

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA GABRIEL RENÉ MORENO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
CARRERA DE BIOLOGÍA



**EFFECTO DE BORDE EN LA COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y
DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN FRAGMENTOS DE BOSQUE
(CORTINAS ROMPE-VIENTOS) SEMIDECIDUO CHIQUITANO,
“PROPIEDAD AGRÍCOLA SAN RAFAEL”, CUATRO CAÑADAS,
SANTA CRUZ - BOLIVIA**

Tesis de grado para obtener el título de:

Licenciada en Ciencias Biológicas

Por:

Mirian Lazarte Chispa

Santa Cruz de la Sierra-Bolivia

2009

ASESORES

Lic. M. Sc. Teresa Ruiz de Centuri3n

Lic. M. Sc. Luzmila Arroyo Padilla

Lic. M. Sc. Jes3s N. Pinto Ledezma

DEDICATORIA

*Con profundo amor, cariño y respeto a mis padres
Mario Lazarte Fuentes y Nona Chispas Arias.
Por que así como me dieron la vida, me brindaron
amor, comprensión y su inmenso sacrificio
para obtener una formación profesional*

AGRADECIMIENTOS

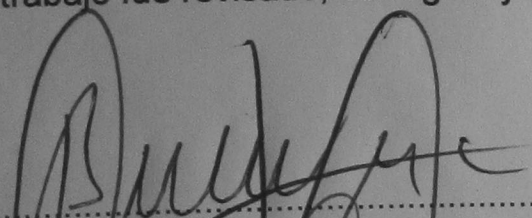
- A Dios por la bendición de la vida, por haberme mostrado el camino de la verdad y darme fortaleza para seguir adelante.
- A mis hermanos: Mery, Juan Pablo, Luis Miguel y Daniela por darme siempre su cariño y apoyo incondicional. Y a mi sobrino el pequeño Romer por todas las alegrías y bendiciones que nos trajo con su llegada a la familia.
- A la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno y a todos los docentes de la Carrera de Biología por todas las enseñanzas que me brindaron.
- A la Empresa Desarrollos Agrícolas S. A. (DESA) y al Ing. Arturo Altamirano por brindarme la oportunidad y confianza para realizar la presente investigación. También agradezco a todo el personal técnico de la Propiedad San Rafael por colaborarme en el trabajo de campo y en todo momento.
- A mis asesores por su buena voluntad de colaborarme en todo lo necesario y aclararme todas las dudas.
- Mi eterno agradecimiento al Lic. Daniel Villarroel Segarra y al Ing. Alejandro Araujo Murakami que fueron mis colaboradores, ayudándome en todo momento y aportando con buenas sugerencias en la redacción del documento.
- Al Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado (MHNNKM), al Herbario del Oriente Boliviano (USZ) y a todo el personal, por su ayuda durante el desarrollo del trabajo de laboratorio hasta la culminación del documento. En especial a la sra. Fabiana Mamani por su acertada colaboración y orientación.
- De manera especial agradezco al Sr. Aly Medina encargado de la Biblioteca del Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado por su constante atención.

- Agradezco a mi compañero Victor Sosa por su excelente trabajo de dibujo e ilustración de los perfiles de vegetación.
- A mis compañeros y amigos por todos los consejos y momentos compartidos: Margoth Mendoza, Saida Moya, Sara Terceros, Guido Saldaña, Rafael Carrasco, Aquilino Molina, Salomón Orellana y Ronald Méndez.

APROBACIÓN

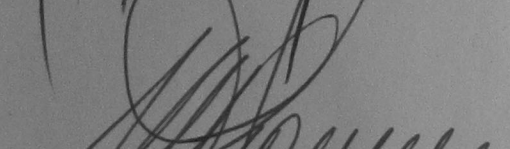
La tesis de grado "Efecto de borde en la composición, estructura y diversidad florística en fragmentos de bosque (cortinas rompe-vientos) semideciduo chiquitano, "Propiedad Agrícola San Rafael", Cuatro Cañadas, Santa Cruz-Bolivia" fue presentada por la Univ. Mirian Lazarte Chispa, como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Ciencias Biológicas y el Título de Biólogo en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.

El trabajo fue revisado, corregido y aprobado por el siguiente Comité:



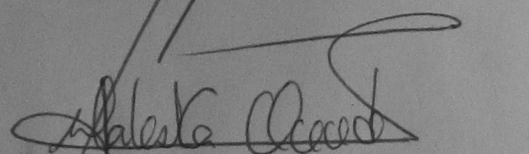
.....
Dr. Bonifacio Mostacedo

TRIBUNAL DE TESIS



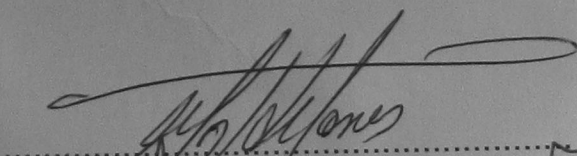
.....
Lic. M.Sc. Margaret Fergusson

TRIBUNAL DE TESIS



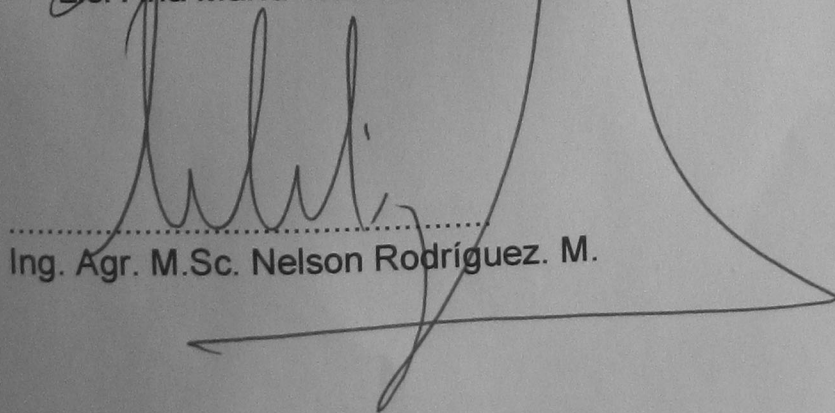
.....
Lic. Ana W. Quevedo

TRIBUNAL DE TESIS



.....
Lic. Ana María Mostacedo

DIRECTORA DE CARRERA



.....
Ing. Agr. M.Sc. Nelson Rodríguez. M.

DECANO F.C.A

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
RESUMEN	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	4
3. OBJETIVOS	6
3.1. Objetivo general	6
3.2. Objetivos específicos	6
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
4.1. Importancia del estudio de la vegetación	7
4.2. Conceptos acerca de la fragmentación	7
4.3. Los paisajes fragmentados: estructura y grados de alteración	8
4.4. Efecto de borde	9
4.5. Consecuencias ecológicas de los bordes	10
4.6. Efectos de borde: importancia de la calidad del hábitat	11
4.7. Tipos de borde y sus efectos	13
4.8. Zona de borde y comportamiento vegetal	14
4.9. Cortinas rompe-vientos y la conservación de la biodiversidad	16
4.10. Cortinas naturales	17
4.11. Funciones de las cortinas rompe-vientos	18
4.12. Estudios de caso	19
4.12.1. Efectos de borde en la vegetación de remanentes de bosque muy húmedo tropical en el norte de Costa Rica y sus implicaciones para el manejo y la Conservación	19
4.12.2. Influencia de los factores modeladores sobre el efecto de borde, en un relicto de bosque altoandino en Colombia	20
5. MATERIALES Y MÉTODOS	22
5.1. Área de estudio	22
5.1.2. Clima	24
5.1.3. Fisiografía y geología	24
5.1.4. Registro de intervenciones o disturbios	26
5.1.5. Vegetación	26
5.2. Métodos	27
5.2.1. Diseño y selección del área de muestreo para evaluar el efecto de borde	27
5.2.2. Toma de datos para medir las variables bióticas	32
5.2.3. Colecta de especímenes	33
5.2.4. Secado e identificación taxonómica	33
5.3. Análisis y procedimientos estadísticos	33

5.3.1. Medidas de riqueza y diversidad de especies	34
5.3.1.1. Diversidad florística	34
5.3.2. Composición florística	35
5.3.2.1. Análisis de la importancia ecológica	35
5.3.3. Estructura	38
5.3.4. Comparación de la diversidad, composición y estructura florística	38
6. RESULTADOS	39
6.1. Diversidad y variables métricas	39
6.1.1. Similitud florística	39
6.1.2. Comparación de diversidad y abundancia	42
6.2. Composición florística	48
6.2.1. Familias y especies con mayor importancia ecológica	50
6.2.1.1. Composición florística en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m	50
6.2.1.2. Composición florística en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m	52
6.2.1.3. Composición florística en las cortinas rompe-vientos de 70-150 m	54
6.2.1.4. Composición florística del bosque testigo	56
6.3. Estructura de las cortinas rompe-vientos y bosque testigo	58
6.3.1. Estructuras horizontales	58
6.3.2. Estructuras verticales	62
7. DISCUSIÓN	70
7.1. Diversidad	70
7.2. Composición florística	72
7.3. Estructura de las cortinas rompe-vientos y bosque testigo	75
7.3.1. Estructura horizontal	75
7.3.2. Estructura vertical	76
8. CONCLUSIONES	79
9. RECOMENDACIONES	80
10. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	81
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Proceso de alteración del paisaje	9
Figura 2.	Representaciones de tipos de bordes con distintos hábitats adyacentes comunes en los Altos de Chiapas, México	14
Figura 3.	Mapa de ubicación de la Propiedad Agrícola San Rafael	23
Figura 4.	Fisonomía de las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m, en la Propiedad Agrícola San Rafael	29
Figura 5.	Fisonomía de las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m, en la Propiedad Agrícola San Rafael	29
Figura 6.	Fisonomía de las cortinas rompe-vientos de 70-150 m, en la Propiedad Agrícola San Rafael	30
Figura 7.	Forma y ubicación de los transectos en las cortinas rompe-vientos	30
Figura 8.	Fisonomía del bosque testigo, en la Propiedad Agrícola San Rafael	31
Figura 9.	Forma y ubicación de los transectos en el bosque testigo	31
Figura 10.	Análisis de correspondencia en función a la similitud realizada con matriz de abundancia de especies	41
Figura 11.	Comparación de promedios de abundancia en diferentes tamaños (ancho) y posiciones	44
Figura 12.	Comparación del promedio del índice de diversidad (Shannon-Wiener)	45
Figura 13.	Comparación de la riqueza de especies, géneros y familias en el borde Norte	46
Figura 14.	Comparación de la riqueza de especies, géneros y familias en el borde Sur	47
Figura 15.	Las 10 familias con mayor número de géneros y especies en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo	48
Figura 16.	Las 10 familias con mayor número de géneros y especies en el bosque Testigo	49

