



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Estructura y diversidad de la vegetación en la
zona de borde de fragmentos derivados de un
bosque tropical perennifolio en Los Tuxtlas,
Veracruz, México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

EUNICE JUÁREZ TAPIA

DIRECTOR DE TESIS: DR. FRANCISCO JAVIER ÁLVAREZ SÁNCHEZ

2009



UNAM



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE CIENCIAS

División de Estudios Profesionales

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
Presente.

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

“Estructura y diversidad de la vegetación en la zona de borde de fragmentos derivados de un bosque tropical perennifolio en Los Tuxtlas, Veracruz, México”

realizado por Juárez Tapia Eunice con número de cuenta 099162250 quien opta por titularse en la opción de Tesis en la licenciatura en Biología. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

- Propietario Dra. Silvia Castillo Argüero
Propietario Dr. Francisco Javier Laborde Dovalí
Tutor(a) Propietario Dr. Francisco Javier Álvarez Sánchez
Suplente Dr. Gonzalo Castillo Campos
Suplente M.en C. Irene Sánchez Gallén

Atentamente
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
Ciudad Univeritaria, D. F., a 02 de octubre del 2007
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE BIOLOGIA

[Signature]

DR. ZENÓN CANO SANTANA

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA DE BIOLOGIA

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

Hoja de datos del Jurado

1. Datos del alumno

Juárez
Tapia
Eunice
56224835
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de ciencias
Biología
099162250

2. Datos del tutor

Dr.
Francisco Javier
Álvarez
Sánchez

3. Datos del Sinodal 1

Dra.
Silvia
Castillo
Argüero

4. Datos del Sinodal 2

Dr.
Francisco Javier
Laborde
Dovalí

5. Datos del Sinodal 3

Dr.
Gonzalo
Castillo
Campos

6. Datos del Sinodal 4

M. en C.
Irene
Sánchez
Gallén

7. Datos del trabajo escrito

Estructura y diversidad de la vegetación en la zona de borde de fragmentos derivados de un bosque tropical perennifolio en Los Tuxtlas, Veracruz, México
57 p.
2009

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Francisco Javier Álvarez Sánchez por asesorar este proyecto y apoyarme en mi formación como bióloga. Al proyecto SEMARNAT – CONACYT – 2002 – c01 – 668 Restauración ecológica en la zona intertropical: el uso de los hongos micorrizógenos arbusculares.

A mis sinodales: Dra. Silvia Castillo, Mtra. Irene Sánchez Gallen, Dr. Gonzalo Castillo y al Dr. Javier Laborde por la revisión, corrección y aportación de ideas realizadas a la tesis.

A Irene Sánchez Gallen por su apoyo en el análisis y discusión de resultados.

A Ernesto Delgadillo Duran, por toda la ayuda en el campo; y en especial, a Braulio Gómez Chagala, por su colaboración en el trabajo de campo y apoyo en la identificación de especies; sin ellos no hubiera salido viva de Los Tuxtlas. A Marco Antonio Romero Romero por el manejo del equipo de cómputo.

A Miguel Juárez Tapia por su ayuda en matemáticas y programas de cómputo. Al grupo de Ecología del Suelo en especial a Oswaldo, Wendy, Isela, Javier, Audra, Nelly, Dulce, Diego, J.C., Julio y otra vez a Irene y Ernesto por su trabajo en campo.

A mi familia: sin ellos no estaría aquí.

Mamá muchas gracias por cuidarme y tus consejos, te quiero mucho. Papá una parte de mi es igualita a ti y también te quiero. Gracias por ayudarme en mi formación académica, y por cuidarme; no a todos les hacían sándwich en la madrugada para la escuela.

A Astrid gracias por siempre estar conmigo y por cuidarme por ... todo lo que haces por mi; no tengo palabras. Te quiero mucho hermana.

Migue, gracias por ser mi compañero de toda la vida. Te quiero Miky. Eres único realmente.

A mi familia en especial a Marcela (mi Chelita) y Enriqueta por ser mis abuelas y a mis tíos y primos por siempre considerarme como la bióloga de la familia.

A Aser, por estar conmigo, por su amor y apoyo. Te quiero.

A mis amigos por apoyarme en esta última etapa: Aser, Raybel, Isela, Wendy, Arturito y a Zeus que ha sido mi amigo y confidente por diez años.

Al equipo Anahuacalli también por ayudarme a concluir este pasito y por el bien del proyecto ecológico: Alma, Gaby, Lili, Aline, Ana Salazar, Caro, Kari, David, HTS y Mariano.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ciencias, a la Estación de Biología Tropical, a todos los profesores que colaboraron para forjar en mi una mejor persona.

Gracias... totales

A mi mamá y a mi papá.
A Astrid.
A Miguel.
*Sin cuya paciente exigencia y
constante ejemplo,
esta tesis no saldría a la luz.
Los quiero mucho.*

ÍNDICE

RESUMEN	7
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. FRAGMENTACIÓN.....	10
1.2. EL EFECTO DE BORDE.....	10
1.3. VEGETACIÓN NATIVA.....	12
1.3.1 PASTIZALES.....	12
2. ANTECEDENTES	14
3. OBJETIVOS	16
GENERAL.....	16
PARTICULARES.....	16
4. HIPÓTESIS	16
5. MÉTODOS	17
5.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	17
5.2. CLIMA.....	18
5.3. SUELO.....	19
5.4. VEGETACIÓN.....	19
5.5. EL PASTIZAL.....	20
5.6. SITIOS DE ESTUDIO.....	20
5.7. MUESTREO.....	21
6. ANÁLISIS DE DATOS	23
6.1. ÁREA BASAL ABSOLUTA (AB_A) DE LA SP_i (CM^2).....	23
6.2. ÁREA BASAL RELATIVA (AB_R) DE LA SP_i	23
6.3. COBERTURA VEGETAL ABSOLUTA (C_A) PARA LA SP_i (M^2).....	23
6.4. COBERTURA RELATIVA (C_R).....	23
6.5. FRECUENCIA ABSOLUTA (F_A):.....	24
6.6. FRECUENCIA RELATIVA (F_R).....	24
6.7. DENSIDAD ABSOLUTA (D_A).....	24
6.8. DENSIDAD RELATIVA (D_R).....	24
6.9. VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVO (VIR).....	24
6.10. DIVERSIDAD Y SIMILITUD.....	24
7. RESULTADOS	25
7.1. ABUNDANCIA TOTAL.....	25
7.2. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA.....	27
7.3. RIQUEZA DE ESPECIES LEÑOSAS.....	30
7.4. DENSIDAD.....	31
7.5. ÁREA BASAL.....	33
7.6. COBERTURA ARBÓREA.....	35
7.7. ALTURA PROMEDIO DEL DOSEL.....	35
7.8. PASTIZAL.....	37
8. DISCUSIÓN	39
8.1. DENSIDAD.....	40
8.2. RIQUEZA.....	41
8.3. COBERTURA VEGETAL.....	41
8.4. ÁREA BASAL.....	42
8.5. PASTIZAL.....	43
9. CONCLUSIONES	44
10. LITERATURA CITADA	45

RESUMEN

La vegetación de la zona de Los Tuxtlas, Veracruz corresponde al bosque tropical perennifolio (BTP). Éste presenta altas tasas de deforestación debido al cambio de uso de suelo, aislando fragmentos de vegetación de BTP rodeados de pastizal.

Las condiciones microambientales de la interfase entre los fragmentos con el pastizal (borde), influyen en el establecimiento de especies nativas del BTP. El tamaño y la fecha en la que fue aislado el BTP son importantes para describir la diversidad vegetal.

En este trabajo se describen las variaciones en la estructura de la vegetación a lo largo de un gradiente bosque – pastizal, en fragmentos cercanos al BTP representado en la reserva de la biósfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz. Fueron seleccionados para este trabajo tres fragmentos de diferente tamaño, en cada uno se delimitaron dos transectos de 10 x 100 m perpendiculares al límite del borde, 50 m al interior del bosque y 50 m en el pastizal; los transectos se dividieron en cuadros de 10 x 10 m. En cada cuadro para el estrato arbóreo, se censó y midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura y la cobertura vegetal de los árboles con DAP > 1 cm. Para el sotobosque se trazaron subcuadros de 2 x 2 m en los cuales se registró el número de plántulas y el porcentaje de cobertura de los pastos.

Se registraron 139 especies pertenecientes a 50 familias en total de las tres zonas de estudio incluyendo plántulas y árboles.

Las familias mejor representadas en el estrato arbóreo fueron Urticaceae, Euphorbiaceae, Moraceae, Malvaceae, Piperaceae y Arecaceae.

En el de 211 ha el 63% del total de las especies arbóreas está representado por uno y dos individuos, en el de 5 ha es el 60% y en el de 7 ha es del 68%.

La densidad de especies secundarias arbóreas en el de 211 ha es mayor a diferencia de los fragmentos de 5 y 7 ha que presentan un mayor porcentaje de especies primarias. Las plántulas del fragmento de 211 ha pertenecen en su mayoría a primarias lo mismo que en los fragmentos de 5 y 7 ha; se observa regeneración debido al gran porcentaje de especies en plántulas primarias en todos los sitios observados.

Hay diferencias en relación al número de especies arbóreas entre fragmentos. Se pudo apreciar que el de 211 ha tiene un mayor porcentaje de especies secundarias; este mismo comportamiento se ve en el de 5 ha. En cuanto a la riqueza del de 7 ha se observa un mayor porcentaje de primarias; la cobertura vegetal que este presenta fue mayor en los cuadros cercanos al pastizal, y en el de 5 ha la cobertura fue la menor de los tres. La mayor área basal se obtuvo en el de 7 ha.

En el pastizal colindante con el de 211 ha y en el de 5 ha, la especie que dominó es *Ichnantus nemorosus*. Y en el de 7 ha la especie que destacó fue *Cynodon plectostachyus*.

Se observó que el establecimiento de las especies primarias en los tres fragmentos es mayor hacia el interior del BTP. Se concluye que los fragmentos de 5 y 7 ha pueden ser considerados como focos de regeneración.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los ecosistemas mas diversos del mundo se encuentran los bosques tropicales perennifolios (*sensu* Rzedowski 1978). A pesar de que ocupan áreas pequeñas, en comparación a otros biomas, contienen alrededor del 50% de la biodiversidad mundial, además los servicios ecosistémicos que ofrecen son muy importantes y variados como la retención y ciclaje del agua, captura y secuestro de carbono, reciclaje de nutrientes, entre otros. Sin embargo, de manera contrastante, son de los mas deteriorados debido a las prácticas humanas, en particular; la deforestación los ha reducido a paisajes muy fragmentados con remanentes de vegetación original de extensiones pequeñas, rodeados de una matriz con condiciones ambientales negativas, para el desarrollo de este tipo de vegetación y que promueven mas aún su decaimiento. Desde un punto de vista de conservación de BTP, es fundamental tener una valoración del estado actual de esos fragmentos; conocer el impacto entre matriz y zona de contacto (borde), así como saber sobre los efectos de establecimiento y desarrollo de especies primarias en los bosques, con el fin de implementar mecanismos de recuperación o restauración de este importante bioma.

En México la selva alta perennifolia (Miranda y Hernandez-X. 1963) o bosque tropical perennifolio (BTP) (Rzedowski 1978) se encuentra presente en los estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Quintana Roo y Campeche. De acuerdo con el Inventario Nacional Forestal (SAHR 1994), 29% del territorio nacional (56.5 millones de ha) está constituido por bosques tropicales.

El bosque tropical perennifolio ha sufrido una deforestación de 501 000 ha por año en México, representando una tasa del 2% anual (Masera *et al.* 2004). Se estima que entre el 80 y 90% ha sido talado o alterado severamente generando la pérdida de cobertura vegetal original; las causas principales son el cambio de uso de suelo por actividades como la ganadería, la explotación forestal, la apertura de campos de cultivo, pastizales y el crecimiento urbano, entre otras (Guevara *et al.* 2006). Como consecuencia de todas estas causas actualmente se observa como un paisaje fragmentado (Saunders *et al.* 1991). Además, a nivel mundial, el BTP

captura, aproximadamente, el 60% del carbono que la parte aérea del total de los bosques del mundo fija y participa con el 37% de la productividad primaria neta terrestre (Hughes *et al.* 2000).

La extensión de los remanentes de bosque tropical perennifolio, y particularmente en México, se encuentra en forma de fragmentos de diverso tamaño, dispersos en extensas áreas de pastizal y campos agrícolas (Guevara 1994), donde el uso de suelo determina la extensión de la deforestación, el grado de transformación y el tiempo de aprovechamiento. Una de las consecuencias de la desaparición de los bosques tropicales es la pérdida de los servicios ecosistémicos como la acumulación de suelo, la captura de agua y carbono, la regulación del clima y la productividad (Challenger 1998, Dirzo y Raven 2003).

La región de Los Tuxtlas en el estado de Veracruz es uno de los últimos reductos del bosque tropical húmedo de la costa del Golfo de México, donde todavía quedan poblaciones sanas de mas de 400 especies de árboles (Guevara *et al.* 2006). La vegetación del BTP de la zona, se ha reducido drásticamente y restringido a los terrenos de la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas” y hacia el oeste, a los segmentos mas inaccesibles del Volcán San Martín (Guevara *et al.* 2006). En un mapa diagnóstico de vegetación de 1991, se observó que el estado de conservación evaluado de la vegetación original remanente para toda la sierra de Los Tuxtlas sumaba cerca de 55,500 ha, donde aproximadamente 28,000 ha, equivalentes a 8.7%, son acahuales y cultivos con una estructura similar a la vegetación original, y el 74% de la superficie de la sierra corresponde a potreros o asentamientos urbanos (Castillo-Campos y Laborde 2004).

Dirzo y García (1992), consideran a Los Tuxtlas como una región importante por: a) ser el fragmento de BTP que se encuentra mas al norte del continente, b) la biota del área, ya que a pesar de encontrarse en una latitud alta es extremadamente rica e incluye una mezcla única de especies de plantas y animales con orígenes en centro y Sudamérica, así como algunas especies endémicas.

1.1. Fragmentación.

La fragmentación es un proceso en el que el hábitat natural continuo es reducido a pequeños remanentes; el resultado son terrenos que consisten en áreas de vegetación, nativa situados en diferentes puntos del paisaje, rodeados de una matriz de tierras agrícolas y otras formas de uso de suelo. Mendoza *et al.* (2005) observaron que la distribución espacial, la forma y el tamaño de los fragmentos resultantes determinan el grado de aislamiento y la localización de los fragmentos en gradientes latitudinales.

Por los cambios en la forma y el tamaño del fragmento, el microclima del bosque cambia: aumenta la cantidad de luz (la luz del borde puede incidir con mucha fuerza hasta el núcleo, en casos de fragmentos pequeños), aumenta la exposición al viento (al no presentar barreras físicas este elemento incurre con facilidad) y aumenta la temperatura (al aumentar la luz y no tener barreras, la temperatura en el borde dependiendo su cercanía con el pastizal aumenta) , lo que provoca en algunos casos la muerte de árboles y plántulas (Laurance *et al.* 2000). Como consecuencia se pierden especies, se producen cambios importantes en la estructura de las poblaciones en las comunidades de plantas y animales (Saunders *et al.* 1991, Arrollo-Rodríguez *et al.* 2006). Newmarck (2001) sugiere que los efectos microambientales relacionados con el tamaño del no sólo son percibidos a escalas anuales, sino que pueden ocurrir mas rápidamente, haciendo que los gradientes microambientales sean dinámicos y poco constantes. La distancia a la que los cambios son percibidos se conoce como efecto de borde (Murcia 1985, Lidicker 1999).

La zona de borde se caracteriza por presentar condiciones microambientales distintas a las que se presentan tanto en el interior como en el exterior del bosque, modificando la interacción, distribución y abundancia de las especies (Murcia 1985, Lidicker 1999).

