestación con fines ganaderos y agrícolas. Para la conservación de esta zona es necesario realizar proyectos y programas de restauración ecológica. En el presente trabajo evalué el posible papel de los árboles de cítricos en la restauración ecológica de la región. Específicamente analicé la abundancia de cítricos, su papel en la atracción de aves, y las consecuencias de ello sobre la lluvia y banco de semillas.

La primera parte consistió en cuantificar la abundancia de los árboles de cítricos en potreros de Los Tuxtlas. Realicé censos en los potreros de la región, considerando dos condiciones predominantes: Potreros inclinados ($>30^\circ$) y Potreros planos ($<30^\circ$). Encontré que la media de los potreros planos fue de 17 árboles por hectárea y la de los potreros inclinados de 4.8. En ambas condiciones la densidad de árboles de cítricos es mayor que la conocida de otros árboles aislados en los potreros de la región, si bien los cítricos son árboles de talla menor.

En la segunda parte analicé el efecto que los árboles de cítricos tienen sobre las visitas de aves dispersoras diurnas y sobre la dispersión de propágulos. Para esto censé las visitas de aves, así como la lluvia y el banco de semillas de los potreros de Los Tuxtlas. Las visitas de aves dispersoras a los potreros fueron significativamente diferentes entre los sitios abiertos y los que presentaban árboles aislados de cítricos. La mayor riqueza y abundancia se presentó en los potreros arbolados. Los datos demostraron el fuerte efecto que tienen estos elementos arbóreos sobre la avifauna local. Si bien la similitud específica en ambas condiciones fue alta (Coeficiente de Sorensen=60%), encontré diferencias ecológicas importantes. Las aves que visitan los potreros abiertos en su mayoría presentan una alimentación basada en semillas, a diferencia de las de los potreros arbolados, que principalmente se alimentan de invertebrados y frutos. En las áreas de potreros arbolados encontré que la abundancia y el número de especies aumentan con respecto a los pastizales abiertos. Los potreros arbolados favorecen la comunidad de aves en varios aspectos: son utilizados como sitios de anidación y refugio, además de ser lugares donde se concentran grandes cantidades de alimento tanto animal como vegetal.

Encontré que la lluvia de semillas se concentra abundantemente debajo de los naranjales. En éstos hallé muchas más especies e individuos. La diversidad fue mayor y en términos generales encontré un efecto muy fuerte de éstos sobre la lluvia de semillas. Los valores de la lluvia de semillas debajo de los naranjales son similares a los descritos para otros elementos arbóreos aislados (*Ficus* spp.) e inclusive equiparables con la lluvia de semillas registrada en el interior de la selva. La mayoría de las especies encontradas en este estudio correspondieron a plantas con historia de vida de árbol primario o persistente; esto quiere decir que estas semillas provinieron principalmente de algún fragmento de selva. Como era de esperarse, la mayoría de las semillas presentaron una dispersión zoócora, lo que confirma que el vector de dispersión más importante de éstas fue la avifauna. En la lluvia de semillas se capturaron 64 especies correspondientes a 32 familias taxonómicas. La familia que más especies presentó fue Leguminosae (6); esta familia es característica tanto de sitios abiertos como de la selva misma. La familia Euphorbiaceae registró 5 especies. Respecto a las familias con más semillas registradas, encontré en primer lugar a las Poaceae, las cuales son típicas de lugares abiertos. Las semillas de estas plantas son dispersadas por el ganado. Además encontré que la comunidad de la lluvia de semillas difiere de la encontrada en el banco del suelo. En general se distinguió el efecto de los naranjales sobre el banco de semillas del suelo, ya que encontré una mayor cantidad de especies en las estaciones colocadas debajo de estos. Sin embargo, en cuanto al número de individuos hubo una mayor densidad en las estaciones fuera de los árboles aislados de cítricos. Esto sucede porque el banco de semillas fuera de los árboles se encuentra dominado casi en su totalidad por una especie de Leguminosa (*Mimosa pudica*). En las estaciones colocadas debajo de los naranjales las leguminosas también fueron dominantes, sin embargo encontré una diversidad importante de especies provenientes de la selva.

Los naranjales representan un elemento tradicional en la cultura del uso de la tierra en la zona de estudio, y mis estudios documentan que constituyen un elemento importante en la regeneración inicial de los pastizales tropicales. Estos elementos arbóreos incrementan en gran medida la disponibilidad de dispersores diurnos, lo que tiene implicaciones muy importantes sobre la disponibilidad de propágulos, que es el factor limitante más importante en la regeneración de las zonas tropicales. La presencia de naranjales en la zona compensa parte de la erosión de la diversidad florística del paisaje

transformado, ya que las aves asociadas a estos árboles proporcionan una gran diversidad de semillas de la selva durante todo el año. En conclusión, el presente estudio sugiere que la práctica cotidiana de fomentar la presencia de árboles de cítricos en la zona tendría un papel positivo en la iniciación de programas de restauración tropical.

SUMMARY

The area of Los Tuxtlas is seriously endangered due to land use change, mainly deforestation resulting from cattle ranching and agriculture. The conservation of this area therefore requires restoration programs. In this work I assessed the role of citrus trees (orange, lime, and others) in facilitating ecological restoration in grasslands of Los Tuxtlas.

First I quantified the abundance of citrus trees in pastures of Los Tuxtlas, considering two predominant conditions: steep and flat terrains ($>30^\circ$ and $<30^\circ$, respectively). The mean value for the flat pastures was 17 trees/ha and 4.8 trees/ha in steep pastures. In both cases abundance was higher than that reported for other species of trees left in pastures of the zone, although citrus trees are small.

Secondly, I evaluated the effect of citrus trees on visitation by birds and seed rain and seed bank. Visitation by birds was significantly higher in pastures with trees, as compared to treeless pastures. Although bird species similarity between pastures with trees and treeless pastures was high (60%), there were important ecological differences. Birds in open pastures were mostly granivorous, while birds in pastures with trees were largely frugivorous and insect eaters. Likewise, bird abundance was significantly higher in pastures with trees. Seed rain was significantly higher under citrus trees than in treeless pastures. Species diversity of seeds was higher under citrus trees and similar to that reported to occur under large trees left in pastures and even comparable to that registered in the forest. As expected, most seeds found under citrus trees were zoocorous, confirming the importance of trees in attracting dispersal agents. I captured 64 species of seeds in 32 families. The predominant family was Leguminosae, followed by euphorbiaceae. The family with more seeds was Poaceae, as is typical of open sites. The seed bank also differed when comparing it under citrus trees and open grassland. Species richness was higher underneath citrus trees, though number of seeds was higher in open sites. This was due to the predominance of seeds of *Mimosa pudica*. Seed grain under citrus trees also had abundant legumes but these sites also presented a considerable number of seeds from the forest.

This study highlights the importance of citrus trees in facilitating regeneration and restoration in the area of Los Tuxtlas. Such trees increased the presence of dispersal agents and the availability of propagules. Propagule availability is considered to be one of the most important factors in the regeneration of tropical forests. This study shows that the local traditional practice of growing citrus trees in grassland may be important in the regeneration of tropical pastures.

Capítulo I INTRODUCCIÓN	
Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
1. Generalidades de la región de Los Tuxtlas.....	3
2. Restauración y regeneración.....	7
3. Generalidades de los cítricos.....	9
Objetivos.....	10
<i>I. Potencial de los cítricos en la restauración ecológica de la zona de Los Tuxtlas</i>	
Capítulo II PREVALENCIA DE LOS CÍTRICOS EN LOS POTREROS DE LOS TUXTLAS	
Introducción.....	11
Métodos.....	13
Análisis de resultados.....	13
Resultados.....	14
Variación de tamaños y topografía.....	14
Densidad de árboles de cítricos.....	15
Discusión.....	16
<i>II. El efecto de los cítricos en la facilitación de la restauración ecológica</i>	
Capítulo III ANIMALES VISITANTES A LOS CÍTRICOS EN LOS POTREROS	
Introducción.....	18
Métodos.....	20
Análisis de resultados.....	22
Resultados.....	23
Estructura de la comunidad.....	23
Relación entre la cobertura arbórea y el número de aves encontradas....	27
Dominancia de especies.....	27
Estatus de residencia.....	28
Gremios alimenticios.....	28
Discusión.....	29
Capítulo IV LUVIA DE SEMILLAS	
Introducción.....	36
Métodos.....	39
Diseño experimental.....	39
Extracción e identificación de semillas.....	41
Índice de vecindario.....	41
Análisis de resultados.....	42
Resultados.....	43
Características generales de la comunidad de semillas en las trampas....	43
Distribución y diversidad de la comunidad de semillas en las dos condiciones	
Características generales de la comunidad de semillas en	
las trampas del potero abierto.....	46

Características generales de la comunidad de semillas en las trampas del potrero arbolado.....	46
Comparación de la comunidad de semillas en las trampas del potrero abierto vs. potrero arbolado.....	51
Análisis de similitud entre las comunidades.....	54
Índice de vecindario.....	55
Discusión.....	57
Capítulo V BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO	
Introducción.....	62
Métodos.....	64
Diseño experimental.....	64
Clasificación e identificación de semillas.....	64
Índice de vecindario.....	64
Análisis de resultados.....	65
Resultados.....	66
Características generales del banco de semillas del suelo.....	66
Estructura y diversidad de la comunidad de semillas en las dos condiciones	
Características generales de la comunidad del banco de semillas en los muestreos en los terrenos abiertos.....	68
Características generales de la comunidad del banco de semillas en los muestreos en terrenos debajo de los árboles aislados.....	69
Comparación de la comunidad del banco de semillas del suelo del potrero abierto vs. potrero arbolado.....	75
Especies presentes en el banco de semillas.....	75
Número de individuos presentes en el banco de semillas.....	77
Diversidad.....	78
Análisis de similitud entre las comunidades.....	78
Índice de vecindario.....	79
Discusión.....	81
Número de especies en el banco de semillas.....	81
Efecto de la época de muestreo sobre el banco de semillas.....	83
Dispersión.....	84
Diversidad y dominancia.....	84
Capítulo VI SÍNTESIS Y CONCLUSIONES.....	86
Capítulo VII BIBLIOGRAFÍA.....	90
ANEXO I (Relevés).....	102
ANEXO II (Listado de Aves visitantes a los potreros).....	104

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas el paisaje natural perdido o alterado en diversos grados por actividades antrópicas ha sido enorme. Si bien en la actualidad el planeta presenta una serie de amenazas globales de gran importancia, incluyendo el cambio climático y el aumento de carbono atmosférico, la pérdida de hábitats y de biodiversidad que contienen es uno de los problemas ambientales más grandes que existen. De hecho estos últimos se consideran los más graves, dado su carácter irreversible, en comparación con los otros cambios ambientales globales (Dirzo y Raven 2003). Este problema se acentúa de manera notable por la magnitud de impacto antropogénico en los ecosistemas tropicales. En la región neotropical habitan alrededor del 60% de las especies del mundo (Prance 1977), sin embargo estas regiones son las más afectadas por la deforestación y la fragmentación del hábitat (Dirzo y Raven 2003). Esto hace necesario implementar estrategias específicamente diseñadas para revertir esta tendencia. Tales estrategias involucran una amplia gama de actividades que van desde la incorporación de áreas naturales dentro de algún sistema de protección formal, hasta actividades prácticas de restauración. La presente tesis marca bases para la restauración ecológica, en particular en selvas tropicales húmedas de México.

En todo el mundo grandes extensiones de este ecosistema han sido degradadas o transformadas en pastizales, plantaciones o campos de diferentes tipos de cultivos. México no es la excepción a esta tendencia, en las áreas de distribución original de las selvas húmedas en los estados de Chiapas, Tabasco, Oaxaca y Veracruz 13% de su superficie ha sido convertida a terrenos de cultivo y 19% a potreros. La reducción neta de esta transformación es de 13 millones de ha, es decir, una disminución de 68% de la superficie original (Toledo *et al.* 1989).

La pérdida de la cubierta vegetal tiene impacto sobre la biodiversidad. Veracruz es considerado uno de los estados más ricos de México, con un total estimado de 7490 especies de plantas y con 394 especies de vertebrados terrestres endémicos a Mesoamérica. En la sierra de Los Tuxtlas se han registrado 3356 especies de plantas (Guevara *et al.* 2004). La deforestación de la selva no sólo representa una amenaza para la biodiversidad, sino que tiene otras consecuencias a escala local, regional y global, tales como el deterioro de los servicios ambientales, la pérdida de

la diversidad cultural, la alteración de los ciclos de agua y carbón (Brown *et al.* 1994). El impacto de la deforestación a nivel local implica la reducción de la vegetación natural que a su vez incrementa de manera notable la erosión del suelo, particularmente en colinas y laderas, tierras bajas y planicies (Bocco y García Oliva 1992)

La selva de Los Tuxtlas, Veracruz, representa la extensión más norteña de la selva tropical húmeda en el continente americano (Dirzo y Miranda 1990). La tasa de deforestación anual ha variado en el tiempo, en el intervalo de 1972 a 1986 fue de 1.89, de 1986 a 1990 disminuyó a 1.1 y en el intervalo de 1990 a 1993 aumentó hasta 9.42 (Guevara *et al.* 2004). Las tierras han sido principalmente utilizadas para actividades agrícolas y ganaderas, con una clara predominancia de la conversión a pastizales (potreros) para la ganadería extensiva.

Según Uhl *et al.* (1988) y Aide *et al.* (1995), en Latinoamérica las tierras de agricultura y ganadería están siendo abandonadas por disminución en la producción o por cambios en los incentivos económicos; este proceso de degradación y luego abandono ha creado grandes áreas con un deterioro muy severo, en las cuales se requiere de programas e investigaciones que se enfoquen en la recuperación de estos terrenos.

Se han realizado estudios para determinar cuales son los factores que impiden la recuperación de la selva en áreas de pasturas (Nepstad *et al.* 1990; Nepstad *et al.* 1991); entre los principales que se han sugerido se encuentran: la pérdida de nutrientes y compactación del suelo, la competencia con pastos no nativos, la baja capacidad de recolonización de semillas y la depredación de semillas y plántulas.

Cuando se abandonan los terrenos utilizados para la ganadería y la agricultura, típicamente se presenta en ellos un proceso de sucesión secundaria (Guevara *et al.* 1997). Sin embargo, este proceso es relativamente lento y la regeneración subsecuente, hasta lograr una cobertura arbórea cerrada, se presenta después de mucho tiempo y depende de una gran cantidad de variables, incluyendo el tipo de transformación, y la ubicación de los terrenos en regeneración con respecto a la selva madura remanente, entre otras.

Por esto se han propuesto diferentes técnicas de restauración para acelerar estos procesos (Vásquez-Yanes *et al.* 1996). Estos métodos requieren de una base conceptual y práctica fuerte sobre las características de la dinámica de regeneración de la selva, el potencial regenerativo de los bancos de semillas y el desempeño de las plantas establecidas en los sitios abandonados. En la selva de Los Tuxtlas, la investigación sobre restauración apenas comienza a desarrollarse, aunque

existen estudios de gran tradición tanto de la ecología de la regeneración a partir de claros dentro de la selva (Martínez-Ramos 1994), como del papel de los árboles abandonados en el potrero, particularmente del grupo de los amates (*Ficus spp.*), en la atracción de aves dispersoras en potreros activos (Guevara y Laborde 1993), que sientan las bases para estudios de restauración. En la presente tesis, intento llenar algunos de los vacíos de información, por medio del estudio del papel de los árboles aislados de cítricos presentes en los potreros de la región de Los Tuxtlas, Veracruz.

ANTECEDENTES

1. Generalidades de la región de Los Tuxtlas

La región de Los Tuxtlas es considerada como un área de gran importancia ecológica, biogeográfica y de conservación biológica, por lo peculiar de su flora y fauna. En esta zona, además de su gran riqueza biológica, se encuentran elementos de taxa de afinidad boreal, tropical y endémicos (Gómez-Pompa *et al.* 1976).

La Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas se localiza en la parte sur de la llanura del Golfo, en la porción Sureste del estado de Veracruz (Figura 1). La Sierra de Los Tuxtlas está constituida por una cadena montañosa, con dirección NO-SE. Su eje mayor mide aproximadamente 78 km y el menor 40 km. La sierra de Los Tuxtlas forma parte del eje neovolcánico transversal, en su parte más oriental, y está conformada por un gran número de conos volcánicos, lo que genera una gran heterogeneidad de ambientes. Su gradiente altitudinal va desde el nivel del mar hasta los 1700 m. Dentro de los cráteres allí formados se encuentran el volcán San Martín, el Santa Marta y el de San Martín Pajapan (García 1981; Dirzo 1991; González *et al.* 1997). En esta región se localizan tres zonas térmicas: en la porción suroeste se encuentra la muy cálida, con una temperatura media anual mayor de 26°C; en dirección noreste y altitudes menores de 200 m, la temperatura alcanza valores entre 24° y 26°C, que es la condición térmica que predomina en la mayor parte de la región. En altitudes aproximadas a 600 m en la vertiente del golfo y de 1000 m en la continental, la temperatura media anual es de 22°C. En las partes más altas de la sierra la temperatura promedio es de 18°C (González *et al.* 1997).

La precipitación media anual es de 4900 mm y se concentra en el verano (junio – febrero), en esta temporada la precipitación media mensual es de 486 mm, en los meses secos se presentan precipitaciones de al menos 100 mm al mes (García Aguirre 1988).

La vegetación predominante es la selva alta perennifolia, representada por árboles de gran talla (más de 30m), como son los de los géneros *Ficus*, *Poulsenia*, *Nectandra*, *Coccoloba* y *Cordia*, y en el estrato arbustivo por *Astrocaryum* (Ibarra-Manríquez *et al.* 1997).

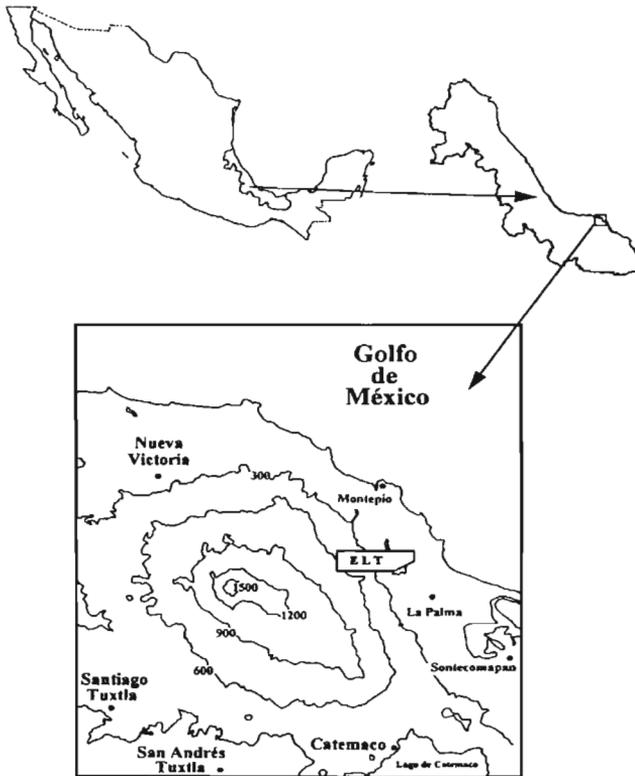


Fig. 1.1 Mapa de localización de la región de Los Tuxtlas en el estado de Veracruz, México. Se muestra la ubicación de la Estación de Biología Tropical de los Tuxtlas (ELT).

La vegetación perturbada domina en las zonas adyacentes a la reserva y es producto de procesos de la sucesión secundaria (acahuales) y principalmente, de actividades de perturbación antropogénica. En la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas se encuentran también los siguientes ecosistemas: selva mediana perennifolia, que se encuentra distribuida en zonas de altura intermedia, aproximadamente a 550 ms.n.m, y es una comunidad un poco más baja de estatura y diferente en la estructura, con árboles de menos 30m (Sousa 1968).

Según Guevara *et al.* (2004) en la región de Los Tuxtlas se han encontrado, además de los ecosistemas descritos anteriormente, la selva baja perennifolia, la selva mediana subcaducifolia, pinares, vegetación costera, manglares, encinares y una comunidad denominada sabana en el interior de los conos volcánicos.

Se pueden distinguir también vegetación ruderal, pastizales y acahuales. Los pastizales son producto de la siembra de especies de pastos exóticos, y en menor proporción nativos, para el mantenimiento de la ganadería. La vegetación ruderal se compone de plantas y hierbas de tipo maleza, aunque también incluye árboles de talla menor. Los acahuales son comunidades secundarias que se caracterizan por poseer especies heliófilas de crecimiento rápido (Meli 2004).

Los Tuxtlas es uno de los pocos sitios que a pesar de haber sido altamente deforestado aún conserva áreas con selva alta perennifolia en las que se han llevado a cabo numerosos trabajos de investigación que permiten abordar el problema de la restauración de una manera más expedita que en otros lugares. Se conoce que este lugar ha estado bajo presiones antropogénicas severas desde hace siglos, la tierra se ha utilizado para crear potreros y terrenos de siembra; el porcentaje de áreas selváticas transformadas a ganadería es de 58 y 10 % a la agricultura (Maserá *et al.* 1992) y se estima que sólo entre el 7 y 10 % del bosque original existe actualmente (Dirzo y García 1992). Ante estas amenazas a la permanencia de esta selva, se creó en la zona desde 1998 un área natural protegida, bajo la categoría de reserva de la biosfera, que cuenta con un área total de 155, 122 ha (SEMARNAP 2000).

Los antecedentes importantes en cuanto a su incorporación al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas incluyen los siguientes. El 28 de abril de 1980 la zona fue decretada de protección forestal y refugio de la zona silvestre por el presidente José López Portillo. A principios de la administración de Miguel de la Madrid el manejo de la reserva pasó a manos de la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), la cual le asignó la categoría de reserva especial de la biosfera. El 13 de Noviembre de 1998 el presidente Zedillo firmó el decreto que

establece la zona como área natural protegida bajo la categoría de reserva de la biosfera. No obstante, si bien ha habido acciones de protección de la zona, la evidencia presentada (e.g., Figura 2) deja claro que la zona se encuentra francamente deteriorada por la deforestación y la fragmentación. Además, algunos estudios recientes demuestran que la fauna de esta selva, en particular la de vertebrados de talla media y grande también se encuentra seriamente amenazada y, en el caso de algunas especies, incluso erradicada como el caso del jaguar (*Pantera onca*), el ocelote (*Leopardus pardalis*) o el jabalí (*Pecari tajacu*) (Dirzo y Miranda 1991). Esto subraya la importancia de complementar las acciones de conservación, con planes específicamente dirigidos a la restauración de las extensas áreas que han sido convertidas a potreros dentro del área protegida.

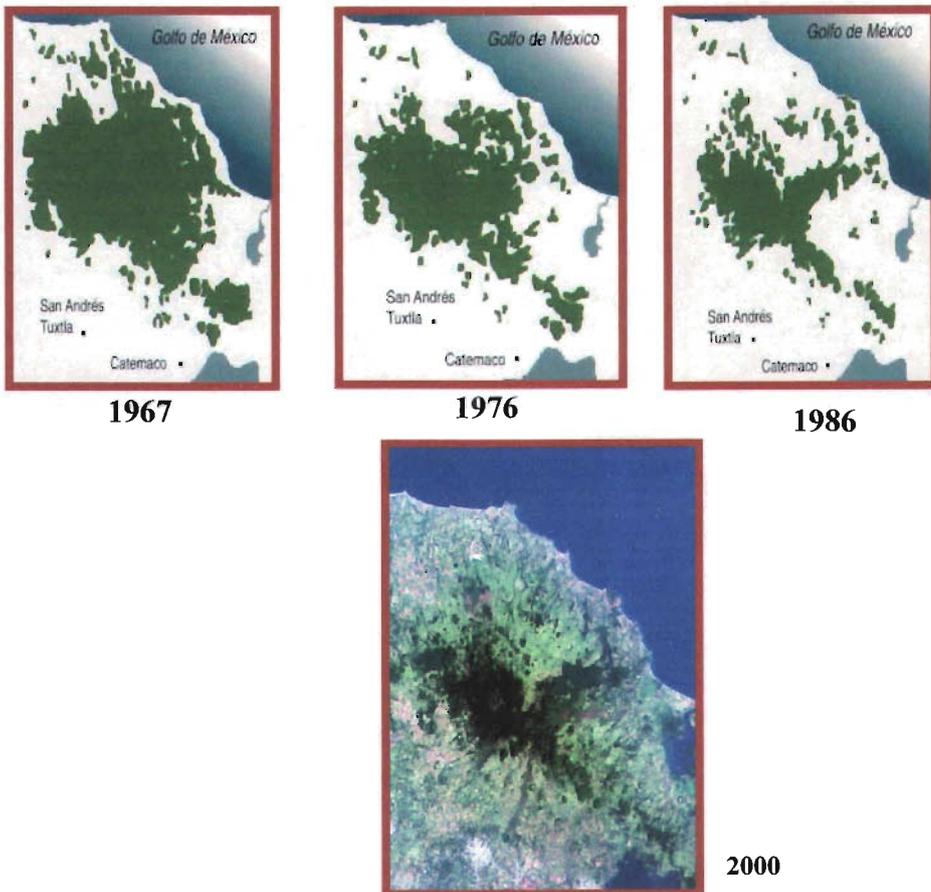


Fig. 1.2 Secuencia de imágenes de la cobertura de la vegetación en la parte Norte de la sierra de Los Tuxtlas. Secuencia 1967-1986 tomada de Dirzo y García (1992) y la imagen de 2000 fue tomada de Mendoza *et al* (2005).

2. Restauración y Regeneración

La restauración ecológica ha surgido a partir de la urgente necesidad de reparar y revertir los daños causados a los ecosistemas. En México esta es una disciplina ecológica que comienza a desarrollarse. Bradshaw (1987) propone que los principios de la restauración son los mismos que los de la sucesión ecológica. También propone que los fines de la restauración no sólo se centran en reconstruir los ecosistemas, sino también en trabajar con todo el conocimiento teórico necesario para que el ecosistema funcione adecuadamente en la mayoría o, idealmente, en todos sus procesos. Se ha argumentado que la restauración es una herramienta útil para tratar de acelerar los procesos de recuperación ambiental, y sirve como una forma de probar nuestro conocimiento ecológico teórico (Jordan III *et al.* 1987).

La restauración puede ser una herramienta muy importante en la recuperación de la zona de Los Tuxtlas. Como indiqué anteriormente, la zona está dominada por grandes campos de pasturas (potreros), lo que en términos de la regeneración natural podría ser considerado como grandes parches potencialmente recolonizables por plantas de las primeras etapas de la sucesión (Nepstad *et al.* 1990). Sin embargo, algunas investigaciones han mostrado que el factor limitante más importante en la regeneración secundaria es la dispersión de semillas hacia los campos degradados (Aide *et al.* 1995; Aide *et al.* 2000; Wijdeven S. y Kuzee M. 2000). Debido a que el tipo y cobertura de la vegetación circundante determina la composición e intensidad de la lluvia de semillas, el número de semillas que llega a las pasturas puede disminuir hasta en un 90% conforme aumenta la distancia a los fragmentos o bordes de la selva (Aide y Cavelier 1994; Zimmerman *et al.* 2000).

El paisaje actual de la mayor parte de las selvas en la zona de Los Tuxtlas está formado por pequeños parches de vegetación natural, principalmente localizados en pendientes pronunciadas, en cumbres de montañas, o a lo largo de corredores riparios, donde es difícil el acceso; rodeando a estos parches, se encuentran grandes extensiones de pastizales utilizados para la cría de ganado.

Dentro de los pastizales los elementos más destacados son:

- i) Árboles aislados nativos de la selva. Estos árboles están presentes debido a que han sido conservados en el lugar para ser utilizados como cercas vivas, como sombra para los animales, o como alimento.

- ii) Árboles plantados (nativos y exóticos) en el lugar para un fin específico como cerca viva o como alimento. En el primer caso sobresalen especies como el palo mulato (*Bursera simaruba*), el cocuíte (*Gliricidia sepium*), el cosquelite (*Erythrina folkersii*) y en menor escala el patololote (*Pimenta dioica*) y el corcho (*Omphalea oleifera*). En el segundo caso sobresalen de manera especial los cítricos. Este último grupo es un contingente colectivamente conocido a nivel local como "naranjos" o "naranjales", e incluye una variedad más o menos amplia de plantas de *Citrus* spp, entre las cuales destacan naranja, naranja agria, limón, lima, y pomelo. Todos estos elementos aumentan la complejidad, la diversidad de especies y la estructura de estos agroecosistemas.
- iii) A nivel del suelo, la vegetación se encuentra dominada por pastos nativos de la especie *Paspalum conjugatum* y *Axonopus compressus-affinis* y del introducido de África *Cynodon plectostachyus* (Lira-Noriega 2003).