Figura 17.	Estructura horizontal de las cortinas rompe-vientos y bosque testigo	60
Figura 18.	Comparación del DAP promedio	61
Figura 19.	Comparación del DAP máximo	61
Figura 20.	Comparación del Área basal	62
Figura 21.	Estructura vertical de las cortinas rompe-vientos y bosque testigo	64
Figura 22.	Perfil de vegetación de las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m, mostrando la estructura vertical	65
Figura 23.	Perfil de vegetación de las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m, mostrando la estructura vertical	66
Figura 24.	Perfil de vegetación de las cortinas rompe-vientos de 70-150 m, mostrando la estructura vertical	67
Figura 25.	Perfil de vegetación del bosque testigo, mostrando la estructura vertical	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Total de áreas de las cortinas rompe-vientos en los Campamentos	28
Tabla 2.	Rangos de anchos de las cortinas rompe-vientos	28
Tabla 3.	Datos generales de los transectos indicando el ancho y la posición en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo	39
Tabla 4.	Similitud entre transectos en función al índice de Sorensen	40
Tabla 5.	Comparación del promedio de diversidad en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo	43
Tabla 6.	Las 15 familias con mayor riqueza de géneros y especies, mostrando su distribución en las tres posiciones	50
Tabla 7.	Lista de las 10 familias con mayor IVIF en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m en las tres posiciones	51
Tabla 8.	Lista de las 10 especies con mayor IVI en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m en las tres posiciones	52
Tabla 9.	Lista de las 10 familias con mayor IVIF en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m en las tres posiciones	53
Tabla 10.	Lista de las 10 especies con mayor IVI en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m en las tres posiciones	54
Tabla 11.	Lista de las 10 familias con mayor IVIF en las cortinas rompe-vientos de 70-150 m en las tres posiciones	55
Tabla 12.	Lista de las 10 especies con mayor IVI en las cortinas rompe-vientos de 70-150 m en las tres posiciones	55
Tabla 13.	Lista de las 10 familias con mayor IVIF en el bosque testigo, en las tres posiciones	56
Tabla 14.	Lista de las 10 especies con mayor IVI en el bosque testigo, en las tres posiciones	57
Tabla 15.	Porcentaje de individuos en cada categoría de infestación de lianas	69

Tabla 16.	Comparación de la diversidad de las cortinas rompe-vientos y bosque testigo con otros estudios (con DAP ≥ 10 cm).	70
Tabla 17.	Diversidad, densidad y variables dendrométricas en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo	72
Tabla 18.	Comparación de 2 referencias de las especies importantes encontradas en bosques secos chiquitanos con el presente estudio	73
Tabla 19.	Comparación de las cinco especies más importantes (IVI), en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en las diferentes posiciones	74
Tabla 20.	Comparación de las cinco familias más importantes (IVIF), en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en las diferentes posiciones	75

RESUMEN

El estudio se realizó en el municipio de Cuatro Cañadas, en la Propiedad Agrícola San Rafael, durante los meses de octubre de 2007 hasta abril de 2008 con el objetivo de evaluar el efecto de borde en la composición, estructura y diversidad de la vegetación remanente en cortinas rompe-vientos y un bosque testigo, de tipo semidecíduo chiquitano, con bordes formados hace más de 20 años y una matriz agrícola. Se establecieron 45 transectos "Gentry", tomando en cuenta los siguientes criterios: 1) tamaño y forma: a) angostas de 30-49.9 m, b) intermedias de 50-69.9 m y c) anchas de 70-150 m y 2) la orientación en la posición de los transectos. Se distribuyeron los transectos de forma paralela ubicando 3 transectos por cortina, es decir: dos transectos de borde y un transecto de interior, teniendo 26 de borde y 13 de interior. Para el bosque testigo se realizaron 6 transectos, 4 de borde y 2 de interior. Los resultados obtenidos muestran que la fragmentación causa una pérdida significativa de diversidad, deteriorando la estructura del bosque y produciendo un recambio de especies, ya que la diversidad de especies, géneros y familias disminuye significativamente en función al tamaño de la cortina y posición de los transectos en comparación con el bosque testigo. Otro factor importante que impacta la diversidad de las comunidades fragmentadas es la introducción de especies exóticas (*Leucaena leucocephala*) ya que el número de éstas es mayor en los bordes y aumentan conforme se reduce el tamaño del fragmento. También la diversidad se altera significativamente en los bordes en relación a los muestras de interior, presentando individuos de menor tamaño (DAP y altura), menor área basal y por lo tanto una biomasa reducida. Entonces se tiene que las cortinas rompe-vientos de 70-150 m mantienen las características de la vegetación natural.

1. INTRODUCCIÓN

La creciente intervención humana sobre los paisajes naturales ha ido fragmentando los hábitats naturales; lo que originalmente era una superficie continua de vegetación constituye en la actualidad un conjunto de fragmentos desconectados inmersos en una matriz de uso antrópico. El establecimiento de plantaciones y cultivos, las construcciones de carreteras y ciudades, etc. han contribuido en gran medida al aislamiento de los ambientes naturales. Siendo una de las consecuencias más evidentes de la fragmentación, en los sistemas forestales, la susceptibilidad de los fragmentos de bosque a los efectos negativos de sus bordes. Estos cambios indican una mayor mortalidad de fauna y flora cerca del borde con respecto al interior del bosque debido a la consecuente reducción del área del fragmento (Harris, 1984; Gascon, Williamson & da Fonseca, 2000). De esta manera la pérdida de hábitat y la fragmentación se han convertido en las más importantes amenazas para el mantenimiento de la biodiversidad en todos los ecosistemas terrestres (Bierregaard et al. 2001).

Los mayores cambios ecológicos en comunidades fragmentadas se presentan en los alrededores de la transición abrupta o borde entre el bosque fragmentado y la matriz que rodea el fragmento. A las interacciones resultantes entre estos dos ecosistemas se les conoce como efecto de borde y estos pueden ser de diferente índole: abióticos, biológicos directos e indirectos (Murcia, 1995). Por lo que, el efecto de borde puede conducir a una degradación y simplificación del bosque en esas áreas expuestas a tales efectos: invasión de especies pioneras, disminución de la diversidad, desaparición de árboles grandes característicos de la vegetación original y reducción de la biomasa (Laurance, Vasconcelos, & Lovejoy, 2000).

La formación de paisajes fragmentados por las actividades humanas, genera ambientes contrastantes (matriz antrópica y bosque), que interactúan entre sí a través de un límite o borde. Los ambientes en cercanía a los bordes son en general zonas transicionales donde el microclima, la vegetación y la fauna pueden verse afectados. El grado y tipo de afectación son determinados principalmente por las características del paisaje (e.j. historia de uso, tipo de matriz, tipo de bosque y orientación), sobre las variables microambientales y características de la vegetación, así como también por las características propias de las especies involucradas. La composición no parece mostrar diferencias marcadas entre borde

e interior, sin embargo la estructura de la vegetación muestra a los elementos del sotobosque como los más afectados por la cercanía al borde al igual que los estratos regenerativos (Mora & Galeano, 2004). Por lo tanto, algunas investigaciones en otros países han llegado a la conclusión de que el efecto de borde afecta solamente a los primeros 50 metros al interior del bosque (Murcia, 1995).

Actualmente, Bolivia tiene un desarrollo acelerado, el cual ha ocasionado cambios en el uso de la tierra en los últimos 30 años, siendo los bosques de la planicie aluvial los que han sido fuertemente impactados por la colonización y la agricultura mecanizada, actividades causantes del cambio de miles de hectáreas de bosques y otros ecosistemas a otras formas de uso. Las áreas más grandes de deforestación se encuentran en las ecoregiones de las tierras bajas: en el bosque seco chiquitano, el Gran Chaco y en los alrededores de la ciudad de Santa Cruz. En esta zona principalmente han sido proyectos de desarrollo grandes y actividades agroindustriales (involucrando a colonizadores extranjeros como p.ej. japoneses y menonitas, invitados por el gobierno boliviano a partir del año 1950), quienes se han convertido en uno de los principales motores del desarrollo económico de la región (Ibisch & Mérida, 2003).

Estos cambios producidos principalmente por la deforestación, en Bolivia son el resultado de una variedad de fuerzas económicas y sociales que son representativos de otras partes del mundo en desarrollo. Las tres fuentes principales de la deforestación son las siguientes: 1) la inmigración de campesinos que practican la agricultura de subsistencia, 2) para la agricultura mecanizada y 3) establecimiento de pastos para la producción ganadera (Killeen et al. 2007).

Dentro de esta gran matriz de deforestación se encuentran los predios de la Empresa DESA S.A. dedicada al rubro agro-industrial, la que tiene grandes superficies desforestadas y cultivadas, donde se utiliza la vegetación remanente en fajas como cortinas rompe-vientos para proteger sus cultivos y conservar la biodiversidad existente en ellos. Es así, que para el presente estudio se tomo en cuenta que los árboles de la vegetación remanente son organismos de larga vida, siendo probable que en bordes creados por lo menos 20 años atrás, puedan identificarse evidencias de sucesión y adaptación de la vegetación producto de la perturbación ocasionada por la formación de bordes; ya que muchos estudios sobre fragmentación se han realizado en fragmentos de bosque natural sin ninguna perturbación – por ejemplo el Proyecto Dinámica Biológica de Fragmentos de Bosques (BDFFP, por sus

siglas en inglés) en Brasil (Laurance, Vasconcelos & Lovejoy, 2000) y no así en fragmentos de vegetación remanente en fajas con una matriz de uso antrópico (presente estudio). Por lo que hay interés en generar conocimiento en fragmentos de vegetación remanente en fajas (cortinas rompe-vientos) en una matriz de cultivos, puesto que se desconoce la tolerancia de las especies a las perturbaciones por la producción agrícola, sumadas a los efectos de la fragmentación.

2. JUSTIFICACIÓN

Desarrollos Agrícolas S.A. (DESA), es la primera empresa agrícola- agroindustrial que tiene Certificación Forestal o Sello Verde (FSC). La certificación incluye exclusivamente el manejo de las cortinas rompe-vientos localizadas en la Propiedad Agrícola San Rafael-Delta y cubre el aprovechamiento de madera muerta presente en el piso y cuerpo de las cortinas, para su posterior utilización en la manufactura de carbón vegetal. DESA es una empresa destacada por sus niveles de productividad, como también por la implementación de tecnologías como: siembra directa, rotación de cultivos, control biológico de plagas, mejoramiento de suelos, uso de bio-fertilizantes, etc. La certificación fue otorgada porque DESA cumple con todos los requisitos del estándar boliviano de certificación avalado por el FSC. Las razones para la certificación del predio son: garantizar el acceso a mercados que exigen la certificación forestal (FSC) para el ingreso de los productos y asegurar la producción mediante la aplicación de principios y criterios de buen manejo forestal que garanticen la sostenibilidad de la operación en el mediano y largo plazo.

Por lo que la empresa cuenta con un Plan General de Manejo Forestal (PGMF) que tiene como objetivo el servir de instrumento de planificación que garantice la permanencia de los bosques remanentes (bosque productivo y de cortinas rompe-vientos), obteniendo así materia prima (madera y leña) en forma sostenible, conservando los recursos forestales y logre el éxito económico, ecológico y social. Para lo cual la empresa cuenta con un vivero forestal que tiene una capacidad de producción de 25000 plantines/año con especies como: curupaú, tajibo y cupesí con las cuales se esta realizando la reforestación de las cortinas rompe-vientos.