1.2. El efecto de borde.

El efecto de borde ocurre cuando se expone una zona de vegetación original con una zona libre de ella, de tal forma que las condiciones microambientales se modifican en la zona de contacto

(Murcia 1995); de modo que dependiendo de la extensión de la zona sin vegetación original es el impacto de esos cambios hacia la zona conservada. Un ejemplo es la formación de claros como resultado de la misma dinámica del BTP, pero cuando la vegetación original se encuentra distribuida en parches rodeados de una matriz que presenta condiciones ambientales muy adversas para el desarrollo de la vegetación primaria, entonces el efecto de borde tiene una relevancia enorme en el estado de conservación de dichos parches y su posible regeneración. Dicho efecto disminuye la humedad del suelo en las partes cercanas al borde (Kapos 1989); al nivel del suelo la evaporación del agua aumenta y aumentan los niveles de absorción de las raíces (Newmark 2001). Los niveles de pH se ven modificados debido al uso de agroquímicos utilizados en los pastizales y zonas agrícolas, al aumento de la erosión y a la caída de hojarasca; también se modifican las concentraciones de carbono orgánico, nitrógeno total y fósforo disponible (Newmark 2001).

La exposición de la vegetación a la acción de los vientos y las lluvias incrementa el número de árboles caídos, quedando individuos juveniles con una menor altura del dosel. Al incrementar la incidencia de luz y la temperatura, se promueve una mayor germinación, supervivencia y crecimiento de plántulas no tolerantes a la sombra, aunque su establecimiento también depende del pH, la humedad y la disponibilidad de nutrimentos en el suelo (Williams-Linera 1990a, Williams-Linera 1993, Oosterhoorn y Kapelle 2000).

El drástico cambio en las condiciones microambientales generadas por la fragmentación favorecen el establecimiento de especies secundarias en la zona de borde ya que para su germinación necesitan: altos niveles de luminosidad y temperatura, consiguiendo que su abundancia sea mayor que la de especies primarias. Al aumentar el número de especies secundarias en el borde, incrementa la densidad arbórea y la riqueza de especies. Las especies secundarias en su mayoría tienen altas tasas de crecimiento. En cambio, las especies primarias son nativas, viven en condiciones limitantes de luz y presentan bajas tasas de crecimiento, lo que les impide competir eficientemente con las especies secundarias en las condiciones que se

presentan en el borde (Lovejoy *et al.* 1986, Williams-Linera 1990b, Laurence 1991, Oosterhoorn y Kapelle 200).

1.3. Vegetación nativa.

Los inventarios florísticos de la región de Los Tuxtlas se han realizado en distintas partes y con enfoques distintos; el inventario mas completo se llevó a cabo en los 70's y 80's en la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas" de la UNAM Flores 1971, Carabias 1979, Bongers *et al.* 1988, Ibarra-Manríquez 1985, Ibarra – Manríquez y Sinaca 1987, 1995.

El espectro biológico del conjunto de especies muestra que la forma de crecimiento mas común son las hierbas, seguida de los árboles, arbustos, bejucos, lianas y epífitas, en donde podemos encontrar árboles con troncos de diámetros entre 40 y hasta 120 centímetros; es común la presencia de contrafuertes. Las especies arbóreas que existen bajo el dosel son individuos de menos de 20 metros de altura, los cuales pueden madurar y reproducirse a la sombra de los árboles. Las palmas abundan en el sotobosque (Castillo- Campos *et al.* 2004).

Otro tipo de vegetación dominante son los acahuals, que son manchones de vegetación secundaria que se desarrolla en campos abandonados pastizales (Guevara *et al.* 1997). Estos acahuals son resultado de la regeneración natural del BTP y pueden encontrarse manchones de diferentes etapas sucesionales (Castillo-Campos *et al.* 2004).. En este caso, el proceso de regeneración es mucho mas lento que el observado en la dinámica natural y depende, en gran parte, de la distancia con los remanentes de bosque, limitando el potencial de regeneración en espacio y tiempo (Meli 2004).

1.3.1 Pastizales.

En general los pastizales son sistemas sencillos con una estructura horizontal y vertical poco compleja (Lira 2003). Predominan dos tipos de pastizal: los de grama y los de estrella (Guevara *et al.* 1997); presentan un porcentaje de vida relativamente larga, en promedio mayor a 20 años, pero su productividad depende del tipo de manejo que reciban (Guevara *et al.* 1997).Los

pastizales de grama (*Paspalum conjugatum*) son inducidos por el ramoneo y el paso del ganado; y el pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) es sembrado por medio de estolones (Lira 2003).

La riqueza de especies de los pastizales depende de su extensión y los contactos con otros elementos del paisaje, ya sea por el arbolado, la humedad del terreno, el efecto del ramoneo y el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, corte de la vegetación y tipo de pasto (Castillo-Campos *et al.* 2004). También, la intensidad del manejo o el tiempo de abandono pueden provocar que la composición florística del pastizal se transforme (Lira 2003).

2. ANTECEDENTES

Como se señaló anteriormente, la composición florística y la estructura de vegetación cambian en el borde del fragmento y la posterior regeneración del bosque está determinada por la heterogeneidad ambiental causada por los claros formados en la cercanía del borde (Camargo 1995, Camargo y Kapos 1995).

La edad del borde es determinante para explicar su composición vegetal. Las zonas de borde recién formadas, presentan una disminución de estratos, así como un mayor número de claros y de especies secundarias, debido al aumento de la radiación solar, el incremento del viento y la disminución de la humedad. En contraste, en bordes con mayor tiempo de formación, disminuyen las variaciones microambientales, aumentan la densidad arbórea y los árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) > 10 cm, por lo que se sugiere que el desarrollo de la vegetación a través del tiempo en este tipo de bordes genera una zona de amortiguamiento a través de la cual el borde del fragmento inicia un proceso de "cicatrización" (Williams-Linera 1990b, Chen *et al.* 1992, Williams-Linera *et al.* 1998, Mesquita *et al.* 1999, Harper y Macdonal 2002).

En particular, Williams-Linera *et al.* (1998) compararon el efecto de borde en el gradiente selva-pastizal, vegetación ribereña-pastizal y árboles remanentes con cerca y sin cerca. Encontraron que la zona mas expuesta presentaba incrementos en la temperatura del suelo hacia el pastizal, mientras que fragmentos que fueron cercados presentaron condiciones microambientales parecidas a las del interior del bosque, observando una composición y estructura vegetal distinta a la del pastizal. Cabe mencionar que especies primarias estuvieron presentes en los remanentes de vegetación, lo que indica que la composición florística está relacionada con la vegetación que la circunda; por ello, la vegetación remanente contribuye a la recolonización de potreros.

Kapos (1989) describió variaciones microambientales en bordes de fragmentos de distintos tamaños. Demostró que bordes de fragmentos grandes tienen una menor área de exposición y

una mayor zona de amortiguamiento que los fragmentos pequeños. Y que los fragmentos largos y delgados tienen proporcionalmente más borde que uno circular, y están más expuestos a los efectos de borde. Por otro lado, Camargo y Kapos (1995) reportaron que en los mismos fragmentos el gradiente microambiental había cambiado siete años después, debido a la regeneración natural y por la dinámica de claros en las zonas de borde; observando un mayor número de especies vegetales.

En un estudio sobre germinación y crecimiento de especies secundarias en las zonas de borde, Brothers y Springarn (1992), López de Casenave *et al.* (1995) y Jose *et al.* (1996), reportaron un aumento estimulado por el incremento de luz causado por la remoción de la cobertura arbórea. No obstante, Williams-Linera (1990a) y Sizer y Taner (1999), a pesar de que reportan un aumento en el establecimiento de plántulas en la zona de borde, encuentran que las plántulas de especies secundarias son poco abundantes, manifestando que el grado de disturbio y las variaciones en la calidad de la luz son determinantes en la composición del banco de plántulas. Benítez-Malvido (2003) por el contrario, reportó un aumento en el número de plántulas por m² de la zona de borde con una mayor densidad de especies secundarias y al interior de los fragmentos una mayor densidad de primarias.

El presente estudio está inmerso dentro de un proyecto global sobre regeneración del BTP en Los Tuxtlas, Veracruz cuyo objetivo principal es entender los mecanismos a través de los cuales se puede promover la restauración de zonas de BTP dañadas e incrementar la calidad de los diferentes fragmentos, independientemente de su tamaño y forma.

3. OBJETIVOS

General

Caracterizar la diversidad y estructura de la vegetación, en el borde del gradiente bosque-pastizal, en fragmentos forestales, derivados del bosque tropical perennifolio.

Particulares

Describir la estructura de la comunidad arbórea, a lo largo del gradiente bosque-pastizal, en fragmentos forestales de diferentes tamaños, derivados del bosque tropical perennifolio, en función de su riqueza específica, diversidad, composición e importancia ecológica.

Determinar la riqueza, diversidad y distribución de especies herbáceas en los bordes de fragmentos forestales de diferentes tamaños derivados del bosque tropical perennifolio.

4. HIPÓTESIS

Debido a que las condiciones microambientales varían de la zona deforestada hacia el interior de un fragmento, la estructura y diversidad de la vegetación se modificarán a lo largo de un gradiente, siendo la estructura mas compleja y la diversidad mas alta hacia el interior del bosque.

La estructura de la vegetación de un fragmento pequeño estará dominada por especies leñosas secundarias a lo largo del gradiente bosque-pastizal, mientras que en un fragmento grande la dominancia de las especies primarias será mayor hacia el interior del bosque.

Se espera también que la diversidad de especies primarias disminuya conforme el área de los fragmentos, ya que en ellos el efecto de borde es proporcionalmente mayor, y esto favorece a las especies secundarias.

5. MÉTODOS

5.1. Área de estudio

El área de estudio se localiza en la Reserva de la biosfera de Los Tuxtlas; la cual se encuentra cobijada por la Sierra de Santa Marta y el volcán San Martín Pajapan (Laborde 2006) esta área fue denominada Reserva Especial de la Biósfera en 1988 (Guevara et al., 1992). La denominada sierra de Los Tuxtlas se encuentra en la planicie costera del Golfo de México, al sur del estado de Veracruz, entre 18°05' y 18°45' de latitud norte y 94°35' y 95°30' de longitud oeste cuenta con una extensión de 80 km de largo. Esta Reserva cuenta con 155, 122 ha, divididas en 125, 403 ha de zona de amortiguamiento que posee tres zonas núcleo en el Volcán de San Martín y en el de Santa Marta (Laborde 2006) (Figura 1).

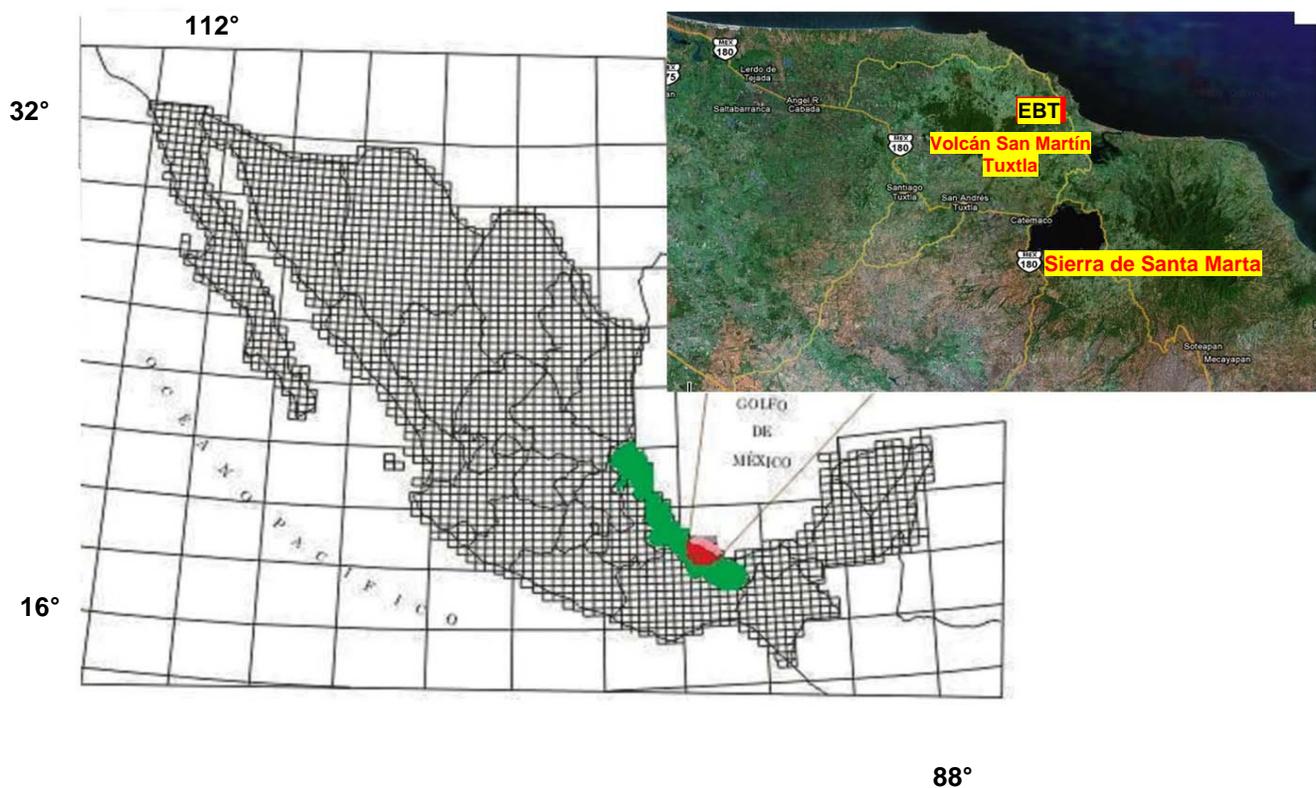
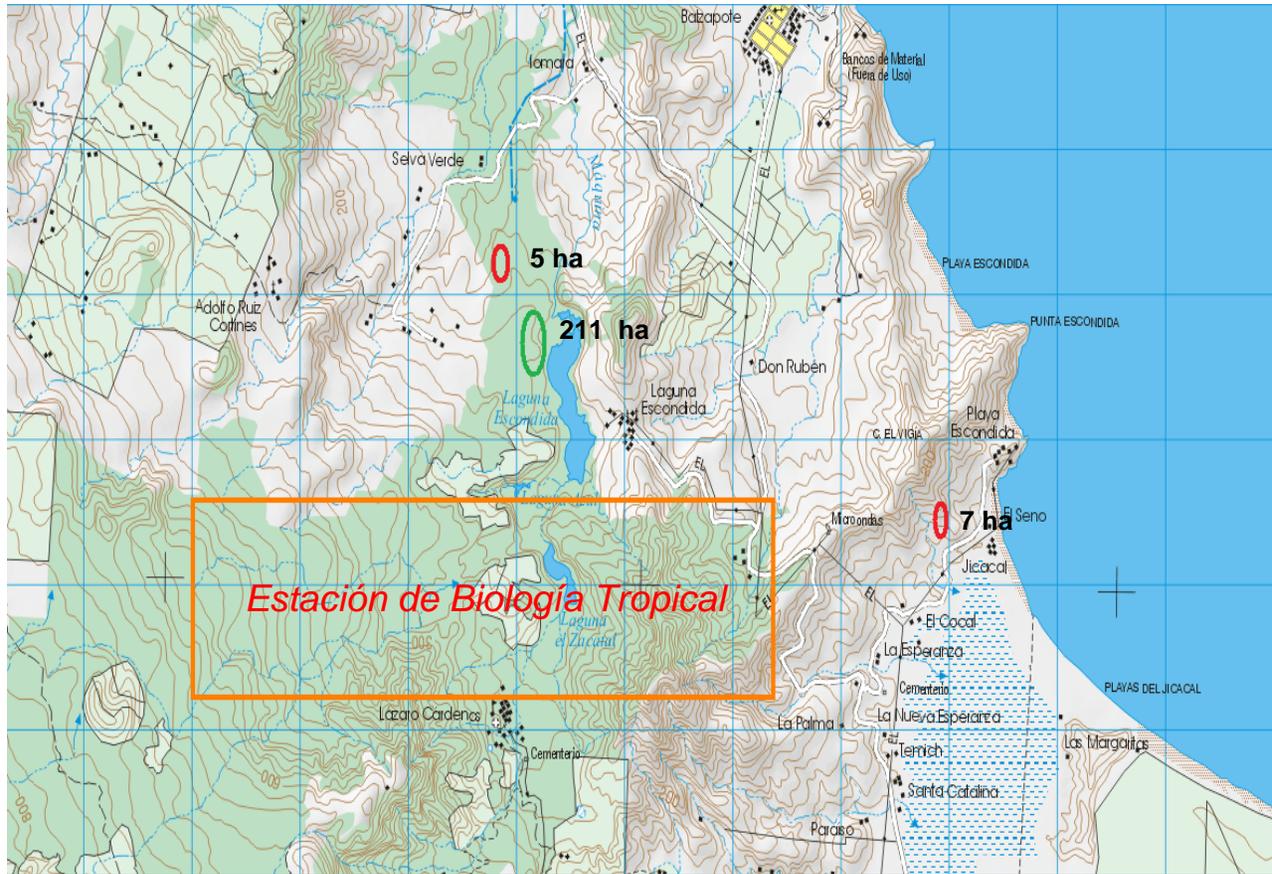


Figura 1. Ubicación de la sierra de Los Tuxtlas, localizada en el sudeste de México y de la Estación de Biología Tropical de la UNAM (EBT). El mapa de la reserva es tomado de Google Earth (revisado en enero, 2009).