La vegetación remanente en la zona de Los Tuxtlas, se encuentra agrupada en fragmentos de diferentes tamaños. Rodeando a estos fragmentos se localizan terrenos ganaderos con diferentes densidades de especies leñosas remanentes. Estos elementos arbóreos resultan de vital importancia ya que permiten la ocurrencia de muchos procesos ecológicos como la redistribución de nutrientes, producción primaria, composición y recambio de especies (Turner 1989; Guevara *et al.* 2004).

Las especies leñosas remanentes pueden funcionar como "facilitadoras" o "catalizadoras", esto significa que potencialmente aceleran el proceso de regeneración del bosque (Rhoades *et al.* 1998; Aide *et al.* 2000; Holl *et al.* 2000; Zimmerman *et al.* 2000). Existen dos factores principales que resultan en la gran abundancia y riqueza de especies debajo de los árboles aislados: 1) Un alto número de propágulos que llegan a la sombra de la copa de los árboles aislados, resultado de la deposición de semillas por especies dispersoras frugívoras y 2) Un ambiente más favorable para la germinación y el establecimiento de especies leñosas (Guevara y Laborde 1993; Young 2000).

Los árboles aislados funcionan como atractores de agentes de dispersión (aves y murciélagos) (Guevara y Laborde 1993; Estrada *et al.* 1993; Aide y Cavelier 1994). De hecho, las semillas que llegan a las pasturas no se dispersan homogéneamente en el espacio, sino que se concentran bajo estos árboles, que constituyen puntos de percha y/o alimento de aves (Nepstad *et al.* 1990; Guevara *et al.* 1992, Guevara y Laborde 1993; Martínez-Ramos y Soto-Castro 1993;

Vieira *et al.* 1994; Wijdeven y Kuzee 2000). Se ha encontrado una mayor densidad, sobrevivencia y crecimiento de plántulas de otras especies leñosas, principalmente de selva, bajo tales árboles remanentes respecto a los sitios de pasturas abiertas (Uhl *et al.* 1982; Uhl 1987; Vieira *et al.* 1994; Holl *et al.* 2000; Guariguata *et al.* 1995).

Como mencione anteriormente, dentro del paisaje de árboles aislados en los pastizales de la selva tropical lluviosas de México destacan los cítricos, los cuales fueron introducidos de Europa, aunque originalmente esta familia es originaria de Asia. Debido a que este grupo de plantas constituyen el foco de este estudio, presento enseguida una breve descripción de las principales características de estos.

3. Generalidades de los cítricos

La familia Rutaceae (a la que pertenecen los cítricos) comprende numerosas especies (cerca de 1600), la mayoría leñosas, caracterizadas por la presencia de glándulas odoríferas que contienen esencias fuertemente aromáticas. El género *Citrus* es originario del sudeste asiático. Se distribuye desde el norte de la India a China, y al sur hasta Malasia y las Filipinas. Son árboles y arbustos siempre-verdes, y que generalmente presentan espinas en los troncos o ramas. Es difícil establecer la ecología de las especies de este grupo, debido a la drástica modificación y degradación que ha tenido la región que incluía su distribución original, además de la gran hibridación que se ha dado entre las plantas domésticas y las nativas. La historia de la hibridación tampoco está muy clara debido a las pocas evidencias que se tienen, pero existen registros de domesticación desde 500 años a.C. (Sauer 1993). Según Sauer (1993), de la hibridación de cuatro especies originales, se han derivado todas las demás. Estas cuatro son: *Citrus medica* que es la naranja, *Citrus grandis* la toronja, *Citrus reticulata* que son las mandarinas y tangerinas, y *Citrus aurantifolia* la lima; según los estudios disponibles, estas especies han sido utilizadas y dispersadas por el hombre desde antes del año 400 a.C. A partir de la selección y la hibridación artificial, se han logrado nuevas especies con características diferentes a las especies originales, tales como el limón, la toronja o la naranja de Valencia. La distribución actual del género se debe totalmente al manejo que el hombre ha hecho de estas especies; de hecho la naranja es uno de los cultivos frutales más importantes en el mundo.

En las pasturas de la zona de estudio estos árboles son muy abundantes y presentan una tasa de crecimiento muy elevada; y dado el carácter de su abundante producción de frutos

(naranjas, limas, limones, naranja agria, entre otros) tienen el potencial de atraer diversas especies frugívoras. Estas especies son incapaces de sobrevivir dentro de la selva madura, o bajo la sombra de los árboles que surgen en la sucesión secundaria. En numerosos años de trabajo en la selva de la región no se han detectado árboles de naranjales establecidos en el interior de la selva (R. Dirzo, com. pers.).

Las situaciones descritas anteriormente, específicamente el grado de deforestación de las selvas tropicales como la de Los Tuxtlas, la urgente necesidad de contar con conocimientos e ideas prácticas para la restauración, y la importancia de los cítricos en las selvas de la región, motivaron el presente estudio dirigido a contribuir a la restauración de la selva de Los Tuxtlas utilizando los cítricos, con base en los objetivos específicos que se describen enseguida.

OBJETIVOS

- I. Potencial de los cítricos en la restauración ecológica de la zona de Los Tuxtlas:
 - a) Evaluar la abundancia actual de árboles de cítricos en los potreros de la zona.
 - b) Determinar la variación en la abundancia de los cítricos en potreros en las dos variantes topográficas predominantes y más contrastantes en la zona: los terrenos planos y los terrenos inclinados.
- II. El efecto de los cítricos en la facilitación de la restauración ecológica:
 - a) Determinar el papel que los naranjales tienen en la regeneración de la selva, con respecto al mayor factor limitante para que esta ocurra: la disponibilidad (vía dispersión) de propágulos (semillas). Específicamente este objetivo se centra en evaluar el papel de los cítricos como fuente de atracción de aves dispersoras diurnas de propágulos.
 - b) Determinar el arribo de propágulos (lluvia de semillas) mediante trampas de captura en sitios de influencia de árboles de cítricos y en sitios testigo carentes de árboles de cítricos.
 - c) Determinar el contenido del banco de semillas en el suelo debido a la presencia de cítricos remanentes, con muestreos del banco de semillas en sitios bajo la influencia de cítricos y en sitios testigo carentes de ellos.
 - d) Con toda la información anterior determinar el papel a nivel local que los cítricos jugarían en programas de restauración ecológica de la zona de Los Tuxtlas.

I. POTENCIAL DE LOS CÍTRICOS EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LA ZONA DE LOS TUXTLAS:

CAPÍTULO II. PREVALENCIA DE LOS CÍTRICOS EN LOS POTREROS DE LOS TUXTLAS

INTRODUCCIÓN

Cuando se deforestan los terrenos de selva para transformarlos en uso agrícola o ganadero, típicamente se dejan en pie algunos árboles del dosel. Estos árboles tienen diferentes usos entre los pobladores locales, como son: el servir de sombra al ganado y a las personas; como frutales; o como reserva de leña y madera. Se ha encontrado que la densidad media de árboles aislados en los potreros de la región es de entre 2 y 6 árboles por hectárea (Guevara 1986; Guevara *et al.* 1986, 1992). Estos datos corresponden en particular a los árboles de gran porte que son los que, predominantemente se dejan en pie.

Bajo los árboles aislados se puede desarrollar una vegetación muy diferente a la que se encuentra fuera de estos, consistente, en esencia, en un pastizal abierto. Es conocido que existe un aumento en complejidad biótica y abiótica, partiendo de los sitios descubiertos hacia las áreas bajo la copa de los árboles. Según Guevara *et al.* (1986 y 1992) las condiciones para la germinación y establecimiento de las plantas, así como la disponibilidad de propágulos bajo la copa de los árboles aislados, difiere fuertemente de las encontradas en sitios abiertos, lo que determina la influencia de las mismas para el establecimiento potencial de la vegetación. Tal influencia de los árboles aislados, particularmente los de gran talla, ha sido reconocida en la literatura, pero no se ha explorado en el caso de los cítricos, a pesar de que parecen tener una abundancia mayor que los árboles aislados nativos.

Paisaje de los Potreros

Los potreros de la región de Los Tuxtlas se caracterizan por tener una composición y riqueza florística elevada, así como una gran riqueza de formas de crecimiento (Guevara *et al.* 1997). El listado de especies vegetales acumuladas en los estudios de Guevara *et al.* (1997) se compone de 343 especies incluidas en 80 familias. Las familias más abundantemente representadas son: Fabaceae (33 especies), Asteraceae (19), Euphorbiaceae (17) y Poaceae (17). Del total de especies registradas, el 44% son originarias de la selva, el 22% crece en sitios

abandonados, el 26% son características de veredas, campos de cultivo o potreros, el 6% son de procedencia desconocida y el 2% han sido sembradas (Guevara *et al.* 1997).

La estructura de la vegetación y la composición florística de los potreros están determinadas por las prácticas pecuarias. Según Guevara *et al.* (1992, 1994 y 2004) y Lira-Noriega (2003), con base en la vegetación herbácea los potreros podrían clasificarse en tres grandes grupos:

- 1) Potreros de pastos cultivados. Con dominancia del pasto *Cynodon plectostachyus* o también llamado estrella, el cual ocupa coberturas superiores al 70%, por lo cual se le podría considerar de monocultivo.
- 2) Potreros de pastos nativos. Estos también son llamados potreros de gramas y en ellos predominan *Paspalum conjugatum* y *Axonopus compressus*. En estos terrenos los pastos se encuentran mezclados con varias especies de leguminosas; estos potreros tienen mayor riqueza florística y complejidad estructural que los potreros de pastos cultivados y son más estables pese a que su productividad es menor.
- 3) Poteros degradados, en los cuales la cobertura de gramíneas está muy reducida. Se incrementan los géneros arbustivos no forrajeros que forman algunos manchones. Estos potreros son consecuencia del sobrepastoreo, o resultan por haber sido afectados por sequías prolongadas o por ataques de alguna plaga.

La práctica de dejar árboles aislados en pie tiene el potencial de influir la capacidad de regeneración de estos pastizales. La cual es parte de la técnica de manejo tradicional de las zonas tropicales. Esta misma técnica se puede observar en otros lugares de Centro y Sudamérica, así como en Asia y África. Al parecer este sistema está ligado a la agricultura de roza- tumba- quema (Guevara y Laborde 1993). En contraste con los árboles deliberadamente dejados en pie, la mayoría de los árboles pertenecientes a la familia Rutaceae (Cítricos), han sido sembrados por los propietarios de los potreros. Esto determina una alta variación en la abundancia de los cítricos en la zona de Los Tuxtlas, más allá de la variación asociada a la heterogeneidad ambiental.

El manejo local de los potreros y las prácticas empleadas para su establecimiento son factores determinantes de su composición florística actual. Además, dada la accidentada topografía de la zona se presenta en ella un gradiente de condiciones, donde se pueden distinguir dos extremos contrastantes: las zonas con pendientes pronunciadas o escarpadas, donde actualmente permanecen parches de vegetación conservada; y las zonas con poca pendiente que

son utilizadas totalmente para la ganadería extensiva. Debido a la topografía accidentada en los potreros de la zona, en este capítulo analizo la abundancia de árboles de cítricos en potreros, tomando en cuenta la variación topográfica típica: terrenos planos y terrenos con pendiente.

MÉTODOS

Se realizaron censos de 10 potreros con pendientes pronunciadas ($>30^\circ$) y 10 con pendientes planas ($<30^\circ$), estas dos condiciones son representativas del lugar. Para llevar a cabo las estimaciones de la abundancia, primeramente realicé entrevistas con los propietarios de los potreros para conocer el área de cada uno de los potreros a muestrear, además de obtener el permiso para hacer los censos en los mismos. La elección de los potreros se determinó con base en recorrer la zona para incluir el número máximo posible de potreros con los dos tipos de pendiente. De éstos, seleccioné aquellos en los cuales pude entrevistarme con los propietarios para obtener permiso y para tener un dato certero del tamaño. Como consecuencia de ello, mi muestreo no es totalmente aleatorio, pero es difícil que represente una muestra sesgada al depender de la disponibilidad azarosa de los informantes (los dueños). Dentro de cada potrero se contabilizaron con un contador manual todos los árboles de cítricos mayores de 1.20 m (con lo que eliminé el conteo de plántulas). Para ello realicé recorridos en forma de barrido, caminando a lo largo de franjas paralelas por todo el potrero en cuestión, hasta cubrir toda la superficie del mismo. El tiempo que los potreros analizados tenían de ser utilizados con fines ganaderos varió de 10 a 16 años.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los datos obtenidos los analicé mediante una prueba de t para muestras independientes, para poder evaluar si existen diferencias significativas entre las densidades de árboles aislados entre los dos tipos de condición topográfica. Probé los supuestos de normalidad mediante la prueba de Levene (1960) y Brown & Forsythe (1974). Los análisis los realicé en los programas Statistica 5.5 (StatSoft Inc. 2000, Tulsa, OK USA) y Statgraphics plus 5.1 (Statistical Graphics Corporation, Englewood Cliffs, N.J., U.S.A.).

Para describir la variación en el área de los potreros realicé una clasificación de los tamaños de los mismos mediante la regla de Sturges (Magurran 1988), esta regla categoriza los tamaños de los potreros según el tamaño de muestra y la variación de estos.

RESULTADOS

Variación de tamaños y topografía

El área total muestreada para los potreros con pendientes inclinadas fue de 88.35 hectáreas y para los terrenos planos de 94.14 hectáreas, por lo que la intensidad del muestreo fue relativamente comparable. El tamaño de los potreros varió considerablemente, según se muestra en la Figura 2.1

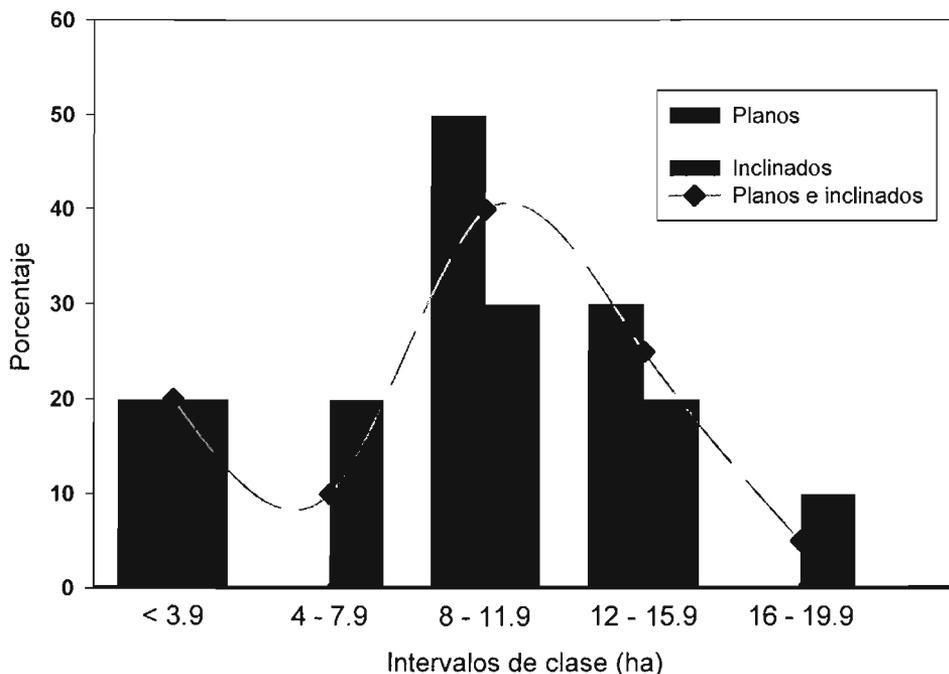


Fig.2.1 Porcentaje de cada intervalo de tamaño de los 10 potreros muestreados en terrenos planos, 10 en terrenos inclinados y ambos.

A partir de este muestreo encontré un ámbito de variación que va de 1 a 18.5 ha. Es evidente que si bien existen algunos potreros de tamaño relativamente pequeño y otros muy extensos, aunque predominan aquellos de tamaño mediano (8–15 has), con un promedio general (independientemente de la inclinación del terreno) de 9.1 hectáreas.

Por otra parte los potreros planos presentan una mayor variación de tamaños, dentro de esta categoría encontramos potreros de tamaños muy variables, sin embargo predominantemente

este grupo está compuesto por potreros de tamaño mediano, el ámbito de variación fue de 2.29 a 16 hectáreas.

Los potreros con pendientes inclinadas poseen tamaños muy variables, en estos terrenos podemos encontrar potreros que van desde 1 hasta 18.5 hectáreas, también encontramos presencia de varios terrenos con extensiones muy grandes.

Densidad de árboles de cítricos

El contraste en la densidad entre ambos tipos de potrero se muestra en la Figura 2.2. En los potreros planos la densidad media (\pm IDE) de cítricos por hectárea fue de 17.16 ± 15.9 árboles / hectárea, lo que significa que la abundancia promedio de los cítricos en estos lugares es de 17, con una variación de entre 1.28 y 33 árboles / hectárea.

En las zonas de potreros inclinados la densidad por hectárea fue de 4.8 ± 2.8 árboles, con un rango de 2 a 7.6 árboles, con 95 % de confianza.

Al aplicar la prueba de “t” para comparar la densidad de árboles de cítricos en potreros inclinados vs. potreros en terrenos planos, encontré que no existieron diferencias significativas ($t = 1.7, P = 0.1$) (Fig. 2.2).

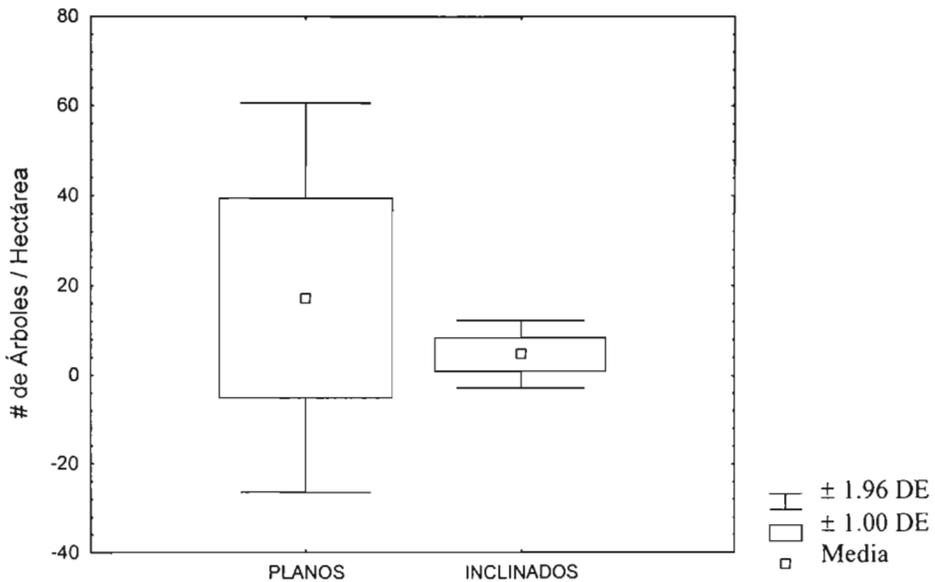


Fig. 2.2. Densidad media de árboles de cítricos en los terrenos de potreros planos e inclinados.

DISCUSIÓN

La media general es de 17.6 árboles por hectárea es considerable y nos habla de la importancia que estos elementos arbóreos tienen en la zona. La densidad de árboles de cítricos en los potreros de la zona de Los Tuxtlas es alta independientemente de su inclinación, Guevara (1986) reportó que en los potreros de Los Tuxtlas la densidad media de árboles aislados de todas las especies (exceptuando a los cítricos) es de entre 2 y 6 árboles por hectárea, por lo que al comparar esos valores, observamos que los cítricos tienen una densidad aproximadamente 4.5 veces más alta, lo que nos da una idea de lo importante que resultan estos árboles en los terrenos de la zona de estudio.

Esta abundancia de cítricos se debe principalmente a que los propietarios de los potreros han sembrado estas especies por su utilidad para consumo humano y para alimentación de ganado, así como una fuente de sombra y de agua para éste en época de secas. Hace algunas décadas algunos de los ejidatarios establecieron huertas para la comercialización de naranjas, pero los precios tan bajos que obtenían de esas ventas motivaron su abandono. Por otra parte, los cítricos también poseen importancia desde un punto de vista de organización social, como ocurre en el terreno de la parcela escolar de Balzapote. En este terreno se asentaba hasta hace 15 años el asentamiento humano de Balzapote, y cuando este se reubicó a otro sitio, el terreno fue declarado como comunal y cada familia sembró un árbol de cítrico, constituyendo así una huerta ubicada adyacente a la escuela del ejido.

La prueba de *t* para comparar entre la densidad de árboles de cítricos en potreros planos e inclinados no muestra diferencias significativas, a pesar de esto se observa que existen más árboles de cítricos en los terrenos planos; la historia de uso del lugar nos explica en cierta medida esta tendencia, ya que la explotación de los terrenos planos ha sido mucho más intensiva que los terrenos con pendientes inclinadas (Guevara *et al.* 1997).

Las altas densidades de cítricos en los potreros de la zona de Los Tuxtlas, sobre todo en los sitios más afectados por el impacto antropogénico, correspondientes a los terrenos más planos, les otorga el potencial de operar como un grupo clave en la regeneración de la zona.

El paisaje actual de la zona, con la predominancia de terrenos con pendientes planas y muy deteriorados, marcó la pauta de los lugares más urgentes a ser restaurados, por lo que el resto del trabajo me enfoqué en este tipo de terrenos, así como en trabajar la siguiente parte del proyecto en

terrenos cuyas dimensiones fueran lo más representativas de la zona, por lo que elegí un terreno con un tamaño de 14.5 hectáreas. Una vez que he descrito la abundancia de estas plantas, las observaciones y los experimentos para poner a prueba el papel que tienen los árboles de cítricos como atractores de animales dispersores y el efecto de este proceso en la lluvia y banco de semillas se abordan en los capítulos siguientes de esta tesis.

II. EL EFECTO DE LOS CÍTRICOS EN LA FACILITACIÓN DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA:

CAPITULO III. AVES VISITANTES A LOS CÍTRICOS EN LOS POTREROS

INTRODUCCIÓN

La región de Los Tuxtlas es una de las más ricas en diversidad de aves en el continente americano (Winker 1997). Entre las posibles razones que explican esto se incluyen: que el área se encuentra en la selva tropical húmeda más norteña, lo que facilita la incursión de especies migratorias. De hecho, la zona es refugio para muchas especies migratorias neártico-neotropicales ya que guarda una posición muy norteña con relación a las áreas de invernación; la presencia de ríos y lagunas; la heterogeneidad topográfica y la diversidad de ambientes. Aunado a esto también es importante mencionar que según Escalante-Pliego *et al.* (1993) la sierra de Los Tuxtlas es la zona de reproducción más rica en aves de México y la señalan como una de las más importantes del país. En total se han descrito 561 especies de aves para la región (Winker 1997) y la zona tiene una alta densidad de especies, con aproximadamente 12.6 especies por 100 km² (Slud 1976).

La fragmentación de la selva tiene consecuencias negativas para todos los organismos que allí habitan. La comunidad de aves no es la excepción, ya que la vegetación tropical en general, y de la zona en particular ha sido convertida en pequeños fragmentos remanentes y ha sido substituida por pastizales y terrenos de cultivo en los que la avifauna ha sufrido alteraciones. Se tiene registro de la extinción local de al menos tres especies, entre las que se incluyen el águila arpía (*Harpia harpyja*), el carroñero rey (*Sarcoramphus papa*) y la guacamaya roja (*Ara macao*) (González *et al.* 1997). El caso de esta última especie indica que otra de las posibles causas del decremento en la avifauna de la región es la explotación directa por el hombre. Una clara evidencia del impacto humano sobre la avifauna de Los Tuxtlas es que las especies que habitan los espacios abiertos han aumentado, mientras que las de los bosques y pantanos han disminuido (Winker 1997).

Es inevitable que los impactos sobre la avifauna repercutan en otras especies y procesos. Por ejemplo, se sabe que más del 70% de las plantas leñosas de selvas húmedas

son dispersadas por vertebrados frugívoros (Willson *et al.* 1989) y la mayoría de las semillas poseen adaptaciones para la dispersión animal (Howe 1984). Según varios autores, para la comunidad de plantas socorras en sitio tropicales los vertebrados frugívoros voladores son los mejores dispersores de semillas en términos de la cantidad dispersada y la distancia de transporte. En situaciones de ausencia o disminución poblacional de tales animales, la dispersión y reclutamiento de las especies zoócoras podría verse comprometido.

Diferentes estudios realizados sobre la lluvia de semillas han revelado que el número de semillas dispersadas por aves es mucho más numeroso que el dispersado por murciélagos o el viento (Cardoso Da Silva *et al.* 1996). Esto se debe principalmente a su gran movilidad, al tipo de alimentación y el tiempo de retención de las semillas (Guevara y Laborde 1993; Ortiz-Pulido *et al.* 2000). La presencia y los movimientos de la aves en sitios perturbados se presenta en la medida que existan árboles percha o zonas de alimentación, y están directamente relacionados con la sucesión.

Varios estudios han mostrado que uno de los principales impedimentos para la regeneración de las selvas es la baja disponibilidad de propágulos en los sitios abiertos (Nepstad *et al.* 1991, Cardoso da Silva 1996), además de otros factores como la pérdida de nutrientes y la compactación del suelo, competencia con pastos no nativos y la depredación de las semillas y plántulas (Holl 1999).

Generalmente, los sitios abiertos, tales como los potreros, se consideran sitios inhóspitos para las aves. Sin embargo, los potreros de la región de Los Tuxtlas no están formados únicamente por un estrato herbáceo y se ha encontrado que la comunidad de aves se encuentra estrechamente relacionada con el arbolado remanente. Las aves de selva que visitan estas áreas utilizan los árboles aislados como áreas de forrajeo y descanso, algunas de éstas realizan en ellos actividades reproductivas (Laborde 1996).

Todo lo anterior hace necesario contar con un conocimiento más profundo sobre el comportamiento de las aves en sitios alterados. Este conocimiento podría ser de gran utilidad en la restauración y toma de decisiones en relación a la protección de la diversidad regional y el mantenimiento de la integridad del paisaje.

En este capítulo analizo los patrones de visita de aves a los árboles aislados de cítricos en potreros de la selva de Los Tuxtlas, con el objeto de evaluar su posible papel en la atracción de propágulos y, potencialmente, en la restauración de la vegetación de la zona.

MÉTODOS

Se realizaron dos censos tomando en cuenta que las épocas más distintivas de observación de aves en la región son la época de migración (diciembre) y la época de no-migración (mayo-junio). Cada censo se realizó durante 10 días consecutivos, utilizando dos potreros con cobertura arbórea de cítricos menor al 10% ($PCA < 10\%$) y dos potreros con coberturas superiores al 15% ($PCA > 15\%$), que incluía tanto cítricos como no cítricos. En los sitios del censo estos elementos se encuentran combinados en diferentes densidades.

Cada una de las áreas se subdividió a su vez en dos sitios de observación, incluyendo un total de 8 sitios independientes de registro de aves. Cada sitio de observación en los $PCA < 10\%$ estuvo separado por lo menos por 400 m de distancia de los otros. Los $PCA > 15\%$ tuvieron una separación de por lo menos 250 m (Ralph *et al.* 1996). Las observaciones de aves se realizaron de las 6:00 AM a las 12:30 PM y de las 3:30 PM a las 6:00 PM.

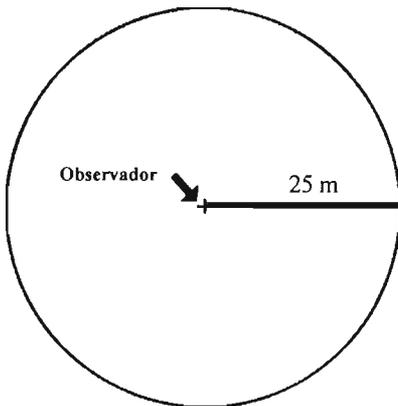


Fig. 3.1 Esquema de uno de los puntos de observación; La flecha indica el sitio del observador y se muestra la circunferencia imaginaria.

El área de observación en cada punto fue una circunferencia de 50 m de diámetro, la cual es una distancia generalmente usada en terrenos con pocos elementos arbóreos (Ralph *et al.* 1996) (Figura 3.1).

Los censos los realicé con el apoyo del ornitólogo profesional Biol. Cristián René Sánchez.

Hice levantamientos (relevés) para cada sitio de observación para ilustrar la densidad y ubicación de los elementos arbóreos, así como las características topográficas (Anexo I), estos levantamientos son útiles para esquematizar la distribución arbórea de cada sitio.

En cada censo registré la identidad del ave visitante con base en la nomenclatura de la American Ornithologists' Union (AOU 1998), el sustrato en el que se encontraba, el tiempo de visita y la actividad (vocalización, canto, vuelo, percha, planeo, forrajeo, refugio, reproductiva y anidación) que realizaba en el lugar. Todas las especies frugívoras fueron consideradas como agentes potenciales de dispersión de semillas.

Con los datos obtenidos se calcularon los siguientes descriptores de la comunidad: riqueza, abundancia, diversidad, equitabilidad, similitud faunística y dominancia (Magurran 1988; Krebs 1985).