Las cortinas rompe-vientos remanentes del bosque natural se encuentran intercaladas dentro del área agrícola, manejadas para brindar protección a los cultivos, ya que cumplen importantes funciones, porque al actuar sobre los efectos aerodinámicos del viento, permiten minimizar los daños sobre la producción agrícola y los transportes eólicos, además de crear condiciones microclimáticas favorables para el desarrollo de los cultivos, refugio de vida silvestre y protección de la biodiversidad, proveyendo sitios de anidamiento, apareamiento y protección de predadores, suministro de semillas, frutas, néctar y hojas. También algunos de los insectos presentes dentro de las cortinas son organismos benéficos, tales como polinizadores de cultivos, predadores o parásitos de plagas agrícolas que pasan el invierno

en las cortinas y se dispersan desde estos hacia los campos donde ellos atacan las plagas de los cultivos. Es cierto que las cortinas rompe-vientos compiten por luz, agua y nutrientes pero de todos modos, lo que se gana con la protección es cuatro veces más que lo que se pierde por competencia.

Por lo tanto el presente trabajo aportara con información documentada al Plan General de Manejo Forestal (PGMF), para así entender el efecto de borde sobre el ambiente y las comunidades biológicas favoreciendo al mantenimiento y recuperación de la vegetación del fragmento.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Evaluar el estado de la diversidad, estructura y composición florística en fragmentos de bosque semidecíduo Chiquitano (cortinas rompe-vientos), como indicadores del efecto de borde sobre la vegetación remanente ubicadas en la Propiedad Agrícola San Rafael, Cuatro Cañadas-Santa Cruz, Bolivia; para contribuir a manejar sosteniblemente la diversidad vegetal y garantizar la permanencia de las cortinas rompe-vientos.

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar y comparar la diversidad vegetal en las cortinas rompe-vientos y un bosque testigo tomando en cuenta el efecto de borde.
- Analizar y comparar la estructura y composición florística de las cortinas rompe-vientos y del bosque testigo, como elementos indicadores del efecto de borde.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Importancia del estudio de la vegetación

El conocimiento de la vegetación es necesario para innumerables actividades de investigación y desarrollo por su importancia como subsistema fundamental del sistema ecológico: captadora y transformadora de energía solar, puerta de entrada de la energía y de la materia a la trama trófica, almacenadora de energía, proveedora de refugio de la fauna, agente antierosivo del suelo, agente regulador del clima local, agente reductor de la contaminación atmosférica y del ruido, fuente de materia prima para el hombre, fuente de bienestar espiritual y cultural por su valor estético recreativo y educativo, además que está relacionado con otras disciplinas como la fitogeografía, sistemática vegetal, genética y evolución, paleobotánica y palinología, así como las investigaciones aplicadas como la silvicultura, manejo de pastizales y de fauna silvestre, conservación de ambientes, interpretación del potencial de la tierra para uso agropecuario y otros (Matteucci & Colma, 1982).

4.2. Conceptos acerca de la fragmentación

La fragmentación del bosque es el reemplazo de grandes áreas del bosque nativo por otros ecosistemas, dejando parches (o islas) separados de bosque, con consecuencias deletéreas para la biota nativa (Murcia, 1995). Esta fragmentación tiene dos componentes principales:

- Separación del hábitat remanente en parches mas pequeños y aislado;
- Reducción y pérdida de la cantidad total del tipo de hábitat, o quizá de todo hábitat natural en un paisaje.

A medida que la fragmentación del bosque procede, el tamaño de los fragmentos disminuye, y el aislamiento aumenta, conformándose los llamados "hábitat-isla". Facilitando la extinción o la exterminación total de una o más especies y la preservación diferenciada de otras, tal como lo predijo el fitogeógrafo Suizo Alphonse de Candolle en 1855 (Harris, 1984).

Los efectos biológicos de la fragmentación de bosques se enfatizan en efectos sobre las condiciones microclimáticas de los fragmentos, efectos sobre la abundancia de algunas

especies y efectos sobre las interacciones biológicas, los que afectarán en última instancia la biodiversidad existente en los bosques (Bustamante & Grez, 1995).

Por otro lado, el número de especies, plántulas, cobertura de arbustos e invasión de especies más típicas de hábitat abierto es mayor en los bordes que en la zona interior de las comunidades. Los bordes varían en su permeabilidad o resistencia a flujos. Esta es una consecuencia de las características propias del borde (ejemplo: el grado en que están separados los diferentes parches) y los diferentes materiales, organismos o factores abióticos al borde (Bustamante & Grez, 1995).

4.3. Los paisajes fragmentados: estructura y grados de alteración

La fragmentación es un proceso continuo y dinámico, cuyos efectos en la estructura del paisaje pueden describirse mediante índices como el porcentaje de hábitat natural, número de fragmentos, etc. Según propone Murcia (1995), podríamos distinguir un gradiente continuo con cuatro niveles de alteración del paisaje: intacto, salpicado o jaspeado, fragmentado y relicto.

A medida que aumenta la pérdida de superficie de hábitat, disminuye la conectividad y se hace más acusado el efecto borde. Los procesos de fragmentación provocan una disminución de las cubiertas vegetales, dejando la vegetación original de un área determinada reducida a pequeños fragmentos aislados unos de otros inmersos en una matriz más o menos alterada. La matriz es el área predominante del paisaje, siendo por otro lado, una porción importante del territorio que a menudo suele quedar sin protección (Murcia, 1995) (Figura 1).



Figura 1. Proceso de alteración del paisaje, se parte del hábitat natural intacto, el cual va perdiendo superficie de hábitat incrementándose el efecto de borde, aislamiento entre los fragmentos y disminución de la conectividad. Modificado de Hobbs y Wilson, 1998 cit. por Pinto, 2006).

4.4. Efecto de borde

Williams-Linera (1990), define al borde como las zonas de contacto entre dos comunidades estructuralmente diferentes, las que pueden ser un bosque y un campo de trigo, un bosque y una plantación, etc. El borde se lo ha concebido como un hábitat distinto, como una "membrana semipermeable" o "piel" entre dos áreas que concentran recursos diferentes, como una zona de amortiguamiento contra la propagación de una perturbación. Los bordes son ambientes distintos en el sentido que la estructura de la vegetación y su biota difieren en ambas comunidades contiguas. Por otro lado, el conjunto de los efectos de la matriz sobre el fragmento se conoce como "efecto borde", el cual se puede manifestar en cambios al interior del fragmento, principalmente en su perímetro. Se han definido bordes de tipo naturales, originados por perturbaciones físicas como fuegos, tormentas, derrumbes, viento o

perturbaciones bióticas como depredación o forrajeo; y los generados por actividades humanas que conforman la mayoría de los bordes existentes en el mundo.

El contraste estructural entre una isla y la matriz que los rodea es un indicador no solo de la insolación que entre ellos se da, sino también del efecto borde. Harris (1984) señala que el límite de un fragmento no es una línea, sino que es una zona de influencia que varía dependiendo de los parámetros con los cuales ésta es medida. La radiación solar y el viento golpean al fragmento en su borde provocando una alteración de tipo micro climático.

De acuerdo a lo anterior el efecto de borde puede definirse como el resultado de la interacción de dos ecosistemas adyacentes (Murcia, 1995) o cualquier cambio en la distribución de una variable dada que ocurre en la transición entre hábitats (Lidicker, 1999; Lidicker & Peterson, 1999). Recientemente Lidicker (1999) propuso dos tipos generales de efectos: el efecto de matriz y el efecto de ecotono. Esta clasificación se basa en reconocer si el borde presenta o no propiedades emergentes, es decir, si el borde se comporta como un hábitat diferente a los adyacentes. El efecto de matriz (efecto de hábitat *sensu* Kingston y Morris, 2000) se refiere a un cambio abrupto de la distribución de una variable que ocurre en la zona borde. Este tipo de cambio se debe únicamente a que los hábitats adyacentes son diferentes y no generan ningún efecto de borde. El efecto de ecotono comprende toda la variedad de respuestas que potencialmente el borde puede presentar (positivas, negativas o mutuas), lo que genera que el borde pueda definirse como un hábitat diferente.

El término 'efecto de borde' fue utilizado por primera vez en 1933 por Leopold, quien lo uso para explicar la alta riqueza de especies cinegéticas registrada en los bordes. Posteriormente el concepto incluyó los efectos negativos de borde sobre la comunidad forestal y ha sido ampliamente estudiado para el diseño de zonas de amortiguamiento en áreas naturales protegidas (Laurance, 1991; Revilla et al. 2001). En nuestros días, el concepto comprende un amplio espectro de procesos, influencias mutuas y flujos ecológicos que pueden resultar en cambios en la estructura y composición de los bordes y hábitats adyacentes (Fry & Sarlov-Herlin, 1997; Fagan et al. 1999).

4.5. Consecuencias ecológicas de los bordes

Murcia (1995), señala que hay tres tipos de efecto del borde sobre los fragmentos:

- Efecto abiótico, involucrando cambios en las condiciones medioambientales que

resulta desde la proximidad a una matriz estructuralmente distinta.

Los cambios microclimáticos son los efectos más evidentes de la fragmentación de bosques. Las características microclimáticas contrastantes producen un gradiente ambiental desde el borde hacia el interior del fragmento. Generalmente la luminosidad, la evapotranspiración, la temperatura, la velocidad del viento disminuyen, mientras la humedad del suelo aumenta hacia el interior del fragmento.

Este efecto borde puede en algunos casos penetrar varias decenas de metros hacia el interior del fragmento y su importancia relativa dependerá del tamaño del fragmento. Por ejemplo, en un fragmento pequeño el efecto borde es comparativamente más importante que en un fragmento más grande, pudiendo en este caso llegar a abarcar la totalidad del fragmento.

- Efectos biológicos directos, los cuales involucran cambios en la abundancia y distribución de especies, causadas directamente por el cambio en las condiciones físicas cercanas al borde y determinado por la tolerancia fisiológica de las especies que se encuentren en dicho sector.
- Efectos biológicos indirectos, los cuales involucran cambios en la interacción de las especies, tal como el aumento en la predación, parasitismo, competencia, herbivoría, polinización y dispersión de semillas.

4.6. Efectos de borde: importancia de la calidad del hábitat

La disminución del tamaño de los fragmentos se asocia a un incremento inevitable de la relación perímetro/superficie regido por reglas de geometría básica. Se crea así en todos los fragmentos una banda perimetral de hábitat con condiciones adversas para muchas de las especies allí acantonadas; es decir, se produce una zonificación en un hábitat de borde (de baja calidad) y un hábitat de interior (de alta calidad). La pérdida de calidad se debe a la incidencia de múltiples factores físicos y bióticos que proceden de la matriz de hábitat, por lo que es fácil de comprender que la matriz y los efectos de borde crecen simultáneamente en todos los procesos de fragmentación, con graves consecuencias para la supervivencia de las poblaciones afectadas (Janzen, 1983 y 1986; Murcia, 1995). La pérdida de calidad de hábitat presentan diferentes procesos: físicos y bióticos.

Procesos físicos. Estos efectos son tanto mayor cuanto mayor sea el contraste entre la matriz de hábitat y el hábitat fragmentado. Así, por ejemplo, las matrices agrícolas alteran drásticamente las condiciones microclimáticas de los fragmentos forestales a los que rodean: aumento de la insolación, intensidad lumínica, evaporación y consiguientemente de la sequedad del suelo, de la exposición al viento y a muy diversos agentes contaminantes que llegan por el suelo o el aire, etc. (Saunders, Hoobs & Skole, 1991). Estos efectos generan una pérdida de las condiciones homeostáticas propias del interior de los hábitats arbolados, penetrando unas tres veces la altura del arbolado (150 m en bosques tropicales; Murcia, 1995). Por tanto, en fragmentos muy pequeños, bajo un determinado umbral de tamaño, estos efectos modificarán las condiciones ambientales de todo el bosque, afectando a todos aquellos organismos que requieran el mantenimiento de unas condiciones forestales más o menos estrictas.