Para este estudio se usaron tres fragmentos de bosque tropical perennifolio de diferente tamaño; los tres se localizan dentro de la Reserva de la Biosfera (Figura2).

95°08'47"

95°01'47"



18°37'17"

18°33'59"

Figura 2. Ubicación de los tres fragmentos, se señala su área (Modificado de la Carta topográfica de INEGI e15a63; La Nueva Victoria escala 1: 50 000).

5.2. Clima

Por su ubicación, la sierra de Los Tuxtlas es una barrera climática entre el mar y el interior del continente. Los vientos húmedos provenientes del Golfo de México durante el verano y otoño, provocan precipitaciones de 3,000 a 4,500 mm/año en la vertiente noreste, y en la vertiente suroeste llueve con 1,500 a 3,500 mm/año (Soto y Gama 1997).

Debido a las grandes diferencias altitudinales, existe una gran heterogeneidad microclimática al interior de la sierra. Se encuentran representados ocho subtipos climáticos, seis subtipos del clima cálido, uno del semicálido y uno del templado. De acuerdo a la clasificación climática de

Köppen, modificada por García (1964), los subtipos cálido-húmedos son los mas extendidos en la región (subtipos Af y Am) (Soto y Gama 1997).

5.3. Suelo

El suelo de la región, es producto de la alteración de materiales volcánicos expulsados por los volcanes San Martín Tuxtla, Santa Martha y San Martín Pajapan. El sustrato consiste principalmente; de rocas ígneas (basalto y andesitas) mezclado con cenizas volcánicas. Los suelos muestran horizontes poco desarrollados y varían en el contenido de materia orgánica. En regiones de alta temperatura, el déficit de humedad estacional favorece al reciclaje de materia orgánica, por lo que el poco manejo de residuos orgánicos en los terrenos agrícolas provoca la disminución de la materia orgánica con el cambio de bosque a cultivo o pastizal (Campos 1998). Con base en la cartografía del INEGI, los tipos de suelo mas representados en Los Tuxtlas son los luvisoles y acrisoles que, por su extensión, son los mas importantes con un 34.2%, andosoles en 21%, feozems en 18% y vertisoles en 13%. El foezem háplico es el mas común y cubre un poco mas de 50 mil ha (Campos – Cascardero 2004).

5.4. Vegetación

La vegetación de la región es una selva alta perennifolia (Miranda y Hernández X. 1963) o bosque tropical perennifolio, en adelante BTP (Rzedowski 1978). El BTP está formado por fragmentos de distinto tamaño con diferente fecha de aislamiento, que se encuentran dispersos en extensas áreas de pastizales y campos agrícolas (Guevara *et al.* 2006 a).

En el inventario florístico de la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas” (aprox. 640 ha), se reportaron 940 especies, 543 géneros y 137 familias (Ibarra-Manríquez y Sinaca 1995). Las familias vegetales mejor representadas en términos del número de especies y ordenadas alfabéticamente son: Araceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Bromeliaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lauraceae, Moraceae, Orchidaceae, Piperaceae, Poaceae, Polypodiaceae, Rubiaceae y Solanaceae (Ibarra-Manríquez y Sinaca-Colín 1987). El estrato

arbóreo alcanza una altura de entre 30 a 35 m. En el sotobosque domina *Astrocaryum mexicanum*, en el estrato medio *Pseudolmedia oxyphyllaria* y en el dosel domina *Nectandra ambigens* (Bongers *et al.* 1988).

En el proceso de regeneración natural, la apertura de claros necesaria para el reemplazamiento de árboles y especies en el dosel del bosque, son formados por la caída de ramas y árboles siendo un componente fundamental en la renovación del dosel (Martínez-Ramos 1994). En los claros crecen especies heliófilas, o pioneras o demandantes de luz, que son especies de crecimiento rápido y toleran condiciones generadas por la apertura del dosel arbóreo (Martínez-Ramos 1994). Por otra parte, en el otro extremo del gradiente se encuentran las especies persistentes o tolerantes a la sombra, que son aquellas especies que son capaces de crecer en condiciones de sombra y de competencia por recursos (Martínez-Ramos 1994).

5.5. El pastizal

Castillo-Campos *et al.* (2004) reportaron que el pastizal actualmente ocupa 160,507 ha en toda la sierra de Los Tuxtlas, y lo dividen en: pastizales sin árboles, pastizales con árboles y pastizales con cultivos.

Los pastizales poseen un conjunto florístico variable; los factores que aumentan la riqueza son la extensión del pastizal ya que tiene contacto con el bosque, acahuales o cultivos, y la humedad del terreno. Los factores que disminuyen la riqueza del pastizal son: el efecto del ramoneo, el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, corte de vegetación y tipo de pasto (Castillo-Campos *et al.* 2004).

5.6. Sitios de estudio

Para el estudio se buscaron fragmentos diferentes en tamaño. Se ubicaron dos chicos y uno grande y se encuentran fuera de la Estación de Biología (Figura 2).

El fragmento con área mayor cuenta con 211 ha (de aquí en adelante se denominará 211 ha), la fecha de su aislamiento es de 40 años y su localización es 18°36'5.79" 18°35'54.47" de latitud

norte y $95^{\circ}5'38.10''$ a $95^{\circ}5'30.35''$ de longitud oeste; presentaba una cerca con alambre de púas y el pastizal estaba recién cortado (Figura 2). El fragmento próximo a éste, cuenta con un área de 5 ha (de aquí en adelante se denominará 5 ha), su aislamiento ocurrió hace 40 años y su localización es $18^{\circ}36'14.49''$ $18^{\circ}36'8.14''$ de latitud norte y $95^{\circ}6'6.47''$ - $95^{\circ}6'1.08''$ de longitud oeste (Figura 2). Este no presentaba ninguna barrera física para evitar la entrada del ganado; el pastizal circundante tenía varios años de abandono y estaba muy cercano al de 211 ha. El otro fragmento, cuenta con un área de 7 ha (de aquí en adelante se denominará 7 ha), quedó aislado hace 40 años aproximadamente y su localización es $18^{\circ}35'13.69''$ $18^{\circ}35'11.85''$ de latitud norte y $95^{\circ}3'35.24''$ de longitud oeste (Figura 2); en este la entrada del ganado no ocurre debido a que antes de llegar a la zona muestreada hay una pendiente promedio de 60° y en el otro lado hay un cerco de bromélias.

5.7. Muestreo

En cada fragmento se llevó a cabo el mismo procedimiento, el cual consistió en ubicar dos transectos de 100 m de largo x 10m de ancho, separados entre sí 30 m, considerando tener 50 metros dentro del bosque y 50 m en el pastizal. Se subdividieron en cuadros de 10 x 10 m, y en total se obtuvieron 5 cuadros en el interior del bosque y 5 en el pastizal (Figura 3).

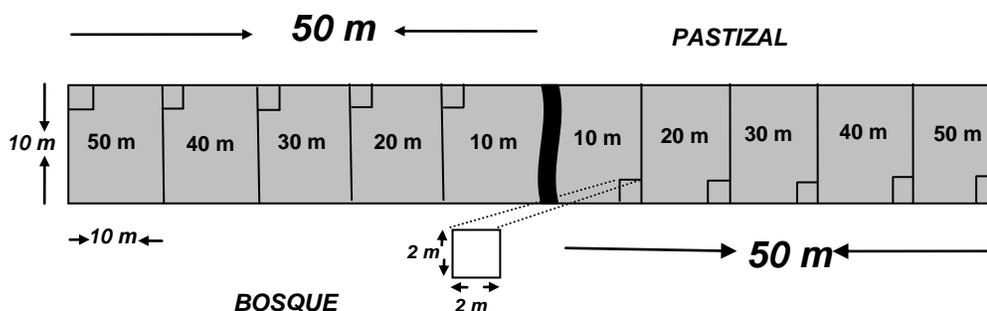


Figura 3. Esquema de un transecto, donde la línea negra muestra del lado derecho los cuadros del pastizal y del lado izquierdo los cuadros del bosque; también se muestra la ubicación del cuadro de 2x2 donde se midió la cobertura de las plántulas en el bosque y el pasto en el pastizal.

En los cuadros de 10x10 m, se registraron los árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 10 cm y con una altura mayor a 1.50 m. En el caso de que existieran varios tallos por individuo se calculó el área por tallo, posteriormente se hizo la sumatoria. De cada árbol se obtuvo la altura (usando un distanciómetro CST/berger), la cobertura de la copa (el diámetro mayor y el perpendicular) y el DAP.

Cada árbol se identificó y clasificó conforme fueron reportadas como especies primarias (tolerantes a la sombra) o especies secundarias (demandantes de luz) (Martínez-Ramos 1994, Arroyo-Rodríguez *et al.* 2006). Los individuos fueron identificados en campo con ayuda del parataxónomo Braulio Gómez Chagala, y ejemplares de cada especie fueron colectados para confirmar su identificación en el Herbario Nacional de México del Instituto de Biología de la UNAM.

Siguiendo un método sistemático, se estableció *a priori* en una esquina de cada cuadro de 10 x 10 un subcuadro de 2 x 2 m con el fin de obtener el porcentaje de cobertura del estrato herbáceo, incluyendo a las aráceas. El subcuadro se dividió en cuatro cuadros iguales (Figura 4).

En el pastizal, dado que la presencia de gramíneas es mayor, en el subcuadro correspondiente se cuantificó el porcentaje de cobertura por morfoespecie. En todos los casos se colectó un ejemplar para herbario, el cual sirvió para su posterior referencia e identificación (Figura 4).

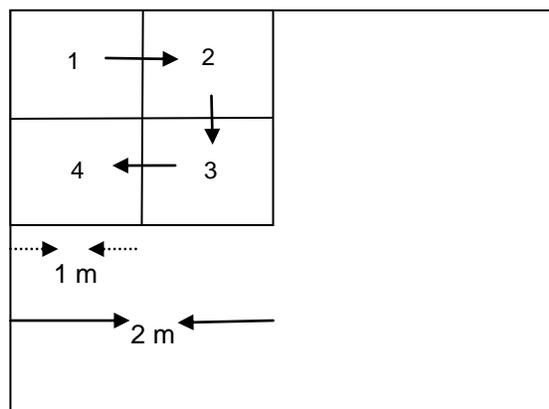


Figura 4. Cuadro para medir la cobertura del estrato herbáceo.

6. Análisis de datos

Para realizar el análisis de estructura y composición de la vegetación se utilizó un método no destructivo (Flores y Álvarez-Sánchez 2004).

6.1. Área basal absoluta (AB_A) de la sp_i (cm^2)

A partir del perímetro medido en campo, obtuve el Área Basal de cada individuo; ocupando la fórmula del área del círculo.

$$AB_A = \pi \times r^2$$

El diámetro debe ser convertido a radio (cm). El área basal total de la especie es la suma del área de todos los individuos.

6.2. Área basal relativa (AB_R) de la sp_i ,

$$AB_R = \frac{AB_{A_i}}{\sum_n AB_{A_i}} \times 100$$

6.3. Cobertura vegetal absoluta (C_A) para la sp_i (m^2)

También en este caso se usó la fórmula del área del círculo para estimar la cobertura vegetal.

$$C_A = \left(\frac{D_1 + D_2}{4} \right)^2 \times \pi$$

Donde: D_1 es el diámetro mayor de la copa (en m)

D_2 es el diámetro perpendicular a D_1 (en m)

6.4. Cobertura relativa (C_R)

$$C_R = \frac{C_{A_i}}{\sum_n C_{A_i}} \times 100$$

6.5. Frecuencia absoluta (F_A):

F_A = Número de cuadros donde se encontró la especie/ Número total de cuadros muestreados
en cada fragmento (= 20 en todos los fragmentos)*

6.6. Frecuencia relativa (F_R)

$$F_R = \frac{F_{A_i}}{\sum_n F_{A_i}} \times 100$$

6.7. Densidad absoluta (D_A)

(No. de individuos por m^2)

D_A = no. Individuos de la especie/ área total muestreada*

*En ambos casos el valor es de 2000 m^2

6.8. Densidad relativa (D_R)

$$D_R = \frac{D_{A_i}}{\sum_n D_{A_i}} \times 100$$

6.9. Valor de Importancia Relativo (VIR)

Se calculó para cada especie en cada fragmento, y el valor máximo que puede alcanzar es de 300 unidades:

$$VIR = AB_R + F_R + D_R$$

6.10. Diversidad y similitud

Se determinaron el índice de similitud de Bray-Curtis y el Índice de diversidad de Shannon–Wiener, así como el número de especies esperado, para analizar las diferencias en la estructura vegetal por cada fragmento (Magurran 1988). Los datos se analizaron con el programa Estimates 8.0 (Colwell 2006).

7. RESULTADOS

7.1. Abundancia total

La abundancia fue mayor en el de 5 ha, en particular, las especies primarias representaron los mayores porcentajes en los dos fragmentos de 5 y 7 ha que el de 211 ha (Cuadro 1).

En cuanto al número de especies observadas, de nuevo el 5 ha tiene el mayor número (65 especies), siendo alrededor del 71% especies primarias, seguido del 7 ha, con un 79% de primarias, mientras que el de 211 ha tuvo el menor valor con un 16% de especies primarias (solamente de las que pudo determinar la filiación) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparativo de número de individuos y número de especies en los fragmentos.

	No. de individuos	No. De especies	Secundarias	Primarias	Especie con mayor VIR
211 ha	203	45	38%	16%	<i>Myriocarpa longipes</i>
5 ha	302	65	29%	71%	<i>Omphalea oleifera</i>
7 ha	176	53	21%	79%	<i>Myriocarpa longipes</i>

El número de especies estimado indica que el sitio de 5 ha es el mas rico ya que igualando los tres al mismo número de individuos (176) es el que presenta el mayor número de especies (80) (Figura 5).

En cuanto a la diversidad vegetal, el 5 ha es el que presenta la diversidad promedio mayor, tanto para los cuadros de bosque como los de pastizal (Cuadro 2).