La riqueza se calculó contando el número de especies por tipo de ecosistema.

La abundancia absoluta se obtuvo sumando el número de individuos por especie y sumando el total de individuos de todas las especies para cada tipo de hábitat particular.

La diversidad de especies para cada fecha de registro fue calculada mediante el Índice de Shannon-Weiner (H'). Este índice es poco afectado por el tamaño de la muestra; porque estima la diversidad con base en una muestra tomada al azar a partir de una población supuestamente grande y debido a que es sensible a las especies raras (Magurran 1988). La fórmula correspondiente es:

$$H' = \sum(-p_i \times \ln p_i)$$

Donde:

p_i = proporción de individuos de cada especie.

La equitabilidad de especies por hábitat fue calculada a su vez mediante el índice de equitabilidad propuesto por Shannon (E). Este índice refleja la distribución de las abundancias proporcionales de una comunidad y estima que tan homogénea o heterogénea es (Magurran 1988, Krebs 1985). El índice se calcula mediante la fórmula:

$$E = H' / \ln S$$

Donde:

H' = diversidad. S = riqueza. $\ln S$ = diversidad máxima.

La similitud de especies entre las muestras de las dos comunidades fue calculada mediante el Índice de Similitud de Sorensen (C_s). Este índice se basa en la presencia o ausencia de las especies en las muestras (Magurran 1988). El Índice se calcula como:

$$C_s = 2(j) / (a + b)$$

Donde:

j = número de especies compartidas entre los sitios que se comparan; a = número de especies del sitio A; b = número de especies del sitio B.

Si $C_s = 1$, la similitud es total (todos los grupos de especies son idénticos). Si $C_s = 0$, los dos sitios son totalmente disimilares, sin especies en común (Magurran 1988).

La dominancia de especies (D) por hábitat fue obtenida mediante la fórmula propuesta por Berger–Parker, que expresa la importancia proporcional de las especies más abundantes. La fórmula es independiente de la riqueza, pero es influenciada por el tamaño de la muestra (Magurran 1988):

$$D = N \max / N$$

Donde:

$N \max$ = número de individuos de la o las especies más abundantes; N = número total de individuos de la muestra.

Estatus de residencia.

El estatus de residencia fue corroborado de acuerdo con Coates-Estrada y Estrada (1985), Howell y Webb (1995) y Schaldach y Escalante (1997). Las denominaciones empleadas son las siguientes:

R: Residente. Que se reproducen o se cree que se reproduce en la región; presente durante todo el año.

M: Migratorio norteño. Incluye especies que se reproducen en el norte y norte–centro de México; transeúnte o que inverna en la región.

S: Migratorio intratropical. Se reproduce en la región en verano, retirándose al sur en el otoño e invierno.

V: Vagabunda. Especie que se reproduce en México, Canadá o Estados Unidos, que vaga y se desvía de su ruta de migración normal.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Realicé un análisis de varianza (ANOVA) con dos factores: uno fue el tipo de potrero ($PCA < 10\%$ y $PCA > 15\%$) y la época de observación el otro (migración y no migración); con dos variables de respuesta: el número de especies y el número de individuos registrados. Se probaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de

Levene (1960) y Brown & Forsythe (1974). El análisis lo realicé en el programa Statgraphics plus 5.1 (Statistical Graphics Corporation, Englewood Cliffs, N.J., U.S.A.).

Comparé los índices de diversidad mediante un aprueba de t para muestras independientes, los análisis los realicé en los programas Statistica 5.5 (StatSoft Inc. 2000, Tulsa, OK USA) y Statgraphics plus 5.1 (Statistical Graphics Corporation, Englewood Cliffs, N.J., U.S.A.).

Realicé con el programa Statgraphics plus 5.1 (Statistical Graphics Corporation, Englewood Cliffs, N.J., U.S.A.) un análisis de correlación para conocer si existía alguna relación entre la cobertura arbórea presente en los puntos de observación, y el número de aves observadas.

RESULTADOS

En total, detecté 79 especies en los censos de estudio: 64 de ellas correspondieron a la época de migración, y 49 a la de no migración. En el anexo I se muestra el listado total de especies para las dos épocas de observación.

Estructura de la comunidad.

Mediante el censo detecté diferencias marcadas en la estructura y composición de la avifauna de los dos tipos de pastizal (PCA<10% y PCA>15%). En general, los parámetros de diversidad y abundancia son mayores en la condición de PCA>15% que en la de PCA<10%, y la similitud de especies es considerablemente baja. Enseguida analizo los parámetros en detalle.

Riqueza de especies y variación temporal

El análisis de varianza mostró que no existen diferencias significativas en la riqueza de especies entre la época de los muestreos (migración, no-migración) ($F_{1,1} = 0.41$; $P = 0.536$). Por otro lado el análisis detectó diferencias altamente significativas con respecto al tipo de potrero (PCA<10% y PCA>15%) ($F_{1,1} = 190.60$; $P < 0.0001$, Figura 3.2). La riqueza de los PCA>15% fue 1.6 veces más alta que en los PCA<10%. La interacción de los factores también resultó estadísticamente significativa (Figura 3.3) ($F_{1,15} = 25.98$; $P = 0.0003$).

Tabla 3.1. Estructura de la avifauna en los PCA<10% y los PCA>15%. Se muestran los valores de riqueza, abundancia, diversidad, equitabilidad y similitud.

HÁBITAT	RIQUEZA (especies)	ABUNDANCIA (individuos)	EQUITA-BILIDAD	DOMINANCIA	SIMILITUD (Cualitativa)	DIVERSIDAD (Shannon)
PCA<10%	45	727	.822	0.12	.219	3.13
PCA>15%	70	2,383	.777	0.17		3.3

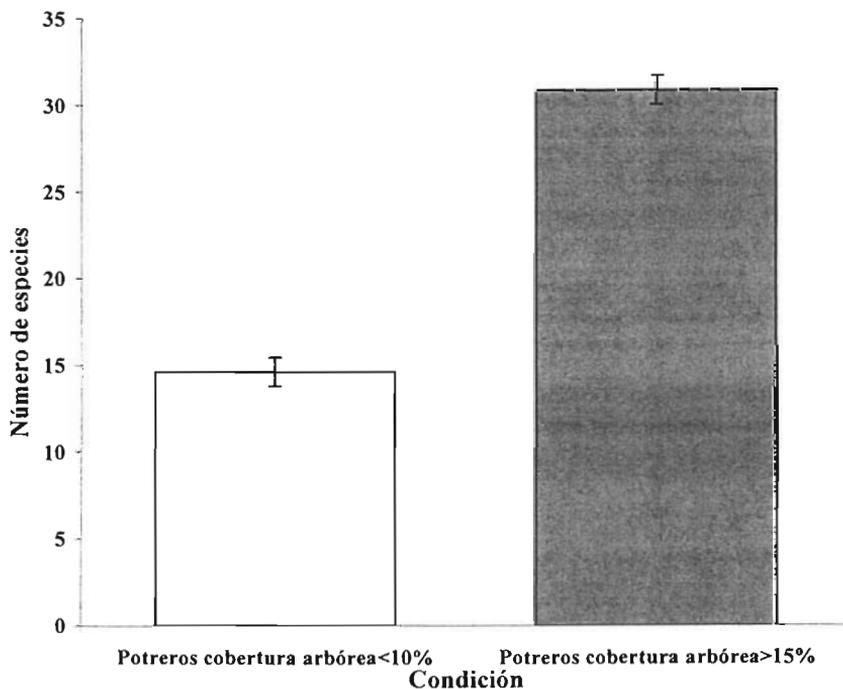


Fig. 3.2 Número de especies promedio (± 1 EE) observadas en cada uno de los puntos de muestreo para cada una de las condiciones (PCA<10% y PCA>15%).

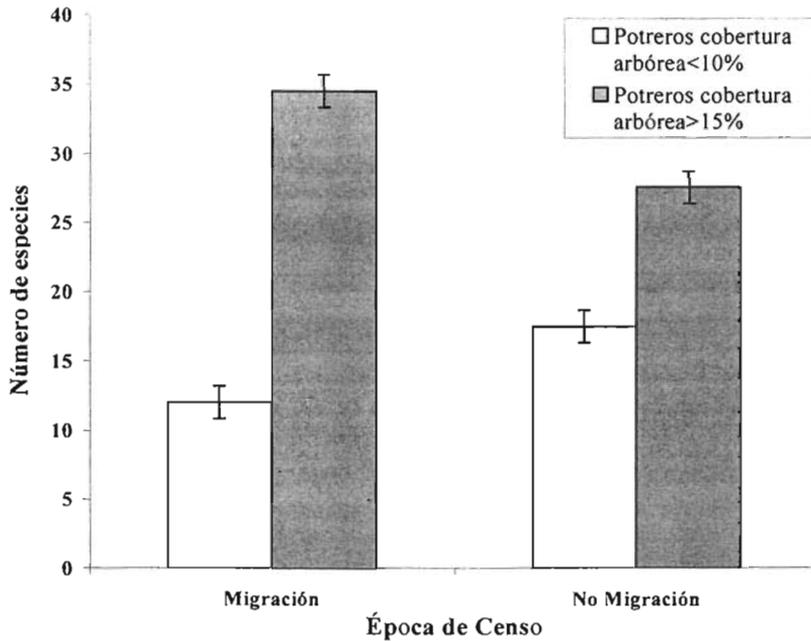


Fig. 3.3. Número de especies (± 1 EE) observadas durante cada uno de los dos censos (época de migración y no-migración) para cada una de las dos condiciones (PCA<10% y PCA>15%).

Abundancia de individuos observados en los potreros abiertos y arbolados

Respecto al número de individuos el ANOVA muestra que no existen diferencias significativas entre las épocas de migración y no-migración (Figura 3.4; $F_{1,1} = 2.86$; $P = 0.1165$). Por el contrario, el análisis detectó que existen diferencias altamente significativas entre los PCA<10% y PCA>15%: en general los PCA>15% presentaron un número de individuos aproximadamente tres veces más alto que el PCA<10% ($F_{1,1} = 13.22$; $P = 0.0034$; Figura 3.5) y esta diferencia se presentó en las dos épocas de muestreo. No obstante, aunque el contraste es mayor en la época de migración (aproximadamente 4 veces de diferencia) que en la de no-migración (~2 veces de diferencia), la interacción resultó no significativa ($F_{1,1} = 2.66$; $P = 0.1289$; Figura 3.4).

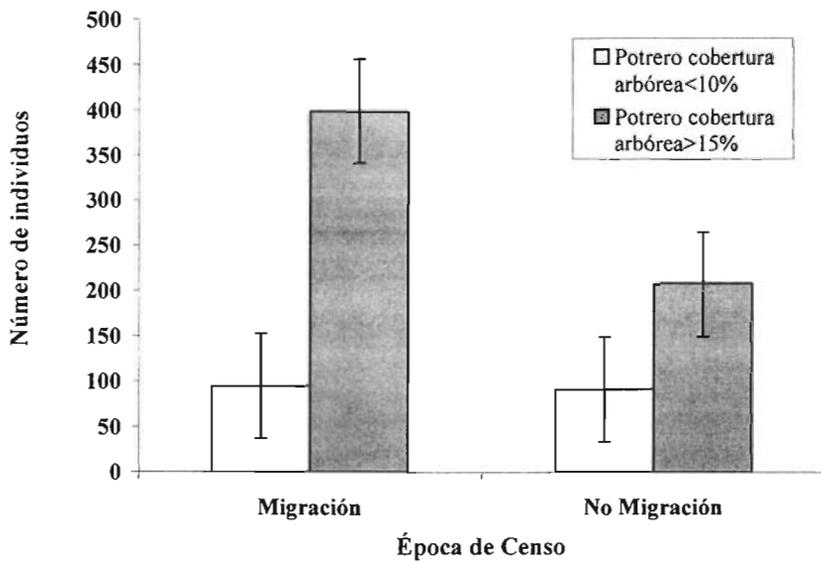


Fig. 3.4. Número de individuos (± 1 EE) observados durante cada uno de los dos muestreos (época de migración y no-migración) para cada una de las condiciones (PCA<10% y PCA>15%).

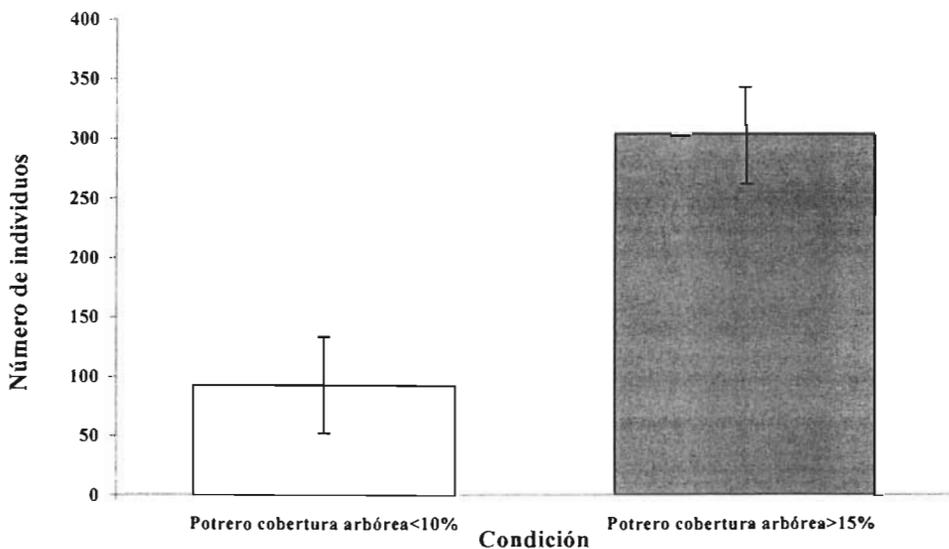


Fig. 3.5. Número de individuos promedio (± 1 EE) observados en cada uno de los puntos de muestreo para cada una de las condiciones (PCA<10% y PCA>15%).

Si bien ambos sitios presentaron un Índice de diversidad elevado, se presentó una diversidad estadísticamente mayor en los PCA>15% que en los PCA<10% ($t = 0.39$; $P = 0.0196$). Lo que implica que además de los contrastes en el número de taxa, se presenta una mejor distribución de los individuos entre las especies en los PCA>15%.

Relación entre la cobertura arbórea y el número de aves encontradas

Existe una relación estadísticamente significativa entre las variables ($P = 0.02$). Los análisis realizados muestran un coeficiente de correlación de 0.78 y una r^2 de 62.3. (Figura 3.6).

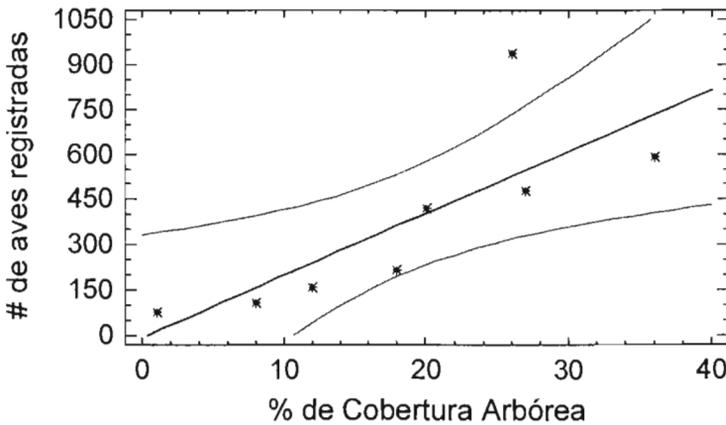


Fig. 3.6. Correlación entre el porcentaje de cobertura arbórea observado en cada uno de los puntos de observación y el número de aves visitantes registradas. La línea corresponde a la regresión y las líneas claras corresponden a los límites de confianza al 95%.

Dominancia de especies

Las especies dominantes fueron *Amazona autumnalis* con el 15.53%, *Pitangus sulphuratus* con el 9.58% y *Quiscalus mexicanus* con el 8.25%. Estas especies en conjunto suman más del 33% de todos los individuos registrados en ambo tipos de potrero.

Analizando por separado cada uno de los hábitats encontramos que en los PCA<10% las especies más abundantes fueron *Bubulcus ibis* con el 11.52%, *Pitangus sulphuratus* con el 11.52% y *Crotophaga sulcirostris* con el 5.91%; en cambio, en los PCA>15% la dominancia se concentró en *Amazona autumnalis* que con el 18.25% del total

fue la especie más abundante, seguida por *Quiscalcus mexicanus* (10.64%) y *Pitangus sulphuratus* (8.84%).

Los índices de dominancia fueron comparados y el análisis muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos de PCA<10% y PCA>15% ($P < 0.05$, $t = 0.59$).

Estatus de residencia

Se encontró una proporción considerable de especies migratorias en la región de estudio, de las 78 registradas, 25 son migratorias (20 migratorias norteanas, 2 migratorias intratropicales y 3 vagabundas), poco más del 32%.

Gremios alimenticios

Se observaron 17 gremios de alimentación en total en los dos tipos de potrero. Para su identificación se utilizaron los datos proporcionados por Coates–Estrada y Estrada (1985). En la tabla 3.2 se indica el número de especies pertenecientes a cada gremio y en las listas se observa cuales taxones pertenecen a cada uno.

En los PCA<10%, los grupos más importantes los constituyen las especies que se alimentan de semillas, sin importar si este tipo de alimento es su primera o segunda opción (Tabla 3.2). Estas aves son las que utilizan los PCA<10% en mayor cantidad. Algunas de las especies más importantes de este gremio fueron *Sturnella magna*, *Sporophila torqueola*, *Columbina talpacoti*, *Crotophaga sulcirostris* y *Volatinia jacarina*. También se observa una elevada representación de aves insectívoras e insectívoras-frugívoras, con un total de 20 especies. Este grupo presumiblemente acude a los PCA<10% para forrajear. Estas aves utilizan el escaso arbolado y las cercas u otras perchas artificiales para permanecer en el área y muy probablemente no se encontrarían allí si esas perchas no estuviesen. Algunas de las especies insectívoras representativas de éstas áreas son *Geothlypis poliocephala*, *Basileuterus rufifrons* y *Dives dives*.

Los taxones frugívoros – semilleros como *Amazona autumnalis* generalmente no utilizan las áreas de PCA<10%, sino que sólo las emplean de paso entre áreas más arboladas.

GREMIO	NÚMERO DE ESPECIES	
	PCA<10%	PCA>15%
Invertebrados – vertebrados	3	2
Carroña	1	1
Carroña – vertebrados	2	2
Frutos – semillas	2	2
Invertebrados	10	16
Invertebrados – frutos	10	18
Invertebrados – frutos – vertebrados	3	3
Frutos – invertebrados	3	10
Semillas – invertebrados	2	2
Invertebrados – semillas	3	3
Semillas	4	3
Vertebrados – invertebrados	1	0
Vertebrados	1	1
Néctar - invertebrados	0	2

En los PCA>15% en conjunto, se observó que el número de especies que pasaron por estos hábitats se disparó con respecto a los PCA<10%. Estos lugares además fueron utilizados para anidación, refugio, además de brindar una dieta rica en proteína animal, representada por insectos y lagartijas, entre otros grupos.

DISCUSIÓN

La vegetación en un área determinada es en gran parte responsable de la estructura y composición de la fauna. Esto es determinante en el caso de las aves, porque la vegetación las provee de alimento, sitios de percha, refugio y anidación, por lo que cualquier cambio en las condiciones imperantes afectará su existencia (Navarro 1986). Es conocido que la riqueza y estructura de la vegetación promueve la complejidad del hábitat y por lo mismo, la diversidad de aves (Hernández 1990).

La mayor riqueza y abundancia de individuos se encontró en los PCA>15%. Dado que los sitios de ambos tipos se encontraban prácticamente adyacentes, los contrastes observados en la avifauna constituyen un indicador del papel que juegan los cítricos en la atracción de los dispersores, en este caso las aves. Los datos de campo demostraron que los PCA>15% con cítricos atraen más dispersores; se observó que estos sitios atraen tres veces más aves que los sitios abiertos. Esta característica, junto con las diferencias observadas en la abundancia de aves que consumen frutos, o semillas apoyan la idea de que los árboles de cítricos funcionan efectivamente como atractores de animales dispersores diurnos en la zona de Los Tuxtlas. Sería de interés extender estos estudios para considerar a las especies dispersoras nocturnas (murciélagos), para definir si este papel como foco de atracción de especies frugívoras trasciende a los taxa nocturnos o esta restringido a las aves.

En los censos se registró una diversidad mayor en los sitios de PCA>15%, no solamente en términos de la riqueza de especies, sino en el Índice de Shannon-Wiener. Este fenómeno se incrementa a medida que la densidad de arbolado aumenta: los análisis de relación mostraron un fuerte efecto ($P = 0.02$; $r^2 = 62.3\%$), por lo que podemos concluir que existe una relación entre la densidad arbórea y la diversidad de las aves que visitan la zona. Este mismo efecto ha sido identificado en diferentes estudios, donde la diversidad de dispersores aumentó en gran medida en relación con la cobertura arbórea presente (Ortiz-Pulido *et al.* 2000, Estrada *et al.* 1993).

Se ha analizado este efecto desde el punto de vista de la distancia a la que se encuentra un lugar con respecto al borde de la selva. Según tales estudios la distancia es un efecto importante pero no tan relevante como la importancia que juega la cobertura arbórea para la atracción de avifauna (Estrada *et al.* 1993). Esto puede explicarse, probablemente,

por que a medida que la densidad arbórea se incrementa, aumenta también la disponibilidad potencial de perchas, refugios y alimento disponible para las aves.

Encontré que poco más del 32% de las especies registradas son aves migratorias. Esto coincide con los datos correspondientes al total de la avifauna conocida de la región (Coates–Estrada y Estrada 1985). Debe notarse que la selva de Los Tuxtlas es una de las zonas que mayor número de especies migratorias presenta en el mundo. Según mencionan estos autores, esta selva es una parada estratégica en las rutas migratorias de muchas aves en su trayectoria de movimiento invernal hacia el hemisferio sur.

La similitud cuantitativa, que compara el número de especies entre ambos ambientes, es relativamente elevada, ya que comparten poco más del 60 por ciento, en este caso, el efecto de la densidad arbórea no es muy evidente. Sin embargo, si se analiza la similitud cualitativa que se refiere al número de individuos presentes de cada especie, se observa que estos lugares son en realidad poco similares, ya que apenas comparten un poco más del 20%. Ya que las condiciones ecológicas de los dos ambientes son muy diferentes, la avifauna presente también resulta diferente.

El índice Berger–Parker muestra la relación de las especies más exitosas comparadas con el número total de especies muestreadas. Mediante este índice es posible identificar un efecto por la presencia de árboles y los cambios en las condiciones naturales que provoca la creación de pastizales. Es importante mencionar que independientemente de la época de migración, las especies dominantes son siempre especies residentes.

La presencia de arbolado permite que una especie de cotorra, *Amazona autumnalis*, permanezca en elevado número, tanto así que es la especie dominante de los potreros en ambas condiciones. Una especie que es dominante en general (tanto en PCA<10% como PCA>15%) es el tiránido *Pitangus sulphuratus*, que se alimenta de invertebrados, frutos y hasta algunos vertebrados como lagartijas. Esta especie, aunque registrada en los PCA<10%, necesita la presencia de arbolado (Holl *et al.* 1997), pues su número disminuye en una medida importante cuando la presencia de arbolado es muy baja. Sin embargo, para las zonas de PCA>15% es una especie dispersora importante, pues se ha observado que se alimenta de cítricos, rompiendo el fruto y dejando caer las semillas. La presencia y abundancia de este tipo de especies en el PCA>15% hacen evidente el potencial de los

árboles aislados, incluyendo los cítricos, para operar como focos de atracción de propágulos de plantas en los potreros.

La dominancia de la especie más abundante es mayor en los PCA>15% que en los PCA<10%, es decir que en estos últimos la especie más abundante no representa una gran proporción del total.

En el caso de los PCA>15% se encontró una notable dominancia representada por pocas especies, como *Amazona autumnalis*, y *Quiscalus mexicanus*, las cuales se observó que efectivamente realizan un uso amplio del hábitat, desde alimentarse hasta tener sitios de refugio en el área. No obstante, la diferencia en la dominancia en ambos ambientes no es significativa.

Se encontró que más del 30% de las especies que se registraron son migratorias. Según Winker (1997), la zona de Los Tuxtlas posee una riqueza de aves muy importante por varias razones, entre las que se destaca que esta zona guarda una posición muy norteña en relación de las áreas de invernación de aves migratorias neárticas-neotropicales, por lo que muchas especies migratorias pasan por la región o utilizan el área para pasar el invierno. En la zona de Los Tuxtlas se han registrado más especies migratorias que en toda Costa Rica (Stiles 1983), lo que nos habla de lo importante que resulta esta zona para las aves migratorias y, en la medida que estas utilizan los sitios arbolados y mueven propágulos de plantas, su potencial para la restauración es importante.

En los censos de PCA<10% encontré que el gremio más importante es el de aves granívoras, que se alimentan de semillas. Las aves que visitan las áreas abiertas principalmente lo hacen por motivos alimenticios, es decir que visitan los PCA<10% en busca de semillas e invertebrados principalmente. Esto tiene implicaciones sobre la depredación de semillas en estas zonas, ya que observé una gran cantidad de aves alimentándose directamente de las panículas de los pastos (así como de los invertebrados y pequeños vertebrados). Las especies que sobresalieron en este tipo de hábitat y que hacen uso del mismo como fuente de alimentación fueron: *Sturnella magna*, *Sporophila torqueola*, *Columbina talpacoti*, *Crotophaga sulcirostris* y *Volatinia jacarina*, estas especies fueron observadas únicamente realizando actividades de alimentación.

Se observaron 20 especies de aves insectívoras y frugívoras, sin embargo muchas de estas utilizan el escaso arbolado presente y perchas artificiales (cercas, tendidos eléctricos,

etc.), para permanecer en el área. En el caso de los PCA<10%, se podría considerar que estas especies realmente no están utilizando el área, y su presencia se restringe a los lugares donde existen tales perchas artificiales.

Otras especies cuya alimentación incluye semillas y frutos, fueron avistadas en la zona, sin embargo sólo se encuentran en estas zonas porque las utilizan de paso entre un fragmento y otro, y casi nunca se detienen a menos que exista alguna percha artificial. Dentro de este grupo se destaca *Amazona autumnalis*.

En los PCA>15%, prácticamente todas las especies utilizan los recursos presentes, excepto por dos especies que son de selva o de borde (*Geothlypis poliocephala* y *Tiaris olivacea*). En la tabla 3.3 se observan las especies que realmente utilizan un determinado hábitat.

En los PCA<10%, solo 16 especies utilizan los recursos presentes, lo cual se debe a la pobreza vegetal y a que estas zonas presentan un solo estrato por lo que la complejidad de los mismos se reduce drásticamente, disminuyendo en un 76 por ciento la riqueza avifaunística.

Debido a que en las áreas de PCA>15% encontré que la abundancia y el número de especies aumenta con respecto a los PCA<10%, se puede especular que los primeros brindan diferentes servicios a la comunidad de aves: son utilizados como sitios de anidación y refugio, además de ser lugares donde se concentran grandes cantidades de alimento tanto animal como vegetal (Navarro y Benítez 1993). Estos resultados sugieren que el paisaje tropical con dominio humano incluye un mosaico en el que algunos elementos del mismo, como los potreros arbolados, representan un valor en la restauración de la selva tropical, de darse la situación de que algunos de estos se abandonen para su regeneración natural o asistida. No obstante, este potencial a su vez dependerá de la medida en que, efectivamente, supongan una incursión efectiva de propágulos. Este aspecto se analiza con detalle en el siguiente capítulo.

Tabla 3.3. Especies registradas en los censos que utilizaban un determinado hábitat (PCA<10%, PCA>15%).