Procesos bióticos. El incremento del borde asociado a la geometría de los paisajes fragmentados favorece la invasión de los fragmentos por muchas especies generalistas propias de las matrices de hábitat, o bien de sectores del propio hábitat sometidos a algún tipo de perturbación natural. Estos procesos invasivos afectarán tanto a la supervivencia de las especies directamente afectadas (a través de interacciones tales como la depredación y la herbivoría, la competencia por diversos recursos, etc.) como a sus potenciales funciones ecosistémicas (polinización, dispersión de semillas, etc.), generando cadenas de extinciones locales (Aizen & Feisinger, 1994). Un caso típico de efecto biótico directo (o primario; Janzen, 1986) es el incremento de la depredación en los bordes de los fragmentos forestales debido a un aumento de los depredadores generalistas (córvidos, roedores, algunas especies de serpientes, etc.) (Chalfoun et al. 2002) propiciado por los recursos generados en la matriz de hábitat.

En otros casos, el consumo de las plantas o de sus propágulos por ciertas especies invasoras que medran en la matriz de hábitat da inicio a una cascada de efectos interactivos que Janzen (1986) ha denominado efectos bióticos indirectos (secundarios). Así, el consumo de propágulos reproductivos afectará al reclutamiento de la planta afectada, pero además puede generar bucles adicionales que disminuyan todavía más dicho reclutamiento si, por ejemplo, se establece una interacción competitiva con algún mutualista de la planta por el recurso, como con los dispersantes frugívoros en el caso de los frutos (Santos & Tellería, 2006).

4.7. Tipos de borde y sus efectos

Laurance (2001), describe una serie de hipótesis ecológicas basadas en principios físicos, geométricos y biológicos. Entre ellas se encuentra la hipótesis que indica que conforme el grado de contraste entre dos hábitats se incrementa, los flujos biológicos (por ejemplo, el movimiento de organismos entre hábitats) disminuyen y los flujos físicos aumentan (como la penetración de luz lateral dentro del bosque). A pesar de que los sistemas biológicos son complejos y multifactoriales, existen varios ejemplos que apoyan las hipótesis mecánicas basadas en principios físicos. Considerando la información existente sobre como la estructura del hábitat afecta las interacciones de especies, recientes estudios experimentales han definido o manipularon a priori la estructura del borde para conocer como estas diferencias afectan los procesos ecológicos. La constante en estos estudios es la comparación entre bordes estructuralmente más complejos o intactos (con sotobosque o cobertura del estrato herbáceo) y bordes abiertos (bordes perturbados o donde se remueve el sotobosque), modificando con ello el grado de contraste entre el bosque y el hábitat adyacente. La intensidad y dirección de los efectos de borde pueden ser modificadas por el tipo de borde por distintos mecanismos. Estudios de flujos de organismos apoyan la teoría de que cuanto menor es el contraste entre los hábitats adyacentes mayor es el flujo de organismos y menor el flujo de variables físicas (Cadenasso & Pickett, 2000 y 2001). La medida en la que el borde incrementa o disminuye los flujos de materia o energía se ha denominado permeabilidad de bordes. La permeabilidad de los bordes ha sido estudiada evaluando otros flujos tales como invertebrados del bentos hacia los pastos marinos, malezas exóticas hacia el bosque (Honnay et al. 2002) y artrópodos hacia áreas cultivadas (Duelli et al. 1990).

La permeabilidad de borde puede modular el efecto de la fragmentación sobre especies características del bosque. López-Barrera (2003) indicaron que los bordes abruptos (*hard edges*) o impermeables actúan como una barrera que nunca es cruzada por organismos especializados en un hábitat o con mayor riesgo de ser consumidos en el hábitat adyacente. Los bordes suaves (*soft edges*) funcionan como membranas permeables a los organismos emigrantes. Entre los bordes suaves y abruptos pueden existir varios niveles de permeabilidad. Duelli et al. (1990) definió seis tipos de borde basados en la resistencia que ejercía el borde al movimiento de artrópodos. Si consideramos que el movimiento de organismos entre hábitats está sujeto a la permeabilidad de los bordes, y que este

movimiento puede determinar la movilidad de semillas, la permeabilidad puede entonces también afectar la invasión de especies arbóreas y con ello la expansión del bosque a partir de borde. Por ejemplo, se ha encontrado que los bordes suaves (bordes con estrato herbáceo alto, Figura 2) incrementan la abundancia y movilidad de los dispersores (*Peromyscus* spp.) de bellotas a pastizales abandonados con respecto a los bordes abruptos con pastizales pastoreados adyacentes (López-Barrera, 2003).

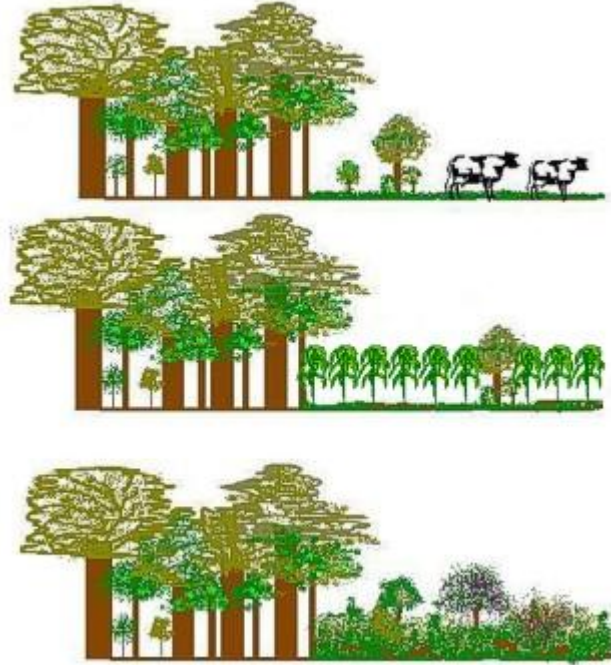


Figura 2. Representaciones de tipos de bordes con distintos hábitats adyacentes comunes en Los Altos de Chiapas, México. De arriba hacia abajo: bosque-pastizal, bosque-milpa y bosque-matorral. En términos de permeabilidad de bordes pueden considerarse un borde impermeable (borde abrupto), semipermeable y permeable (borde suave), respectivamente (López-Barrera, 2003).

4.8. Zona de borde y comportamiento vegetal

Existe una variación en la composición de especies vegetales en el interior de los remanentes de bosque, la cual difiere en el borde y en el área de vegetación inducida. Por ejemplo, las especies pertenecientes al bosque tropical se encuentran de forma más abundante dentro de los fragmentos que hacia la zona influenciada por el borde. Para esta zona existe un pico en la riqueza de especies de plantas colonizadoras y afuera del borde un pico en la riqueza de especies herbáceas, o sea, en las zonas perturbadas. La etapa del

establecimiento de las plántulas es generalmente la más crítica, ya que las semillas sólo proveen de limitadas reservas, las cuales deben sustentar los gastos de energía en la germinación, elongación de la raíz y el desarrollo del área foliar. Asimismo, se ha señalado que la exposición de luz en el borde estimula la germinación e incrementa el crecimiento de pioneras o especies tolerantes a la sombra. Por ejemplo, la baja cobertura del dosel en el borde causa una alta transmisión de luz, lo cual estimula la germinación y crecimiento de las especies pioneras; de esta manera, esta colonización de especies juega un papel importante en la sucesión de estos ecosistemas. Por otro lado, existe un rango en el cual las semillas de las especies tolerantes a la sombra pueden germinar. La germinación para estas especies se presenta en mayor medida conforme se incrementa la distancia de la zona de borde, hacia el interior del bosque, debido a que en esa zona la luminosidad disminuye siendo óptima para romper la latencia de estos propágulos. Por ejemplo, las especies del género *Cecropia* necesitan mucho más altas intensidades lumínicas para la saturación de luz y fotosintética, que las plantas tolerantes a la sombra como las especies pertenecientes al género *Croton*. Las plantas tolerantes a la sombra generalmente tienen bajas tasas de respiración y de fotosíntesis a saturación de luz, mientras que las plantas demandantes de luz usualmente tienen altas tasas de respiración (Peña-Becerril et al. 2005).

Las plantas pioneras y las especies de etapas sucesionales tardías también regulan el intercambio gaseoso de sus hojas de diferentes maneras: las pioneras operan con una gran apertura estomatal y altas presiones parciales internas de CO₂ en comparación con los árboles de las últimas etapas de la sucesión. También, se ha encontrado que en la zona de borde las relaciones entre fenología, asociaciones y área, muestran que las especies arbóreas dominantes de los fragmentos de bosque son perennifolias y tolerantes a la sombra. Por lo tanto, la estructura vegetal a lo largo de los fragmentos de los bosques tropicales, hacia el interior del bosque remanente, tiende a estar constituida por especies más tolerantes a la sombra (persistentes en el caso de especies arbóreas), que las especies que se encuentran en la zona de borde. También, se ha precisado que las especies que se encuentran en el remanente del bosque, con respecto a las pertenecientes a la zona influenciada por el borde tienden a diferir en su estructura, así como en los mecanismos de dispersión. Por lo tanto, en condiciones naturales, el reclutamiento y crecimiento es favorecido para las plantas pioneras cerca del borde. Existen otros factores que determinan la estructura del bosque a lo largo del gradiente de la zona de borde. El tamaño del remanente, el nivel de perturbación y la distancia del borde también tiene algunos efectos

significativos en el número de especies y en la densidad de los individuos (Peña-Becerril et al. 2005).

4.9. Cortinas rompe-vientos y la conservación de la biodiversidad

Según Aguirre et al. (2000) las cortinas rompe-vientos son comúnmente establecidas en pasturas para reducir la velocidad del viento, proveer sombra al ganado, reducir la desecación de la pastura, y prevenir la erosión eólica del suelo. Mientras la función primaria de las cortinas rompe-vientos es agronómica, estas también pueden tener un importante papel ecológico en tanto ellas proveen hábitat y recursos que permiten a otros animales y plantas persistir dentro de las pasturas. Debido a su forma lineal, las cortinas rompe-vientos pueden también formar corredores naturales que pueden permitir a algunas especies de animales cruzar los paisajes agrícolas.

La diversidad de plantas dentro de las cortinas rompe-vientos y cercos puede ser considerable, porque una alta variedad de especies de árboles y arbustos son intencionalmente plantadas o retenidas por el agricultor dentro de las cortinas rompe-vientos y/o debido a que muchas especies de plantas adicionales colonizan las cortinas rompe-vientos una vez que ellas son establecidas. La diversidad de plantas dentro de las cortinas rompe-vientos es usualmente más alta si estas son protegidas de la entrada del ganado y si el sotobosque de la cortina es dejado sin disturbar (p.e. sin aplicar herbicida o deshierba manual; observación personal). La mayoría de las especies de plantas que están presentes dentro de las cortinas rompe-vientos son especies del bosque que proliferan en condiciones disturbadas con la luz, sin embargo algunas plantas del interior de los bosques pueden sobrevivir en las cortinas rompe-vientos, especialmente en cortinas rompe-vientos anchas donde las condiciones microclimáticas (mayor humedad y más sombra) son más favorables . Por ejemplo, las cortinas rompe-vientos en Monteverde, Costa Rica (plantados con *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus lusitanica*, *Coton niveus* y *Montanoa guatemalensis*) han sido colonizados por un total de 124 especies de plantas dentro de los cinco años de establecimiento, de las cuales 90 especies fueron especies de árboles forestales típicas del bosque de niebla original (Aguirre et al. 2000).