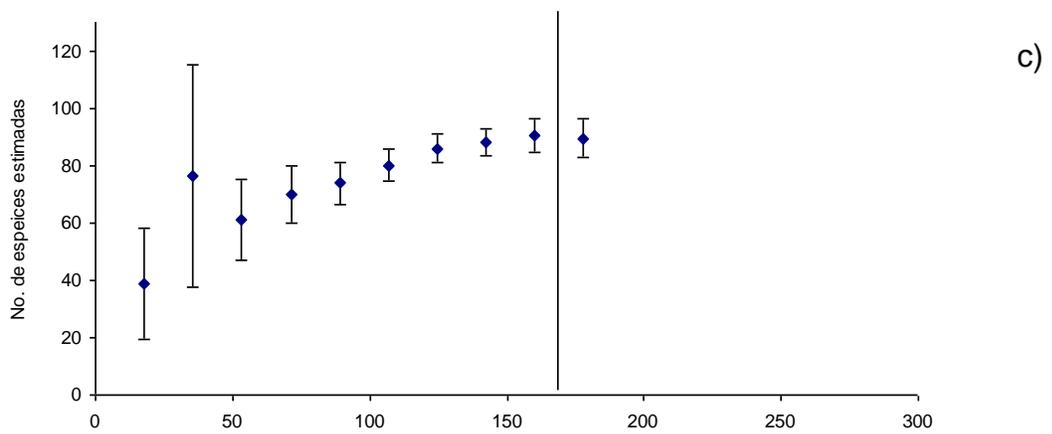
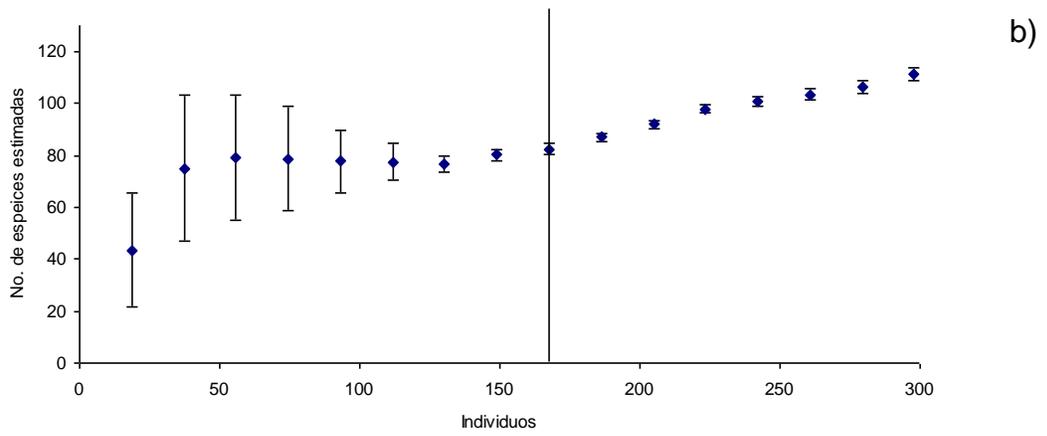
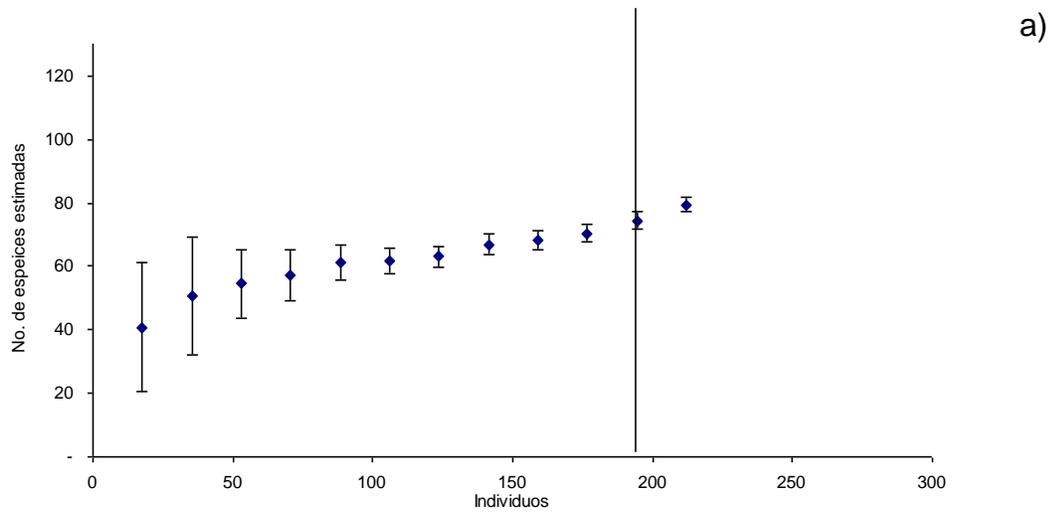


Figura 5. Número de especies estimadas en función del número de individuos por fragmento. a) Fragmento 211 ha, b) Fragmento 5 ha y c) Fragmento 7 ha.

Cuadro 2. Comparativo de diversidad (Shannon-Wiener) de los fragmentos y las zonas contrastantes muestreadas en los transectos.

	211 ha	5 ha	7 ha
Bosque	2.76±0.08	3.16±0.10	2.90±0.13
Pastizal	1.87±0.09	2.86±0.70	2.28±0.06

7.2. Composición florística y Valor de Importancia Relativa

El de 5 ha es el que contiene un mayor número de especies y un mayor número de familias, empero su área. Las familias que tuvieron un mayor número de especies, en los tres sitios fueron: Euphorbiaceae, Moraceae y Rubiaceae (Ver Anexo).

En el 211 ha obtuvimos familias con pocas especies. La familia Euphorbiaceae fue la que tuvo mas especies (13% del total de especies) y el 62% del total de las especies está representado por uno y dos individuos (Figura 6). En el 5 ha fue la familia Piperaceae (13%), mientras que en el 7 ha fueron la Rubiaceae y Euphorbiaceae (9% cada una) (Figura 6); en estos fragmentos chicos las especies que presentaron uno y dos individuos fueron: en el 5 ha el 60% y en el 7 ha el 68%.

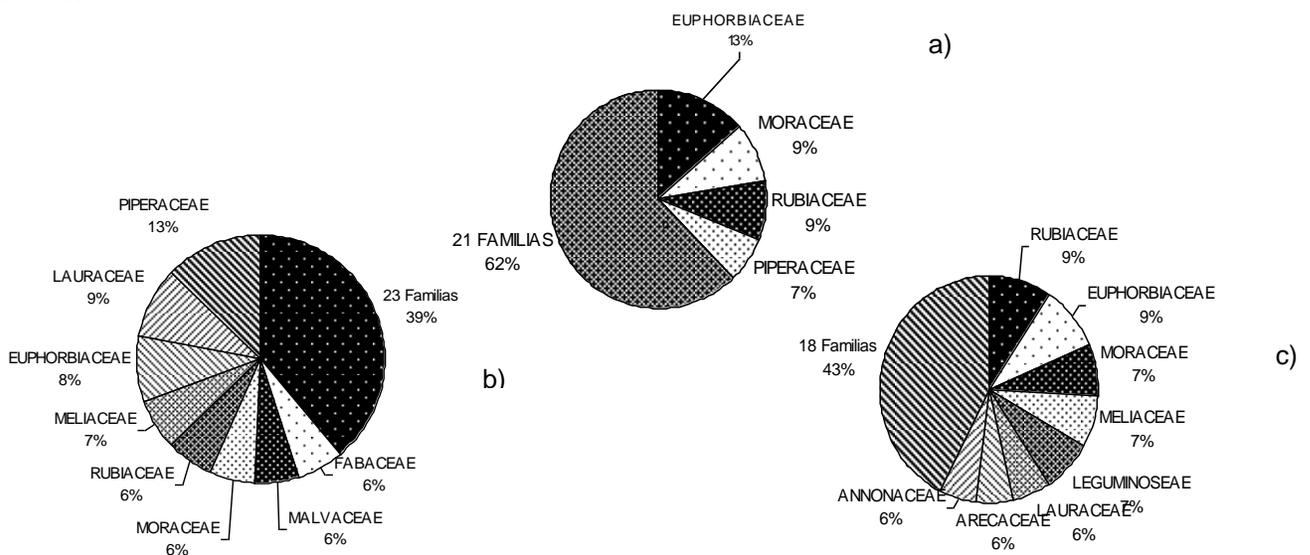


Figura 6. Porcentaje del número de especies con el que contribuyen las familias mas importantes. a) Fragmento 211 ha, b) Fragmento 5 ha y c) Fragmento 7 ha.

El valor de importancia relativa (VIR) muestra que la familia Euphorbiaceae tiene valor alto en los tres fragmentos, mientras que la familia Urticaceae muestra los valores mas altos en el 211 ha y en el 7 ha. Los valores mas altos de VIR se registraron en el 211 ha (Figura 7).

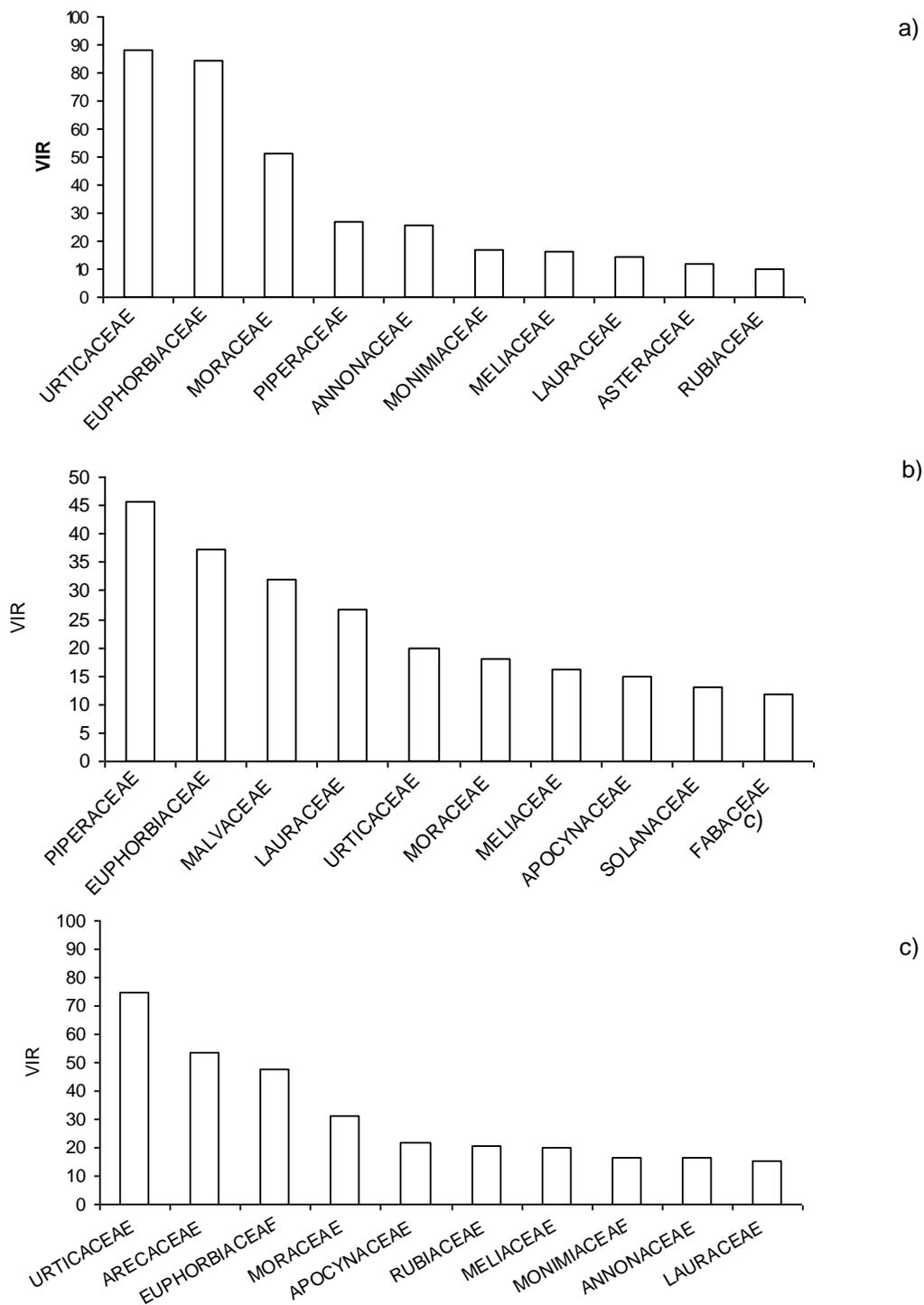


Figura 7. Valor de importancia relativa para las 10 familias con valores mayores en los tres fragmentos. a) Fragmento 211 ha, b) Fragmento 5 ha y c) Fragmento 7 ha.

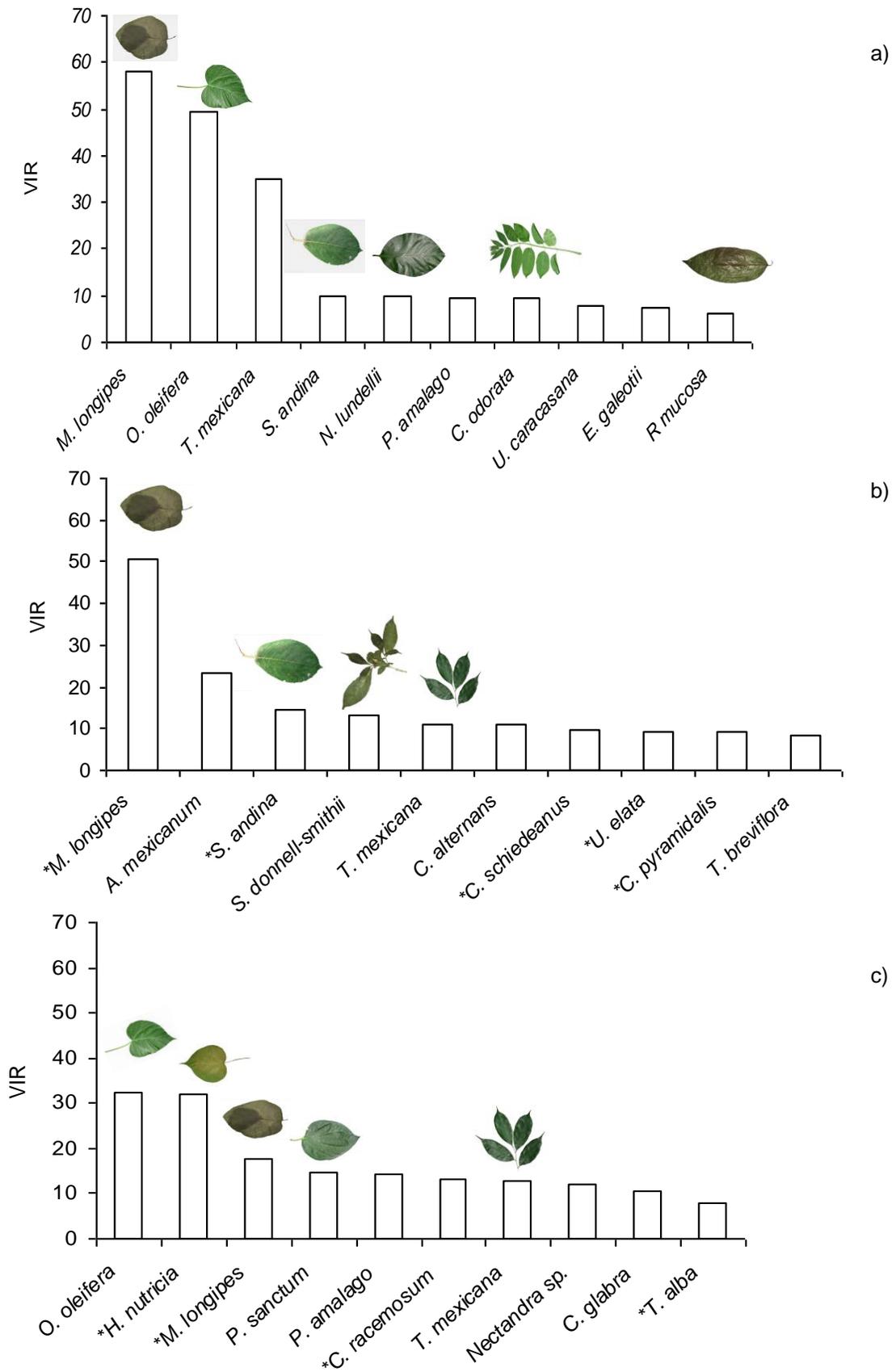


Figura 8. Valor de Importancia Relativa para las especies con los valores mas altos en los fragmentos. Las especies secundarias de acuerdo a la literatura se señalan con un asterisco*. Fragmento 211 ha, b) Fragmento 5 ha y c) Fragmento 7 ha.