PCA<10%	PCA>15%
1 <i>Bubulcus ibis</i>	1 <i>Bubulcus ibis</i>
2 <i>Coragyps atratus</i>	2 <i>Coragyps atratus</i>
3 <i>Cathartes aura</i>	3 <i>Cathartes aura</i>
4 <i>Columbina talpacoti</i>	4 <i>Asturina nitida</i>
5 <i>Crotophaga sulcirostris</i>	5 <i>Buteo magnirostris</i>
6 <i>Stelgidopteryx serripennis</i>	6 <i>Falco femoralis</i>
7 <i>Geothlypis poliocephala</i>	7 <i>Falco columbarius</i>
8 <i>Wilsonia pusilla</i>	8 <i>Caracara plancus</i>
9 <i>Basileuterus rufifrons</i>	9 <i>Columba flavirostris</i>
10 <i>Passerina cyanea</i>	10 <i>Zenaida asiatica</i>
11 <i>Volatinia jacarina</i>	11 <i>Columbina inca</i>
12 <i>Sporophila torqueola</i>	12 <i>Columbina talpacoti</i>
13 <i>Tiaris olivacea</i>	13 <i>Amazona autumnalis</i>
14 <i>Sturnella magna</i>	14 <i>Crotophaga sulcirostris</i>
15 <i>Dives dives</i>	15 <i>Anthracothonax prevostii</i>
16 <i>Molothrus aeneus</i>	16 <i>Trogon violaceus</i>
	17 <i>Chloroceryle americana</i>
	18 <i>Pteroglossus torquatus</i>
	19 <i>Ramphastos sulfuratus</i>
	20 <i>Melanerpes aurifrons</i>
	21 <i>Sphyrapicus varius</i>
	22 <i>Dryocopus lineatus</i>
	23 <i>Contopus cinereus</i>
	24 <i>Empidonax flaviventris</i>
	25 <i>Empidonax traillii</i>
	26 <i>Empidonax minimus</i>
	27 <i>Myiarchus tuberculifer</i>
	28 <i>Myiarchus tyrannulus</i>
	29 <i>Pitangus sulphuratus</i>
	30 <i>Myiozetetes similis</i>
	31 <i>Myiodynastes luteiventris</i>
	32 <i>Tyrannus melancholicus</i>
	33 <i>Tyrannus couchii</i>
	34 <i>Pachyramphus aglaiae</i>
	35 <i>Tityra semifasciata</i>
	36 <i>Tityra inquisitor</i>
	37 <i>Cyanocorax morio</i>
	38 <i>Campylorhynchus zonatus</i>
	39 <i>Troglodytes aedon</i>
	40 <i>Polioptila caerulea</i>
	41 <i>Turdus grayi</i>
	42 <i>Vireo griseus</i>
	43 <i>Parula Americana</i>
	44 <i>Dendroica petechia</i>
	45 <i>Dendroica magnolia</i>

46 *Dendroica nigrescens*
47 *Dendroica virens*
48 *Dendroica dominica*
49 *Mniotilta varia*
50 *Setophaga ruticilla*
51 *Seiurus motacilla*
52 *Wilsonia citrina*
53 *Wilsonia pusilla*
54 *Icteria virens*
55 *Euphonia hirundinacea*
56 *Thraupis episcopus*
57 *Thraupis abbas*
58 *Piranga rubra*
59 *Guiraca caerulea*
60 *Passerina cyanea*
61 *Volatinia jacanna*
62 *Sporophila torqueola*
63 *Sturnella magna*
64 *Dives dives*
65 *Quiscalus mexicanus*
66 *Icterus galbula*
67 *Icterus gularis*
68 *Psarocolius montezuma*

CAPÍTULO IV. LLUVIA DE SEMILLAS

INTRODUCCIÓN

La lluvia de semillas o banco de semillas potencial se refiere al contingente de semillas que arriban a cierto lugar mediante cualquier tipo de dispersión. La riqueza de especies presentes en la lluvia de semillas depende de dos fuentes: la de las semillas producidas por los árboles presentes en el lugar (semillas locales) y el aporte debido a la dispersión de semillas producidas por plantas que crecen fuera del lugar (semillas inmigrantes) (Martínez-Ramos y Soto-Castro 1993). El arribo de estas depende de los agentes de dispersión, bióticos o abióticos. En las selvas tropicales algunas especies producen diásporas que son transportadas por el viento, pero la mayoría de las especies producen semillas que son transportadas por aves y mamíferos frugívoros (Auspurger 1986). Evolutivamente las especies de plantas están muy ligadas a ciertos grupos de animales dispersores, y se considera que en general los frutos de las plantas presentes en las selvas tropicales maduras poseen características que permiten que la dispersión por animales se vea favorecida, incluyendo colores llamativos, pulpas o arilos con sabores y olores atractivos, etc. (Estrada y Fleming 1986); Se considera que más del 70% de las especies arbóreas tropicales, producen frutos con dispersión frugívora (Janson 1983, Ibarra-Manríquez y Oyama 1992) y aproximadamente el 80% de la flora nativa de Los Tuxtlas depende de vertebrados frugívoros para la dispersión de sus semillas (Howe y Smallwood 1982; Ibarra-Manríquez 1985).

Dentro de los pastizales en los que se encuentran inmersas las selvas remanentes, en particular, existe un número reducido de árboles maduros, lo que determina que las semillas inmigrantes sean las más importantes en cuanto a su aporte a la riqueza presente en la lluvia de semillas. Por lo que, en algunos estudios se ha registrado que las semillas de pastos y herbáceas son un componente importante de la lluvia de semillas (Garwood 1989).

La configuración espacial del paisaje remanente en la zona de Los Tuxtlas consiste de fragmentos de extensión variable de selva, inmersos en una matriz de grandes extensiones de terrenos convertidos a la ganadería (Dirzo y García 1992), por lo que la capacidad que las especies tienen para moverse entre hábitats aislados resulta ahora vital para el mantenimiento de la diversidad local (Forman y Gordon 1986; Turner 1989). Esto

sugiere una relación entre el movimiento de los agentes dispersores, las semillas y la sucesión de plantas en los pastizales, lo que presenta implicaciones muy importantes en la regeneración de estos lugares.

Los hábitos de las aves frugívoras permiten que éstas sean importantes dispersores para plantas con nichos ecológicos muy distintos. Las aves que habitan sitios abiertos dispersan primordialmente plantas que fructifican en los potreros. Por otra parte, las aves que se encuentran en los potreros, pero visitan la selva con frecuencia, permiten una movilidad potencialmente muy grande de propágulos de la selva hacia las pasturas (Guevara *et al.* 1997).

Guevara *et al.* (1997) consideran que las aves que no anidan en los potreros, pero que si los visitan, podrían ser los principales responsables del intercambio de propágulos de selva entre fragmentos remanentes separados, ya que se mueven muy frecuentemente entre ellos.

Además de los vertebrados voladores en los pastizales tropicales, se considera que el ganado, en este caso las vacas, cumplen un importante rol en la movilidad de semillas sobre todo de plantas secundarias o introducidas, ya que diseminan las semillas que se adhieren a su pelaje, además de que dispersan gramíneas debido a que ingieren las panículas junto con el follaje (Janzen 1984). Otros estudios (Cházaro 1977) han demostrado que también dispersan algunas especies de plantas leñosas al ingerir sus frutos, como en el caso de plantas de la familia Rutaceae.

Estudios realizados en pastizales en la selva mediana y baja por Ortiz-Pulido *et al.* (2000) muestran que menos del 10% de las especies de plantas zoócoras registradas en la lluvia de semillas son producidas en los pastizales, mientras que >50% de las que llegan a estos lugares provienen de la selva mediana y baja (Ortiz-Pulido *et al.* 2000). Una situación similar ha reportado Martínez-Ramos (1994) para ecosistemas de selva alta perennifolia en el sureste mexicano.

Los árboles aislados en los potreros incrementan el intercambio de semillas endozoócoras entre fragmentos de selva separados, ya que permiten y facilitan el movimiento de vertebrados frugívoros voladores (aves y murciélagos) (Guevara *et al.* 1997, Estrada *et al.* 1993; Aide y Cavelier 1994). Las semillas que llegan a los potreros no se dispersan homogéneamente en el espacio, sino que se concentran bajo estos árboles, que

constituyen puntos de percha y/o alimento de aves (Nepstad *et al.* 1990; Guevara *et al.* 1992, Guevara y Laborde 1993; Martínez-Ramos y Soto-Castro 1993; Vieira *et al.* 1994; Wijdeven *et al.* 2000).

La disponibilidad de semillas se considera como uno de los factores limitantes más importantes en la regeneración de sitios fragmentados, y por lo tanto el conocimiento y el manejo de este fenómeno es de gran utilidad en proyectos de restauración y regeneración de sitios con diferentes grados de perturbación. Se ha documentado una mayor densidad, sobrevivencia y crecimiento de plántulas de otras especies leñosas, principalmente de selva madura, bajo árboles remanentes respecto a los sitios de pasturas abiertas (Uhl *et al.* 1982; Uhl 1987; Vieira *et al.* 1994; Holl *et al.* 2000; Guariguata *et al.* 1995). Sin embargo estos estudios han pasado de largo el posible papel de los cítricos presentes en las pasturas. En los capítulos anteriores he documentado la gran abundancia de árboles de cítricos y su posible participación en la atracción de aves dispersoras. En el presente extenderé esos hallazgos por medio de la evaluación experimental del papel de dichos árboles aislados en cuanto a la inmigración de semillas hacia el potrero.

Específicamente se responde a las siguientes preguntas:

- i) ¿Cuál es la incidencia de propágulos en los potreros?
- ii) ¿Cómo se compara la incidencia de propágulos de los potreros con la selva madura?
- iii) ¿Cuáles son las diferencias en la lluvia de semillas de un potrero abierto y uno bajo la influencia de árboles aislados de cítricos?
- iv) ¿Cuál es la identidad y el origen de las diásporas que ocurren en la lluvia de semillas en los potreros?
- v) ¿Cuál es la vía de dispersión de las diásporas presentes en la lluvia de semillas?

Según los estudios ya mencionados, esperamos que la lluvia de semillas en los potreros sea mayor bajo la copa de los árboles aislados de cítricos que fuera de ellos, así como también esperamos un arribo importante de semillas de la selva madura hacia los potreros.

MÉTODOS

Diseño experimental

El diseño experimental consistió en montar trampas para la captura de semillas en un mismo potrero en dos condiciones: bajo la copa de árboles de cítricos y en potrero abierto. Para el tratamiento de potrero arbolado coloqué 4 trampas para semillas a una altura de 70 cm del suelo, cada trampa tenía 50 cm de diámetro con una malla de 0.5 mm de abertura debajo de 15 árboles de cítricos a los cuales les coloqué una exclusión en el terreno correspondiente a la proyección de su copa, para evitar el daño por el ganado. Me referiré a estas unidades experimentales como estaciones. Cada estación estuvo separada al menos por 15 m de distancia una de otra. Coloqué un total de 60 trampas de semillas cubriendo un área de 11.77 m².

En el tratamiento control (potreros abiertos) coloqué 4 trampas de las mismas características antes descritas en 15 lugares independientes (estaciones), y ubicados fuera del área de influencia de árboles aislados de cítricos.

Estas estaciones se encontraban también en exclusión para evitar el daño por el ganado, y a una distancia mínima de 200m de cualquier zona arbolada. Igual que en el tratamiento de potrero arbolado, situé 60 trampas de semillas sumando un área total de 11.77 m². Cada 5 semanas revisé las trampas y colecté las semillas resultantes durante 12 meses, mediante 9 muestreos. Las trampas fueron montadas el 5 de mayo de 2003, y el último muestreo lo realicé el 12 de mayo de 2004. Cada trampa fue revisada periódicamente y remplazada en caso de que presentara deterioro. Debido a que los pastos presentan un crecimiento muy rápido, fue necesario chapearlo con machete regularmente para evitar los posibles daños físicos a las trampas.

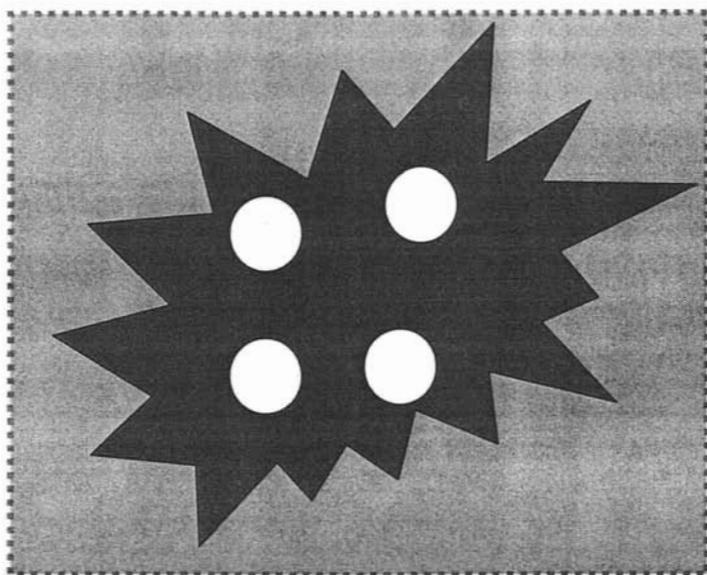


Fig. 4.1 Esquema aéreo de una estación experimental arbolada. La línea punteada gris representa la cerca de exclusión, se representa la copa del árbol de cítrico y una proyección de cada una de las cuatro trampas colocadas debajo.

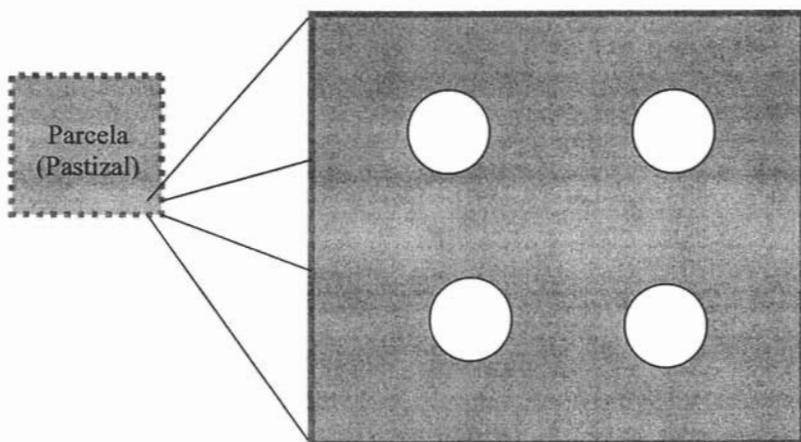


Fig. 4.2 Esquema aéreo de la parcela de experimentación abierta. La línea punteada gris representa la cerca de exclusión para toda la parcela, se detalla una de las estaciones de muestreo con sus 4 trampas correspondientes.

Extracción e identificación de semillas

El contenido de las trampas fue extraído manualmente y fue colocado en bolsas de papel para su transportación al laboratorio en la Ciudad de México. Una vez en el laboratorio las semillas fueron almacenadas por 4 semanas para luego ser separadas con un tamiz (Mont-INOX) de números 14 y 35, y de 1.2 y 0.5 mm de abertura, respectivamente. Una vez recuperadas, las semillas fueron separadas por morfoespecie para su posterior identificación.

Las semillas clasificadas por morfoespecie fueron colocadas en cajas de plástico con separadores a temperatura ambiente. Para reducir la humedad se colocaron bolsas de silica gel. Posteriormente las semillas se sometieron a un tratamiento de congelamiento para evitar el daño causado por agentes patógenos y parásitos depredadores. Este tratamiento consistió en colocar las semillas durante 72 h a una temperatura de -18°C .

Las semillas fueron identificadas en primera instancia con la ayuda del especialista en botánica y sistemática asignado a la Estación de Los Tuxtlas, Biol. Álvaro Campos. Además fueron comparadas con la colección de semillas de la Facultad de Ciencias. Una posterior identificación fue realizada por la M. en C. Martha Olvera, curadora de la colección de frutos y semillas del Herbario Nacional del Instituto de Biología de la UNAM.

Con la identidad de las semillas fue posible obtener mucha información adicional sobre la biología y ecología de las semillas, incluyendo los siguientes:

- 1) Familia taxonómica a la que pertenece.
- 2) Síndrome de dispersión que presenta la especie.
- 3) Historia de vida de la especie.
- 4) Tipo de latencia que presentan las semillas.
- 5) Diversos descriptores de la diversidad: riqueza, índice de diversidad e índice de dominancia.

Los datos de síndromes de dispersión y la historia de vida de las especies fueron tomados de Ibarra Manríquez (1995); Martínez-Garza y González-Montagut (1999).

Índice de vecindario

Este índice relaciona todos los elementos arbóreos tanto cítricos como otros árboles aislados presentes en la vecindad de cada una de las estaciones, este índice lo utilicé para

conocer si tenía una relación con el número de especies o de semillas encontradas en las trampas. Se contabilizaron todos los elementos arbóreos (cítricos y no cítricos) mayores de 1.20 m en un radio de 15 m con respecto a cada uno de los árboles focales de cítricos (estaciones). Para las estaciones control realicé lo mismo, utilizando el centro de cada estación como origen del radio de 15 m.

El índice se calculó, para cada estación, de la siguiente forma:

$$IV = (\# \text{ de árboles vecinos}) \times (1/\text{distancia promedio de los árboles vecinos})$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Inicialmente planteé realizar un Análisis de Varianza (ANOVA) para conocer si existían diferencias significativas entre los dos tipos de potrero y las fechas de colecta, sin embargo los datos no tienen una distribución normal, lo cual es uno de los supuestos de esta prueba. Cuando los datos fueron sometidos a transformaciones Box-Cox no fue posible normalizarlos y opté por realizar un análisis no paramétrico de Wilcoxon K-W. Este análisis tiene las mismas funciones que el ANOVA, con la desventaja de que no se pueden analizar efectos de multi-factores.

El análisis de Wilcoxon K-W tuvo como factor los dos tipos de potrero (abierto y arbolado), y como variables de respuesta el número de especies y el número de individuos capturados.

Para probar los supuestos del Análisis de Varianza (ANOVA), utilicé el programa JMP ver.3.1.6.2 (SAS Institute 1996), y con este mismo software se realizaron las pruebas de transformación Cox-Box y, cuando fue necesario, las pruebas no paramétricas de Wilcoxon-Kruskal-Wallis.

Los índices de Diversidad de Simpson, Shannon y el de dominancia de Berger-Parker fueron calculados mediante el software Species Diversity and Richness ver. 3.02 (Pisces conservation LTD. 2002). Estos índices fueron comparados mediante un ANOVA de factores múltiples, donde los factores fueron la fecha de muestreo y el tipo de potrero, fueron realizados utilizando el programa Statgraphics, ver. 5.1 (Statistical Graphics Corporation, Englewood Cliffs, N.J., U.S.A.). Los índices de Shannon y de Simpson fueron calculados para cada uno de los tiempos de colecta y les apliqué un análisis de correlación para saber si era preciso analizarlos a ambos. Como este análisis resultó muy significativo

($r^2 = 85.7$, $P < 0.01$), solamente presento los resultados de los índices de Shannon, por ser el índice más conocido.

Calculé el índice de Sorensen cuantitativo para determinar la magnitud de la similitud específica entre las dos condiciones de potrero (Potrero abierto y potrero arbolado) y para cada una de las fechas de muestreo.

Relacioné los valores calculados del índice de vecindario mediante una relación lineal con el número de especies y número de individuos en la lluvia de semillas durante todo el estudio. Mediante esta relación fue posible evaluar si existía una relación entre la densidad de arbolado alrededor de las estaciones y la lluvia de semillas. Este análisis lo realicé en el programa Statgraphics, ver. 5.1 (Statistical Graphics Corporation, Englewood Cliffs, N.J., U.S.A.).

RESULTADOS

Características generales de la comunidad de semillas en las trampas

La captura total de semillas en todo el experimento, a lo largo de 12 meses, fue de 5977 individuos y abarcó un total de 64 especies (Figura. 4.3; Anexo IV). La media acumulada de semillas (es decir el número promedio de semillas capturadas en un metro cuadrado por año) fue de 281 ± 94 semillas/m²/año.

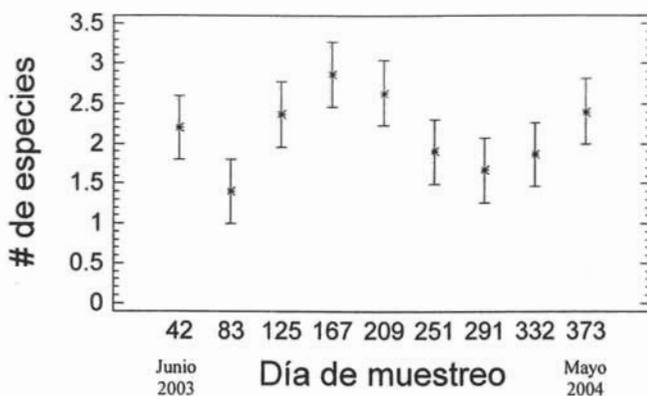


Fig. 4.3 Número de especies en la lluvia de semillas en las dos condiciones ($\pm 1EE$) para cada día de muestreo durante un ciclo anual.

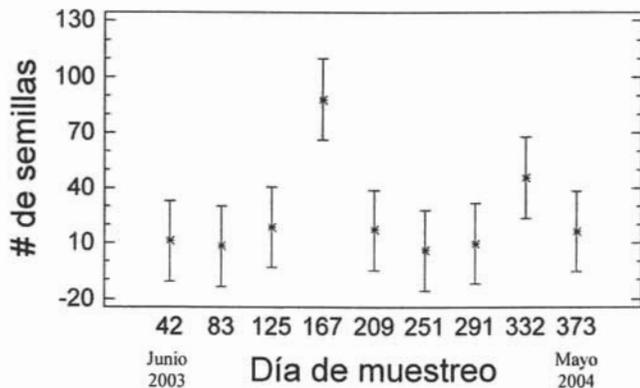


Fig. 4.4 Número de semillas en la lluvia de semillas en las dos condiciones ($\pm 1EE$) para cada día de muestreo durante un ciclo anual.

Las especies con la mayor abundancia fueron el pasto *Axonopus compressus* (39%), el frutal *Ardisia compressa* (llamado localmente Chagalapoli, con 27%), y una especie de

Ficus (12.7%). Estas cuatro especies sumaron el 78.7% de la dominancia de las semillas que arribaron a las trampas de colecta.

Durante todo el estudio detecté un total de 30 familias de plantas la tabla 4.1 muestra las familias numéricamente más representativas en los muestreos de la lluvia de semillas.

Tabla 4.1 Abundancia y proporción de especies e individuos de las familias taxonómicas más abundantes en la lluvia de semillas en las dos condiciones.

Familia Taxonómica	% de especies (# de especies)	% de semillas (# de semillas)
Poaceae	3.13 (2)	38.95 (2321)
Myrsinaceae	3.13 (2)	27.7 (1650)
Moraceae	7.8 (5)	13.28 (792)
Leguminosae	3.13 (2)	4.35 (259)
Euphorbiaceae	6.25 (4)	1 (62)
Otras	70.3 (45)	15 (893)

Las semillas con dispersión de tipo zoócora fueron las más abundantes. En la tabla 4.2 muestran la abundancia y el número de especies para cada tipo de dispersión.

Tabla 4.2 Abundancia y proporción de especies e individuos de los síndromes de dispersión más abundantes en la lluvia de semillas para los dos tratamientos.

Síndrome de dispersión	% de especies (# de especies)	% de semillas (# de semillas)
Zoocoria	65.05 (42)	91.98 (5498)
Anemocoria	9.38 (6)	0.5 (30)
Gravedad	1.55 (1)	0.02 (1)
Desconocida	25 (16)	7.5 (448)

Las categorías de historia de vida de las semillas capturadas en las trampas se muestran en la tabla 4.3. Las semillas más abundantes pertenecieron a las herbáceas, seguidas de los árboles de vegetación primaria, también llamados persistentes.

Tabla 4.3 Abundancia y proporción de especies y semillas en las categorías de historia de vida en la lluvia de semillas en las dos condiciones.

Historia de Vida	% de especies (# de especies)	% de semillas (# de semillas)
Árbol persistente	43.75 (28)	49.57 (2968)
Herbácea	12.5 (8)	45.51 (2596)
Árbol pionero	17.18 (11)	3.83 (229)
Epífita	3.12 (2)	0.3 (18)
Liana	1.56 (1)	0.04 (3)
Desconocido	21.86 (14)	2.72 (163)

Distribución y diversidad de la comunidad de semillas en las dos condiciones

Características generales de la comunidad de semillas en las trampas del potrero abierto

En las trampas control colocadas en los potreros abiertos, se capturaron, a lo largo de 12 meses, un total de 2882 semillas que abarcaron 21 especies. El promedio de semillas fue de 244 semillas/m²/año. El mes que presentó una mayor cantidad de semillas fue octubre y el que presentó una menor marzo. En las Figuras 4.5 y 4.6 se muestran la abundancia promedio para cada una de las fechas de muestreo del número de especies e individuos.

Axonopus compressus, una especie de pasto nativo al que se promueve su establecimiento en las praderas, fue por mucho la especie más abundante en la lluvia de semillas; 76.8% de las semillas capturadas en las trampas pertenecieron a esta especie; *Ficus* spp. fue la siguiente especie más abundante con el 16.9%. Sólo estas dos especies constituyeron el 93.7% del total de la lluvia de semillas.

En estas estaciones identifiqué al menos 13 familias de plantas, y la más abundante fue, por mucho, la familia Poaceae con 2214 individuos, lo que significó el 77% de todas las semillas en este tratamiento. La familia Moraceae aportó el 17% con 486 semillas. La familia que más especies tuvo fue Leguminoseae con 3 (Fig. 4.7).

Debido a la altísima abundancia del pasto *Axonopus compressus*, las especies herbáceas dominan la lluvia de semillas con el 78% de todos los propágulos capturados.

Las semillas capturadas en las trampas poseen casi exclusivamente métodos de dispersión zoocorio; durante mis estudios encontré que el 95% de las semillas en las trampas poseen este tipo de dispersión.

Características generales de la comunidad de semillas en las trampas del potrero arbolado

En las trampas de los potreros arbolados capturé, a lo largo de 12 meses, un total de 3095 semillas, pertenecientes a por lo menos 61 especies. El promedio de semillas fue de 262 semillas/m²/año. El mes que presentó una mayor cantidad de semillas fue marzo y el que presentó la menor fue julio. En las Figuras 4.5 y 4.6 se muestran la abundancia promedio para cada una de las fechas de muestreo del número de especies e individuos.

La lluvia de semillas estuvo constituida en un 52.6% por *Ardisia compressa*: los frutos de esta especie poseen un valor agregado porque son consumidos por los habitantes y las aves. La segunda especie más importante en cuanto a abundancia fue *Ficus* spp., con 8.7% del total de semillas.

Capturé al menos 32 familias de plantas. Las familias más importantes por la abundancia de sus individuos en las estaciones fueron: Myrsinaceae con 1627 individuos, lo que representa el 52.7% de todas las semillas capturadas; en segundo lugar encontré a la familia Moraceae con 306 individuos y 9.9%. La familia Leguminoseae contribuyó con 222 semillas (7.2%); por otra parte las familias que contribuyeron con más especies fueron: Leguminoseae con 6, Moraceae con 5 y Euphorbiaceae con 4 (Figura 4.7).

La gran abundancia de *Ardisia compressa*, y una alta diversidad de otras especies, permite que los árboles de la selva o primarios dominen la lluvia de semillas con casi el 50% del total, las herbáceas ocuparon muy de cerca el segundo lugar en cuanto a abundancia con el 45.51% de todas las semillas; si analizamos la cantidad de especies para cada categoría de historia de vida encontramos que los árboles persistentes de la selva ocupan el primer lugar con 28 especies, mientras que las herbáceas poseen solo 8.

Las semillas capturadas en las trampas tienen en su gran mayoría dispersión zoocoria. El 88% del total de semillas pertenecen a esta categoría; Además de un total de 61 especies, un total de 41 tienen este tipo de dispersión.

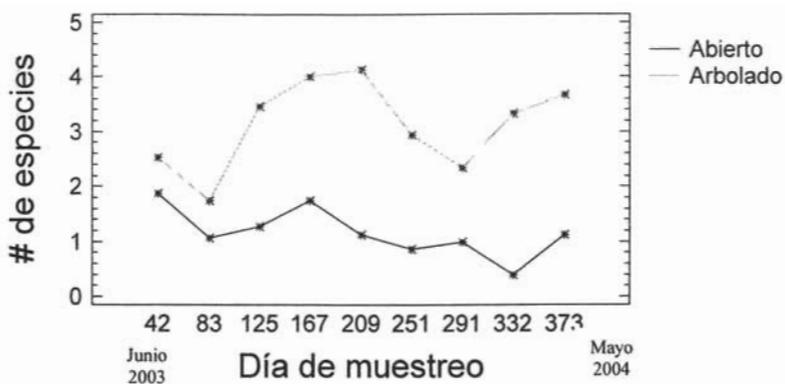


Fig. 4.5 Número promedio de especies en la lluvia de semillas en cada día de muestreo, en cada una de las condiciones, durante un ciclo anual.

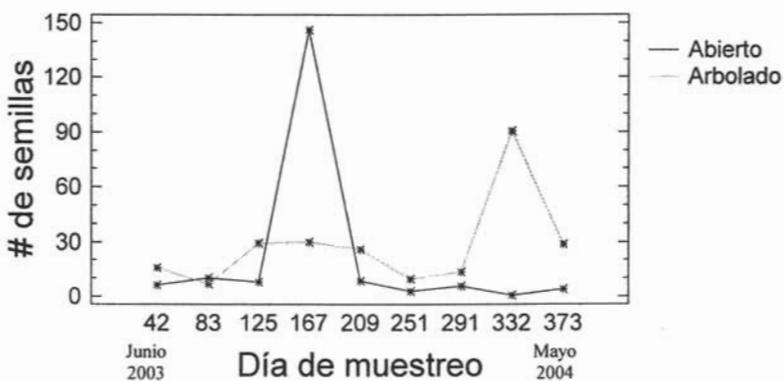


Fig. 4.6 Número promedio de semillas para cada día de muestreo, en cada una de las condiciones, durante un ciclo anual.