En los trópicos, las cortinas rompe-vientos pueden ser particularmente importantes para la conservación de especies de pájaros. Las cortinas rompe-vientos de Monteverde, Costa Rica

son visitadas por más de 80 especies de pájaros, incluyendo una gran variedad de frugívoros, insectívoros y nectívoros. Puesto que diferentes especies de pájaros a menudo se especializan sobre un cierto estrato o nivel dentro de las cortinas rompe-vientos, cortinas que tienen múltiples estratos y que son estructuralmente complejas, probablemente hospedan una mayor diversidad de especies de pájaros que aquellos que contienen un solo estrato y son estructuralmente uniformes. En aquellos casos donde las cortinas rompe-vientos conectan parches de bosque, algunas especies de pájaros pueden usar las cortinas rompe-vientos como callejuelas o corredores para atravesar las pasturas abiertas. Esta preferencia de algunas especies de pájaros para moverse dentro de las cortinas rompe-vientos puede incrementar la dispersión de semillas de árboles de bosque dentro de las cortinas y por lo tanto también incrementar la regeneración del bosque dentro de ellos.

Las cortinas rompe-vientos también pueden sostener una amplia variedad de especies de insectos (usualmente mucho más grande que aquellas de las pasturas y cultivos vecinos), debido a que ellos sirven como fuente de presas, néctar o polen, y proveen sitios protegidos para apareamiento, descanso y para hibernación. Algunos de los insectos presentes dentro de las cortinas son organismos benéficos, tales como polinizadores de cultivos, predadores o parásitos de plagas agrícolas que pasan el invierno en cercos y se dispersan desde estos hacia los campos donde ellos atacan las plagas de los cultivos. Sin embargo otros insectos pueden ser importantes plagas (Aguirre et al. 2000).

4.10. Cortinas naturales

¿Cuáles son las características que debe reunir una cortina para que cumpla su objetivo?

-Permeabilidad: La cortina rompe-viento debe reducir la velocidad del viento. El actuar como una barrera impermeable no es deseable, ya que se producen turbulencias tanto a barlovento como sotavento que lejos de proteger los cultivos los perjudica y además es fuente de erosión. La cortina debe dejar pasar aproximadamente entre un 50 a un 60% del viento. De esta forma la distancia de protección es máxima.

-Altura: La distancia de protección de una cortina rompe-viento es directamente proporcional a su altura e inversamente proporcional a la velocidad del viento. La protección se extiende aproximadamente unas 20 veces la altura, aunque como ya se dijo depende de la velocidad del viento y de la permeabilidad de la barrera, entre otros factores.

-Orientación: Cuando se ubica en el terreno una barrera ésta debe orientarse en forma perpendicular a la dirección de los vientos predominantes, de esta forma se obtiene el mayor efecto protector.

-Otras características que hacen a la eficacia de la cortina son la longitud y su continuidad. La longitud no debe sobrepasar las 24 veces la altura ni ser menor de 10 veces. En cuanto a la continuidad, es importante ya que no deben existir espacios por donde el viento forme túneles donde incremente su velocidad.

Dentro de las barreras naturales las especies utilizadas deben cumplir con algunos requisitos para su utilización. Las especies arbóreas deben ser resistentes a vientos, o sea de madera flexible, debe estar ecológicamente adaptada a la zona donde se va a utilizar, no existiendo en la zona plagas que perjudiquen su desarrollo. El crecimiento debe ser rápido, para poder cumplir con su función lo antes posible. El sistema radical debe ser potente para otorgarle un buen anclaje y por lo tanto resistencia al viento. La floración no debe ser llamativa ya que de ser así puede interferir con los insectos polinizadores del cultivo protegido. Respecto al tipo de hojas, es importante tener en cuenta la época de mayores vientos, ya que las especies deben tener hojas en ese momento para brindar protección. De poder elegir las especies de hoja caduca en general son de crecimiento más rápido. Es beneficioso cada 2 o 3 años subsolar a 3 m. de la línea de la cortina con el objeto de eliminar raíces que compiten con el cultivo principal. También es necesario efectuar podas con el objeto de mantener la permeabilidad de la misma. Debe vigilarse la posible aparición de enfermedades o plagas que ataquen la cortina y efectuar los tratamientos sanitarios pertinentes. También es importante hacer limpiezas eliminando malezas que crecen en las cercanías de la barrera (Worlock, 1993).

4.11. Funciones de las cortinas rompe-vientos

Las frecuencias de viento promedio más altas son para las direcciones N, NO y O. Los valores promedio de velocidad del viento en Km/h para las alturas de 0.50 m oscilan en 5,2 Km/h y para 2 m es 9,9 Km/h. El viento tiene efectos adversos para el suelo y los cultivos en forma directa por acción mecánica (roturas de ramas, erosión) e indirectamente produciendo aumento de la evapotranspiración. Las cortinas rompe-vientos, al actuar sobre los efectos aerodinámicos del viento, permiten minimizar los daños y los transportes eólicos, además de crear condiciones micro climáticas favorables para el desarrollo de los cultivos. La cortina

protege efectivamente hasta 15-20 veces su altura, situada al reparo de la misma y una vez su altura del lado del viento incidente. La cortina no debe ser compacta para no provocar remolinos, sino que debe presentar agujeros uniformemente distribuidos para que al mirarla contra el cielo, se vea este en una proporción 1:1 (cielo-follaje). Los reparos forestales deben diseñarse para que cumplan la doble función de protección y de ser posible de una rentabilidad extra de madera. Se deben buscar especies de rápido crecimiento y escaso mantenimiento. En la implantación de una cortina artificial se podrán utilizar estacas o plantas de un año de edad de álamos, sauces, eucaliptos u otras especies. En ningún caso se implantará la cortina dentro de la acequia de riego. Debe realizarse en contra acequias trazadas para ese fin exclusivo. Plantando en las contra-acequias, se deja la acequia de riego libre y es posible conservarla mecánicamente, pues contaremos con unos tres metros entre ambas hileras. La cortina forestal compite por luz, agua y nutrientes pero de todos modos, lo que se gana con la protección es cuatro veces más que lo que se pierde por competencia (Salimbeni & Vidal).

4.12. Estudios de caso

4.12.1. Efectos de borde en la vegetación de remanentes de bosque muy húmedo tropical en el norte de Costa Rica y sus implicaciones para el manejo y la conservación

El estudio realizado por Forero & Finegan (2001) pretendió detectar efectos de borde en la composición, estructura, y diversidad de cinco remanentes de bosque muy húmedo tropical con y sin perturbación por aprovechamiento de madera, con bordes formados hace más de 20 años y una matriz de pasturas. Se trabajó en el cantón de Sarapiquí, provincia de Heredia, Costa Rica, con suelos de fertilidad moderada o baja. Se establecieron 36 parcelas permanentes de muestreo (PPM) de 0,2 ha y se procuró el establecimiento de 9 PPM por fragmento, distribuidas en transectos de tres parcelas ubicadas en el borde, a 150 m del borde y a 300 m o más del borde. Las mediciones fueron del rodal > 10 cm. DAP, incluyendo lianas.

El análisis estadístico reveló mayores abundancias de especies heliófitas, individualmente y como gremio, en los bordes, en categorías diamétricas indicando su regeneración después de la formación de los bordes. Patrones de riqueza, diversidad y variables indicadoras de

perturbación (árboles muertos, ocupación de copa por lianas y forma de la copa) no existieron con respecto a la distancia al borde, salvo el caso de árboles cortados clandestinamente, que fueron significativamente más abundantes en los bordes. Los resultados indican que estos remanentes de bosque conservan la mayoría de sus características de composición y diversidad de árboles y lianas durante las primeras tres décadas después de la formación de bordes con potreros, y que hay una recuperación efectiva del bosque en los hábitats de borde después de su formación. Sin embargo, se debe contemplar estrategias silviculturales en los bordes, para poder controlar las perturbaciones naturales sucesivas por la muerte de aquellas especies heliófitas durables que han concluido su ciclo de vida; y evitar que estas vayan en detrimento del fragmento y hagan expansivas las condiciones de borde.

4.12.2. Influencia de los factores modeladores sobre el efecto de borde, en un relicto de bosque altoandino en Colombia

La formación de paisajes fragmentados por las actividades humanas, genera ambientes contrastantes (matriz antrópica y bosque), que interactúan entre sí a través de un límite o borde. Los ambientes en cercanía a los bordes son en general zonas transicionales donde el microclima, la vegetación y la fauna pueden verse afectados. El grado y tipo de afectación son determinados principalmente por características del paisaje (e.j. historia de uso, tipo de matriz, tipo de bosque y orientación), así como también por las características propias de las especies involucradas. De esta manera, para plantear programas de manejo y conservación en una determinada región, se hace necesario entender el efecto de borde sobre el ambiente y las comunidades biológicas. Por ejemplo en la parte alta del municipio de Roncesvalles, Tolima, se realizó un estudio para evaluar el efecto de borde sobre variables microambientales y características de la vegetación, teniendo en cuenta la influencia de algunas de las características del paisaje (fisonomía, ubicación topográfica y orientación). Se eligió un fragmento de bosque altoandino donde se escogieron seis bordes con características de fisonomía, orientación y ubicación topográficas particulares. En cada segmento de borde se tomaron puntos de muestreo cada 10 m, desde 20 ó 30 m en el exterior hasta 60 m en el interior del bosque. En cada punto de muestreo se tomaron variables abióticas (temperatura del aire máxima, mínima y al medio día, temperatura máxima y mínima sobre el suelo y humedad relativa máxima y mínima) y se realizaron parcelas de diferentes tamaños (1 x 1, 2 x 2, 5 x 5 y 25 x 5) para medir las variables bióticas

(estructura y composición de la vegetación). En general para todos los bordes la temperatura del aire al medio día y la temperatura máxima sobre el suelo, presentaron una profundidad de influencia del borde (PIB) hasta los 20 m dentro del bosque también por las características propias de las especies involucradas (Mora & Galeano, 2004).