Myriocarpa longipes fue la especie con mayor VIR en los fragmentos 211 ha (58) y 7 ha (50) (Figura 8); esta es secundaria y se encuentra representada en los tres sitios con altos valores, lo que nos indica que es una especie que contribuye en densidad, cobertura y a la regeneración del BTP. En el 5 ha la especie de mayor VIR es *Omphalea oleifera* (32) (Figura 8) (ver Anexo).

7.3. Riqueza de especies leñosas.

La riqueza de especies leñosas (DAP > 10 cm) en el 211 ha muestra un valor mayor en el cuadro que abarca de 20-30 metros de bosque lo que puede indicar un claro; al tener un número elevado de especies nos indica que hubo evento de clareo donde hubo una colonización de especies ya que los otros cuadros no presentan un número tan alto de especies. Sin embargo, en el caso de los fragmentos de 5 y 7 ha el comportamiento no fue igual porque los cuadros mas alejados al pastizal tuvieron los valores mas altos de riqueza. En el 5 ha los valores de riqueza muestran que los dos cuadros que se encuentran mas dentro del fragmento presentan un valor mas alto. El 7 ha, tiene el mayor valor de riqueza en el cuadro de 40-50 metros. El 211 ha y el 5 ha mostraron especies leñosas en los cuadros del pastizal.

El cuadro que mostró una alta riqueza se localizó en el 211 ha con 41 especies, en el 5 ha la mayor riqueza por cuadro fue de 28 y en el 211 ha fue de 24 (Figura 9).

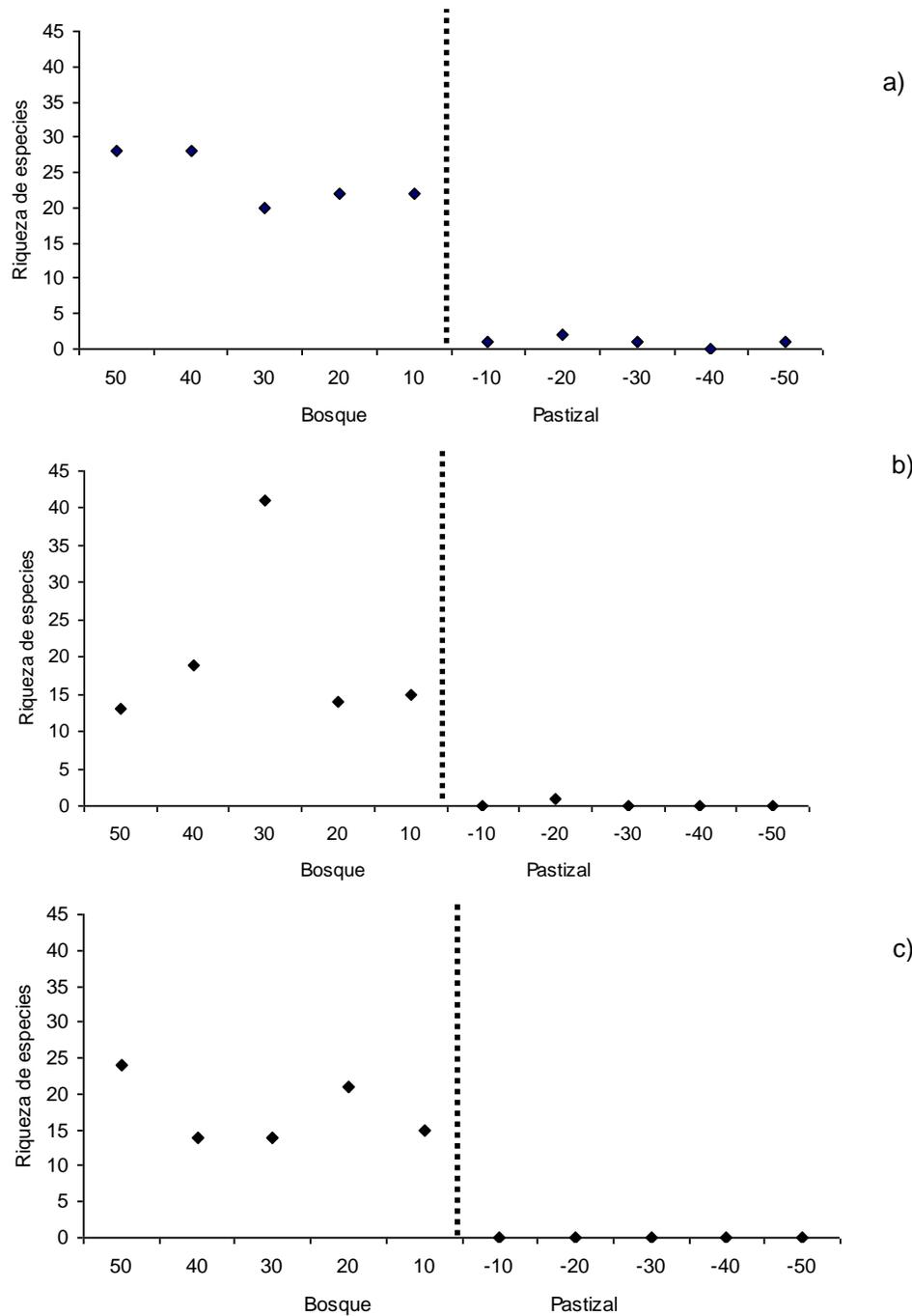


Figura 9. Riqueza total de especies por cuadro en los fragmentos. La línea punteada indica la división entre bosque y pastizal. a) Fragmento 211 ha, b) Fragmento 5 ha y c) Fragmento 7 ha.

7.4. Densidad

En relación a los fragmentos de 5 y 7 ha, presentan una mayor densidad de especies secundarias, debido a que entra mas luz a los fragmentos chicos (Figura 10).

En el sitio 211 ha, el cuadro que registró un mayor número de plántulas fue el 40 m y la especie con un mayor número de plántulas es *Trophis mexicana*; esta se presentó en todo el transecto y en los otros lugares de estudio. En este sitio se observaron tres cuadros con clara dominancia de árboles; los cuadros que se encuentran a 30 y 40 metros, tuvieron valores altos en número de árboles y plántulas; la composición de árboles que constituyen el borde tiene un mayor porcentaje de especies secundarias (Figura 10).

Las plántulas reportadas en el área 5 ha en su mayoría fueron especies primarias. El cuadro 30 m fue el que reportó un número mayor de plántulas. En 40 m *Philodendron tripartitum* es la especie con mayor número de individuos (Figura 10); y este cuadro coincide con el que muestra una mayor cobertura (Figura 12).

La familia de plántulas del 5 ha que dominó fue Araceae con 228 individuos y la siguiente, Arecaceae sólo registró 25. En relación a la densidad de árboles de este sitio el cuadro 30 m se observa con dominancia y coincide con el de mayor densidad de plántulas; la aportación de árboles son en su mayoría especies primarias (Figura 10).

A diferencia del 5 ha, el 7 ha reportó un gran número de plántulas, correspondientes a la familia Ulmáceas, y se observó en el cuadro 10 m debido a un banco de semillas de *Ampelocera hottlei* (primaria), la cual presentó 260 plántulas congregadas, esto se debe básicamente al síndrome de dispersión de semillas; como son muy pesadas, caen por gravedad al suelo justo debajo de la copa del árbol madre y germinan formando un banco de plántulas, esperando la apertura de un claro para acelerar su crecimiento (Martínez-Ramos, 1985). La densidad de árboles del 7 ha en el bosque se mantiene constante por lo que no presenta una dominancia marcada de árboles; pero en su mayoría son especies primarias; el cuadro con mayor densidad se encuentra en 50 m. En relación a las plántulas, el cuadro que reporta una mayor cantidad se encuentra en 10 m, donde la cobertura es menor. En este sitio el área basal es mayor que en los otros, lo mismo pasa con la cobertura, la cual no varía mucho lo que nos indica que cuando el fragmento fue talado dejaron más árboles y son estos los que estamos midiendo por lo tanto son más viejos que los de los otros sitios de estudio (Figura 10).

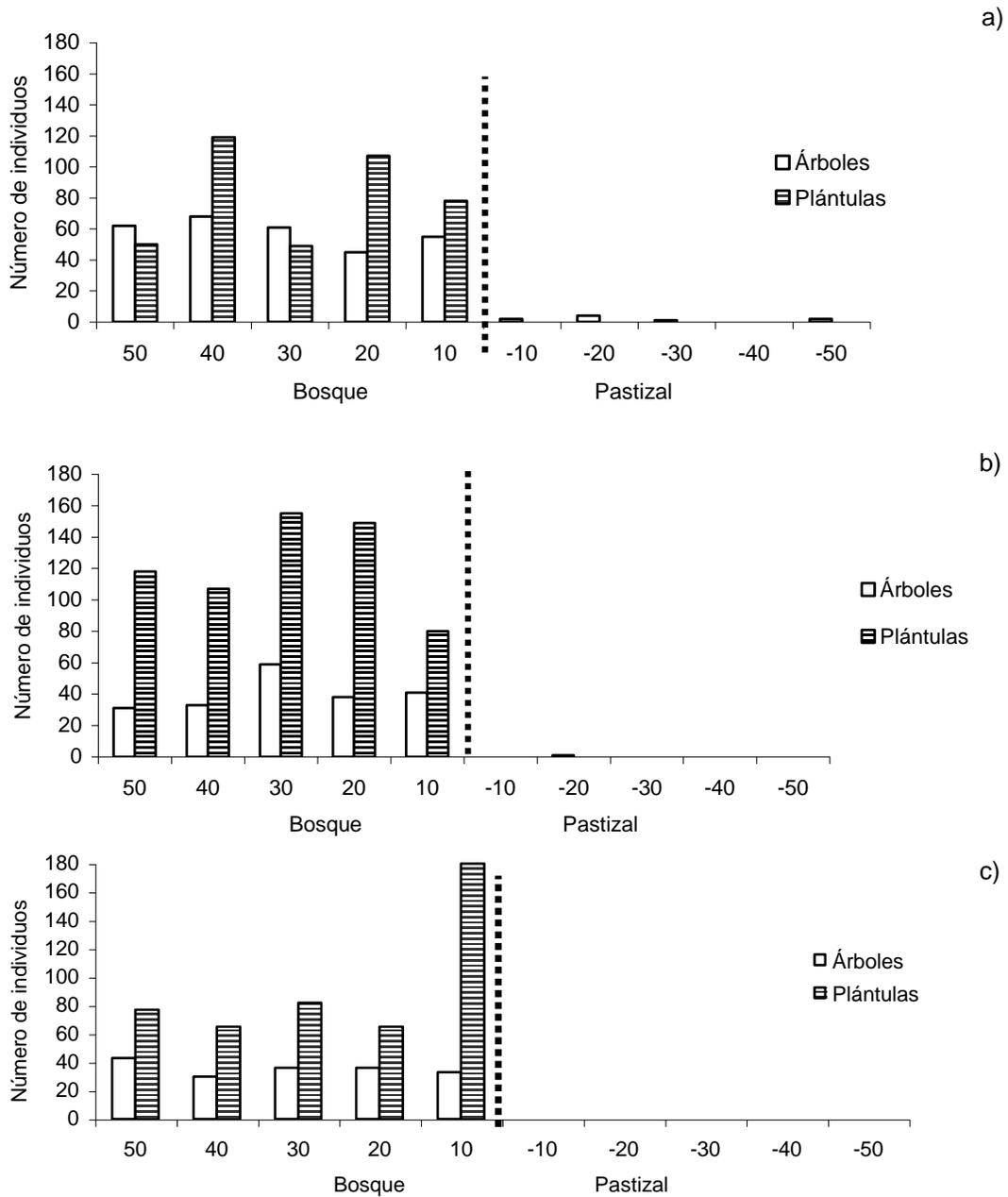


Figura 10. Número de individuos adultos (árboles) y número de plántulas por cuadro a lo largo del gradiente bosque-pastizal. La línea punteada indica el límite del bosque-pastizal. a) Fragmento 211 ha, b) Fragmento 5 ha y c) Fragmento 7 ha.

7.5. Área basal

El mayor aporte de área basal en los tres sitios de estudios se registró en el lado del bosque, como era de esperarse. El que tuvo una mayor área basal fue el 7 ha (Cuadro 3); la especie más abundante en ese fragmento y que registró un valor alto fue *Miryocarpa longipes*.

Cuadro 3. Comparación del área basal entre fragmentos.

211 ha	5 ha	7 ha
43.025	80.253 m ²	205.133 m²

En comparación con el 5 ha, el área basal del 7 ha fue mayor, mientras que en el 211 ha se registró la menor área basal (Fig. 11).

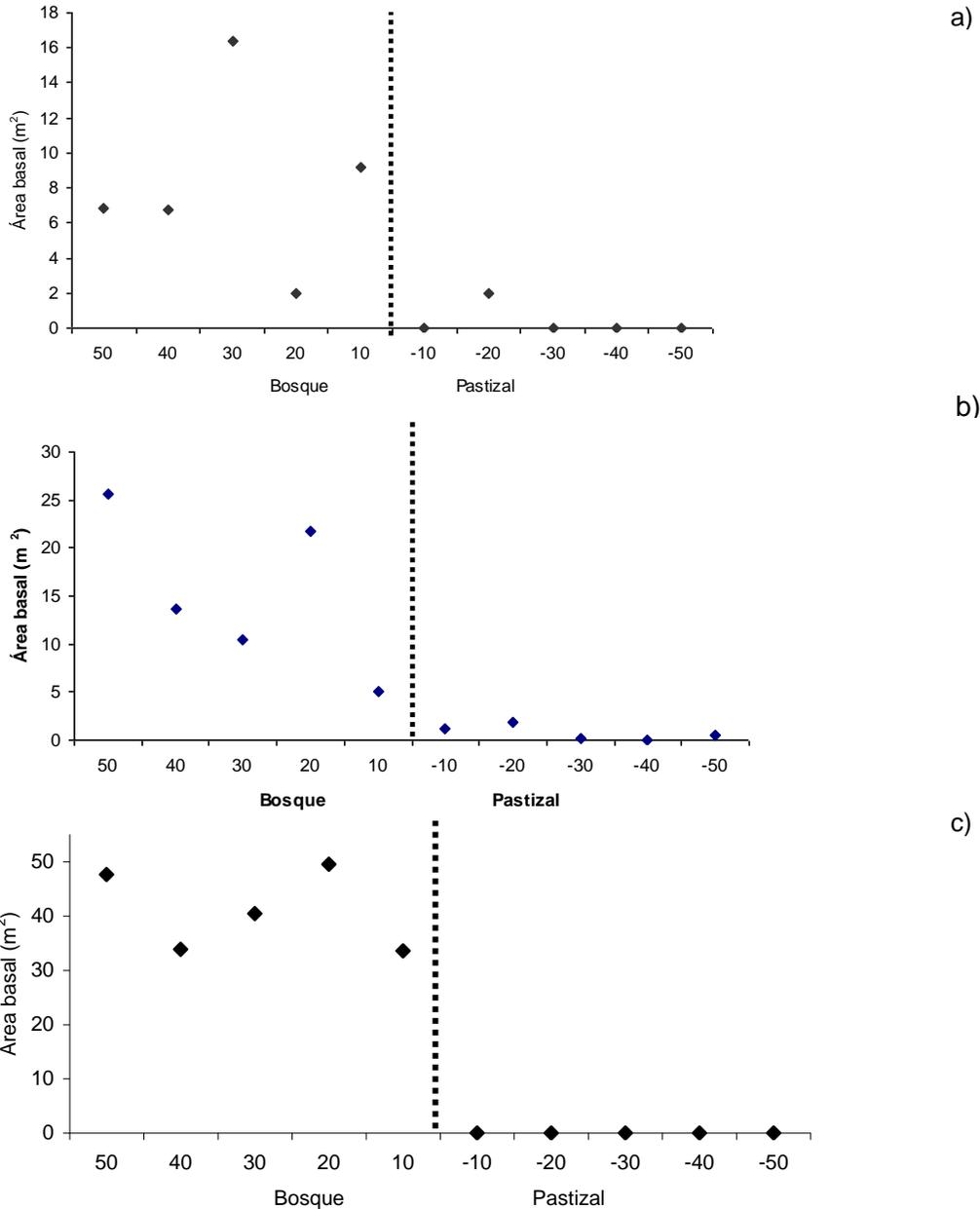


Figura 11. Área basal total por cuadro a lo largo del gradiente bosque – pastizal. La línea punteada indica el límite del bosque-pastizal. a) Fragmento 211 ha, b) Fragmento 5 ha y c) Fragmento 7 ha.