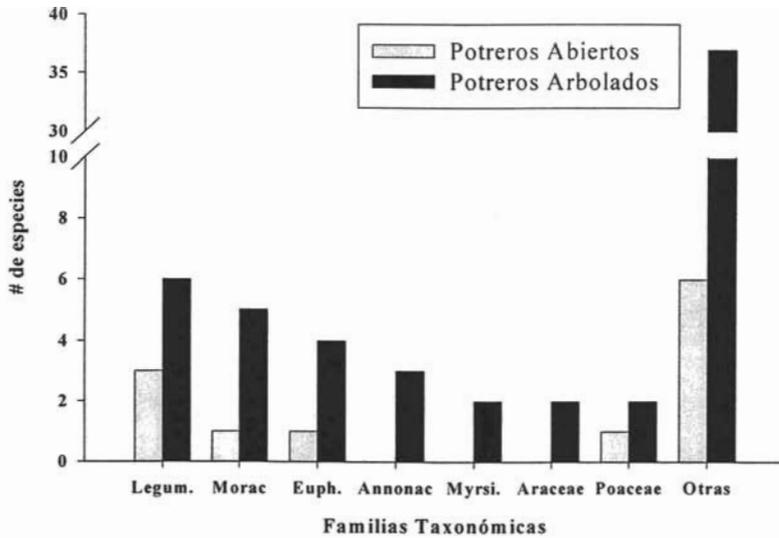


Fig. 4.7 Número de especies pertenecientes a cada una de las familias taxonómicas más importantes en la lluvia de semillas en las dos condiciones. Abreviaturas: Legum. Leguminosae; Morac. Moraceae; Euph. Euphorbiaceae; Annonac. Annonaceae; Myrsi. Myrsinaceae.

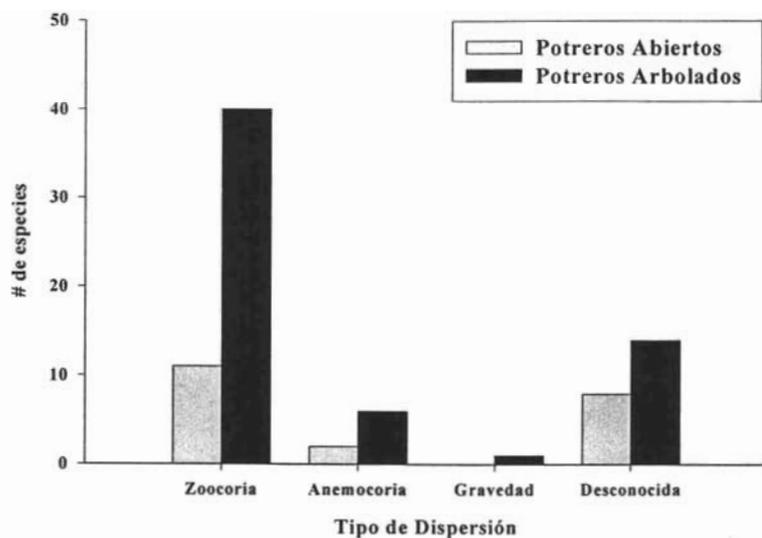


Fig. 4.8 Número de especies reconocidas para cada uno de los tipos de dispersión registrados en la lluvia de semillas en las dos condiciones.

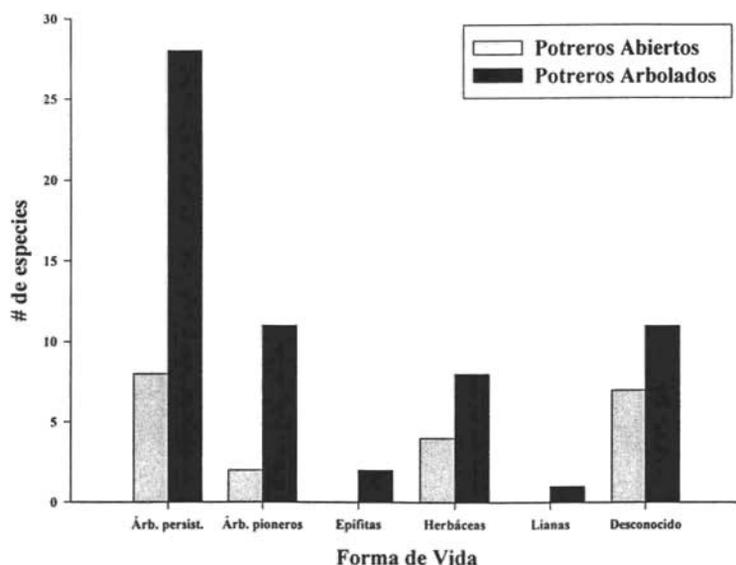


Fig. 4.9 Número de especies para cada categoría de historia de vida registrado en cada una de las condiciones.

Comparación de la comunidad de semillas en las trampas del Potrero abierto vs. Potrero arbolado

Tabla 4.4 Estructura de la comunidad en la lluvia de semillas entre los potreros abiertos y los potreros arbolados. Se muestran los valores de riqueza, abundancia, diversidad y dominancia.

	Riqueza (# de especies)	Abundancia (# semillas)	Índice de Shannon	Dominancia Berger- Parker
<i>Total de Potrerros Abiertos</i>	21	2882	0.8	0.771
<i>Total de potreros arbolados</i>	61	3095	2.08	0.527

Tabla 4.5 Estructura de la comunidad de la lluvia de semillas en los potreros abiertos y los potreros arbolados en cada una de las fechas de muestreo. Se expresan los valores de riqueza, abundancia y diversidad.

Fecha (día de muestreo)	Riqueza (# de especies)	Abundancia (# semillas)	Índice de Shannon
<i>Potreros Abiertos</i>			
Junio (42)	15	95	1.862
Julio (83)	2	154	0.655
Agosto (125)	2	120	0.674
Octubre (167)	5	2192	0.418
Noviembre (209)	4	128	0.48
Diciembre (251)	5	31	1.064
Febrero (291)	7	86	0.941
Marzo (332)	3	20	0.8037
Mayo (373)	8	56	1.381
<i>Potreros Arbolados</i>			
Junio (42)	20	196	1.457
Julio (83)	16	98	1.94
Agosto (125)	22	334	1.485
Octubre (167)	24	343	2.097
Noviembre (209)	29	386	2.41
Diciembre (251)	18	141	2.382
Febrero (291)	14	206	1.295
Marzo (332)	20	1057	0.7248
Mayo (373)	15	334	1.363

La tabla 4.4 presenta los valores de semillas capturadas para cada uno de los tipos de potrero; en la tabla 4.5 se presentan los valores de captura de semillas para cada tipo de potrero en cada fecha de muestreo. Los resultados de la prueba de Wilcoxon K-W se presentan para las dos variables de respuesta en las tablas 4.6 para las especies y 4.7 para

los individuos capturados. Los resultados muestran que las diferencias son altamente significativas para las dos variables de respuesta. La diferencia fue similar en cada uno de los meses de censo, con pocas excepciones.

Tabla 4.6 Resultados de la prueba de Wilcoxon K-W para el número de especies presentes en la lluvia de semillas con respecto al tratamiento (Abierto vs. Arbolado) y cada una de las fechas de muestreo, así como el total.

FECHA (# de mes)	Z	P
Junio (VI)	0.554	0.58
Julio (VII)	1.2453	0.213
Agosto (VIII)	3.721	< 0.001
Octubre (X)	3.094	0.002
Noviembre (XI)	3.468	0.005
Diciembre (XII)	3.0	0.002
Febrero (II)	2.024	0.043
Marzo (III)	4.23	< 0.001
Mayo (V)	3.559	< 0.001
TOTAL	8.333	< 0.001

Tabla 4.7 Resultados de la Prueba de Wilcoxon K-W para el número de semillas presentes en la lluvia de semillas con respecto al tratamiento (Abierto vs. Arbolado) y cada una de las fechas de muestreo, así como el total.

FECHA (# de mes)	Z	P
Junio (VI)	0.189	0.851
Julio (VII)	0.483	0.627
Agosto (VIII)	3.2	< 0.001
Octubre (X)	1.245	0.213
Noviembre (XI)	1.64	0.101
Diciembre (XII)	2.492	0.013
Febrero (II)	1.14	0.254
Marzo (III)	4.268	< 0.001
Mayo (V)	3.09	0.002
TOTAL	4.699	< 0.001

Se encontraron diferencias significativas respecto a los índices de Shannon entre los dos tipos de potrero (Potrero Abierto y Potrero Arbolado): los potreros Arbolados son significativamente más diversos que los potreros Abiertos ($F_{(1,17)} = 10.5$; $P = 0.0119$;

Figura. 4.10). Por otra parte, en el análisis entre la época de muestreo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($F_{(8,17)} = 0.99$; $P = 0.5062$; Figura 4.11).

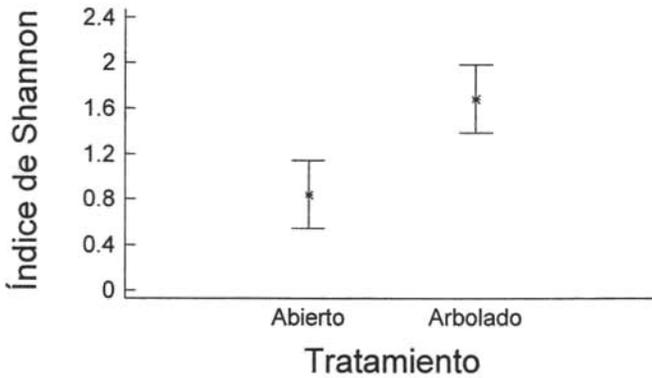


Fig. 4.10 Índice de Shannon promedio para cada una de las dos condiciones

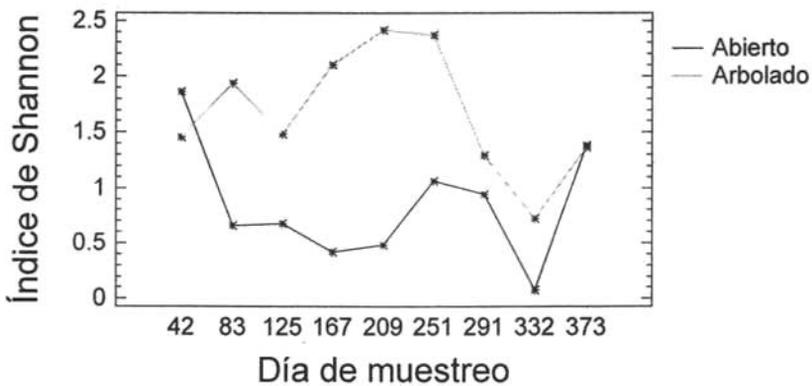


Fig. 4.11 Índice promedio del índice de Shannon para cada fecha de muestreo, y para cada una de las dos condiciones.

Análisis de similitud entre las comunidades

El valor global del índice de Sorensen tomando en cuenta todos los muestreos fue de 0.155, y registré que entre las dos comunidades hay 17 especies comunes. En la Tabla 4.8 se

muestran los valores de cada una de las combinaciones. En general se observa que la similitud es baja; el máximo valor fue de apenas 39%, y predominan los valores por debajo del 30%. Esto indica que la composición específica es muy contrastante entre ambas condiciones.

Tabla 4.8 Matriz del índice de Sorensen en cada fecha de muestreo en ambas condiciones.

	Fecha 1 Abierto	Fecha 2 Abierto	Fecha 3 Abierto	Fecha 4 Abierto	Fecha 5 Abierto	Fecha 6 Abierto	Fecha 7 Abierto	Fecha 8 Abierto	Fecha 9 Abierto
Fecha 1 Arbolado	0.34	0	0	0.16	0	0.16	0.07	0	0.07
Fecha 2 Arbolado	0.39	0	0	0.19	0.10	0.29	0.09	0	0.17
Fecha 3 Arbolado	0.21	0.08	0.08	0.29	0.22	0.21	0.27	0.08	0.32
Fecha 4 Arbolado	0.26	0.15	0.15	0.21	0.21	0.21	0.26	0.07	0.25
Fecha 5 Arbolado	0.18	0.13	0.13	0.24	0.18	0.24	0.28	0.13	0.32
Fecha 6 Arbolado	0.12	0.20	0.20	0.26	0.27	0.35	0.32	0.29	0.38
Fecha 7 Arbolado	0.14	0.13	0.13	0.21	0.33	0.21	0.29	0.12	0.36
Fecha 8 Arbolado	0.29	0.18	0.18	0.24	0.25	0.32	0.30	0.17	0.29
Fecha 9 Arbolado	0.13	0.11	0.11	0.19	0.20	0.19	0.17	0.11	0.25

Índice de Vecindario

No se encontraron valores de correlación estadísticamente significativos entre el Índice de Vecindario y la cantidad de semillas y de especies en la lluvia de semillas en ninguno de los tratamientos $P = 0.95$ y 0.08 , respectivamente (Figs. 4.12 y 4.13). En síntesis los valores del coeficiente de correlación indican que no existen relaciones directas entre la lluvia de semillas y la densidad de arbolado alrededor de las estaciones de muestreo, lo que sugiere que el vecindario *per se* no es un determinante principal de los patrones observados.

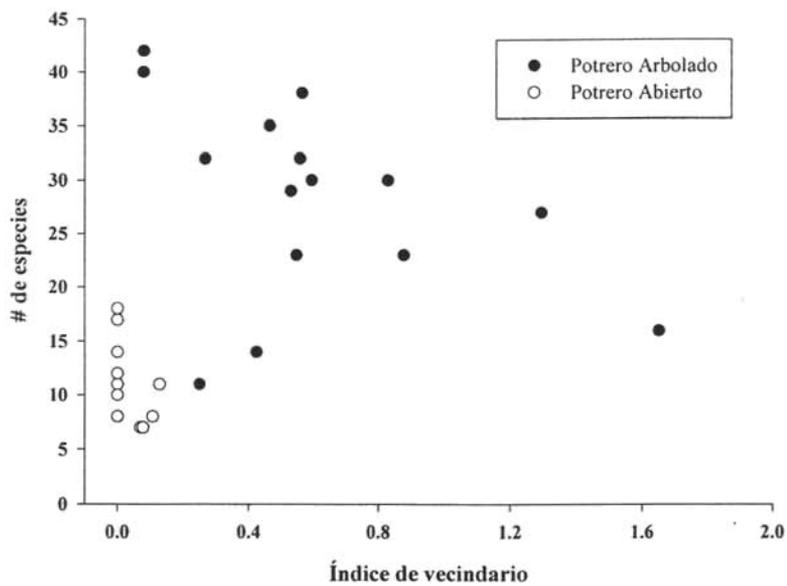


Fig. 4.12 Relación entre el índice de vecindario y el número de especies en la lluvia de semillas en cada una de las estaciones de muestreo.

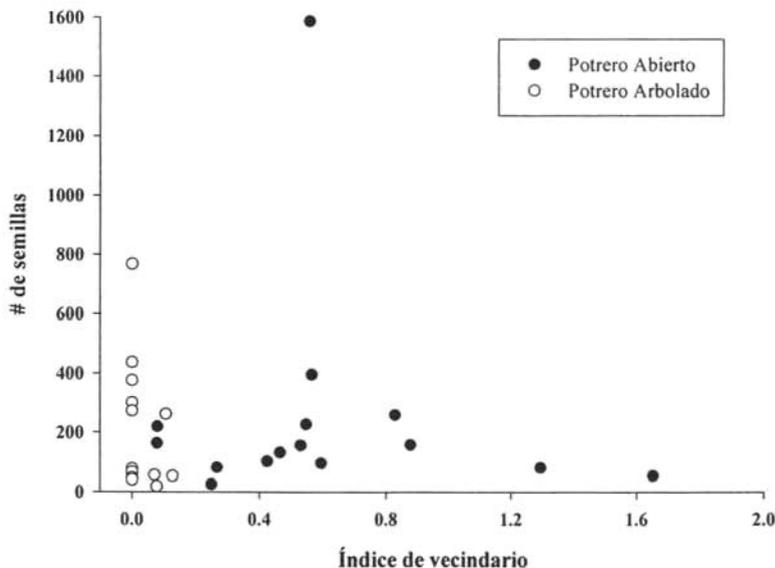


Fig. 4.13 Relación entre el índice de vecindario y el número de semillas en cada una de las estaciones de muestreo.

DISCUSIÓN

Los resultados consistentemente muestran un efecto de los árboles aislados de cítricos sobre la diversidad de propágulos en la lluvia de semillas. El número promedio de semillas por año capturado en mis trampas (281 ± 94 semillas/m²/año) es alto, comparado con el observado en otros estudios. Por ejemplo Guevara y Laborde (1993) hallaron un promedio de 112 ± 17 semillas/m²/año en trampas localizadas debajo de árboles de *Ficus* en pastizales de la región de Los Tuxtlas. En un estudio similar realizado por Zimmerman *et al.* (2000), en potreros abandonados de Puerto Rico, encontraron un total de 516 semillas/m²/año. Holl (1999) investigó la lluvia de semillas en potreros abandonados y encontró un promedio de 1670 semillas/m²/año. Los resultados de Clark *et al.* (1999) son muy similares a los encontrados en este trabajo (204.9 semillas/m²/año). La lluvia de semillas debajo de los árboles aislados de cítricos en Los Tuxtlas es similar a la encontrada en estudios en otros sistemas tropicales del mundo.

Analizando las semillas capturadas en las trampas colocadas debajo de los cítricos aislados encontré un promedio de 244 ± 23 semillas/m²/año. Este valor nos indica el efecto que tienen los árboles de cítricos como foco de regeneración en ecosistemas fragmentados; además, debajo de estos árboles se presenta una gran diversidad de semillas de diferentes especies, con un promedio de 5.8 ± 1.1 especies de semillas/m²/año, en comparación con 1.9 ± 0.3 especies de semillas/m²/año encontradas en las trampas en las estaciones de pastizal abierto.

La familia con una mayor representación fue la Poaceae; el 38.95% de las semillas pertenecieron a este grupo. Estas plantas poseen una distribución muy grande en las zonas tropicales, y son el principal componente de las zonas abiertas y de zonas muy perturbadas. La mayoría de las semillas de las gramíneas capturadas provienen de las mismas pasturas abiertas. Dupuy y Chazdon (1998), reportaron que la lluvia de semillas en terrenos ganaderos y agrícolas es dominada por pastos y herbáceas, que pertenecen a la familia Poaceae.

La segunda familia con más individuos en la lluvia de semillas fue Myrsinaceae. Los frutos de estas plantas son consumidos por los habitantes de la región, por lo que se encuentran bien representados en los potreros; poseen un fruto carnoso muy dulce que constituye una buena parte de la alimentación de las aves de la región.

La familia Moraceae fue la que más especies presentó en la lluvia de semillas. Esta familia es típica del interior de la selva y sus principales vectores de dispersión son las aves,

En las trampas de los árboles aislados de cítricos capturé 28 especies de árboles de bosque maduro, entre las que se destacan 24 que fueron dispersadas por las aves hasta las estaciones. Aves residentes que anidan en las pasturas así como las que no anidan allí, son las dispersoras de estas especies; Guevara y Laborde (1993) documentaron este fenómeno y concluyeron que las aves transportan semillas frecuentemente a distancias superiores a los 300 m desde los fragmentos de selva hacia las pasturas.

Una de las características más importantes para que los cítricos funcionen como focos de regeneración es la disponibilidad de frutos que presentan a lo largo del año, ya que éstos constituyen una parte importante en la dieta de los dispersores frugívoros.

Durante todo el ciclo anual las aves residentes jugaron un papel crítico en la lluvia de semillas, sin afectar demasiado la disponibilidad de dispersores migratorios. Martínez-Ramos (1994) y Guevara y Laborde (1993) encontraron que las aves residentes son las que participan más activamente en la movilidad de semillas de los fragmentos de selva alta hacia los potreros en la zona de Los Tuxtlas.

Se reconocieron especies pertenecientes a cinco historias de vida. La historia de vida de árbol primario o persistente, fue la que más especies y número de individuos presentó. Esto corrobora la idea de que los árboles aislados favorecen la dispersión de propágulos desde los remanentes de selva hacia las pasturas (Garwood 1989).

En las estaciones debajo de los árboles, las semillas con dispersión zoócora fueron las más abundantes. Esto explica y apoya la idea de que este tipo de dispersión es la más importante en ecosistemas tropicales fragmentados, y nos brinda información sobre lo fundamental que resulta esta interacción respecto al factor limitante más importante en la regeneración de las selvas, la disponibilidad de propágulos. Estudios realizados en pastizales en la selva mediana y baja por Ortiz-Pulido *et al.* (2000) muestran que menos del 10% de las especies de plantas zoócoras registradas en la lluvia de semillas son producidas en los pastizales, mientras que >50% de las que llegan a estos lugares provienen de la selva mediana y baja (Ortiz-Pulido *et al.* 2000). Una situación similar ha sido reportada por Martínez-Ramos (1994) en ecosistemas de selva alta perennifolia.

Si comparamos ahora las categorías de historia de vida encontradas en la lluvia de semillas con los dos tipos de potrero (arbolado y abierto), encontramos que las abundancias en el número de especies e individuos son muy similares. Se observa que la mayor cantidad de especies en ambos casos corresponde a los árboles persistentes, lo que indica que estas semillas provienen de los remanentes de la selva que rodean a los pastizales, y que han sido dispersadas por aves.

Los análisis del índice de Shannon muestran un fuerte efecto del arbolado sobre la diversidad de la muestra y encontramos que existe una diversidad mayor en las estaciones de muestreo debajo de los árboles de cítricos aislados. Esta diversidad se refleja en el mayor número de especies encontradas en estas estaciones. El índice de Shannon refleja que los árboles aislados de cítricos atraen una mayor diversidad de propágulos, y la diferencia de los índices globales nos muestra que existe una gran diferencia entre la

diversidad registrada en las estaciones arboladas y abiertas. Asumimos que estas diferencias están directamente relacionadas con la diversidad de dispersores encontrados en cada uno de los tratamientos pues la diversidad de aves que visitan las estaciones arboladas es significativamente mayor a las que se encontraron en las estaciones abiertas (Parrota 1992, 1995). La deposición y movimiento de semillas por parte de estos dispersores es la causa principal de este fenómeno.

Los valores del índice de dominancia de Berger-Parker indican que la dominancia en las estaciones abiertas es mucho mayor, es decir que existen unas pocas especies que dominan el banco de semillas. La mayoría de estas presentan una dispersión zoócora por parte de las aves y del ganado.

El valor del índice de Sorensen analiza las similitudes de las comunidades, en este caso estaciones abiertas y arboladas. Encontré que las comunidades comparten 17 especies, sin embargo el valor cuantitativo, es decir tomando en cuenta todos los individuos fue de 0.155. Esto indica que las comunidades son totalmente diferentes entre sí. A pesar de que ambas comunidades se encuentran inmersas en la misma matriz de potreros, la disponibilidad de propágulos y el banco de semillas son diametralmente diferentes. Las características favorables que presentan las estaciones arboladas tienen como resultado que la deposición de semillas sea mayor y más diversa que en las estaciones abiertas. Analizando la composición florística de ambos ambientes encontramos que estos presentan una similitud bastante fuerte. Ambos ambientes son dominados por las mismas especies, sin embargo en la lluvia de semillas se observa que las diferencias entre estos dos ambientes se incrementan.

No encontré una correlación entre la cantidad de especies y semillas y el índice que evalúa la cantidad y acumulación de arbolado alrededor de las trampas. Según estos resultados, la eficacia de los árboles aislados de cítricos como foco de dispersión no depende de la densidad de arbolado que exista a su alrededor. Al parecer los cítricos aislados por sí solos constituyen un sitio de percha muy importante para las aves.

Observamos que el movimiento y la máxima abundancia de aves en los potreros se presenta generalmente a través de los corredores donde aún existe arbolado, sin embargo este efecto no se vio reflejado en la lluvia de semillas.

En síntesis, mis datos sugieren que un árbol aislado de cítrico presenta una lluvia de semillas similar a la que presenta otro con densidades superiores de arbolado en su vecindad. Esto tiene implicaciones muy importantes porque apunta a que los árboles aislados de cítricos funcionan como importantes focos de regeneración en los potreros, y nos habla del papel que estos jugarían en programas de restauración y regeneración en pastizales abandonados de la zona.

CAPÍTULO V. BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO

INTRODUCCIÓN

Los bancos de semillas en el suelo incluyen a todas las semillas enterradas en el suelo y a las que se encuentran en la superficie. El tiempo que las semillas forman parte del banco está determinado por sus propiedades fisiológicas, incluyendo germinación, latencia y viabilidad, así como por las condiciones ambientales y por la presencia de predadores y patógenos de semillas (Garwood 1989).

La vegetación de un lugar está formada por un componente real y un componente potencial, el primero representado por los individuos presentes en el área y el segundo por las semillas y propágulos existentes en el suelo. El banco de semillas se conserva en el suelo sin germinar debido al efecto inducido por factores bióticos (inhibición química, periodo de latencia, actividad de microorganismos) y abióticos (luz, temperatura, humedad) (Guevara y Gómez-Pompa 1976; Álvarez-Buylla y Martínez-Ramos 1990).

Cuando se presenta un disturbio, ya sea por causas naturales o antrópicas, la estructura de la vegetación que se desarrolla está condicionada principalmente por las semillas y propágulos de las especies presentes en el suelo, y es aquí donde radica la respuesta inmediata de la comunidad a la perturbación (Guevara y Gómez-Pompa 1976).

Dentro de la dinámica de la estructura poblacional, las semillas juegan un papel fundamental, ya que favorecen la colonización de nuevos hábitats, el mantenimiento de las poblaciones ya establecidas e incrementan el flujo genético (Vázquez-Yanes *et al.* 1996).

Los bancos de semillas juegan un papel vital en la regeneración de los ecosistemas (Van der Valk *et al.* 1988). Sin embargo, en estudios realizados en ecosistemas tropicales no se ha podido distinguir el efecto que tienen también las semillas que han sido dispersadas más recientemente. Además, en los ecosistemas tropicales se ha encontrado que la regeneración se presenta de una o varias “formas” como son el banco de semillas en el suelo (semillas que permanecen bajo latencia y quiescencia), la lluvia de semillas (semillas recientemente dispersadas) o el banco de plántulas (Garwood 1989). En las zonas abiertas como los pastizales se distinguen las primeras dos “formas” antes mencionadas como las más importantes en la regeneración natural.

Se han distinguido diversos factores que reducen la permanencia y viabilidad de las semillas en el banco de semillas en ecosistemas tropicales, algunos de los más importantes son: la depredación de las semillas después de la dispersión, el ataque de patógenos como hongos o artrópodos y condiciones físicas como alta humedad y elevada temperatura (Vázquez–Yanes 1976).

La dominancia y la diversidad se ve muy afectada cuando las condiciones ambientales cambian, la diversidad disminuye y la dominancia aumenta en sitios abiertos debido a la disponibilidad de propágulos de pocas especies que también son dominantes y las características de éstos, tales como sus periodos de latencia y sus condiciones óptimas de germinación (Castro Acuña *et al.* 1976).

Las condiciones ambientales en los suelos del bosque son mucho más estables que las que se presentan en los suelos de sitios abiertos, la temperatura y la humedad varía considerablemente durante un día en los sitios abiertos (Meli 2004).

En estudios del banco de semillas de la zona de Los Tuxtlas, Moreno (1973) no encontró especies primarias en sus muestras, lo que sugiere que las semillas de estas especies no pueden permanecer viables en el suelo por periodos largos. Los bancos de semillas difieren de un lugar a otro y son muy susceptibles a las diferencias en las condiciones ambientales (Salmerón 1984). Éste mismo estudio demostró que los bancos de semillas presentes en sitios abiertos difieren significativamente con respecto a los presentes en los suelos de la selva.

En el presente capítulo presento el estado que guarda el banco de semillas debajo de los árboles aislados de los cítricos y fuera de la influencia de estos, para conocer el efecto que estas plantas tienen como foco atracción de propágulos. Los objetivos particulares de éste capítulo son responder a las siguientes preguntas:

- i) ¿Cuál es el número de semillas (por unidad de área) presentes en el banco de semillas del suelo?
- ii) ¿En qué medida difiere tal cantidad de semillas con las encontradas en otras localidades, incluyendo la selva madura?
- iii) ¿Cuál es la influencia que los árboles aislados de cítricos presentan sobre el banco de semillas en el suelo?

- iv) ¿Cuál es la identidad y el origen de las semillas encontradas en el banco del suelo?
- v) ¿Cuál fue la vía de dispersión por la que las semillas están presentes en el banco del suelo?

MÉTODOS

Diseño experimental

El experimento fue realizado en dos condiciones: bajo la copa de árboles aislados de cítricos y en potrero abierto. Se realizaron dos muestreos, uno para cada una de las temporadas más contrastadas de un año: época de secas (mayo 2003) y época de lluvias (noviembre 2003). Para el caso de los árboles aislados, en cada época, debajo de la copa de 15 árboles aislados (estación) recolecté con una pala 4 muestras de suelo de aproximadamente 5-7 cm de profundidad y \pm 75grs. Éstas se mezclaron para obtener una muestra compuesta y fueron transportadas al laboratorio en bolsas de plástico. Las estaciones se encontraban a aproximadamente 15 m de distancia una de la otra.