Por otro lado, la humedad relativa mínima, temperatura del aire mínima y máxima y temperatura del suelo máxima, presentaron en algunos sitios diferencias con las características internas del bosque o blanco, determinando PIB mayores de 60 m dentro del bosque. La orientación relacionada con la ubicación del borde en el fragmento de bosque, fue el factor modelador que mostró una mayor influencia sobre los valores absolutos de las variables abióticas medidas ligeramente sobre el efecto de borde de algunas variables. Por otro lado, la estructura de la vegetación presentó una PIB entre 20, 40 y > 60 m hacia el interior del borde, siendo los elementos del sotobosque los que parecieron verse más afectados por la cercanía al borde. La composición no pareció mostrar diferencias marcadas entre borde e interior, aunque en el estrato subarbustivo y arbustivo se alcanzó a detectar una distribución de algunas especies en tres franjas: de 30 m exterior al borde, borde a 20 ó 30 m en el interior y 30 m hacia el interior (incluido blancos). Así, se determinó los estratos regenerativos, como aquellos más amenazados por la influencia de los bordes. En el fragmento de estudio, la fisonomía del borde (abierto y cerrado) y su relación con la intensidad de uso, parecieron ser los aspectos determinantes para la respuesta de la vegetación al borde. A partir de los resultados obtenidos en este estudio, se proponen opciones de manejo para favorecer el mantenimiento y recuperación de la vegetación del fragmento (Mora & Galeano, 2004).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de Estudio

La Propiedad Agrícola San Rafael de la empresa Desarrollos Agrícolas S.A. (DESA), se encuentra en el Municipio de Cuatro Cañadas (Anexo 1), Provincia Ñuflo de Chávez, Departamento de Santa Cruz, República de Bolivia, aproximadamente a 135 Km al este de la ciudad de Santa Cruz. DESA es una sociedad anónima, con matrícula de registro de comercio 7-17518-3, Resolución Administrativa 20325 y RUC (registro único de contribuyente) 4269390 (Figura 3).

La propiedad tiene una extensión de 24800 ha de las cuales se tienen 3058 ha que corresponden a bosques de cortinas rompe-vientos, 5107 ha de bosque remanente productivo y las áreas de cultivo agrícola son de 15268 ha dedicadas en su mayoría a la agricultura bajo riego. La ubicación geográfica es 17°19'45" de latitud sur y 62°18'00" de longitud occidental; intercaladas dentro del área agrícola se encuentran las cortinas rompe-vientos, remanentes del bosque natural original, manejadas para brindar protección a los cultivos.

Las 3058 ha de cortinas rompe-vientos, distribuidas en aproximadamente 386 cortinas de largo (entre 1200 hasta 2500 m) y ancho variable (el ancho varía entre 30 hasta 150 m) dentro del predio, han sido afectadas de manera diferencial por el desmonte realizado en el pasado; la disminución de la humedad del suelo, el aumento de la temperatura ambiental y la disminución de la humedad relativa han afectado a los árboles produciendo desecamiento y muerte paulatina de los mismos; la madera muerta y seca constituye un combustible de alta peligrosidad que amenaza la integridad de las propias cortinas, en caso de un fuego accidental.

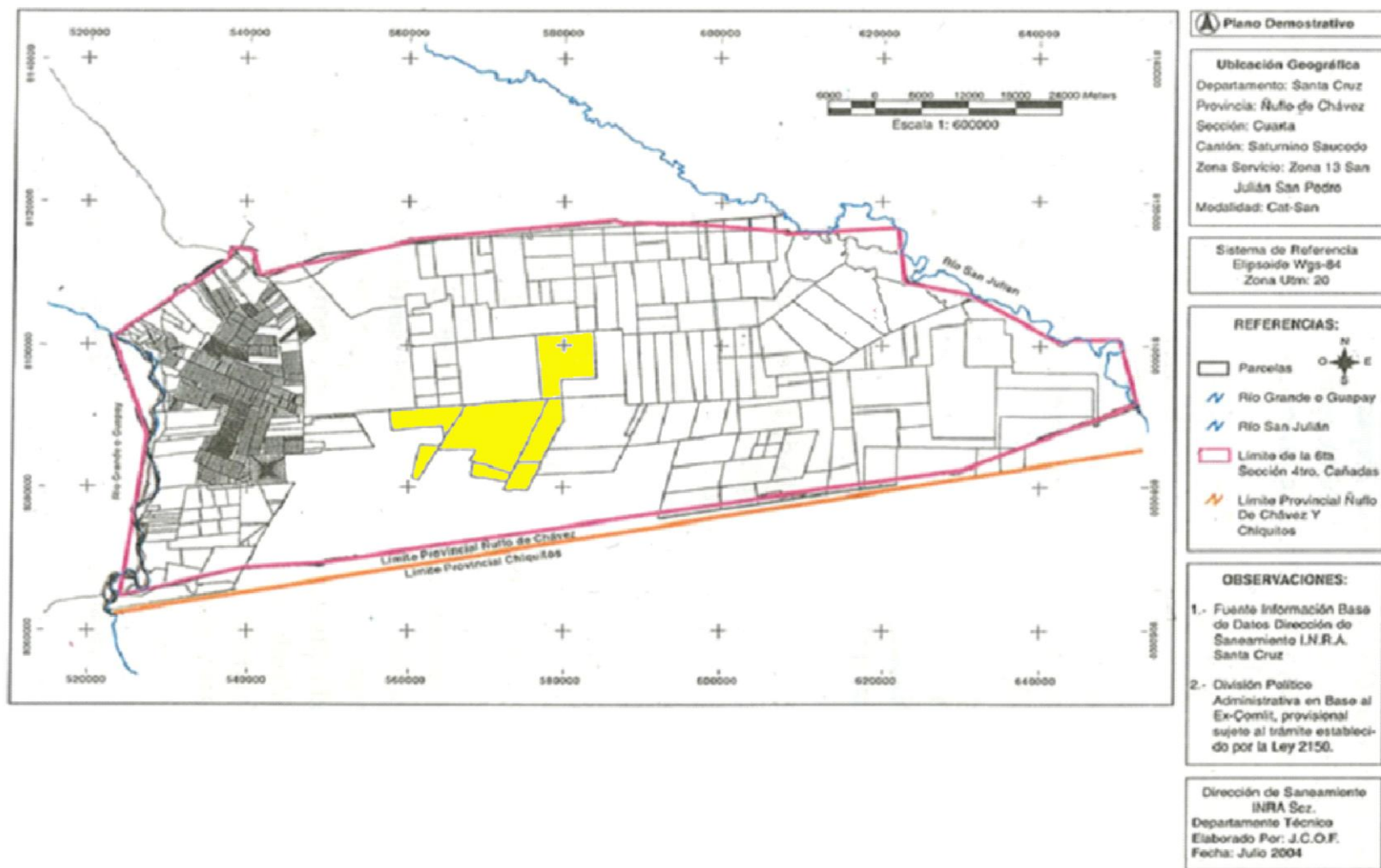


Figura 3. Mapa de ubicación de la Propiedad Agrícola San Rafael (color amarillo), el croquis muestra la distribución de tierras en Cuatro Cañadas y el excesivo parcelamiento de la tierra por medianas y grandes propiedades que ocupan más del 80% del espacio.

5.1.2. Clima

El clima de toda esta zona según la clasificación Koppen es una transición entre el clima tropical de sabana con invierno seco (Aw) y el clima de estepa con invierno seco muy caliente (BSwh), que más bien es característico de las llanuras secas del Chaco. Por su parte, de manera tal vez un poco más adecuado, el método Trewarta Robinson clasifica como una zona con clima tropical húmedo y seco, con invierno seco (INYPISA, 2000). El mapa de regiones de humedad (Thornthwaite) ha definido al sector dentro del tipo húmedo-subhúmedo con un índice de 0 a 20.

La precipitación media anual en la zona es de 951,3 mm (promedio para el período comprendido entre 1992 y 1999), con períodos de menos precipitación (seco) entre julio y agosto. Sin embargo, la propiedad cuenta con su propio pluviómetro para llevar un registro minucioso de las precipitaciones. La temperatura promedio anual es aproximadamente 24° C, aunque durante el invierno austral las temperaturas pueden ser sensiblemente menores. Dentro de la región o distribución del balance hídrico de la zona presenta una época húmeda y seca bien marcada (INYPISA, 2000; cit. por Gil, 2004).

En la zona la presencia de vientos máximos extremos se manifiesta en los meses de agosto, septiembre y octubre, la predominancia en la dirección de los vientos es noroeste, de origen cálido la mayor parte del año en invierno suelen cambiar a dirección sur (INYPISA, 2000; Soto, 2008).

5.1.3. Fisiografía y geología

El municipio de Cuatro Cañadas está ubicado sobre la formación geológica llanura Chaco-Beniana, a una altura promedio de 240 msnm. La llanura Chaco-Beniana abarca una gran extensión del territorio de Santa Cruz, se halla interpuesta entre el Cratón de Guaporé y la Faja Subandina. Se caracteriza por una ausencia casi total de relieve, su horizontalidad se debe al hecho de estar formada por material cuaternario, acumulado sobre una superficie semipeneplanizada de formaciones más antiguas. La llanura Chaco-Beniana es parte de una unidad geotectónica mayor, la depresión tectónica comprendida entre el Bloque Andino y el Escudo, donde se acumularon espesas secuencias sedimentarias.

La llanura Chaco-Beniana en el sector norte está cubierta de vegetación tropical, mientras que en la parte sur por espesos matorrales espinosos. La llanura Chaqueña es una región importante en recursos petrolíferos, mientras que el suelo es favorable para la agricultura y ganadería (Aguilera, 2001).

La Propiedad se halla completamente dentro de la unidad de mapeo perteneciente a la llanura aluvial antigua del río Grande. Los caracterizan Inceptisoles, Alfisoles y Vertisoles de buena fertilidad de textura moderadamente fina a fina en llanuras que tienen relativamente buen drenaje, son suelos aptos para la agricultura debido a la mayor cantidad de limo entre sus componentes son categorizados como tipo III y IV, con importancia ecológica 2 y 4.

De acuerdo al Plan de Uso de Suelos del departamento de Santa Cruz, la Propiedad presenta las siguientes fisiografías (Soto, 2008):

Lag. 1.1: Complejo elevado, topografía ondulada del Chaco, bien drenado. Suelos de capas de textura moderadamente gruesa a mediana sobre mediana. Entisoles y Aridisoles bien drenados.

Lag. 1.2: Complejo de elevación intermedia, ligeramente ondulada, moderadamente bien drenado. Suelos de textura mediana a moderadamente fina. Inceptisoles y Alfisoles moderadamente bien drenados.

Lag. 2.1: Sedimentos aluviales finos, imperfectamente drenados. Suelos de textura moderadamente fina a fina con manchas hidromórficas. Inceptisoles y Alfisoles con inclusiones de Vertisoles, imperfectamente drenados.

Lag. 3.2: Sedimentos aluviales textura mediana, algo imperfectamente drenado. Suelos de textura moderadamente fina. Alfisoles con inclusiones de Inceptisoles, algo imperfectamente drenado.

Lag. 3.3: Sedimentos aluviales finos. Suelos de textura fina con inclusiones de moderadamente fina sobre capa de textura fina con inclusiones de mediana. Manchas hidromórficas. Inceptisoles y Alfisoles con inclusión de Vertisoles, imperfectamente drenado.

5.1.4. Registro de intervenciones o disturbios

La zona se caracteriza por la actividad agrícola, que es el principal disturbio que presentan los predios de la empresa, las cuales se enmarcan al Plan de Uso del Suelo y en la propuesta del Plan de Ordenamiento Predial, más claramente se evidencia una tradición agrícola de acuerdo al Uso Actual del Suelo del año 2000, donde los cultivos principales son: soya (*Glycine max*), girasol (*Helianthus annuus*), maíz (*Zea mays*), cítricos (*Citrus sp.*), etc. La empresa ha ingresado desde el año 2004 a la actividad forestal con la consolidación de Plan General de Manejo Forestal (PGMF) con fines de aprovechamiento de leña para carbón, aprovechando árboles muertos de las cortinas rompe-vientos y ahora se pretende manejar de forma más integral y diversificada en cuanto a productos forestales (Soto, 2008).