7.6. Cobertura arbórea.

El de 211 ha presentó el valor mas alto de cobertura arbórea; como se mencionó anteriormente, este fragmento tuvo la menor área basal (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de valores de cobertura arbórea por fragmento.

211 ha	5 ha	7 ha
4716.237 m ²	2240.728 m ²	3252.934m ²

En la Figura 12 el cuadro 20 m del 211 ha se observa que la cobertura arbórea tuvo el valor mas alto, siendo el cuadro con menor área basal. En el 5 ha la cobertura es uniforme; únicamente el cuadro 50 m tiene un valor menor; en el pastizal el cuadro -10 m registró dos individuos de *Cedrela odorata*, por lo cual se explica el valor mas alto del pastizal (298 m²). La cobertura del 7 ha es uniforme hasta el cuadro 50 m, donde alcanza su valor máximo (Fig.12).

7.7. Altura promedio del dosel.

La altura se promedió por cuadro para cada transecto. En la Figura 13, el fragmento que presentó una altura promedio menor es el 7 ha con un valor de 4.4 metros. El 211 ha tuvo un promedio de altura de 6 a 7 metros; en el pastizal solo se registró un árbol con 20 metros de altura. En el 5 ha se registró la altura promedio mas grande (10.8 metros); este fragmento es el de mayor área basal (Fig. 13).

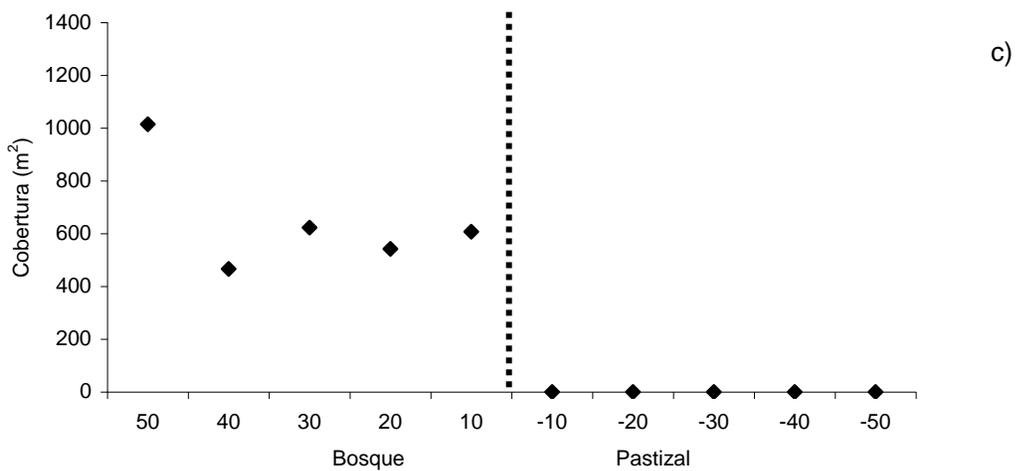
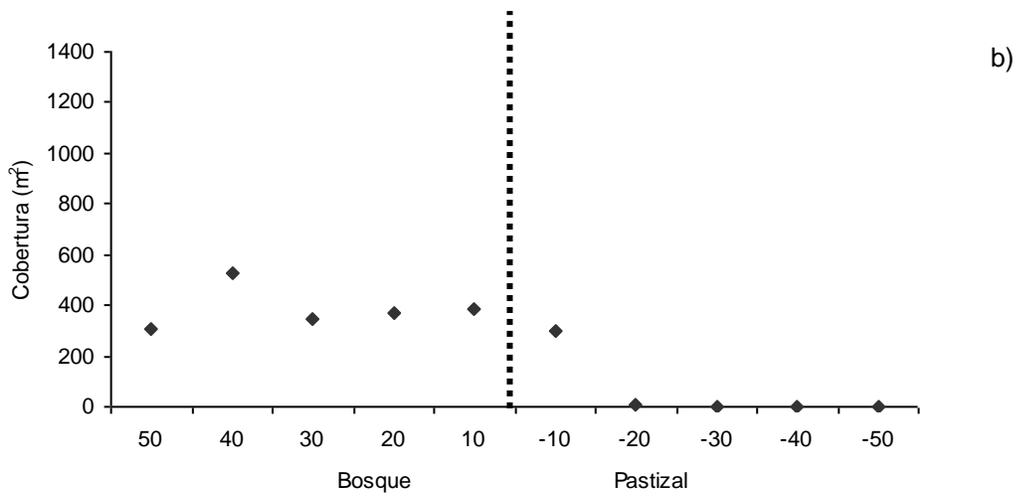
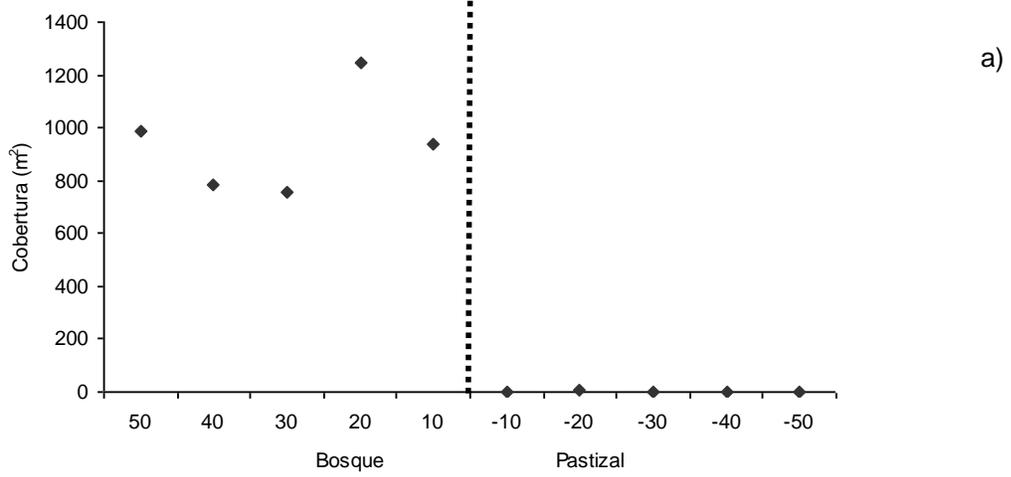


Figura 12. Cobertura vegetal total por cuadro a lo largo del gradiente bosque -pastizal. La línea punteada indica el límite del bosque-pastizal. a) Fragmento 211 ha, b) Fragmento 5 ha y c) Fragmento 7 ha.

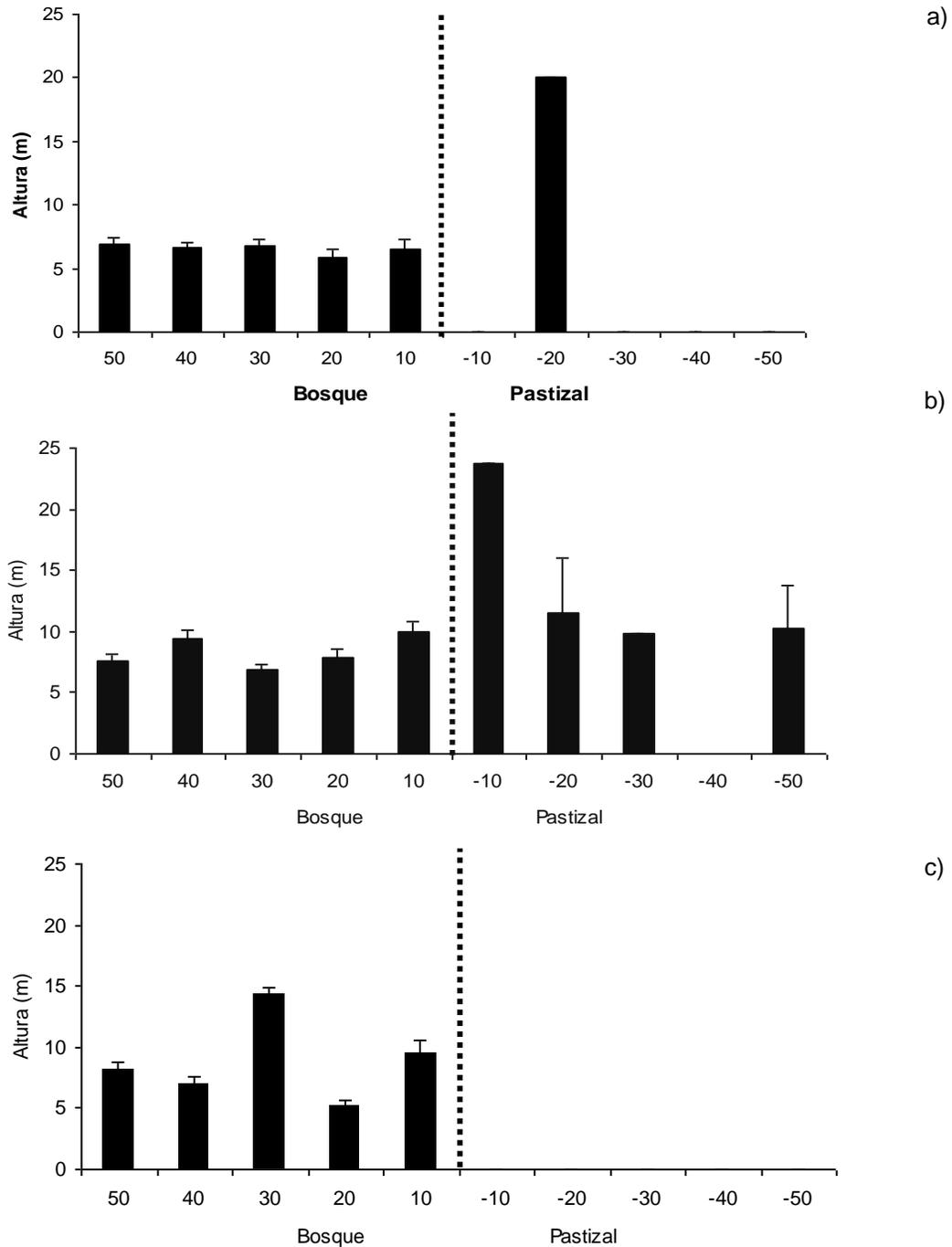


Figura 13. Altura promedio (\pm EE) por cuadro a lo largo del gradiente bosque – pastizal. La línea punteada indica el límite del bosque-pastizal. a) Fragmento 211 ha, b) Fragmento 5 ha y c) Fragmento 7 ha.

7.8. Pastizal

El porcentaje de cobertura de la familia Poaceae se midió en los tres fragmentos; el más diverso fue el 7 ha con diez especies. En el 211 ha *Ichnantus nemorosus* dominó en todos los cuadros del pastizal con coberturas de 45 a 28 % (Cuadro 5). *Panicum laxum* es la segunda especie que

se presentó en todos los cuadros del pastizal y sus coberturas son de 1 a 20%. En el 5 ha *I. nemorosus* es la especie con mayor cobertura en el transecto, al igual que *Paspalum caespitosum*; las demás especies obtuvieron valores de cobertura de 1 y como máximo 16 % (Cuadro 6). En el 7 ha *Paspalum conjugatum* se observó en todos los cuadros con valores de 12 a 52% de cobertura y, en segundo lugar, *Panicum trichoides* con valores de cobertura de 2 a 25% (Cuadro 7).

Cuadro 5. Porcentaje de cobertura de las especies de la familia Poaceae en los cuadros del pastizal del fragmento 211 ha.

Cuadro	<i>Cynodon plectostachyus</i>	<i>Ichnanthus nemorosus</i>	<i>Lithacne sp.</i>	<i>Panicum laxum</i>	<i>Panicum pilosum</i>	<i>Panicum trichoides</i>	<i>Paspalum conjugatum</i>
10	-	44%	3%	4%	-	1%	-
20	-	31%	-	20%	1%	-	3%
30	-	40%	2%	1%	1%	-	2%
40	-	45%	-	10%	6%	2%	21%
50	5%	28%	-	1%	1%	10%	6%

Cuadro 6. Porcentaje de cobertura de las especies de la familia Poaceae en los cuadros del pastizal del fragmento 5 ha.

Cuadro	<i>Cynodon plectostachyus</i>	<i>Digitaria sp.</i>	<i>Ichnanthus nemorosus</i>	<i>Lithacne sp.</i>	<i>Paspalum caespitosum</i>	Sp..5
10	-	16%	7%	-	4%	3%
20	-	1%	8%	-	2%	-
30	3%	1%	26%	1%	5%	-
40	3%	-	14%	-	29%	-
50	6%	1%	25%	1%	16%	-

Cuadro 7. Porcentaje de cobertura de las especies de la familia Poaceae en los cuadros del pastizal del fragmento 7 ha.

Cuadro	<i>Digitaria milanijana</i>	<i>Digitaria pentzii</i>	<i>Panicum laxum</i>	<i>Panicum sp.</i>	<i>Panicum trichoides</i>	<i>Paspalum conjugatum</i>	<i>Setaria geniculata</i>	sp. 6	sp. 7	Sp. 13
10	-	16%	-	-	25%	12%	1%	-	-	-
20	-	2%	-	1%	21%	24%	3%	1%	1%	-
30	-	1%	1%	-	3%	34%	1%	1%	-	-
40	-	1%	1%	-	2%	52%	-	1%	-	-
50	1%	2%	5%	1%	2%	46%	-	9%	-	1%

8. DISCUSIÓN

Como se esperaba, los árboles en los pastizales fueron escasos. El 5 ha registró 5 individuos del lado del pastizal, y se considera que son conservados como útiles, ya que son cedros y limoneros.

El 5 ha tuvo una mayor diversidad de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener, en comparación con el de 211 ha; en el que el estudio se realizó cerca de la zona cero (el límite visual entre el bosque y el pastizal); es decir el trabajo no llegó a la zona núcleo. Por lo que al comparar las diversidades con el de 5 ha este mostró una alta y en su mayoría eran primarias.

Las especies raras (las que aparecen una y dos veces) son componentes importantes en los fragmentos y muestran una alta diversidad. También Delgadillo (2006) describe para un borde en un fragmento de 640 ha que el 45% del total de las especies está representado con uno y dos individuos. Por otro lado, Heider (2001) señala para las especies del dosel (≥ 10 cm de DAP), en un sitio de 0.76 ha, que el 46 % de ellas están representadas por un solo individuo.

La presencia de *Omphalea oleifera* y *Myriocarpa longipes* en todos los fragmentos indica la existencia de aberturas del dosel que favorecen su desarrollo, en particular, su dominancia se concentra en los metros alrededor de la zona cero. Sin embargo, contrariamente a lo esperado en los de 5 y 7 ha, su presencia disminuye claramente hacia los últimos metros de la zona de bosque mientras que en el 211 ha dominan hasta el interior. Probablemente, esto se debe a la disponibilidad de luz dentro del fragmento y a la edad de ese borde.

Las especies con mayor distribución en el de 211 ha son *Myriocarpa longipes* (especie secundaria) y *O. oleifera*; la presencia de estas especies y la baja densidad de *Astrocaryum mexicanum* indica que el bosque tiene un mayor disturbio que el de Delgadillo (2006) y Bongers *et al.* (1988), ya que las especies que ellos reportan como mas frecuentes son primarias (*Astrocaryum mexicanum* y *Pseudolmedia oxyphyllaria*). El poco disturbio en el suelo que en general se pudo percibir en el presente estudio, y el tiempo transcurrido desde su separación del continuo, aproximadamente 40 años, son factores que han permitido el

establecimiento de algunas especies primarias (Williams - Linera 1990a, b, Fox *et al.* 1997, Sizer y Tanner 1999).