Para el “tratamiento control” (potreros abiertos) realicé un muestreo similar al descrito anteriormente, donde cada una de las 15 estaciones se encontraba fuera de la influencia de árboles aislados y a un mínimo de 200 m de cualquier zona arbolada.

Clasificación e identificación de semillas

El manejo de las semillas resultantes del banco del suelo así como su identificación lo realicé de la misma forma que describí en el capítulo anterior (ver clasificación e identificación de semillas, capítulo IV).

Índice de vecindario

Este índice fue calculado con la misma metodología que empleé para analizar la lluvia de semillas.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El efecto de los tratamientos lo analicé mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) de multi-factores, donde el primer factor fue el tipo de potrero (potrero abierto y arbolado) y el segundo la época de muestreo (Lluviosa y seca), y las variables de respuesta fueron el número de especies y el número de individuos capturados en los muestreos.

Para probar los supuestos del ANOVA, utilicé el programa JMP ver.3.1.6.2 (SAS Institute 1996), y el ANOVA lo realicé utilizando el programa Statgraphics, ver. 5.1 (Statistical Graphics Corporation, Englewood Cliffs, N.J., U.S.A.).

Para calcular los índices de Diversidad de Simpson, Shannon y el de dominancia de Berger- Parker se utilizó el programa Species Diversity and Richness ver. 3.02 (Pisces conservation LTD. 2002). Éstas variables de respuesta fueron comparadas mediante un ANOVA de factores múltiples donde los factores fueron la época de muestreo y el tipo de potrero y fueron realizados utilizando el programa Statgraphics, ver. 5.1 (Statistical Graphics Corporation, Englewood Cliffs, N.J., U.S.A.). Los índices de Shannon y de Simpson fueron calculados para cada una de las épocas de colecta y les apliqué un análisis de correlación para saber si era preciso analizarlos a ambos. Como este análisis resultó muy significativo ($r^2 = 95.1$, $P < 0.01$), solamente presento los resultados de los índices de Shannon, por ser el índice más conocido.

Calculé el índice de Sorensen cuantitativo para determinar la magnitud de la similitud específica entre las dos condiciones de potrero (Potrero abierto y potrero arbolado) y para cada una de las épocas de muestreo.

Relacioné los valores calculados del índice de vecindario mediante una relación lineal con el número de especies y número de individuos en la lluvia de semillas durante todo el estudio. Este análisis lo realicé en el programa Statgraphics, ver. 5.1 (Statistical Graphics Corporation, Englewood Cliffs, N.J., U.S.A.).

RESULTADOS

Características generales del banco de semillas en el suelo

La captura total durante los dos muestreos a lo largo de un ciclo anual, fue de 1404 semillas, incluidas en un total de 29 especies. Durante la época de secas se encontraron más especies y más individuos en ambos tratamientos que en la época de lluvias (Figuras. 5.1 y 5.2).

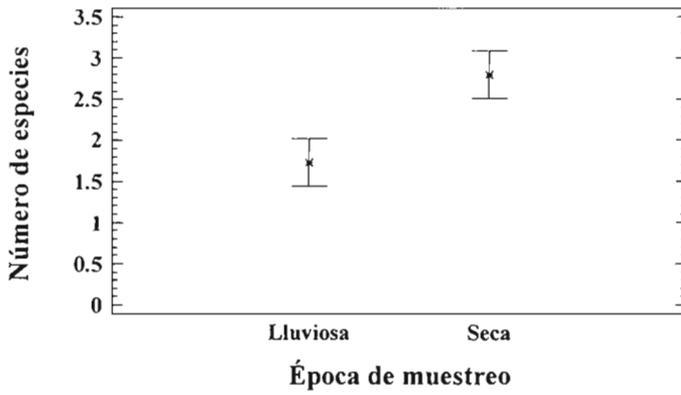


Fig. 5. 1 Número de especies promedio encontradas en las dos condiciones de potrero (\pm IEE) en las dos épocas de muestreo.

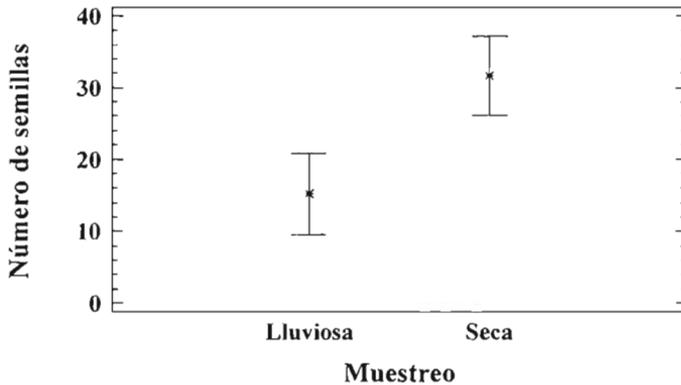


Fig. 5. 2 Número de semillas promedio encontradas en las dos condiciones de potrero (\pm IEE) en las dos épocas de muestreo.

Durante los dos muestreos el banco de semillas fue dominado por *Mimosa pudica*. Esta especie presentó una dominancia muy alta (83.05%); la siguiente especie en abundancia fue *Ardisia compressa*, sin embargo ésta presentó un porcentaje mucho más bajo (4.2%). *Solanum rudepannum* y *Aeschynomene americana* fueron las siguientes especies en abundancia en el banco de semillas, con 2.85 y 2.62% respectivamente.

Durante todo el estudio detecté al menos 15 familias de plantas. La tabla 5.1 muestra los porcentajes y los valores absolutos de las familias más representativas en número de especies e individuos (i.e., semillas) en el banco del suelo.

Familia Taxonómica	% de especies (# de especies)	% de semillas (# de semillas)
Euphorbiaceae	10.34 (3)	0.5 (7)
Leguminosae	17.23 (5)	88.66 (1245)
Myrsinaceae	6.9 (2)	4.27 (60)
Otras	70 (20)	7 (92)

Las semillas con dispersión zoócora dominaron el banco de semillas tanto en número de especies como en número de individuos. La tabla 5.2 muestra los porcentajes y los valores absolutos de cada uno de los síndromes de dispersión en el banco de semillas del suelo.

Síndrome de dispersión	% de especies (# de especies)	% de semillas (# de semillas)
Zoocoria	62.07 (18)	96 (1348)
Anemocoria	3.45 (1)	0.07 (1)
Gravedad	3.45 (1)	0.07 (1)
Desconocido	31.02 (9)	3.85 (54)

Las categorías de historia de vida de las semillas capturadas se muestran en la tabla 5.3. Las plantas con crecimiento herbáceo dominaron el banco de semillas, sin embargo el

porcentaje de especies presentes es similar para herbáceas y árboles persistentes, la tabla 5.3 muestra los porcentajes y los valores absolutos de especies e individuos correspondientes a cada una de las historias de vida.

Tabla 5. 3 Proporción y abundancia de especies e individuos de las categorías de historia de vida encontradas en el banco de semillas del suelo.

Historia de Vida	% de especies (# de especies)	% de semillas (# de semillas)
Árbol persistente	34.48 (10)	7.05 (99)
Herbácea	24.14 (7)	88.24 (1239)
Árbol pionero	13.79 (4)	3.49 (49)
Desconocido	27.59 (8)	1.21 (17)

Distribución y diversidad de la comunidad de semillas en las dos condiciones

Características generales de la comunidad del banco de semillas en los muestreos en terrenos abiertos

Durante los muestreos realizados en terrenos abiertos, encontré un total de 1133 semillas correspondientes a 10 especies. En las figuras 5.3 y 5.4 se muestran las abundancias de las especies e individuos en cada una de las dos épocas de muestreo.

La especie de leguminosa *Mimosa pudica* fue la más abundante en ambos muestreos (92.5% del total de semillas). Las demás especies permanecieron con porcentajes muy bajos, en general menores al 3% del total. En éstos muestreos identifiqué al menos 15 familias taxonómicas, debido a la abundancia de *Mimosa pudica* la familia más abundante fue Leguminosae con 97%. Esta familia fue también la que con más especies contribuyó 4, comparada con 3 de Euphorbiaceae.

En relación a la abundancia por categorías de historia de vida, encontré que las plantas con historia de vida herbácea representan el 96.5% del total de individuos. En cuanto a número de especies se refiere los árboles persistentes de la selva son los más representados con 9 especies. Las especies herbáceas también se encuentran bien representadas con 8.

El banco de semillas está constituido casi en su mayoría por semillas con tipo de dispersión zoócora, el 98.3% de las semillas encontradas presentan éste tipo de dispersión; 17 especies con dispersión zoócora fueron encontradas en el banco de semillas del suelo.

Características generales de la comunidad del banco de semillas del suelo en terrenos debajo de los árboles aislados

En éste tratamiento capturé, durante los dos muestreos, un total de 271 semillas que corresponden a por lo menos 26 especies. Las figuras 5.6 y 5.7 muestran la abundancia de especies e individuos por muestreo.

Observé que en el banco de semillas en éste tratamiento *Mimosa pudica* es la más dominante. El banco de semillas en el suelo está constituido en un 43.5% por esta especie, esta presenta fructificación durante todo el ciclo anual. La segunda especie más abundante fue *Ardisia compressa*, que aporta el 21.8% del total de semillas encontradas.

Durante los muestreos en éste tratamiento encontré al menos 14 familias taxonómicas. La familia Leguminosae fue la más abundante y también la más diversa: un 53% del total de semillas correspondieron a esta familia, con 4 especies; la familia Myrsinaceae tuvo también una abundancia alta con el 22.1% de las semillas, aunque solo de 2 especies.

Las plantas con historia de vida herbácea fueron las más abundantes en éste tratamiento (53.5%) Los árboles persistentes de la selva tuvieron el 35.7% del total de semillas. En cuanto al número de especies se refiere, encontré que los árboles persistentes tuvieron 9 especies contra 5 de las herbáceas.

Al igual que en el tratamiento anterior, la dispersión de tipo zoócora resultó ser la que se encuentra mejor representada en el banco de semillas: del total de semillas encontradas 86.3% pertenecen a éste grupo, y éstas pertenecen a 15 especies.

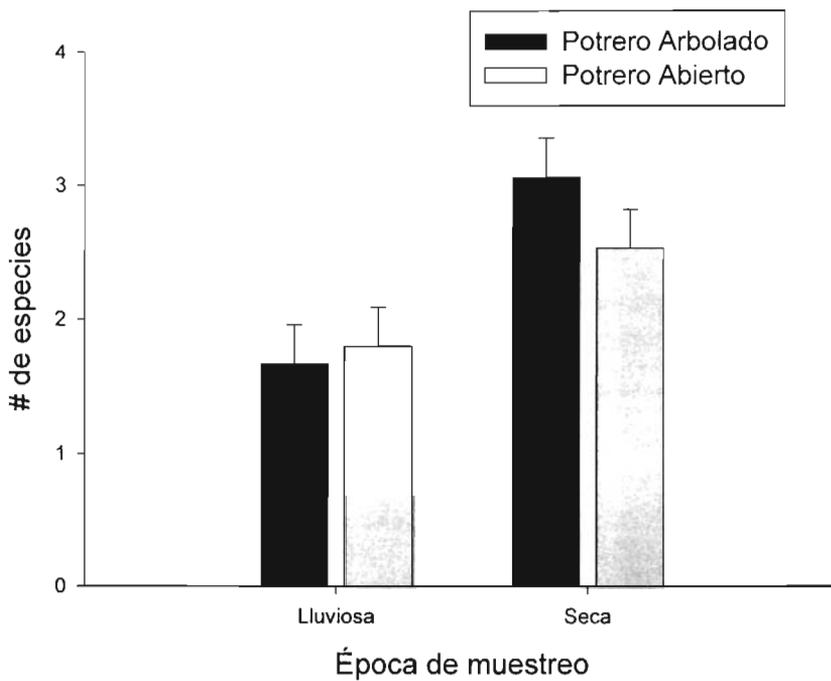


Fig. 5. 3 Número promedio de especies colectadas en el banco de semillas del suelo ($\pm 1EE$) para las dos épocas de muestreo.

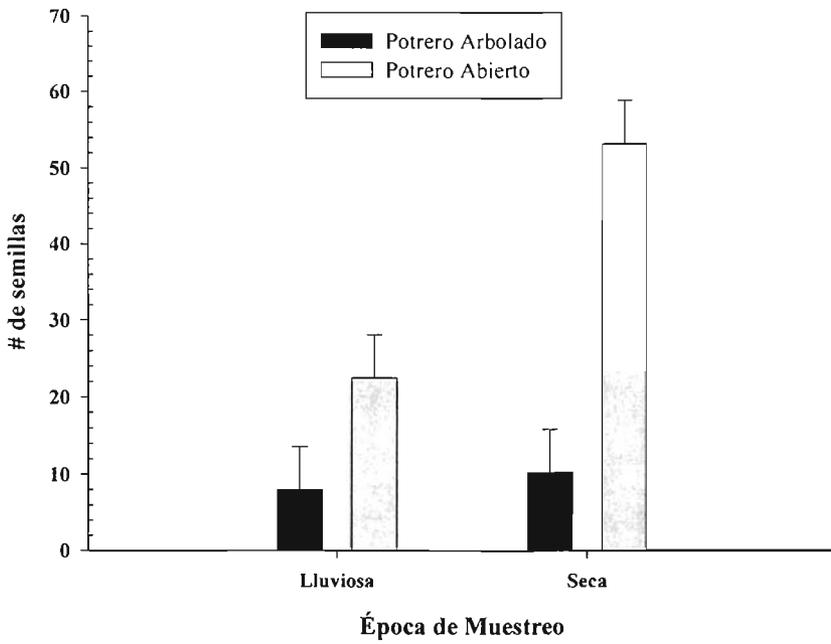


Fig. 5. 4 Número promedio de semillas colectadas en el banco del suelo (± 1 EE) para las dos épocas de muestreo.

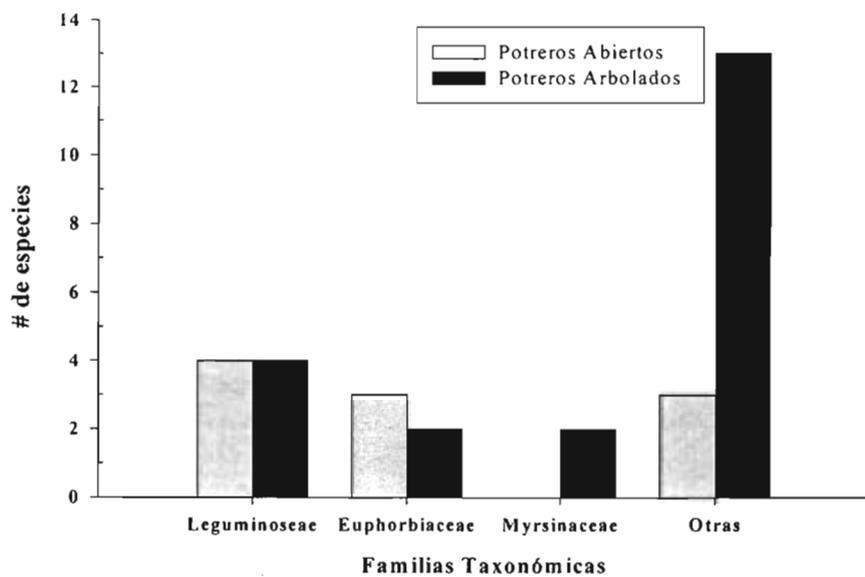


Fig. 5. 5 Número de especies pertenecientes a cada una de las familias taxonómicas más importantes en el banco de semillas del suelo en las dos condiciones.

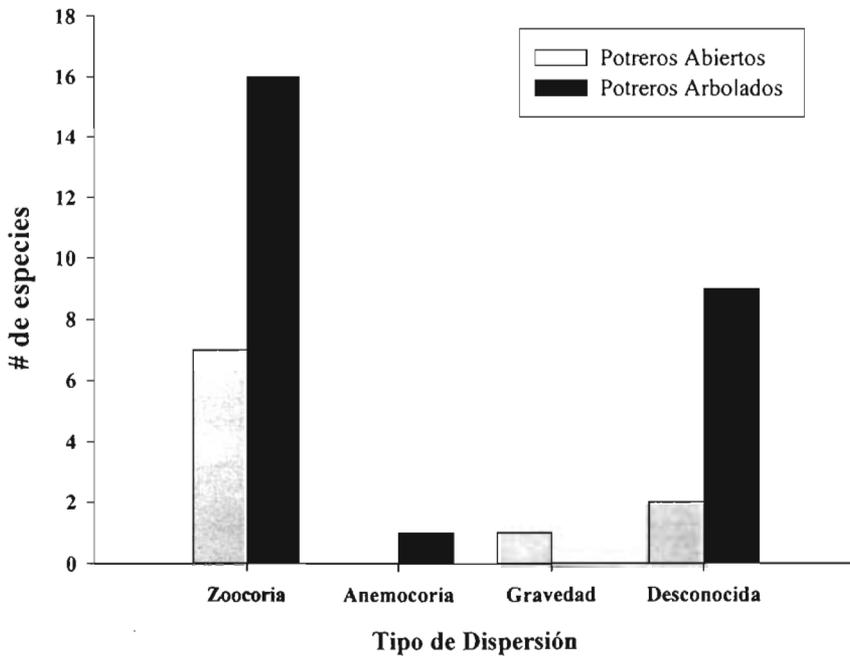


Fig. 5.6 Número de especies correspondientes a cada tipo de dispersión registrado en el banco de semillas para las dos condiciones.

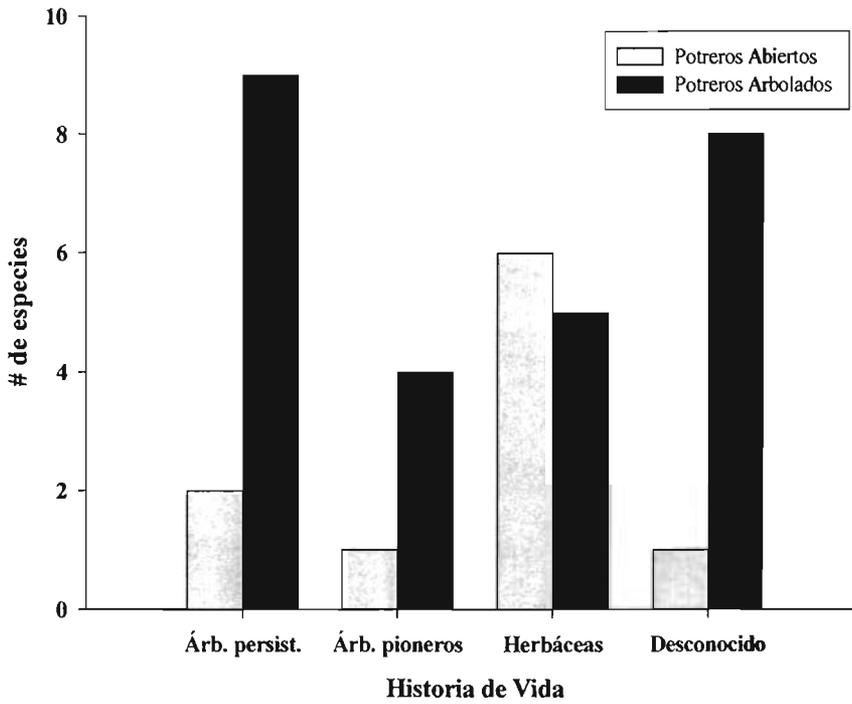


Fig. 5. 7 Número de especies para cada categoría de historia de vida registrado para las dos condiciones.

Comparación de la comunidad del banco de semillas del suelo del Potrero abierto vs. Potrero arbolado

Tabla 5. 4 Estructura de la comunidad del banco de semillas del suelo para cada época de colecta y tratamiento, así como los valores totales de cada tratamiento.

	Riqueza (# de especies)	Abundancia (# individuos)	Índice de Shannon	Dominancia Berger- Parker
<i>Potrero Abierto (Secas)</i>	6	796	0.121	0.98
<i>Potrero Abierto (lluvias)</i>	7	337	0.74	0.8
<i>Potrero Arbolado (secas)</i>	22	151	1.98	0.4
<i>Potrero Arbolado (lluvias)</i>	8	120	0.9659	0.725
<i>Total de Potreros Abiertos</i>	10	1135	0.37	0.92
<i>Total de potreros Arbolados</i>	26	269	1.93	0.43

Especies presentes en el banco de semillas

El Análisis de varianza nos indica que existen diferencias significativas respecto a la época de muestreo (lluvias y secas) y el número de especies ($F_{(1,1)} = 13.6$; $P = 0.005$), Encontramos significativamente más especies en la época de secas que en la época lluviosa (Figura 5.8). No encontré diferencias significativas respecto al tratamiento ($F_{(1,1)} = 0.5$; $P =$

0.4925), lo que significa que no hay un efecto de los árboles aislados sobre el banco de semillas (Figura 5.9).

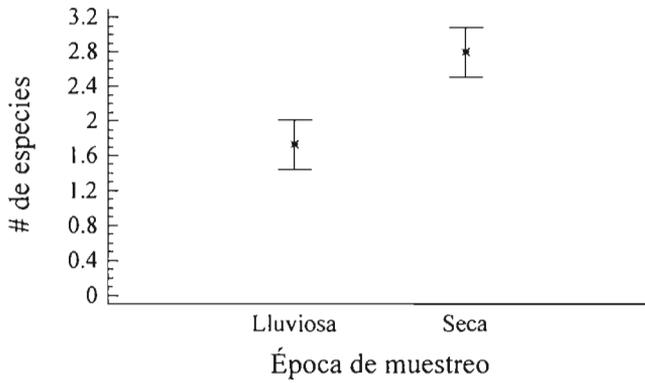


Fig. 5. 8 Número de especies promedio (± 1 EE) en cada una de las épocas de muestreo.

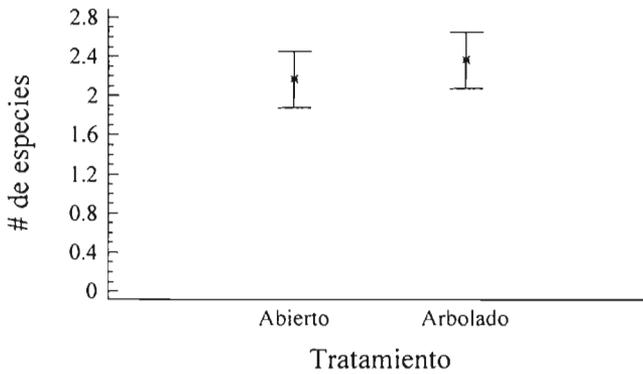


Fig. 5. 9 Número de especies promedio (± 1 EE) para cada condición.

Número de individuos presentes en el banco de semillas

Existen diferencias significativas entre la época de muestreo con respecto al número de individuos encontrados en las trampas ($F_{(1,1)} = 8.78$; $P = 0.0045$). Encontré un efecto de la época de muestreo sobre el número de semillas: la época de secas presentó significativamente más semillas que la época de lluvias.

En relación con el tratamiento (potrero arbolado y potrero abierto), encontré que también existieron diferencias significativas ($F_{(1,1)} = 26$; $P < 0.0001$): las estaciones de muestreo situadas en los potreros abiertos presentaron más individuos que las de los sitios arbolados.

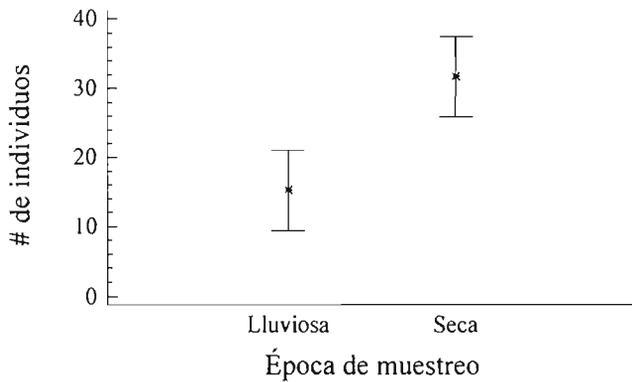


Fig. 5. 10 Número de individuos promedio (± 1 EE) en cada una de las épocas de muestreo.

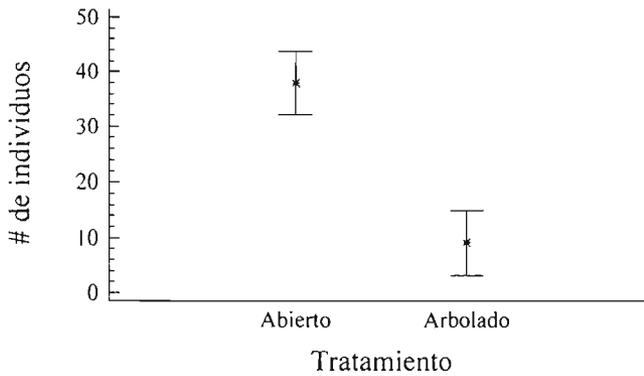


Fig. 5. 11 Número de individuos promedio (± 1 EE) para cada condición.

Diversidad

Se encontraron diferencias significativas en los valores del índice de Shannon respecto al tratamiento ($F_{(1,5)} = 11.41$; $P < 0.0278$) (Figura 5.12): la condición de arbolado tuvo una diversidad casi cuatro veces más alta que los sitios abiertos.

Un buen indicador de cómo está organizada la diversidad y abundancia es el índice de dominancia de Berger-Parker. En los potreros abiertos éste índice es muy alto, lo que quiere decir que pocas especies dominan el banco real de semillas y que estas pocas especies se encuentran muy bien representadas; por otra parte en el caso de los potreros arbolados se mantiene una dominancia relativamente baja y las especies se encuentran más uniformemente distribuidas. Estas diferencias en el índice de Berger-Parker son estadísticamente significativas ($t = 0.49$, $P < 0.05$).

Análisis de similitud entre las comunidades

El valor global tomando en cuenta todos los muestreos del índice de Sorenson fue de 0.38, indicando una similitud relativamente baja. Además, registré a 7 especies comunes entre ambos tratamientos, de un total de 10 en el sitio abierto y 26 en el arbolado.

Calculé el mismo índice para comparar los dos tratamientos y las dos épocas de muestreo; en la Tabla 5.8 se muestran los valores de cada una de estas combinaciones.

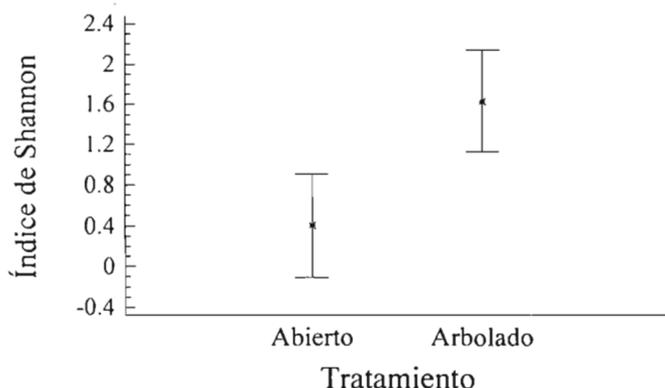


Fig. 5. 12 Índice de Shannon promedio (± 1 EE) correspondiente a las dos épocas de muestreo en conjunto, en cada una de las condiciones.

Tabla 5. 5 Matriz de combinaciones del índice de similitud de Sorenson para las dos épocas de muestreo en ambos tratamientos.

	Época de Secas Potrero Abierto	Época de Lluvias Potrero Abierto
Época de Secas Potrero Arbolado	0.21	0.21
Época de Lluvias Potrero Arbolado	0.43	0.8

Índice de Vecindario

Los valores del índice de vecindario se relacionaron mediante una relación lineal con el número de especies y número de individuos encontrados en el bando de semillas del suelo, para observar si existe una relación entre la densidad de arbolado alrededor de las estaciones y las semillas resultantes. No se encontraron valores de correlación estadísticamente significativos entre el Índice de Vecindario y la cantidad de especies y de semillas en ninguno de los tratamientos ($r^2 = 5.24$, $P = 0.223$; $r^2 = 13$, $P = 0.07$, , respectivamente) (Figuras. 5.13 y 5.14).