5.1.5. Vegetación

La vegetación se encuentra en un lugar de transición, principalmente de dos formaciones vegetales (Anexo 2). A continuación se nombra y describe las mismas según su rango jerárquico, utilizando los criterios biogeográficos de Navarro & Maldonado (2004):

- **Región Brasileño- Paranense**
 - **Provincia Biogeográfica del Cerrado**
 - **Sector Biogeográfico Chiquitano**

Comprende:

 - Distrito Biogeográfico de Chiquitos
 - **Distrito Biogeográfico Sur-Chiquitano**
 - Distrito Biogeográfico de Guarayos
 - Distrito Biogeográfico de Huanchaca

Bosque semideciduo chiquitano meridional

Serie de *Machaerium scleroxylon-Acosmium cardenassi*

Serie que constituye la vegetación climatófila de las llanuras aluviales antiguas del Río San Julián, en el margen suroccidental del escudo precámbrico chiquitano de transición hacia la Provincia Biogeográfica del Chaco Boreal. Constituye una versión final y empobrecida florísticamente, faltándole varias de las características de los bosques

chiquitanos más septentrionales. Se caracteriza por la combinación florística básica siguiente: *Acosmium cardenasii*, *Aspidosperma* sp., *Caesalpinia pluviosa*, *Cereus tacuaralensis*, y *Machaerium scleroxylon* entre otras especies. Junto a ellos son frecuentes árboles y arbustos de amplia distribución en los bosques semidecíduos, así como varias especies con óptimo en los bosques del Gran Chaco con los cuales contactan y que penetran aquí, como: *Capparis flexuosa*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Capparis tweediana*, *Coccoloba* sp., *Diplokeleba floribunda*, *Melicocca lepidopetala* y *Reichenbachia* sp.

5.2. Métodos

5.2.1. Diseño y selección del área de muestreo para evaluar el efecto de borde

Se realizaron seis expediciones de campo durante los meses de octubre 2007 hasta abril 2008 por períodos que comprendían entre 7 a 15 días. En primera instancia se interpretó mapas que se tienen de la propiedad Agrícola San Rafael y luego se realizaron verificaciones “*in situ*” para elegir los sitios de muestreos, observando principalmente las características fisonómicas y topográficas del área de trabajo. Los muestreos se realizaron en áreas con cortinas rompe-vientos (fragmentos de bosques remanentes en fajas) y en bosque testigo tomando en cuenta los siguientes criterios:

- 1) **Tamaño y forma de las cortinas rompe-vientos:** Las unidades de muestreo (transectos tipo “Gentry” de 500 x 2 m), se instalaron siguiendo el diseño de muestreo aleatorio estratificado. La Propiedad Agrícola San Rafael tiene 7 campamentos de los cuales se eligieron los campamentos con mayor número de cortinas rompe-vientos y fueron: San Francisco, San Rafael y Cascabel (Tabla 1).

Las cortinas rompe-vientos se seleccionaron al azar, tomando 13 de un total de 191 cortinas y un área de bosque remanente (Área de Protección) como bosque testigo, siendo el más extenso, sin muestra de intervención antrópica, ni aprovechamiento (Anexo 3).

Se agruparon las cortinas rompe-vientos por ancho (Tabla 2), categorizándolos en los siguientes rangos (5 cortinas por rango a excepción de las más anchas que fueron 3 cortinas, porque eran las únicas): a) angostas de 30-49.9 m (Figura 4), b) intermedias de 50-69.9 m (Figura 5) y c) anchas de 70-150 m (Figura 6).

Teniendo en cuenta la forma geométrica de las cortinas rompe-vientos, los transectos

se distribuyeron de forma paralela a la cortina ubicando 3 transectos por cortina, es decir en dos categorías: dos transectos de borde y un transecto de interior (Figura 7).

Se establecieron 45 transectos que significó un total de 4.5 ha de superficie muestreada en toda la propiedad. Teniendo 39 transectos en las cortinas rompe-vientos, 26 ubicados en el borde y 13 en el interior (los transectos de borde se dividieron siguiendo la dirección del viento como se detalla en el punto 2). En el bosque testigo (Figura 8) se implementaron 6 transectos, 4 de borde y 2 de interior (Figura 9).

Tabla 1. Total de áreas de las cortinas rompe-vientos en los Campamentos. Fuente: Ing. Willy Verazain- Empresa Desarrollos Agrícolas S. A. (DESA).

ÁREAS DE CORTINAS ROMPE-VIENTOS			
San Francisco, San Rafael y Cascabel			
CAMPAMENTO	LOTES	AREA (ha)	TOTAL (ha)
San Francisco	1 al 31	204.38	
	32 al 65	242.00	446.38
San Rafael	66 al 104	331.30	
	105 al 140	320.65	651.95
Cascabel	141 al 165	185.25	
	166 al 190	187.75	373.00
TOTAL			1471.33

Tabla 2. Rangos de anchos de las cortinas rompe-vientos.

Rangos de ancho	Número de Cortinas
De 30 - 49.9 m	119, 52, 58, 30, 181
De 50 – 69.9 m	70, 64, 62, 142, 168
De 70 – 150 m	79, 117, 121



Figura 4. Fisonomía de las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m, en la Propiedad Agrícola San Rafael.



Figura 5. Fisonomía de las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m, en la Propiedad Agrícola San Rafael.



Figura 6. Fisonomía de las cortinas rompe-vientos de 70-150 m, en la Propiedad Agrícola San Rafael.

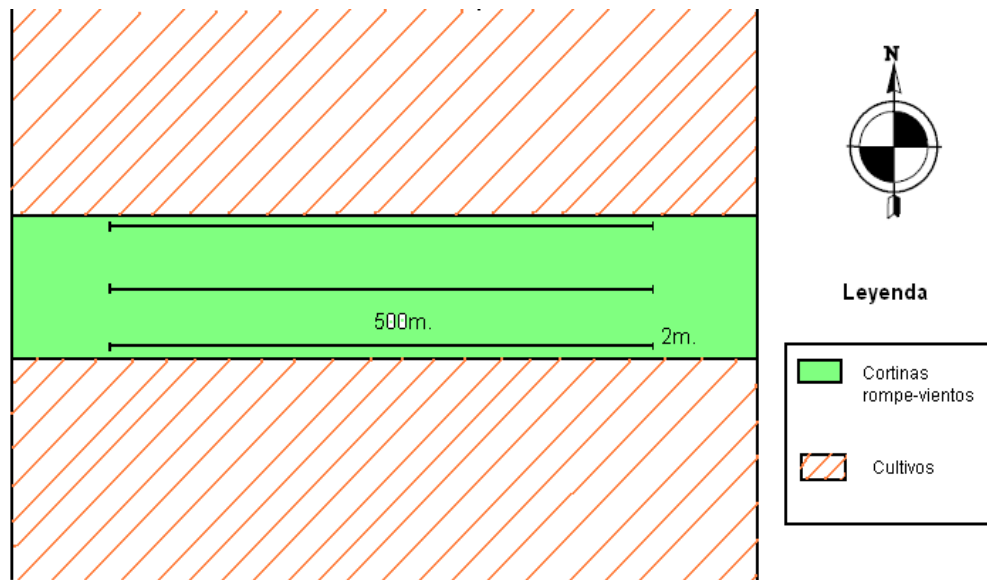


Figura 7. Forma y ubicación de los transectos en las cortinas rompe-vientos.



Figura 8. Fisonomía del bosque testigo, en la Propiedad Agrícola San Rafael.

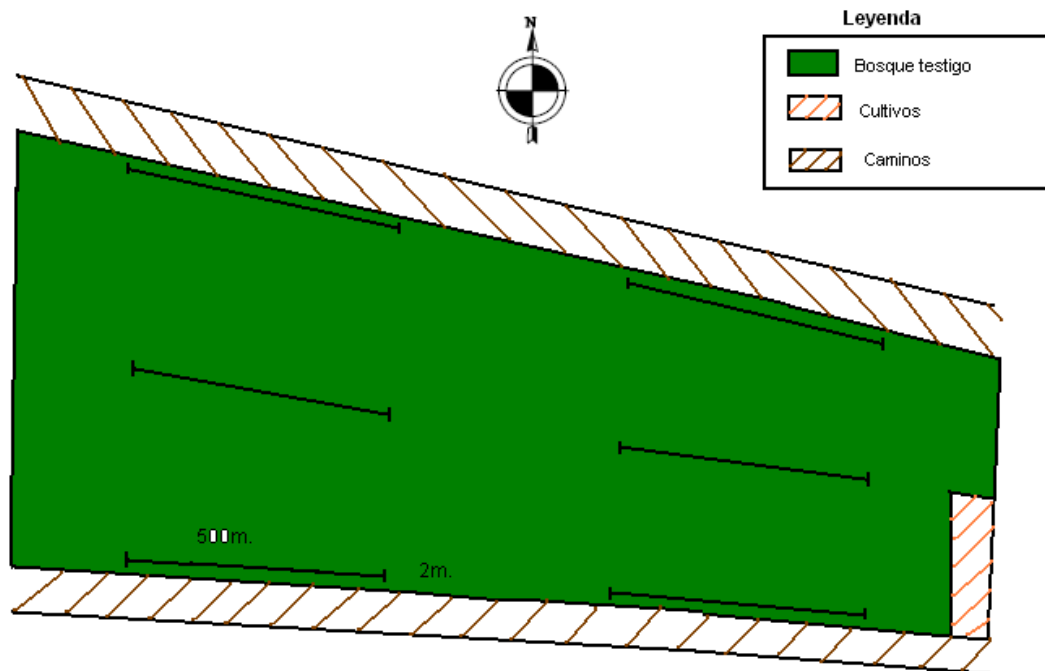


Figura 9. Forma y ubicación de los transectos en el bosque testigo.

2) **Orientación y posición en el fragmento:** Para evaluar el efecto que causa la dirección del viento en los fragmentos de bosque, se ubicaron transectos en categorías de borde. Haciendo un total de 26 transectos de borde en las cortinas rompe-vientos pero separados en: 13 de borde sur y 13 de borde norte (Figura 7).

En el bosque testigo también se ubicaron: 2 transectos de borde norte y 2 transectos de borde sur.

Utilizando la brújula del receptor del Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) se determinó la ubicación norte y/o sur en cada cortina rompe-vientos y bosque testigo.

5.2.2. Toma de datos para medir las variables bióticas

Se instalaron transectos tipo “Gentry” (1982), de una décima de hectárea (500 x 2 m), los cuales están constituidos cada uno de estos por 10 subunidades de 2 x 50 m. El método de los transectos es ampliamente utilizado por la rapidez de su implementación y porque permite recoger la mayor diversidad vegetal.