En el 211 ha la mayoría de las especies de plántulas registradas son primarias, lo que indica la probable regeneración del bosque a partir de la regeneración de avanzada (Martínez-Ramos, 1994); un ejemplo de ello es *Trophis mexicana*, la cual es primaria y fue la que obtuvo un mayor número de plántulas en el fragmento. Por otro lado, se observó que la mayor densidad de plántulas se encontró en el borde del fragmento, por lo que pudiera pensarse que las condiciones microambientales cerca del pastizal han sido las adecuadas para su establecimiento; en este sentido, Delgadillo (2006) reportó un alto número de plántulas hacia el interior del bosque.

La familia Arecaceae dominó a las demás, seguida de la Moraceae; la primera se caracteriza por ser tolerante a la sombra y por aprovechar los claros para acelerar su crecimiento (Martínez-Ramos 1985). Ello coincide con Delgadillo (2006) quien reporta un elevado porcentaje de plántulas de las familias Rubiaceae, Moraceae, Arecaceae y Euphorbiaceae.

Las condiciones que se formaron en el 5 ha por el aumento de cobertura vegetal en el cuadro 40 m fueron propicias para el mayor crecimiento de plántulas de *Philodendron tripartitum*. La dominancia de la familia Araceae, por el gran número de individuos, podría explicarse por la entrada de luz, debido a la poca cobertura, logrando que los individuos sean altamente competitivos en esa parte del gradiente (Martínez-Ramos 1985).

8.1. Densidad

Los fragmentos de 5 y 7 ha tuvieron la mayor densidad en los cuadros que se encontraban al interior y se trataba en su mayoría de especies primarias, a diferencia del 211 ha en el cual se observó la mayor densidad en los cuadros que se encontraban hacia el exterior del fragmento con un porcentaje mayor de especies secundarias. Estas especies secundarias tienen más requerimientos de luz para su germinación y establecimiento y son más tolerantes al disturbio (Williams-Linera 1990a).

8.2. Riqueza

En fragmentos muestreados por Ranney *et al.* (1981), Matlack (1993) y Delgadillo (2006) reportan una mayor riqueza de especies en los primeros 15 m del límite del borde hacia el interior, debido principalmente al aporte de especies secundarias que aprovechan la alta disponibilidad de luz en la zona de borde para su desarrollo. En este trabajo, ello no coincide con lo observado en el de 211 ha, porque en este la mayor riqueza se registró en el cuadro 30 m; además, no se observó una dominancia de las especies secundarias sobre las primarias. Esto probablemente se deba a que en el sitio se está llevando a cabo un proceso de regeneración natural dado que la zona dentro del bosque fue talada hace 40 años y que solo dejaron los árboles mas grandes. Esto se puede confirmar ya que en el transecto se pudo determinar que las plántulas tienen un mayor número de especies primarias y aumentan en dirección al pastizal. En los fragmentos de 5 y 7 ha los cuadros interiores son los de mayor riqueza. El 5 ha presenta una ligera mayoría de árboles de especies secundarias, mientras que en el 7 ha, los árboles y las plántulas muestran grandes diferencias de porcentaje de especies primarias referente a las secundarias; ello sugeriría que el primero estaría en una etapa de regeneración mas temprana con respecto al segundo.

8.3. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal en el 211 ha fue mayor en los cuadros 10 y 20, los que se encuentran mas cercanos al pastizal; las especies que presentaron valores altos de cobertura vegetal fueron *Alchornea latifolia*, *Omphalea oleifera* y *Myriocarpa longipes*, mientras que *Rollinia mucosa* (especie primaria) estuvo presente en tres de los cinco cuadros y tuvo la mayor cobertura vegetal en todo el fragmento, indicando un aumento de tamaño por la mayor disponibilidad de luz y de espacio.

En el 211 ha, al igual que Delgadillo (2006), observamos el valor mas alto de cobertura vegetal a los 30 m, aportados principalmente por especies primarias en su mayoría. El 5 ha presentó la

menor cobertura vegetal, lo que facilita el establecimiento de especies secundarias ya que la luz las favorece. Finalmente, para el 7 ha, el mayor aporte de cobertura hacia el interior refleja que el tiempo transcurrido desde la formación del borde y el escaso disturbio por el ganado, han permitido el desarrollo de la vegetación en la zona de borde.

8.4. Área basal

Williams-Linera *et al.* (1998) reportan para bordes con mas de 15 años en la región de Los Tuxtlas, un aumento en la densidad de árboles con DAP de 10 a 20 cm en los primeros 20 m al interior del bosque. En el 211 ha el cuadro 30 m registró el valor de área basal mas alto coincidiendo con Williams-Linera *et al.* (1998), y al igual que Delgadillo (2006), las áreas básales registradas por especie fueron de dos a 16 metros.

Los de 5 y 7 ha coinciden con los datos de Williams-Linera *et al.* (1998) ya que área basal es alto de en los primeros 20 m, pero se repite el aumento del área basal en el cuadro 50 m esto se debe a la disponibilidad de recursos como la luz. De los tres fragmentos, el 7 ha presenta los valores mas altos de área basal, explicado por la presencia de árboles con DAP \geq a 10 cm, lo que puede indicar que este bosque contiene especies con individuos de mayor edad reflejando un mejor estado de conservación. En este fragmento, además, la segunda especie mas importante fue *Astrocaryum mexicanum*, lo que muestra que el sotobosque no ha sido tan alterado, por lo que éste parece ser el sitio menos perturbado. Ello es diferente a lo esperado, ya que se pensaba que el 211 ha obtuviera un porcentaje mayor de especies primarias y especies con DAP mayor; pero no fue asi el mejor conservado resultado ser el de 7 ha.

8.5. Pastizal

En el 7 ha la especie que dominó es *Paspalum conjugatum* lo que muestra que el pastizal es tipo grama (no se encontró *Cynodon plactostachyus*). Según Lira (2003) y Guevara *et al.* (1994) en los pastizales de grama se han reportado una mayor riqueza de especies de plántulas de leñosas y grama; esto solo se reportó para el de 7 ha; lo que nos indica su tendencia a la reforestación.

En el 211 ha y en el 5 ha, la especie que dominó es *Ichnantus nemorosus*; esta semejanza se puede deber a que se han manejado de la misma forma.

9. CONCLUSIONES

Las especies con mayores valores de importancia en los tres fragmentos y, a lo largo del gradiente bosque-pastizal, fueron secundarias.

La zona muestreada del 211 ha presentó una estructura menos compleja ya que los valores de VIR son mas bajos con respecto a los de 5 y 7 ha.

El 5 ha tuvo una mayor diversidad de especies arbóreas, un mayor número de especies y de individuos y un alto porcentaje de especies primarias, a lo largo de todo el gradiente analizado.

Listado anotado de especies registradas en los tres fragmentos (Ibarra y Sina ca, 1995), utilizamos la siguiente simbología: su filiación (FI) (primaria P, secundaria S), estadio (árbol A, plántula PL), abundancia (ABU), área basal total (AB), cobertura total (COB), altura promedio (AL), valor de importancia relativa (VIR). Las especies en gris son especies que se encuentran en un solo fragmento.

Especie	FAMILIA	Fragmento 211 ha.									Fragmento 5 ha.						Fragmento 7 ha.									
		ESTADIO			ABU	AB	COB	AL	VIR	ESTADIO			ABU	AB	COB	AL	VIR	ESTADIO			ABU	AB	COB	AL	VIR	
		FI	A	PL						A	PL	A						PL	A	PL						
<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	FABACEAE	S	X		1	0.00	1.77	1.80	1.46	X		4	0.527	16.9	11.64	4.008		X								
<i>Acalypha arvensis</i>	EUPHORBIACEAE	S		X							X															
<i>Acalypha skutchii</i> I.M.Johnst.	EUPHORBIACEAE	P			4	0.01						2	0.048	44.07	8.55	2.042										
<i>Aegiphila costaricensis</i> Moldenke	VERBENACEAE	P	X				9.05	4.80	4.91	X								X	X	1	4.358	37.176	7.82	3.639		
<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	EUPHORBIACEAE	S	X	X	4	0.35	89.80	6.03	5.75	X		3	0.057	59.44	10.83	3.044		X		2	2.226	3.206	4.59	4.22		
<i>Allophylus camptostachys</i> Radlk.	SAPINDACEAE	P																X	X	2	4.766	180.05	7.71	4.396		
<i>Ampelocera hottlei</i> (Standl.) Standl.	ULMACEAE	P																X	X	2	0.974	4.3345	13.47	3.63		
<i>Anthurium flexile</i> Schott	ARACEAE										X															
<i>Anthurium pentaphyllum</i> G.Don	ARACEAE										X															
<i>Anthurium scandens</i> (Aubl.) Engl.	ARACEAE	P		X																						
<i>Aphelandra aurantiaca</i> (Scheidw.) Lindl.	ACANTHACEAE																									
<i>Astrocaryum mexicanum</i> Liebm.	ARECACEAE	P		X						X	X	10	0.37	61.61	6.985	6.441		X	X	19	11.68	1170.1	8.126	23.38		
<i>Bactris mexicana</i> Mart	ARECACEAE										X							X		2	7.417	165.59	8.61	5.645		
<i>Bactris trichophylla</i> Burret	ARECACEAE	P	X	X	2	0.56	2.81	4.54	3.34									X		1	0.432	112.34	9.05	1.789		
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	MORACEAE										X															
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	BURSERACEAE	S	X		1	0.00	1.67	4.66	1.47	X		1	0.035	46.57	11.6	1.036			X							
<i>Calathea lutea</i> G.Mey.	MARANTACEAE										X															
<i>Calathea macrochlamys</i> Woodson & Standl.	MARANTACEAE										X															
<i>Capparis baducca</i> L.	CAPPARACEAE	P																	X		1	0.081	42.545	4.05	1.624	
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	FLACOURTIACEAE	S									X	1	0.004	13.85	8.8	0.994										
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	CECROPIACEAE	S	X		1	0.08	0.00	7.86	1.65									X		1	0.002	30.778	10.29	1.586		
<i>Cedrela odorata</i> L.	MELIACEAE	S	X	X	3	1.99	3.77	x	9.30	X		7	0.37	301	15.08	5.448		X	X	2	3.732	118.94	9.18	4.929		
<i>Cestrum racemosum</i> Ruiz & Pav.	SOLANACEAE	S	X		1	0.02	22.50	6.21	1.52	X		11	4.58	82.13	7.364	13.1										
<i>Chamaedorea schiedeana</i> Mart.	ARECACEAE	P		X							X							X	X	4	14.19	75.393	7.18	10.99		
<i>Cissus gossypifolia</i> Standl.	VITACEAE	P		X															X							
<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	RUTACEAE										X					9.8										
<i>Cnidocolus multilobus</i> I.M.Johnst.	EUPHORBIACEAE	P	X		1	0.50	3.17	2.80	2.69	X																
<i>Coccoloba barbadensis</i> Kunth	POLYGONACEAE	P									X	3	0.005	4.289	5.9	2.315										

<i>Coccoloba hondurensis</i> Lundell	POLYGONACEAE	P							X	2	0.014	11.64	8.3	1.997												
<i>Cordia megalantha</i> S.F.Blake	BORAGINACEAE	P							X	1	4E-04	22.27	9.6	0.99	X		1	0.458	17.795	3.64	1.801					
<i>Cordia stellifera</i> I.M.Johnst.	BORAGINACEAE	P							X	1	0.003	7.744	7.8	0.993												
<i>Costus scaber</i> Ruiz & Pav.	COSTACEAE	S		X																						
<i>Crataeva tapia</i> L.	CAPPARACEAE	P																		X						
<i>Crossopetalum parviflorum</i> (Hemsl.) Lundell	CELASTRACEAE								X	1	0.003	4.87	6.55	0.993												
<i>Croton pyramidalis</i> Donn.Sm.	EUPHORBIACEAE	S+													X	X	3	11.51	25.271	5.198	9.161					
<i>Croton schiedeanus</i> Schltld.	EUPHORBIACEAE	S	X		1	0.00	1.56	1.80	1.47						X	X	8	6.527	1692.7	13.96	9.636					
<i>Cupania glabra</i> Sw.	SAPINDACEAE	P		X						X	2	6.854	2.873	5.15	10.56											
<i>Cymbopetalum baillonii</i> R.E.Fr.	ANNONACEAE	P	X	X	3	0.39	11.21	11.40	5.34	X	X	1	0.026	43.01	7.6	1.024	X	X	2	3.26	64.207	5.255	3.686			
<i>Cynometra retusa</i> Britton & Rose	CAESALPINIACEAE	P	X																							
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	ARALIACEAE	P	X		3	0.38	34.63	7.83	5.32											X						
<i>Dieffenbachia seguine</i> Schott	ARACEAE	P		X																X						
<i>Eritrina folkersii</i> Krukoff & Moldenke	FABACEAE	S	X		1	0.00	2.89	7.12	1.47											X	1	3.414	44.77	4.2	3.194	
<i>Erythroxylum panamense</i> Turcz.	ERYTHROXYLACEAE									X	1	0.045	5.789	6.4	1.049											
<i>Eugenia capuli</i> Schltld.	MYRTACEAE	S								X	2	7E-04	2.452	6.52	1.321											
<i>Eugenia inirebensis</i> P.E.Sánchez	MYRTACEAE																			X	1	0.204	37.068	3.05	1.681	
<i>Eugenia mexicana</i> Steud.	MYRTACEAE	P	X		2	0.00	0.86	3.76	1.97																	
<i>Eupatorium galeottii</i> B.L.Rob.	ASTERACEAE	P	X		4	0.71	29.83	5.95	7.61											X	1	0.252	29.609	5.51	1.704	
<i>Faramea occidentalis</i> (L.) A.Rich.	RUBIACEAE	P																		X	X	1	4.012	143.14	7.1	3.476
<i>Ficus obtusifolia</i> Roxb.	MORACEAE	P								X	1	0.867	1.767	12.8	2.157											
<i>Ficus tecolutensis</i> Miq.	MORACEAE	P								X	1	0.088	0.003	28.6	1.107											
<i>Forsteronia viridescens</i> S.F.Blake	APOCYNACEAE																				X					
<i>Guamia sp.</i>	ANNONACEAE	P								X	1	4E-04	2.91	5.23	0.99											
<i>Guarea glabra</i> Vahl	MELIACEAE	P	X	X	3	0.00	5.20	3.41	4.40	X	3	0.005	30.42	5.765	2.315											
<i>Guarea grandifolia</i> DC.	MELIACEAE	p	X							X	X	1	4E-04	3.095	4.6	0.99	X	X	2	2.753	35.535	3.95	3.448			
<i>Hamelia longipes</i> Standl.	RUBIACEAE	P	X		1	0.00	3.77	3.88	1.47	X		3	0.596	22.08	8.15	3.77										
<i>Hampea nutricia</i> Fryxell	MALVACEAE	S	X		1	0.00	18.74	4.93	1.47	X	X	22	14.91	117.9	9.541	31.98	X	X	1	0.458	4.7529	2.73	1.801			
<i>Icacorea compressa</i> (Kunth) Standl.	MYRSINACEAE									X	X	1	0.001	8.042	4.3	0.991										
<i>Inga acrocephala</i> Steud.	MIMOSACEAE																			X	X	2	3.754	32.977	3.995	4.939
<i>Inga aestuariorum</i> Pittier	MIMOSACEAE																			X		1	0.199	155.7	18.61	1.679
<i>Inga pavoniana</i> G.Don	MIMOSACEAE	P																			X					
<i>Inga quaternata</i> OPEP. & Endl.	MIMOSACEAE	P		X																X		2	2.325	15.99	4.065	3.246
<i>Ipomoea</i> L.	CONVOLVULACEAE	R		X																						
<i>Jacaratia dolichaula</i> (Donn.Sm.)Woodson	CARICACEAE																			X		2	6.891	28.089	11.92	5.397
<i>Licaria velutina</i> van der Werff	LAURACEAE	P																		X		1	0.624	8.9727	3.89	1.879
<i>Mollinedia viridiflora</i> Tolm.	MONIMIACEAE																				X					
<i>Monstera acuminata</i> K.Koch	ARACEAE	P		X																	X					
<i>Myriocarpa longipes</i> Liebm.	URTICACEAE	S	X		26	14.72	200.34	5.52	57.89	X	X	18	6.341	119.1	8.274	17.79	X	X	40	46.06	1773.9	18.76	50.42			