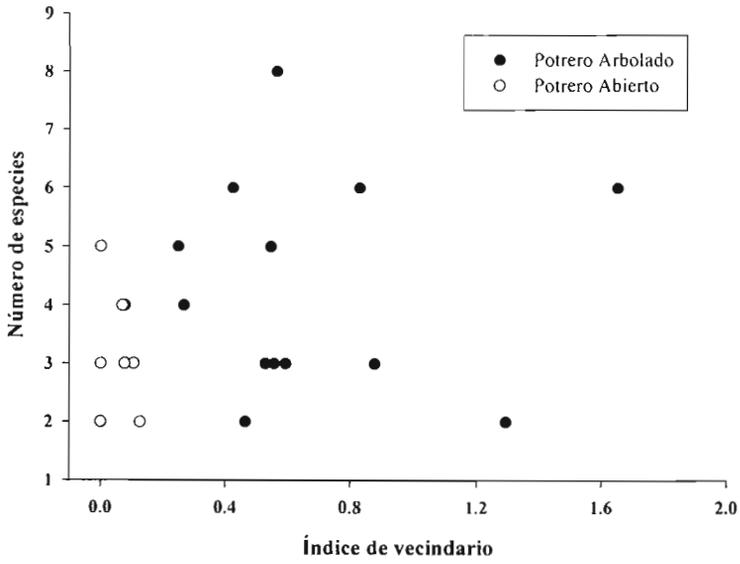


Fig. 5. 13 Relación entre el índice de vecindario y el número de especies encontradas en el banco de semillas del suelo, en las dos estaciones de muestreo.

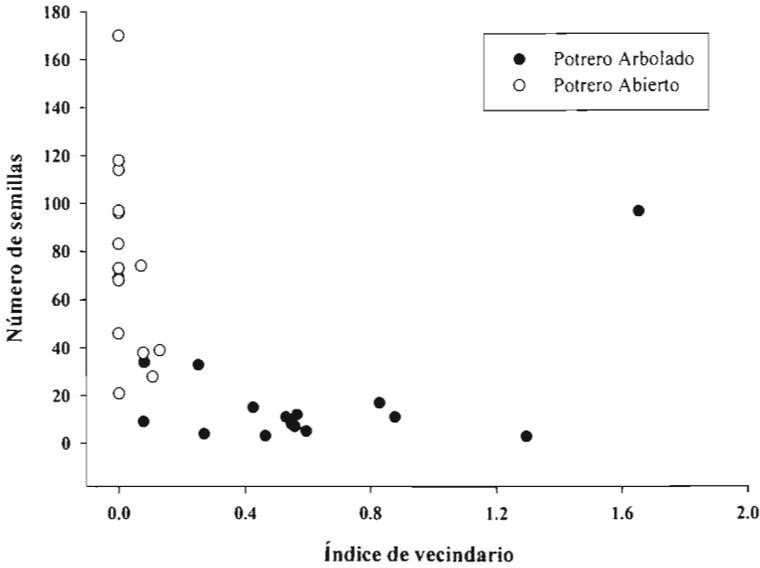


Fig. 5. 14 Relación entre el índice de vecindario y el número de individuos encontrados en el banco de semillas del suelo, en las dos estaciones de muestreo.

DISCUSIÓN

Número de especies en el banco de semillas

Los resultados muestran que *Mimosa pudica* es la especie que domina ampliamente el banco de semillas en el suelo, tanto en las estaciones de muestreo en sitios abiertos como en las estaciones debajo de los árboles aislados. No se identificaron diferencias significativas en el número de especies entre las muestras de sitios abiertos y arbolados. Una de las explicaciones de la dominancia de las herbáceas, especialmente de *Mimosa pudica* es que las semillas presentan tiempos de latencia mayores que las semillas de los árboles de la selva (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1990).

Las semillas producidas por árboles y arbustos tropicales pioneros poseen mecanismos de latencia especializados. Estas semillas son pequeñas y pueden tolerar la desecación y el almacenamiento por largos periodos de tiempo (Roberts 1973); esto se debe

principalmente a mecanismos de latencia fisiológicos como la latencia impuesta por testas duras, o por requerimientos lumínicos y/o hídricos favorables (Vázquez-Yanes 1976).

Muchos estudios se han enfocado a comparar los tiempos de latencia de semillas de plantas con diferentes estrategias de vida (Reis *et al.* 1980; Orozco-Segovia y Vázquez-Yanes 1989; Vázquez-Yanes *et al.* 1996) y se ha encontrado que las especies de vegetación primaria en zonas tropicales producen semillas grandes y carnosas que no pueden ser almacenadas o deshidratadas. Además no presentan mecanismos de latencia y su germinación se presenta en tiempos muy cortos después de la dispersión. Se interpreta que esto es debido a que en éstos ambientes las condiciones para germinar son favorables la mayoría del tiempo y además las presiones de depredación se reducen cuando el tiempo de latencia es corto.

Moreno (1973) encontró que las herbáceas dominan los bancos de semillas en sitios abiertos en pastizales tropicales. Sin embargo, en el número de especies presentes no se notó una dominancia por parte de las herbáceas. Esto se explica principalmente por la dominancia tan fuerte que *Mimosa pudica* tiene en el lugar. Encontramos más semillas de árboles persistentes en los potreros arbolados que en los potreros abiertos, lo que nos dice que a pesar de que estas semillas generalmente no poseen mecanismos de latencia, se encuentran presentes en el banco de semillas. Estas semillas probablemente fueron resultado de una dispersión muy reciente a las fechas de los muestreos. En éste caso se vuelve a reflejar el efecto que tienen los árboles aislados como focos de regeneración debido a la mayor proporción de especies de semillas que bajo ellos se acumulan.

Encontré que la familia Leguminosae es una de las más prominentes en el banco de semillas. Además de poseer tiempos de latencia prolongados las leguminosas son favorecidas por otras características como son: la pobre composición florística de los pastizales y el manejo que se presenta en estos, además de que presentan una alta producción de semillas durante casi todo el año, lo que les permite formar parte permanente.

Pese a que la lluvia de semillas permite a las semillas de selva madura ser parte del banco de semillas, las condiciones desfavorables, su corto periodo de latencia y la depredación post-dispersión las reducen dramáticamente.

Los estudios de Moreno (1973) han documentado que el banco de semillas en sitios abiertos es totalmente diferente del que se presenta en un bosque maduro; las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad y biológicas como la presencia de microorganismos y hongos descomponedores son muy distintas entre éstos dos ambientes.

Se encontraron muchos más individuos presentes en las estaciones abiertas, sin embargo éste alto número de individuos perteneció casi en su totalidad a la Leguminosa *Mimosa pudica*. *Mimosa pudica* es una planta herbácea característica de sitios alterados como los potreros o la orilla de los caminos. Esta planta tiene una distribución muy amplia en el Neotrópico y en la zona de Los Tuxtlas. Es muy frecuente encontrarla en los pastizales de la región. Esta planta es considerada como una maleza por los habitantes de la región ya que no es palatable para el ganado debido a que posee espinas (Guevara *et al.* 1994). Según el esquema tradicional de manejo de los pastizales en la zona, esta especie es cortada con machete (chapeo) regularmente para evitar su crecimiento. Paradójicamente las prácticas tradicionales incluyendo el forrajeo por el ganado y el chapeo agotan el banco de semillas de otras especies (Uhl *et al.* 1988), por lo que esta especie que intenta ser combatida, se convierte en beneficiada al dominar el banco de semillas. Además, si bien la capacidad de dispersión de estas semillas es reducida, se ha descrito que el pelaje del ganado es el principal vector de dispersión de la especie (Janzen 1984).

Efecto de la época de muestreo sobre el banco de semillas

Encontré significativamente más especies y más individuos en los muestreos realizados durante la época de secas que en la época de lluvias. Una de las condiciones más importantes en la germinación de las semillas es la humedad y el potencial hídrico que ésta provoca, por lo que la época de lluvias representa la temporada óptima para que se presente la germinación (Vázquez- Yanes y Orozco Segovia 1990). Durante la época de lluvias las semillas presentes en el banco pierden su latencia y germinan, provocando que la densidad de semillas en los potreros disminuya, y la de plántulas aumente. Este fenómeno ha sido reportado para diferentes ecosistemas en los que se ha encontrado que la época de lluvias representa la más favorable para la germinación, por lo que las abundancias en el banco de semillas disminuyen (Otero-Arnaiz *et al.* 1999; Dalling *et al.* 1997). Por otra parte, en la época de secas las condiciones no son favorables para el rompimiento de latencia de las

semillas presentes en el banco de semillas, por lo que estas permanecen y se acumulan en el tiempo hasta que las condiciones, principalmente hídricas, cambian y se desencadena la germinación (Vázquez- Yanes y Orozco- Segovia 1990).

Otro factor importante en estas diferencias son los ataques de parásitos y microorganismos desintegradores. En las épocas de secas éstos organismos se mantienen con abundancias relativamente bajas debido a que las condiciones ambientales no les son favorables, por lo que las semillas tienen más posibilidades de permanecer en el banco de semillas que en la época de lluvias, que es cuando se presenta el pico de abundancia de depredadores y parásitos que merman la población de semillas.

Dispersión

Las semillas con síndrome de dispersión zoochora fueron las más representadas. Esto ocurrió tanto en las estaciones abiertas como en las arboladas. Las semillas presentes en el banco de semillas de los potreros han sido depositadas por vertebrados (Guevara *et al.* 2004).

Las herbáceas poseen estrategias para ser exitosas en los sitios abiertos y perturbados. Una de las principales estrategias que pude observar es la dispersión exozoocoria por parte del ganado. Esto permite a estas especies presentar una dominancia y ser miembros permanentes del banco de semillas. Esta estrategia resulta en una abundancia de plántulas también permanente en los potreros de la zona.

A pesar de esto, debido al manejo que se ha hecho del área, estas especies presentan un problema para los dueños de los terrenos ya son consideradas como plantas no deseables y son cortadas regularmente (Guevara *et al.* 1997).

Diversidad y Dominancia

El banco de semillas de los muestreos en sitios arbolados fue más diverso que en los sitios Abiertos. Los sitios abiertos son destinatarios de una gran cantidad de especies, y las semillas encontradas en su mayoría pertenecen a especies de árboles del bosque maduro, las cuales han sido dispersadas por las aves; sin embargo, la abundancia relativa de estas semillas no es muy alta, lo que corrobora las ideas de Zimmerman *et al.* (2000) y Wijdeven *et al.* (2000) en cuanto a que el factor limitante más importante en la regeneración de los sitios abiertos es la disponibilidad de propágulos.

Las plantas con crecimiento herbáceo fueron las más abundantes en las estaciones abiertas. Como ya discutí anteriormente estas semillas son muy abundantes, pero no muy diversas. Estas semillas en su mayoría provienen de lugares muy cercanos a las estaciones de muestreo y han sido dispersadas por el ganado y en menor medida por otros factores.

Un indicador muy importante de las diferencias en el banco de semillas respecto a las estaciones abiertas y arboladas es la dominancia. Este índice apunta a que la dominancia en las estaciones abiertas fue casi total por parte de unas pocas especies (0.92), y *Mimosa pudica* es el principal componente del banco de semillas en los sitios abiertos. Sólo se capturaron 10 especies para éste tratamiento y la captura total de individuos fue de 1135.

En los potreros arbolados encontramos que no existió una dominancia tan grande, y en éstos lugares se capturaron más de dos y media veces más especies que en el tratamiento abierto. En suma el banco de semillas en los suelos debajo de los árboles aislados de cítricos posee una buena diversidad de especies potencialmente capaces de regenerar estas zonas.

CAPÍTULO VI. SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

Durante este estudio se demostró el papel que los árboles aislados de cítricos podrían jugar en programas de recuperación en la zona de Los Tuxtlas como atractores de propágulos.

Encontré en primer lugar que los árboles de cítricos se encuentran muy bien representados en la zona; la densidad media promedio es similar a la encontrada en otros grupos de árboles aislados en los potreros. La densidad media de árboles no fue diferente entre las dos condiciones topográficas analizadas, lo que significa que en ambos estos elementos arbóreos son potencialmente útiles.

La segunda parte dirigida a evaluar el papel potencial de los cítricos consistió en observaciones y análisis de la avifauna asociada a estos árboles, y encontré que los árboles aislados de cítricos funcionan como atractivos sitios de percha y refugio durante todo el año para muchas especies de aves. Las aves que visitan estos árboles son en su mayoría residentes, y provienen tanto de la selva madura como de los mismos potreros. La especie más importante en cuanto a visitas y movimiento entre los elementos arbóreos resultó ser la cotorra *Amazona autumnalis*. Ya que encontré que la densidad arbórea alrededor de los árboles aislados (vecindario) no afecta la visita de las aves, concluyo que el árbol de cítrico en sí es suficientemente atractivo para la comunidad de aves sin tener mucho impacto del vecindario que lo rodea. La mayoría de las aves que visitaron los árboles aislados presentan una alimentación basada en las semillas y frutos, lo que apoya la idea de que las aves son los principales vectores de dispersión de muchas semillas de la selva y del potrero.

Encontré también avifauna que utilizaba regularmente estos sitios como refugio y para la reproducción. Esto muestra el beneficio que brindan estos elementos arbóreos a la comunidad de aves, más allá del efecto que detecté sobre las semillas.

Mi estudio fue consistente en detectar diferencias en cuanto a la utilización del hábitat en los dos tratamientos: en los potreros arbolados encontramos que casi todas las aves que lo visitaron lo utilizaron para diferentes actividades como percha, refugio, zona de alimentación y reproducción; por otra parte encontré que en las zonas abiertas encontramos que muy pocas especies utilizan realmente el hábitat y que la mayoría de aves solo transita estas zonas para llegar a otro lugar.

Otra parte del trabajo consistió en analizar cuál es el papel que los árboles de cítricos tienen como foco de regeneración. Para probar esto investigué y comparé la lluvia de semillas a lo largo de un ciclo anual en dos tratamientos: lluvia de semillas debajo de los cítricos y en lugares fuera de la influencia del arbolado.

Encontré que la lluvia de semillas se concentra abundantemente en los lugares debajo de los naranjales. En estos hallé muchas más especies e individuos, la diversidad fue mayor y en términos generales encontré un efecto muy fuerte de los naranjales sobre la lluvia de semillas. Los valores de la lluvia de semillas debajo de los naranjales son similares a la que se ha descrito para otros elementos arbóreos aislados (*Ficus* spp.) e inclusive es equiparable con la lluvia de semillas registrada en el interior de la selva.

La mayoría de las especies encontradas en este estudio correspondieron a plantas con historia de vida de árbol persistente primario. Esto quiere decir que estas semillas provinieron principalmente de algún fragmento de selva, y la mayoría de las semillas presentaron una dispersión zoócora, lo que confirma que el vector de dispersión más importante de éstas fue la avifauna. En la lluvia de semillas se capturaron 64 especies correspondientes a 32 familias taxonómicas. La familia que más especies presentó fue Leguminosae (6); esta familia es característica tanto de sitios abiertos como de la selva misma. La familia Euphorbiaceae registró 5 especies. Respecto a las familias con más semillas registradas, encontré en primer lugar a las Poaceae, las cuales son típicas de lugares abiertos, donde las estaciones de muestreo estuvieron inmersas en una enorme matriz de pastizales. Estas plantas son dispersadas por el ganado, principalmente cuando este se alimenta e ingiere las paniculas y mediante su pelaje.

En mi análisis del banco de semillas del suelo debajo de los naranjales y fuera de la influencia de estos, encontré que la comunidad de la lluvia de semillas difiere de la encontrada en el banco del suelo. Se considera que las semillas tropicales no presentan latencia, por lo que no forman parte del banco permanente de semillas en el suelo. Sin embargo se distinguió el efecto de los naranjales sobre el banco de semillas del suelo, ya que encontré una mayor cantidad de especies en las estaciones colocadas debajo de los naranjales. Sin embargo, en cuanto al número de individuos hubo una mayor densidad en las estaciones fuera de los árboles aislados. Esto sucede porque el banco de semillas fuera de los árboles se encuentra dominado casi en su totalidad por una especie de Leguminosa

(*Mimosa pudica*). Esta especie es característica y dominante de los sitios abiertos y muy perturbados, se le considera una especie ruderal y es muy exitosa en los potreros tropicales. En las estaciones debajo de los naranjales las leguminosas también fueron dominantes, sin embargo encontré una diversidad importante de especies provenientes de la selva.

El presente estudio arroja luz sobre el papel que los árboles de cítricos tendrían en programas de restauración y recuperación de la zona de Los Tuxtlas. Los naranjales representan un elemento tradicional en la cultura del uso de la tierra en la zona de estudio, y mis estudios documentan que constituyen un elemento importante en la regeneración de los pastizales tropicales. Estos elementos arbóreos incrementan en gran medida la disponibilidad de dispersores diurnos, lo que tiene implicaciones muy importantes sobre la disponibilidad de propágulos, que es el factor limitante más importante en la regeneración de las zonas tropicales. La presencia de naranjales en la zona compensa parte de la erosión de la diversidad florística del paisaje trastornado ya que las aves asociadas a estos árboles proporcionan una gran diversidad de semillas de la selva durante todo el año. Las aves frugívoras son un grupo trascendental en la regeneración de los pastizales tropicales ya que juegan un papel muy importante en la dispersión de las semillas hacia los claros, lo que ayuda a asegurar la sucesión.

Este efecto quedó de manifiesto en los estudios posteriores de la lluvia de semillas y el banco de semillas en el suelo, con tales estudios encontré una mayor diversidad y una mayor disponibilidad en general de propágulos. Este estudio sugiere que un componente de las alternativas para el manejo del lugar deberían incluir la plantación de árboles nativos que tengan un papel similar al de los cítricos, para así aumentar los sitios de percha de las aves, y con esto atraer a dispersores que incrementen la probabilidad de llegada de propágulos.

La literatura reciente hace énfasis en la multitud de problemas que acarrear las especies exóticas. El presente estudio constituye evidencia de que tal generalización debe verse con cuidado, al menos desde la perspectiva de la facilitación de la restauración de la selva tropical, ya que mis datos sugieren, consistentemente, un papel benéfico de los árboles de cítricos, y el hecho de que no puedan permanecer en el interior de la selva madura evita el riesgo de que la sucesión se arreste o de que estos árboles se conviertan en una especie invasora. Estos hechos y el interés y tradición de los habitantes locales por

plantar y mantener cítricos sugieren que su manejo debe tomarse en cuenta en planes de restauración.

BIBLIOGRAFÍA

- Aide T. M. y J. Cavelier. 1994. **Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.** Res. Ecol. 2: 219-229.
- Aide, T. M., J. K. Zimmerman, L. Herrera, M. Rosario, y M. Serrano. 1995. **Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico.** Forest Ecology and Management 77:77-86.
- Aide T. M., J. K. Zimmerman, J. B. Pascarella, L. Rivera y H. Marcano-Vega. 2000. **Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implication for restoration ecology.** Res. Ecol. 8: 328-338.
- Alvarez-Buylla E. R. y M. Martínez-Ramos. 1990. **Seed bank versus seed rain in the regeneration of a tropical pioneer tree.** Oecologia 84: 314-325.
- AOU (American Ornithologists' Union). 1998. **Check list of North American birds.** Seventh edition. American Ornithologists' Union. Washington D. C. EUA. 877 pp.
- Augspurger, CK. 1986. **Morphology and dispersal potential of wind/dispersed diaspores of neotropical trees.** Amer. Journ. of Bot. 73:353-363.
- Bocco G. y G. García-Oliva 1992. **Researching gully erosion in México.** Journal of Soil and Water Conservation. 47 (5): 365-367.
- Bradshaw A. D. 1987. **Restoration: an acid test for ecology.** In: W. R. Jordan III, M. E. Gilpin y J. D. Aber. Eds. Restoration ecology. A synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press, pp. 23-29.
- Brown, M. B., y A. B. Forsythe. 1974. **The small sample behavior of some statistics which test the equality of several means.** Technometrics, 16, 129-132.

- Brown S. y A. E. Lugo. 1994. **Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development.** Res. Ecol. 2: 97-111.
- Cardoso Da Silva, J M., C. Uhl y G. Murria. 1996. **Plant succession, landscape management and the ecology of frugivorous birds in abandoned Amazonian pastures.** Cons. Biol. 10: 491-503.
- Castro Acuña R y S. Guevara 1976. **Viabilidad de semillas en muestras de suelo almacenado de “Los Tuxtlas”, Veracruz.** en: Gómez- Pompa, A., Vázquez-Yanes, Del Amo S. Y A Butanda (editores). 1976 Investigaciones sobre la regeneración de las selvas altas en Veracruz. Ed Continental, México.
- Cházaro, M. J. 1977. **El huizache, *Acacia pennatula* (Schelecht. & Cham.) Benth. Especie invasora del centro de Veracruz.** Biotica 2: 1-17.
- Clark; M.; R. Silman, E. Kern; Macklin y J. H. Rislambers. 1999. **Seed dispersal near and far: patterns across temperate and tropical forests.** Ecology 80: 1475–1494.
- Coates – Estrada, R., y A. Estrada, 1985. **Lista de las Aves de la Estación de Biología Los Tuxtlas.** Instituto de Biología, UNAM. 41 pp. Dirzo R. y A. Miranda 1990.
- Dalling, J.W., M.D. Swaine, N.C. Garwood, 1997. **Soil seed bank community dynamics in seasonally moist lowland forest, Panama.** Journal of Tropical Ecology 13:659-680.
- Dirzo R. 1991. **Rescate y restauración ecológica de la selva de Los Tuxtlas.** Ciencia y desarrollo 13:33-45. México.
- Dirzo R. y E. García 1992. **Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in southeast Mexico.** Cons. Biol. 6: 84-90.

- Dirzo, R. y A. Miranda, 1990. **Contemporary Neotropical defaunation and forest structure, function, and diversity. A sequel to John Terborgh.** *Cons. Biol.* 4: 444-447.
- Dirzo, R. y A. Miranda. 1991. **Altered patterns of herbivory and diversity in the forest understory: a case study of the possible consequences of contemporary defaunation.** En: P. W. Price *et al.* Eds. *Plant animal interactions: Evolutionary ecology in tropical and temperate regions.* J Wiley, New York.
- Dirzo, R, y P. H. Raven. 2003. **Global biodiversity and loss.** *Annual Review of Environmental Resources.* 28: 137-167.
- Dupuy J. M. y R. L. Chazdon 1998. **Long-term effects of forest regrowth and selective logging on the seed bank of tropical forests in NE Costa Rica.** *Biotropica* 30: 223-237.
- Escalante-Pliego, A. Navarro y A. T. Peterson. 1993. **A geographic, ecological and historical analysis of land bird diversity in Mexico.** En: T.P. Ramammorthy, et al. (Eds), *Biological Diversity of Mexico: origins and distributions.* Oxford University Press: 281-299.
- Estrada, A. y T. H. Fleming (Edrs). 1986. **Frugivores and seed dispersal.** Dr. Junk publisher, Dordrecht, Netherlands.
- Estrada A., R. Coates Estrada, D. Meritt Jr., S. Montiel y D. Curiel 1993. **Patterns of frugivore species richness and abundance in forest islands and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico.** *Vegetatio* 107/108: 245-257.
- Forman R.T.T. y M. Gordon. 1986. **Landscape ecology.** Jonh Wiley & sons, New York.

- García E. 1981. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen** FOCET Larios, México DF. 217pp.
- García Aguirre M. C. 1988. **Landscape ecological approach for forest conservation. A case study in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico.** PhD Thesis, International Institute for aerospace survey and earth sciences (ITC) enschede, The Netherlands.
- Garwood N. 1989. **Tropical soil seed bank: a review.** In Leck LA., Simmons RL. y Parker BT.(eds.) Ecology of soil seed banks pp149-190. London Academic Press.
- Gómez-Pompa A., C. Vázquez-Yanes, S. Del Amo y A. Butanda (editores). 1976. **Investigaciones sobre la regeneración de las selvas altas en Veracruz.** Ed. Continental, México.
- González Soriano E., R. Dirzo y R. Vogt 1997. **Historia natural de los Tuxtlas.** UNAM. Instituto de Ecología. México.
- Guariguata M. R., R. Rheingans y F. Montagnini. 1995. **Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: implications for forest restoration.** Res. Ecol. 3: 252-260.
- Guevara, S. 1986. **Plant species availability and regeneration in Mexican tropical rain forest.** Ph.D. dissertation. Uppsala University, Uppsala, Sweden.
- Guevara S., A. Gómez-Pompa. 1976. **Determinación del contenido de semillas en muestras de suelo superficial de una selva tropical de Veracruz, México.** en: Gómez-Pompa, A., Vázquez-Yanes, Del Amo S. Y A Butanda (editores). 1976 Investigaciones sobre la regeneración de las selvas altas en Veracruz. Ed. Continental, México.

- Guevara, S.; S.E. Purata; E. Van de Maarel, 1986. **The role of remnant trees in tropical secondary succession.** Vegetatio No. 66: 77-84.
- Guevara S., S. E. Purata y E. Van der Maarel. 1992. **Floristic composition and structure vegetation under isolated trees in neotropical pastures.** J. of Veg. Science 3: 655-664.
- Guevara, S. y J. Laborde 1993. **Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability.** Vegetatio 107/108: 319-338.
- Guevara, S., J. Meave, P. Moreno-Casasola, J. Laborde y S. Castillo. 1994. **Vegetación y flora de potreros en la sierra de Los Tuxtlas.** Acta Botánica Mexicana, 28: 1-27.
- Guevara S., J. Laborde, D. Liesenfeld, y O. Barrera. 1997. **Historia natural de los potreros de Los Tuxtlas, Veracruz.** En: Historia Natural de Los Tuxtlas. Editado por F. Soriano.
- Guevara Sada S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos 2004. **Los Tuxtlas: El paisaje de la sierra.** Instituto de Ecología A.C.
- Hernández, B. B. E. 1990. **Hábitos alimenticios y descripción de las comunidades de aves de bosque de encino y bosque de *Juniperus* en Ixcateopan, Guerrero.** Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 53 pp.
- Holl K. D. y M. E. Lulow. 1997. **Effects of species, habitat and distance from edge on post-dispersal seed predation in a tropical rain forest.** Biotropica 29: 459-468.
- 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., M. E. Loik, E. H. V. Lin y I. A. Samuels. 2000. **Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment.** Res. Ecol. 8 (4): 339-349.
- Howe, H. F. 1984. **Implications of seed dispersal by animals for tropical research management.** Biol. Cons. 30: 261-281.
- Howe, H. F. y J. Smallwood. 1982. **Ecology of seed dispersal.** Annu. Rev. of Ecol. And Syst. 13: 201-228.
- Howell, S. N. G., y S. Webb, 1995. **A guide to the birds of Mexico and Northern Central America.** Oxford University Press Inc. New York, USA. 851 pp.
- Ibarra-Manríquez G. 1985. **Descripción y fenología de sp de los Tuxtlas, estudios preliminares sobre la flora leñosa de la estación los Tuxtlas.** Tesis Licenciatura. Biología. Fac. de Ciencias. U.N.A.M.
- Ibarra-Manríquez G. y K. Oyama. 1992. **Ecological correlates of reproductive traits of Mexican rain forest trees.** Amer. J. Bot. 79: 383-391.
- Ibarra-Manríquez G. y C. S. Sinaca 1995. **Lista florística comentada de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas", Veracruz, México.** Revista de Biología Tropical 43(1-3): 75-115.
- Ibarra-Manríquez G., M. Martínez-Ramos, R. Dirzo y J. Núñez-Farfán 1997. **La vegetación en: Historia Natural de Los Tuxtlas.** González Soriano E., Dirzo Minjares R., Vogt Richard. Eds. UNAM. Instituto de Ecología. México.
- Janson CH. 1983. **Adaptations of morphology to dispersal agents in a neotropical forest.** Science 219:187-189.

- Janzen D. 1984. **Dispersal of small seeds by big herbivores: Foliage is the fruit.** *Ame. Nat.* 123: 338-353.
- Jordan III W. R., M. E. Gilpin y J. D. Aber. 1987. **Restoration ecology: ecological restoration as a technique for basic research.** In: W. R. Jordan III, M. E. Gilpin y J. D. Aber (Eds.) *Restoration ecology. A synthetic approach to ecological research.* Cambridge University Press, pp. 3-21.
- Krebs, J. C. 1985. The experimental analysis of distribution and abundance. Pp 273 – 300. in: **Ecology.** Tercera edición. Harper and Row. Latinoamericana. México.
- Laborde, J. 1996. **Patrones de vuelo de aves frugívoras en relación a los árboles en pie de los pastizales.** Tesis Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F.
- Levene, H. 1960. **In Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling.** I. Olkin et al. eds., Stanford University Press, pp. 278-292.
- Lira-Noriega A. 2003. **La vegetación de los potreros de la sierra de Los Tuxtlas.** Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Magurran, A. E. 1988. **Ecological diversity and its measurement.** Chapman and Hall. United Kingdom. 179 pp.
- Martínez-Garza C. y R. González- Montagut 1999. **Seed rain from forest fragments into tropical pastures in Mexico.** *Plant Ecology* 145: 255-265.
- Martínez-Ramos M. 1994. **Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas.** *Bol. Soc. Bot. México.* 54: 179-224.
- Martínez-Ramos M. y A. Soto-Castro. 1993. **Seed rain and advanced regeneration in a**

tropical rain forest. *Vegetatio* 107/108: 299-318.

Masera, O., M. J. Ordóñez y R. Dirzo. 1992. **Carbon emissions from deforestation in México: Current situation and long-term scenarios.** W. Makundi y J. Sathaye (eds.) *Carbon emission and sequestration in forests: Case studies from seven developing countries: Summary.* Report Ibl-32665. Lawrence Berkeley Laboratory, University of California. Berkeley, California.

Meli Paula. 2004. **Recolonización de potreros abandonados. Un caso de estudio de restauración en la selva de Los Tuxtlas, Veracruz.** Tesis Maestría Instituto de Ecología, UNAM. México D.F.

Mendoza, E., R. Dirzo y J. Fay. 2005. **A quantitative analysis of forest fragmentation in Los Tuxtlas, southeast Mexico: patterns and implications for conservation.** *Revista Chilena de Historia Natural.* En prensa.

Moreno Casasola B.P. 1973. **Estudios sobre viabilidad y latencia de semillas tropicales.** Tesis Fac. de Ciencias, UNAM. México D.F.

Navarro, S. A. G. 1986. **Distribución altitudinal de las aves de la Sierra de Atoyac, Guerrero.** Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 85 pp.

Navarro, S. A. G., y H. Benítez, 1993. **Patrones de Riqueza y Endemismo de las Aves.** *Ciencias.* Número Especial 7. Facultad de Ciencias. UNAM: 45 – 54.

Nepstad D. C., C. Uhl y E. A. Serrao. 1990. **Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: a case study from Paragominas, Pará, Brazil.** *In:* A. B. Andersoni (Ed). *Alternatives to deforestation: steps toward sustainable use of the Amazon rain forest.* Columbia University Press, NY, pp. 215-229.

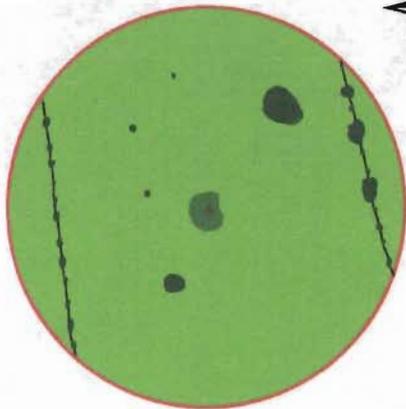
- Nepstad D. C., C. Uhl y E. A. Serrao. 1991. **Recuperation of a degraded Amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration.** *Ambio* 20: 248-255.
- Orozco-Segovia A. y C. Vázquez Yánez. 1989. **Light effect on seed germination in *Piper L.*** *Acta oecologia plantarum* 101:123-146.
- Ortiz-Pulido R., J. Laborde y S. Guevara. 2000. **Frugivoría por aves en un paisaje fragmentado: consecuencias de la dispersión de semillas.** *Biotropica* 32(3): 473-488.
- Otero-Arnaiz A., S. Castillo, J. Meave y G. Ibarra-Manríquez 1999. **Isolated pasture trees and the vegetation under their canopies in the Chiapas Coastal Plain, Mexico.** *Biotropica* 31 (1): 243-254.
- Parrotta J. A. 1992. **The role of plantation forest in rehabilitating degraded tropical ecosystems.** *Agr. Ecosys. Environ.* 41: 115-133.
- Parrotta J. A. 1995. **Influence of overstory composition on understory colonization by native species in plantations on a degraded tropical site.** *J. Veg. Sci.* 6: 627-696.
- Prance G.I. 1977 **Floristic inventory of the tropics: where do we stand?.** *Ann. Missouri Bot. Garden.* 64:659-684.
- Ralph, C. J., G. R. Geupel, P. Pyle, T. E. Martin, D. F. De Sante y B. Mila, 1996. **Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres.** USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW – GTR – 159. 44 pp.
- Reis G. G., A. Dos. Brune y A. B. Rena 1980. **Germination of seed tree species.** *Pesquisa agropecuaria brasileira* 15: 97-100.

- Rhoades C. C., G. E. Eckert y D. C. Coleman. 1998. **Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: implications for tropical montane forest restoration.** Res. Ecol. 6: 262-270.
- Sauer, J.D. 1993. **Historical geography of crop plants. A select roster.** CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Salmerón Estrada Rosalía. 1984. **Germinación de semillas acumuladas en el suelo de una selva húmeda tropical "Los Tuxtles" Veracruz, México.** Tesis de Licenciatura (Biología), Fac. de Ciencias, U.N.A.M.
- SEMARNAP. 2000. **Áreas naturales protegidas de México.**
- Schaldach Jr., W. J. y B. P. Escalante-Pliego. 1997. **Lista de Aves.** Pp. 571-588. En: González Soriano, E., Dirzo, R. y R. C. Vogt. (Eds.) **Historia natural de Los Tuxtles.** Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. 647 pp. México, D. F.
- Slud, P. 1976. **Geographic and climatic relationships of avifaunas with special reference to comparative distribution in the neotropics.** Smithsonian Contributions to Zoology, 212, 1-149.
- Sousa S. M. 1968. **Ecología de las leguminosas de Los Tuxtles, Veracruz.** Anales del Instituto de Biología. UNAM. Serie. Botánica 39(1): 121-160.
- Stiles, F. G. 1983. **Birds, introduction.** pp. 502-530. In Janzen, D. H. (ed.). **Costa Rica natural history.** Chicago University Press.
- Toledo V. M., J. Carabias, C. Toledo y C. González-Pacheco 1989. **La producción rural en México: alternativas ecológicas.** Colección Medio Ambiente. Núm.6. Fundación Universo XXI. México.

- Turner M.G. 1989. **Landscape ecology: The effect on pattern on process.** Ann. Rev. Ecol. Syst., 20: 171-197.
- Uhl C. 1987. **Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia.** J. Ecol. 75: 377-407.
- Uhl C., H. Clark y K. Clark. 1982. **Successional patterns associated with slash-and-burn agriculture in the upper Rio Negro Region of the Amazon Basin.** Biotropica 14 (4): 249-254.
- Uhl C., R. Buschbacher y E. A. S. Serrao. 1988. **Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession.** J. Ecol. 76: 663-681.
- Van der Valk A.G. y J.T. Verhoeven 1988. **The restoration of quaking fens from floating forest: the role of the seed bank and understory species.** Vegetatio 76: 3-13.
- Vázquez-Yanes C. 1976. **Seed dormancy and germination in secondary vegetation tropical plants: the role of light.** comp., Physiol. Ecol. 1:30-34.
- Vázquez-Yanes C. y A. Orozco-Segovia 1990. **Ecological significance of light controlled germination of seed in plants from two contrasting tropical habitats.** Oecologia. 83: 171 175.
- Vázquez-Yanes C, M. Batis, S. Alcocer, M. Gual, D. Sánchez 1996. **Árboles y arbustos nativos potencialmente valioso para la restauración ecológica y la reforestación.** Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vieira I. C. G., C. Uhl y D. Nepstad. 1994. **The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. as a "succession facilitator" in a abandoned pasture, Paragominas, Amazonia.** Vegetatio 115: 91-99.

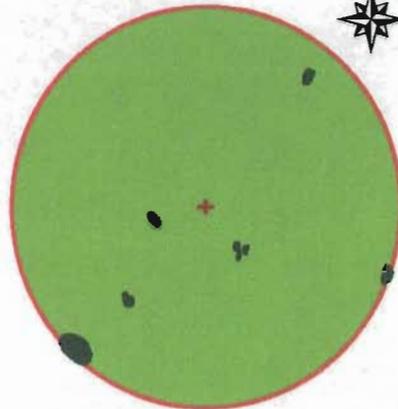
- Wijdeven S. M. J. y M. E. Kuzee. 2000. **Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica.** Res. Ecol. 8 (4): 414-424.
- Willson, M. F, A.K. Irvine, y N.G. Walsh. 1989. **Vertebral dispersal syndromes in some Australian and New Zealand plant communities, with geographic comparison.** Biotropica 21:133-147.
- Winker, K. 1997. **Introducción a las Aves de Los Tuxtlas.** Pp. 535-543. En: González Soriano, E., Dirzo, R. y R. C. Vogt. (Eds.) Historia natural de Los Tuxtlas. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. 647 pp. México, D. F.
- Young T. P. 2000. **Restoration ecology and conservation biology.** Res. Ecol. 9: 73-83.
- Zimmerman J. K., J. B. Pascarella y T. M. Aide. 2000. **Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico.** Res. Ecol. 8 (4): 350-360.

PCA <10% 1; punto 1



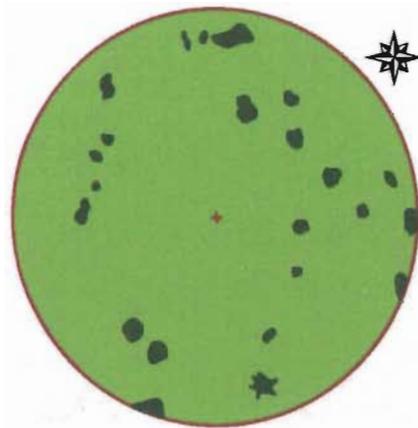
18°35'58" N
 95°04'26" W
 Cobertura:
 Árboles 8%
 Arbustos 2%
 Pasto 98%
 Cerca 2%

PCA <10% 1; punto 2



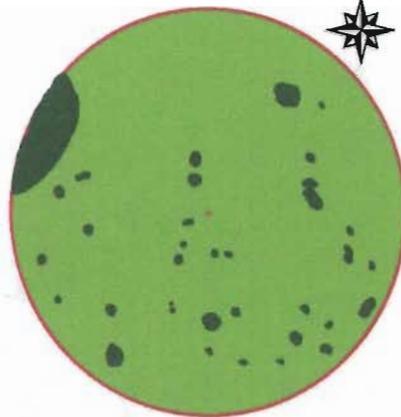
18°36'02" N
 95°04'37" W
 Cobertura:
 Árboles 1%
 Arbustos 1%
 Pasto 99%

PCA <10% 2; punto 1



18°35'24.7" N
 95°05'02.4" W
 Cobertura:
 Árboles 7%
 Arbustos 5%
 Pasto 97%

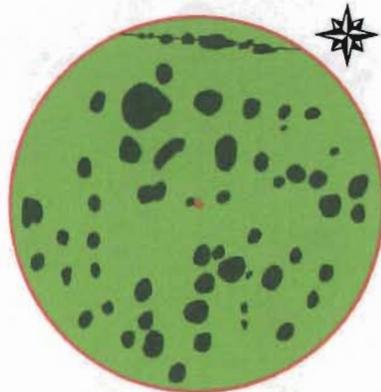
PCA < 10% 2; punto 2



18°35'16.4" N
 95°05'05.5" W
 Cobertura:
 Árboles 10%
 Arbustos 5%
 Pasto 96%

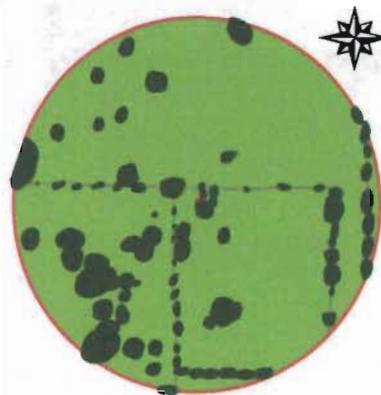
**LEVANTAMIENTOS (RELEVÉS) DE LOS POTREROS
 CON COBERTURA ARBÓREA MENOR DE 10%.**

PCA >15% 1; punto 1



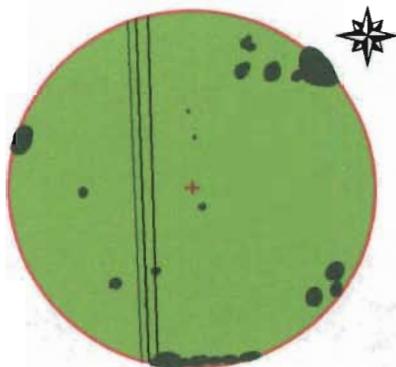
18°36'10.8" N
95°04'19.8" W
Cobertura:
Árboles 26%
Arbustos 2%
Pasto 95%
Cerca 0.5%

PCA >15% 1; punto 2



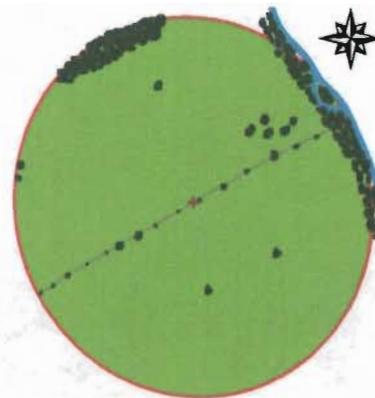
18°36'10.8" N
95°04'19.8" W
Cobertura:
Árboles 36%
Arbustos 6%
Pasto 75%
Cerca 1%

PCA > 15 % 2; punto 1



18°35'55.9" N
95°04'28.6" W
Cobertura:
Árboles 17%
Arbustos 1%
Pasto 99%

PCA > 15% 2; punto 2



18°34'45" N
95°04'47" W
Cobertura:
Árboles 20%
Arbustos 2%
Pasto 98%
Cerca 0.5%
Arroyo 1%

ANEXO I. LEVANTAMIENTOS (RELEVÉS) DE LOS
POTREROS CON COBERTURA ARBÓREA MAYOR DE 15%.

Aves registradas en el área de estudio durante las observaciones realizadas en la época de migración (Diciembre 2003), distribuidas en 9 Órdenes, 23 Familias y 64 especies.

Se observaron 31 especies en los PCA <10%; y 58 especies para los PCA >15%.

Abreviaturas. Estatus de residencia: R. se reproduce en la región, presente durante todo el año; M. Emigrante nortño, transeúntes o invierna en la región; S. Emigrante tropical, se reproducen en la región en verano; V. Se reproduce en México, Canadá o Estados Unidos y se desvía de su ruta de migración normal.

Gremios alimenticios: V. Vertebrados; I. Invertebrados; C. Carroña; F. Frutos; S. Semillas; N. Néctar.

Listado total de la avifauna registrada en la época de migración			
#	ESPECIE	ESTATUS	GREMIO
Ciconiformes			
Ardelidae			
1	<i>Bubulcus ibis</i>	R	IV
Cathartidae			
2	<i>Coragyps atratus</i>	R	C
3	<i>Cathartes aura</i>	R	CV
Falconiformes			
Accipitridae			
4	<i>Leucopternis albicollis</i>	R	V
5	<i>Buteogallus anthracinus</i>	R	IV
6	<i>Asturina nitida</i>	R	VI
7	<i>Buteo magnirostris</i>	R	IV
Falconidae			
8	<i>Polyborus plancus</i>	R	CV
9	<i>Falco columbarius</i>	M	
Columbiformes			
Columbidae			
10	<i>Columba flavirostris</i>	R	FS
11	<i>Zenaida asiatica</i>	M	FS
12	<i>Columbina talpacoti</i>	R	S
Psittaciformes			
Psittacidae			
13	<i>Amazona autumnalis</i>	R	FS
Cuculiformes			
Cuculidae			
14	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	R	I
Trogoniformes			
Trogonidae			
15	<i>Trogon violaceus</i>	R	IF
Coraciiformes			

Alcedinidae		
16	<i>Chloroceryle americana</i>	R V
Piciformes		
Ramphastidae		
17	<i>Pteroglossus torquatus</i>	R FIV
18	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	R FIV
Picidae		
19	<i>Melanerpes aurifrons</i>	R IF
20	<i>Sphyrapicus varius</i>	M IF
21	<i>Dryocopus lineatus</i>	R I
Passeriformes		
Tyrannidae		
22	<i>Contopus cinereus</i>	S I
23	<i>Empidonax flaviventris</i>	M I
24	<i>Empidonax traillii</i>	M I
25	<i>Empidonax minimus</i>	M I
26	<i>Pitangus sulphuratus</i>	R IFV
27	<i>Tyrannus melancholicus</i>	R FI
28	<i>Tyrannus couchii</i>	R FI
29	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	R IF
30	<i>Tityra semifasciata</i>	R FI
Hirundinidae		
31	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	M I
Corvidae		
32	<i>Cyanocorax morio</i>	R IFV
Troglodytidae		
33	<i>Campylorhynchus zonatus</i>	R I
34	<i>Troglodytes aedon</i>	M I
Sylviidae		
35	<i>Polioptila caerulea</i>	M I
Turdidae		
36	<i>Turdus grayi</i>	R IF
Vireonidae		
37	<i>Vireo griseus</i>	M IF
Parulidae		
38	<i>Parula americana</i>	M I
39	<i>Dendroica petechia</i>	M IF
40	<i>Dendroica magnolia</i>	M IF

41	<i>Dendroica nigrescens</i>	V	IF
42	<i>Dendroica virens</i>	M	IF
43	<i>Dendroica dominica</i>	M	I
44	<i>Mniotilta varia</i>	M	I
45	<i>Setophaga ruticilla</i>	M	I
46	<i>Seiurus motacilla</i>	M	I
47	<i>Geothlypis poliocephala</i>	R	I
48	<i>Wilsonia citrina</i>	M	I
49	<i>Wilsonia pusilla</i>	M	IF
50	<i>Basileuterus rufifrons</i>	R	I
51	<i>Icteria virens</i>	M	IF
Thraupidae			
52	<i>Euphonia hirundinacea</i>	R	FI
53	<i>Thraupis episcopus</i>	R	FI
54	<i>Thraupis abbas</i>	R	IF
55	<i>Piranga rubra</i>	M	IF
Cardinalidae			
56	<i>Guiraca caerulea</i>	M	FI
57	<i>Passerina cyanea</i>	M	S1
Emberizidae			
58	<i>Volatinia jacarina</i>	R	S
59	<i>Sporophila torqueola</i>	R	S1
Icteridae			
60	<i>Sturnella magna</i>	R	IS
61	<i>Dives dives</i>	R	IS
62	<i>Quiscalus mexicanus</i>	R	IS
63	<i>Icterus galbula</i>	M	IFN
64	<i>Psarocolius montezuma</i>	R	IFV

Aves registradas en el área de estudio durante las observaciones realizadas en la época de no migración (Mayo-Junio 2004), distribuidas en 10 Órdenes, 22 Familias y 49 especies.

Se observaron 32 especies en los PCA <10%; y 40 especies para los PCA >15%.

Abreviaturas. Estatus de residencia: R. se reproduce en la región, presente durante todo el año; V. Se reproduce en México, Canadá o Estados Unidos y se desvía de su ruta de migración normal.

Gremios alimenticios: V. Vertebrados; I. Invertebrados; C. Carroña; F. Frutos; S. Semillas; N. Néctar.

Listado total de la Avifauna registrada en la época de no migración			
#	ESPECIE	ESTATUS	GREMIO
Ciconiiformes			
Ardeidae			
1	<i>Bubulcus ibis</i>	R	IV
Cathartidae			
2	<i>Coragyps atratus</i>	R	C
3	<i>Cathartes aura</i>	R	CV
Falconiformes			
Accipitridae			
4	<i>Asturina nitida</i>	R	VI
5	<i>Buteo magnirostris</i>	R	IV
Falconidae			
6	<i>Caracara plancus</i>	R	CV
7	<i>Falco femoralis</i>	R	V
Galliformes			
Cracidae			
8	<i>Ortalis vetula</i>	R	FSI
Columbiformes			
Columbidae			
9	<i>Columba flavirostris</i>	R	FS
10	<i>Columbina inca</i>	R	S
11	<i>Columbina talpacoti</i>	R	S
Psittaciformes			
Psittacidae			
12	<i>Amazona autumnalis</i>	R	FS
Cuculiformes			
Cuculidae			
13	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	R	I
Apodiformes			
Apodidae			
14	<i>Chaetura vauxi</i>	R	I

Trochilidae		
15	<i>Anthracothorax prevostii</i>	RV NI
Trogoniformes		
Trogonidae		
16	<i>Trogon violaceus</i>	R IF
Piciformes		
Ramphastidae		
17	<i>Pteroglossus torquatus</i>	R FIV
18	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	R FTV
Picidae		
19	<i>Melanerpes aurifrons</i>	R IF
20	<i>Dryocopus lineatus</i>	R I
Passeriformes		
Tyrannidae		
21	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	R IF
22	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	R I
23	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	R IF
24	<i>Pitangus sulphuratus</i>	R IFV
25	<i>Myiozetetes similis</i>	R IF
26	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	RV IF
27	<i>Tyrannus melancholicus</i>	R FI
28	<i>Tyrannus couchii</i>	R FI
29	<i>Tyrannus tyrannus</i>	R IF
30	<i>Tityra semifasciata</i>	R FI
31	<i>Tityra inquisitor</i>	R FI
Hirundinidae		
32	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	R I
Corvidae		
33	<i>Cyanocorax morio</i>	R IFV
Troglodytidae		
34	<i>Campylorhynchus zonatus</i>	R I
35	<i>Troglodytes aedon</i>	R I
Turdidae		
36	<i>Turdus grayi</i>	R IF
Parulidae		
37	<i>Geothlypis poliocephala</i>	R I
Thraupidae		
38	<i>Euphonia hirundinacea</i>	R FI

39	<i>Thraupis episcopus</i>	R	FI
40	<i>Thraupis abbas</i>	R	IF
Emberizidae			
41	<i>Volatinia jacarina</i>	R	S
42	<i>Sporophila torqueola</i>	R	SI
43	<i>Tiaris olivacea</i>	R	S
Icteridae			
44	<i>Sturnella magna</i>	R	IS
45	<i>Dives dives</i>	R	IS
46	<i>Quiscalus mexicanus</i>	R	IS
47	<i>Molothrus aeneus</i>	R	IS
48	<i>Icterus gularis</i>	R	IF
49	<i>Psarocolius montezuma</i>	R	IFV

ANEXO III. Listado de especies capturadas en la lluvia de semillas

FAMILIA TAXONÓMICA	ESPECIE	HISTORIA DE VIDA	TIPO DE DISPERSIÓN	# de semillas potrero abierto	# de semillas potrero arbolado
Anacardiaceae	<i>Spondias radlkoferi</i>	A. Persistente	Zoócora	0	6
Annonaceae	<i>Cymbopetalum bailonii</i>	A. Persistente	Zoócora	0	19
Annonaceae	<i>Annona reticulata</i>	A. Persistente	Zoócora	0	1
Annonaceae	<i>Rollinia jimenezii</i>	A. Persistente	Zoócora	0	1
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana arborea</i>	A. Persistente	Zoócora	0	13
Aquifoliaceae	<i>Ilex valeri</i>	A. Persistente	Zoócora	0	133
Araceae	<i>Anthurium schlechdentallii</i>	Epífita	Zoócora	0	10
Araceae	<i>Anthurium scandens</i>	A. Pionero	Zoócora	0	1
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	A. Persistente	Zoócora	37	22
Asclepiadaceae	<i>Asclepias sp</i>	Herbácea	Anemócora	0	1
Bombacaceae	<i>Bernoullia flamea</i>	A. Persistente	Anemócora	0	2
Boraginaceae	<i>Cordia megalantha</i>	A. Persistente	Anemócora	11	7
Bromeliaceae	<i>Aechmea bracteata</i>	Herbácea	Zoócora	1	1
Cactaceae	<i>Epiphyllum crenatum</i>	Epífita		0	8
Compositae	<i>Piptocarpa chontalensis</i>	Liana	Anemócora	0	3
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum tabascense</i>	A. Persistente	Zoócora	0	9
Euphorbiaceae	<i>Acalypha skutchii</i>	Herbácea	Zoócora	0	25
Euphorbiaceae	<i>Tetrorchidium rotundatum</i>	A. Persistente	Zoócora	0	14
Euphorbiaceae	<i>Sapium nitidum</i>	A. Pionero	Zoócora	2	20
Euphorbiaceae	<i>Croton lobatus</i>	A. Persistente	gravedad	0	1
Euphorbiaceae	<i>Acalypha diversifolia</i>	A. Persistente	Zoócora	0	35
Leguminosae	<i>Mimosa pudica</i>	Herbácea	Zoócora	5	8
Leguminosae	<i>Aeschynomene americana</i>	Herbácea		30	201
Leguminosae	<i>Dalbergia glomerata</i>	A. Persistente	Anemócora	2	1
Leguminosae	<i>Cynometra retusa</i>	A. Persistente	Zoócora	0	7
Leguminosae	<i>Acacia sp.</i>	A. Pionero	Zoócora	0	4
Leguminosae	<i>Acacia cornigera</i>	A. Pionero	Zoócora	0	1
Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>			12	60
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	Herbácea	Zoócora	0	1
Malvaceae	<i>Pavonia schiedeana</i>	Herbácea	Zoócora	0	2
Meliaceae	<i>Guarea glabra</i>	A. Persistente	Zoócora	1	11
Monimiaceae	<i>Siparuna andina</i>	A. Pionero	Zoócora	0	5
Moraceae	<i>Trophis mexicana</i>	A. Persistente	Zoócora	0	5
Moraceae	<i>Ficus sp</i>	A. Persistente	Zoócora	486	269
Moraceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	A. Pionero	Zoócora	0	27
Moraceae	<i>Ficus sp</i>	A. Persistente	Zoócora	0	2
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	A. Persistente	Zoócora	0	3
Myrsinaceae	<i>Ardisia compressa</i>	A. Persistente	Zoócora	0	1627
Myrsinaceae	<i>Parathesis psychotroides</i>	A. Persistente	Zoócora	0	23
Myrtaceae	<i>Eugenia capuli.</i>	A. Persistente	Zoócora	2	2

FAMILIA TAXONÓMICA	ESPECIE	HISTORIA DE VIDA	TIPO DE DISPERSIÓN	# de semillas potrero abierto	# de semillas potrero arbolado
Palmae	<i>Chamaedora oblongata</i>	A. Persistente	Zoócora	0	147
Palmae	<i>Chamadorea schiedeana</i>	A. Persistente	Zoócora	0	2
Phytolaccaceae	<i>Rivinia humilis</i>	A. Pionero	Zoócora	0	37
Piperaceae	<i>Piper auitum</i>	A. Persistente	Zoócora	45	2
Poaceae	<i>Setaria sp.</i>	A. Pionero	Zoócora	0	4
Poaceae	<i>Axonopus erectus</i>	Herbácea	Zoócora	2214	103
Rubiaceae	<i>Psychotria chiapensis</i>	A. Persistente	Zoócora	1	2
Rutaceae	<i>Citrus sp</i>	A. Pionero	Zoócora	0	116
Solanaceae	<i>Solanum rudepannum</i>	A. Pionero	Zoócora	6	3
Solanaceae	<i>Gilbertia arborea</i>			0	1
Tiliaceae	<i>Heliocarpus apendicultaus</i>	A. Pionero	Anemócora	0	3
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	A. Persistente	Zoócora	0	2
	Sp1			3	7
	Sp2			0	1
	Sp3			1	0
	Sp4			1	27
	Sp5			1	0
	Sp6			9	14
	Sp7			2	0
	Sp8			0	8
	Sp9			0	6
	Sp10			0	5
	Sp11			0	1
	Sp12			0	3

ANEXO IV. Listado de especies encontradas en el banco de semillas

FAMILIA TAXONÓMICA	ESPECIE	HISTORIA DE VIDA	TIPO DE DISPERSIÓN	# de semillas potrero abierto	# de semillas potrero arbolado
Aquifoliaceae	<i>Ilex valerii</i>	A. Persistente	Zoócora	0	1
Boraginaceae	<i>Cordia megalantha</i>	A. Persistente	Anemócora	0	1
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	A. Persistente	Zoócora	0	1
Euphorbiaceae	<i>Acalypha skutchii</i>	Herbácea	Zoócora	1	3
Euphorbiaceae	<i>Acalypha diversifolia</i>	A. Persistente	Zoócora	1	1
Euphorbiaceae	<i>Croton lobatus</i>	A. Persistente	Gravedad	1	0
Gramineae	<i>Axonopus erectus</i>	Herbácea	Zoócora	28	2
Leguminosae	<i>Mimosa pudica</i>	Herbácea	Zoócora	1048	118
Leguminosae	<i>Solanum rudepannum</i>	A. Pionero	Zoócora	35	5
Leguminosae	<i>Aeschynomene americana</i>	Herbácea		16	21
Leguminosae	<i>Crotalaria spectabilis</i>	Herbácea	Zoócora	1	0
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	Herbácea	Zoócora	0	1
Monimiaceae	<i>Siparuna andina</i>	A. Pionero	Zoócora	0	1
Moraceae	<i>Trophis mexicana</i>	A. Persistente	Zoócora	0	1
Myrsinaceae	<i>Ardisia compressa</i>	Herbácea	Zoócora	0	57
Myrsinaceae	<i>Parathesis psychotrioides</i>	A. Persistente	Zoócora	0	1
Myrtaceae	<i>Eugenia capuli</i>	A. Persistente	Zoócora	0	20
Palmae	<i>Chamaedora oblongata</i>	A. Persistente	Zoócora	0	12
Phytolacaceae	<i>Rivina humilis</i>	A. Pionero	Zoócora	0	5
Rutaceae	<i>Citrus sp.</i>	A. Pionero	Zoócora	0	3
Solanaceae	<i>Solanum verrucosum</i>	Herbácea	Zoócora	2	0
	Sp1			0	1
	Sp2			2	1
	Sp3			0	8
	Sp4			0	1
	Sp5			0	1
	Sp6			0	1
	Sp7			0	1
	Sp8			0	1