<i>Quararibea funebris</i> Vischer	BOMBACACEAE	P								X							1	0.093	120.96	9.2	1.629		
<i>Randia pterocarpa</i> Lorence & Dwyer	RUBIACEAE	P							X		1	0.005	4.209	4.4	0.995	X		2	2.917	31.996	13.19	3.525	
<i>Randia retroflexa</i> Lorence & M.Nee	RUBIACEAE	P													X	X	1	0.497	0.002	3.63	1.82		
<i>Rheedia edulis</i> Planch. & Triana	CLUSIACEAE	P													X	X	1	0.385	22.396	3.28	1.767		
<i>Robinsonella mirandae</i> Gómez Pompa	MALVACEAE	P	X		1	0.01	12.50	7.34	1.48														
<i>Rollinia jimenezii</i> Saff.	ANNONACEAE	P								X	X	3	0.702	44.52	8.875	3.254							
<i>Rollinia mucosa</i> Jacq.	ANNONACEAE	P/S	X		5	0.33	157.77	10.69	6.20	X		1	0.217	0	7.15	1.281	X	X	4	1.729	651.15	12.18	7.156
<i>Rondeletia galeottii</i> Standl.	RUBIACEAE															X		1	0.009	114.8	6.1	1.589	
<i>Sapium nitidum</i> (Monach.) Lundell	EUPHORBIACEAE	S	X		1	0.22	6.03	11.30	2.00	X		2	0.024	0.105	13.2	2.01	X		1	0.096	655.97	12.64	1.631
<i>Schaueria parviflora</i> (Leonard) T.F.Daniel	ACANTHACEAE																						
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) Irwin et Bar et Barneby subsp. Soylei (Britton et Rose)	CAESALPINIACEAE	S								X		1	0.191	4.486	6.85	1.247							
<i>Sideroxylon persimile</i> (Hemsl.) T.D.Penn.	SAPOTACEAE	P	X	X	1	0.00	3.27	1.80	1.47														
<i>Siparuna andina</i> A.DC.	MONIMIACEAE	S	X		10	0.09	78.69	5.18	10.00	X		10	0.41	150.7	7.37	7.153	X	X	7	11.38	278.29	6.348	14.42
<i>Smilax</i> sp.	SMILACACEAE	P		X																			
<i>Spathiphyllum cochlearispathum</i> Engl.	ARACEAE			X																			
<i>Spigelia palmeri</i> Rose	LONGANIACEAE	R		X																			
<i>Spondias radlkoferi</i> Donn.Sm.	ANACARDIACEAE	S	X		2	0.98	1.55	4.94	5.34	X	X	1	0.179	34.37	10.6	1.23							
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i> Woodson	APOCYNACEAE	P	X	X	2	0.95	2.23	3.49	5.26	X		5	2.449	62.62	6.72	6.929	X		6	9.857	1127.2	11.18	13.14
<i>Syngonium chiapense</i> Matuda	ARACEAE																						
<i>Syngonium macrophyllum</i> Engl.	ARACEAE	P		X																			
<i>Syngonium podophyllum</i> Schott	ARACEAE	P		X																			
<i>Tabebuia guayacan</i> Hemsl.	BIGNONIACEAE									X		1	0.272	4.753	9.18	1.356							
<i>Tabernaemontana alba</i> Mill.	APOCYNACEAE	S	X		1	0.01	1.54	5.01	1.49	X		7	2.276	33.08	5.113	8.016							
<i>Tetrorchidium rotundatum</i> Standl.	EUPHORBIACEAE	S	X		1	0.35	1.46	1.80	2.34														
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	ULMACEAE																X		1	0.765	203.33	10.11	1.946
<i>Trichilia breviflora</i> S.F.Blake & Standl.	MELIACEAE	P								X		2	3.363	4.823	4.5	6.509	X	X	4	4.674	208.44	5.105	8.544
<i>Trichilia martiana</i> C.DC.	MELIACEAE	p	X		1	0.00	0.75	5.54	1.47	X		1	0.002	5E-04	9.6	0.991							
<i>Trichilia moschata</i> Sw.	MELIACEAE	P																					
<i>Trophis mexicana</i> (Liebm.) Bureau	MORACEAE	P	X	X	28	5.08	126.67	5.04	35.06	X	X	17	2.426	65.12	5.757	12.85	X	X	7	4.305	400.65	5.093	11.09
<i>Urera caracasana</i> Griseb.	URTICACEAE	S	X		6	0.35	68.91	5.43	7.69	X		1	6E-04	3.333	6.25	0.99							
<i>Urera elata</i> Griseb.	URTICACEAE	S+								X		1	0.003	6.905	6	0.993	X		6	8.403	185.98	11.16	9.39
<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Killip ex Record	FABACEAE	P								X		1	0.693	7.67	10.8	1.922							
<i>Xanthosoma robustum</i> Schott	ARACEAE	S		X																			
<i>Zanthoxylum kellermanii</i> P.Wilson	RUTACEAE	S	X		1	0.00	0.00	6.27	1.47	X		5	0.16	2.76	11.01	3.844							
TOTALES					203	40.52	1181.88	5.15	300.00			302	74.21	2468	8.448	300			176	211.3	12988	8.047	298

10. LITERATURA CITADA

- Álvarez-Sánchez, J. y E. Naranjo-García. (Eds.). 2003. Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México. Instituto de Ecología, A.C., México pp.17-67.
- Arroyo-Rodríguez V. y S. Mandujano. 2006. The importance of tropical rain forest fragments to the conservation of plant species diversity in Los Tuxtlas, México. *Biodiversity and Conservation* 15:4159-4179.
- Barrera Bassols, N., C. López Binnquist y R. Palma-Grayeb. 1993. Vacas, Pastos y Bosques en Veracruz: 1950-1990. En: N. Barrera y H. Rodríguez (Coord.). "Desarrollo y Medio Ambiente en Veracruz. Impactos económicos, ecológicos y culturales de la ganadería en Veracruz". Fundación Firedrich Ebert, CIESAS, Instituto de Ecología A.C., pp.35-72.
- Benítez-Malvido, J. 2003. Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a Tropical Rain Forest. *Conservation Biology* 12(2): 380-389.
- Bongers, F., J. Popma, J. Meave del Castillo y J. Carabias. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, México. *Vegetatio* 74: 55-80.
- Brothers, T. S. y A. Springarn. 1992. Forest fragmentation and alien plant invasion of central Indiana old-growth forest. *Conservation Biology* 16: 909-923.
- Carabias-Lillo, J. 1979. Análisis de la vegetación de la selva alta perennifolia y comunidades derivadas de ésta en una zona cálido húmeda de México, Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Camargo, J. L. C. y V. Kapos. 1995. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest. *Journal of Ecology* 11: 205-221.
- Campos, A. 1988. Edafología. En: Bases ecológicas para el ordenamiento Territorial de la Región de Los Tuxtlas, Veracruz. INE-SEMARNAP, Instituto de Ecología A.C.
- Castillo-Campos, G. y J. Laborde. 2004. Vegetación. En Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A. C. México. pp. 231-265.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro, CONABIO – UNAM, México.
- Chen, J., J. F. Franklin y T.A. Spies. 1992. Vegetation responses to edge environments in old growth Douglas-fir forest. *Ecological Applications* 2: 387:396.
- Delgadillo D. 2006. Análisis de la estructura de la vegetación en el borde de una selva tropical húmeda. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Dirzo, R. y M. García. 1991. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical rain southeast Mexico. *Conservation Biology* 6: 84-90.
- Dirzo, R. y A. Miranda. 1992. El limite boreal de la selva tropical húmeda en el continente Americano: contracción de la vegetación y solución de una controversia. *Interciencia* 16: 240-247.

- Dirzo, R. y P. Raven. 2003. Global state of biodiversity and loss. *Annual Environment Resources* 28: 137-167.
- Estrada A., R. Coates-Estrada y M. Martínez-Ramos. 1985. La Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas: un recurso para el estudio y conservación de las selvas del Trópico Húmedo. En: Gómez – Pompa, A. y S. Del Amo. (Eds). *Investigaciones sobre la Regeneración de Selvas Altas en Veracruz, México*, pp. 379 – 393. Vol. II INIREB y Alambra, México, D.F.
- Flores, J.S. 1971. Estudio de la vegetación del cerro El Vigía de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Flores, S. y J. Álvarez-Sánchez. 2004. Flora y Vegetación. En: *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Bautista, F. (Ed.). Instituto de Geografía, UNAM, Universidad Autónoma de Yucatán, CONACYT, INE. pp: 303-327.
- Fox, B.J., J. E. Taylor, M.D. Fox y C. Williams, 1997. Vegetation changes across edges of rainforest remnants. *Biological Conservation* 82: 1-13.
- Guevara, S., J. Laborde, D. Liesenfeld y O. Barrera. 1997. Potrereros y ganadería. En: González, E., R. Dirzo y R.C. Vogt (Eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Historia Natural de Los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 45 -58.
- Guevara, S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos. (Eds.). 2006. Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Xalapa, Ver., México. 288 pp.
- Guevara, S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos. 2006a. Introducción. En: Guevara, S., J. Laborde y G. Sánchez - Ríos (Eds.). 2006. Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Xalapa, Ver., México. pp. 18-26.
- Guevara, S., J. Meave, P. Moreno-Casasola, J. Laborde y S. Castillo. 1994. Vegetación y Flora de Potrereros en la Sierra de Los Tuxtlas, México. *Acta Botánica Mexicana* 28: 1-27.
- Harper, K. A. y S.E. Macdonald. 2002. Structure and composition of edges next to regenerating clear-cuts in mixed-wood boreal forest. *Journal of Vegetation Science* 13: 535-546.
- Heider, C. 2001. Landscape-Level Patterns in Biodiversity: Plant species and Biomass Structure. Master of Science Thesis. Oregon State University. 138 pp.
- Hughes, R. Flint, J.B. Kauffman y V.J. Jaramillo. 2000. Ecosystem-scale impacts of deforestation and land use in a tropical region of México. *Ecological Applications* 10 (2): 515-527.
- Ibarra-Manríquez, G. 1985. Estudios preliminares sobre la flora leñosa de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz, México. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Ibarra-Manríquez, G y S. Sinaca. 1987. Listados Florísticos de México VII, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Ibarra-Manríquez, G y S. Sinaca. 1995. Lista florística de la estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz. México. *Revista de Biología Tropical* 43:75-115.
- Jose, S., A. R. Gillespie, S. J. George y B. M. Kumar. 1996. Vegetation responses along edge to interior gradients in a high altitude tropical forest in a peninsular India. *Forest Ecology and Management* 87: 51-62.

- Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* 5: 173-185.
- Laborde, J. 2006a. La Reserva de la Biosfera. En: Guevara, S., J. Laborde y G. Sánchez - Ríos (Eds.). 2006. Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Xalapa, Ver., México. pp. 18-26.
- Laurance, W. F. 1991. Edge effects in tropical forest fragments: application of a model in the design of nature reserves. *Biological Conservation* 57: 205 – 219.
- Laurance, W.F., P. Delamonica, S. Laurance, H. Basconcelos y T. Lovejoy. 2000. Rainforest fragmentation kills big trees. *Nature* 428: 171-175.
- Lidicker, W. Z. J. 1999. Responses of mammals to habitat edges: an overview. *Landscape Ecology* 14: 333-343.
- Lira, N. A. 2003. La vegetación de los potreros del norte de la sierra de Los Tuxtlas. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 98 pp.
- López de Casenave, J., J. P. Pelotto y J. Protomastro. 1995. Edge-interior differences in vegetation structure and composition in a Chaco semi-arid forest, Argentina. *Forest Ecology and Management* 72:61-69.
- Lot-Helgueras, A. 1976. La Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas: Pasado, Presente y Futuro. En: Gómez-Pompa, A., Vázquez-Yanes, C., del Amo R., S. y A. Butanda C. (Eds.) *Regeneración de Selvas*. Cia. Editorial Continental, S.A. de C. V. 676 pp., México, D. F.
- Lovejoy, T. E., R. O. Bierregaard, A. Rylands, J. Malcom, C. Quintinela, I. Harper, K. Brown, A. Powell, H. Schubart y M. Hays. 1986. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts. 584 pp.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press. 192 pp.
- Martínez-Ramos, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. En: Gómez-Pompa, A., C. Vázquez-Yanes, S. del Amo y A. Butanda (Eds.). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. CECSA, México, D.F. pp 191-239.
- Martínez-Ramos, M. 1994. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 54: 179–224.
- Masera, O. R., M.J. Ordóñez y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from mexican forest: current situation and long –term scenarios. *Climatic Change* 35: 265 – 295.
- Matlck, G.R. 1993. Microenvironmental variation within and among forest edge sites in the eastern United States. *Biology Conservation* 66: 185-194.
- Meli, P. 2004. Recolonización de potreros abandonados. Un caso de estudio de restauración en la selva de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. 161 pp.

- Mendoza, E., J. Fa y R. Dirzo. 2005. A quantitative analysis of forest fragmentation in Los Tuxtlas southeast Mexico: Patterns and implications for conservation. *Revista Chilena de Historia Natural* 78: 451 – 467.
- Mesquita, R. C., G., P. Delamonica y W. F. Laurance. 1999. Effect of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian forest fragments. *Biological Conservation* 91: 129-134.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 29: 29-179.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.
- Newmark, W. D. 2001. Tanzanian forest edge microclimatic gradients: Dynamic and patterns. *Biotropica* 33:2-1.
- Oosterhoorn, M. y M. Kapelle. 2000. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rica montane cloud forest. *Forest Ecology and Management* 126: 291-307.
- Ranney, J. W., M.C. Bruner y J. B. Levenson. 1981. The importance of edge in the structure and dynamics of forest islands. En: Burgess R. I. y D. M. Shape (Eds.). *Forest island dynamics in man –dominated landscapes*. Ecological Studies. Springer – Verlag. Nueva Cork, EUA. 41: 67-95.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México D.F. 432 pp.
- Saunders, D.A., Hobbs, R.J. y C.R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1994. *Inventario Nacional Forestal, México*.
- Sizer, N. E. y V. J. Tanner. 1999. Responses of woody plant seedlings to edge formation in a lowland tropical rainforest, Amazonia. *Biological Conservation* 91: 135-142.
- Sommer–Cervantes, I., Flores-Delgadillo, L. Gutiérrez- Ruiz, M. 2003. Caracterización de los suelos de la estación de Biología Tropical Los Tuxtlas. En: Álvarez – Sánchez, J. y Naranjo – García, E. (Eds.). *Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México*. Instituto de Ecología, A.C., México pp.17-67.
- Soto, M. y L. Gama. 1997. Climas. En: González-Soriano, E., R. Dirzo y R. Vogt (Eds.). *Historia Natural de los Tuxtlas*. UNAM-CONABIO, México D.F., pp: 7-23.
- Williams-Linera, G. 1990a. Origin and early development of forest edge vegetation in Panama. *Biotropica* 22: 235-241.
- Williams-Linera, G. 1990b. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. *Journal of Ecology* 78: 356-373.
- Williams-Linera, G. 1993. Vegetación de bordes de un bosque nublado en el Parque Ecológico Clavijero, Xalapa, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* 41:443-453.
- Williams-Linera, G., V. Domínguez-Gastelú y M. E. García-Zurita. 1998. Microenvironment and floristics of different edges in a fragmented tropical rainforest. *Conservation Biology* 12: 1091-1102.