Un transecto es un rectángulo situado en un lugar para medir ciertos parámetros de un determinado tipo de vegetación. Primero se extiende una cinta métrica o una pita de 100 m., un metro a cada lado de la cinta o pita se mide todos los individuos mayores o iguales a 2.5 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho), a un 1.30 m del suelo. En el caso donde los árboles tenían raíces tabulares grandes o deformaciones en el punto de medición ésta se realizó por encima y donde el fuste se regularizaba, en los árboles ramificados por debajo del punto de medición del DAP se procedió a la sumatoria de diámetros. El diámetro fue registrado usando cinta métrica y después transformándolos en centímetros diamétricos dividiéndolo entre el valor de pi radianes (3.1416). La altura de los árboles se estimó por medio de observaciones visuales, colocando una persona abajo del árbol con medidas conocidas y luego el tamaño se fue duplicando, triplicando y así sucesivamente hasta llegar a la copa del árbol y poder hacer la estimación. Para la infestación de lianas se consideraron las siguientes categorías: 1) libre de lianas, 2) presencia en el fuste, 3) presencia leve en fuste y copa y 4) presencia completa en fuste y copa (Lowe & Walkey, 1977). También se anotó el número de la cortina rompe-vientos. Todos los datos se escribieron en planillas previamente diseñadas de acuerdo a los objetivos (Anexo 4).

5.2.3. Colecta de especímenes

Se colectó entre cuatro y cinco muestras por especie de todo el material fértil y tres del material estéril que se encontró en cada entrada de campo, bajo el código de colección de ML (Mirian Lazarte) y una numeración correlativa. En la mayoría de los casos las muestras fueron secadas en una estufa portátil y algunas veces alcoholizadas al 70 % de concentración. Luego fueron llevadas al Herbario del Oriente Boliviano (USZ) del Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.

5.2.4. Secado e identificación taxonómica

Las muestras colectadas se trabajaron siguiendo el protocolo establecido por el Herbario del Oriente Boliviano (USZ) del MHNNKM:

Secado y refrigerado: las muestras se secaron con la ayuda de las estufas del Herbario del Oriente Boliviano (USZ) del Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado (MHNNKM), a una temperatura aproximadamente de 60 a 70°C durante 2 ó 3 días. Después del secado pasaron a la etapa de refrigeración por 3 días, para luego recién manipular el material en las instalaciones de la bóveda y en la colección científica del USZ.

Identificación taxonómica: se realizó la identificación en el Herbario del Oriente Boliviano (USZ), a través de claves taxonómicas, comparación con especímenes de la colección científica del USZ y la revisión de especialistas.

Elaboración de etiquetas: una vez identificado el material, se etiquetó y se incorporarán las muestras colectadas a la colección científica del Herbario del Oriente Boliviano (USZ).

5.3. Análisis y procedimientos estadísticos

Los datos registrados en la planilla de campo fueron introducidos en una planilla electrónica para su manejo y sumario.

5.3.1. Medidas de riqueza y diversidad de especies

Se determinó el número total de familias, géneros, especies e individuos de todos los transectos de las cortinas rompe-vientos y del bosque testigo. Para la determinación de diversidad se utilizó el índice de Similaridad (Sorensen), el índice de abundancia proporcional el de equidad (Shannon-Wiener) y el de riqueza específica (índice de Margalef) para así poder interpretar y comparar con más exactitud la diversidad. Se describen a continuación los índices utilizados:

5.3.1.1. Diversidad florística

Los índices de diversidad son aquellos que describen lo diverso que puede ser un determinado lugar, considerando el número de especies (riqueza) y el número de individuos de cada especie. Por lo tanto se utilizaron los más importantes:

Los transectos se sometieron primero a un análisis de similitud (Sorensen,1948) que realiza el análisis de comunidades y permite comparar la diversidad entre dos comunidades mediante la presencia/ausencia de especies en cada una de ellas, según la ecuación:

$$IS= [2C /{(A+B)}] \times 100$$

Donde:

C= Número de especies comunes a ambas áreas

A= Número de especies que ocurran en el área A

B= Número de especies que ocurran en el área B

Y después a un análisis de correspondencia (DECORANA o DCA- Detrended Correspondence Análisis) para confirmar lo observado en campo, ya que es un comparador utilizado para análisis multivariados (Gauch 1982), que engrana a los conjuntos de datos ecológicos y la terminología se basa en las unidades de muestreo y especies. El parámetro utilizado para el análisis fue el de abundancia por especies de cada uno de los transectos, graficando los resultados en ejes cartesianos (X y Y). La aplicación de este análisis fue realizado con el programa PC-Ord. 5.

Posteriormente se determinó el Índice de Shannon–Wiener (Magurran, 1988), que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, para

el uso de este índice el muestreo debe ser aleatorio y todas las especies de una comunidad vegetal deben estar presentes en la muestra (Mostacedo & Fredericksen, 2000; Moreno, 2001).

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum P_i * \ln P_i$$

Donde: H' = Índice de Shannon-Wiener

P_i = Abundancia relativa

\ln = Logaritmo neperiano

El índice de diversidad de Margalef, transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Magurran, 1988).

$$DMg = S - 1 / \ln N$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

5.3.2. Composición florística

Se utilizaron los siguientes parámetros: riqueza (familias, géneros y especies), importancia ecológica de las especies y familias, abundancia, dominancia y frecuencia, los que se describen a continuación:

5.3.2.1. Análisis de la importancia ecológica

Se estima mediante el índice de valor de importancia formulado por Curtis y MacIntosh (1951), que está constituido por la suma de los parámetros relativos: frecuencia, abundancia y dominancia de cada familia y especie.

Abundancia (A): Es el número de individuos de una especie, familia o clase de plantas en un área determinada (Curtis & MacIntosh, 1951; Matteucci & Colma, 1982).

Se expresa como:

$$Ab = N/A$$

Donde:

Ab = Abundancia

N = Número de individuos de una especie o familia

A = Área determinada

Abundancia relativa: Se expresa como la relación porcentual entre el número de individuos de una especie determinada con el total de individuos en un área determinada:

$$Ar = (N/Nt) \times 100$$

Donde:

Ar = Abundancia relativa

N = Número de individuos de una especie o familia

Nt = Número total de individuos.

Dominancia: Es la sección en la superficie del suelo determinada por el haz de proyección horizontal del cuerpo de la planta, lo que equivale a la proyección horizontal de los árboles. Debido a la superposición de las copas y a la dificultad de cálculo o estimación, se utiliza el área basal de los fustes, que sustituyen a las proyecciones de las copas (Curtis & MacIntosh, 1951; Matteucci & Colma, 1982).

El área basal o dominancia es la sección transversal del tallo o tronco de un árbol a una determinada altura (1,3 m) del suelo. El área basal o dominancia se expresa a través de la siguiente función:

$$Ab = \pi (D^2/4)$$

Donde:

Ab = Área basal

$\pi = 3.1416$

D = Diámetro a la altura del pecho (DAP)

La dominancia relativa responde a la fórmula siguiente:

$$Dr = Ab/ABt \times 100$$

Donde:

Dr = Dominancia relativa

Ab = Área basal de una especie o familia

ABt = Área basal total del bosque

Frecuencia: Probabilidad de encontrar una especie o una familia en una unidad de área muestreada. Mide la distribución de cada especie o familia sobre el terreno. Para calcularla se divide la muestra en un número determinado de submuestras (subparcelas) de igual tamaño entre sí, entonces se controla la presencia o ausencia de cada especie o familia en cada submuestra (Curtis & MacIntosh, 1951; Matteucci & Colma, 1982).

La frecuencia absoluta, se define como el número de subtransectos en que aparece la especie sobre el número total de subtransectos y la que se expresa en porcentaje. La frecuencia relativa es la relación entre la frecuencia absoluta de especie con la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies encontradas.

Frecuencia relativa, se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula

$$Fr = (Fi/\sum F) \times 100$$

Donde:

Fr= Frecuencia relativa de la especie

Fi = Frecuencia de la especie i

$\sum F$ = Sumatoria de las frecuencias absolutas (Fi) para todas las especies de la parcela

Índice de valor de importancia por familia (IVIF) es la suma de la abundancia relativa, diversidad relativa y dominancia relativa para una familia (Matteucci & Colma, 1982).

$$IVIF = (Dr + Ar + Drf) / 3$$

Donde:

IVIF = Índice de Valor de Importancia de la Familia

Ar = Abundancia relativa

Dr = Dominancia relativa

Drf = Diversidad relativa

El índice de valor de importancia por especie (IVI) formulado por Curtis y MacIntosh (1951) revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. Mide el valor de las especies basándose en tres parámetros: abundancia, dominancia,

(cobertura o área basal) y frecuencia.

$$IVI = (Fr + Ar + Dr) / 3$$

Donde:

IVI = Índice de Valor de Importancia por especie

Fr = Frecuencia relativa

Ar = Abundancia relativa

Dr = Dominancia relativa

5.3.3. Estructura

En todos los individuos mayores o iguales a 2.5 cm se midió el DAP y altura total, luego se clasificó los diámetros y las alturas en clases diamétricas (estructura horizontal) y clases altimétricas (estructura vertical) respectivamente.

Estructura horizontal: La distribución de diámetros fue clasificada en 6 clases diamétricas con intervalos de 10 cm, para las cortinas rompe-vientos y bosque testigo, los que se expresaron en un histograma. Esta gráfica se elaboró en base número de individuos y clases diamétricas para cada rango.

Estructura vertical: La distribución de alturas se clasificó en 5 clases altimétricas con intervalos de 5 m, para las cortinas rompe-vientos y bosque testigo, los cuales fueron expresados en un histograma. Este se elaboró en base al número de individuos vs clases altimétricas.

5.3.4. Comparación de la diversidad, composición y estructura florística

Para el análisis de las variables de diversidad, composición y estructura se emplearon estadísticas paramétricas (por ser datos independientes, normales y con varianzas iguales): análisis de varianza (ANOVA), que sirve para evaluar el efecto individual y conjunto de dos o más factores (variables independientes) sobre una variable dependiente cuantitativa, mediante el programa estadístico SPSS v.15.0 y aplicando un intervalo de confianza del 95%. Se realizaron también pruebas Post hoc siguiendo el modelo de Duncan (pruebas posteriores) de subconjuntos homogéneos al nivel de confianza del $\alpha = 0.05$. El análisis se concentró en hacer las comparaciones de las variables teniendo en cuenta el tamaño (ancho) y posición.

6. RESULTADOS

6.1. Diversidad y variables métricas

En total se registraron 4836 individuos, agrupados en 41 familias, 73 géneros y 88 especies (Anexo 5). De este total en las cortinas rompe-vientos se registraron 3979 individuos que significa el 85% con 41 familias, 73 géneros y 88 especies y en el bosque testigo se registraron 857 individuos que significa el 15% con 28 familias, 43 géneros y 49 especies (Anexo 6). El área basal total registrada fue de 51.82 m², con un promedio de 4.32 m²/0.1 ha teniendo en las cortinas rompe-vientos 42.91 m² y en el bosque testigo 8.91 m² (Tabla 3).

Tabla 3. Datos generales de los transectos indicando el ancho y posición en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo de la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AB = Área basal.

Ancho	Posición	N° de transectos	Número de			AB (m2)	
			Individuos	Familias	Géneros		Especies
30-49.9 m	Borde norte	5	167	16	25	31	0.66
	Borde sur	5	139	16	23	25	0.32
	Interior	5	829	32	55	68	13.31
Subtotal		15	1135	34	60	74	14.29
50-69.9 m	Borde norte	5	423	18	27	33	2.08
	Borde sur	5	558	19	26	29	1.52
	Interior	5	738	24	40	46	13.23
Subtotal		15	1719	31	48	56	16.83
70-150 m	Borde norte	3	367	21	28	33	2.07
	Borde sur	3	335	18	26	31	1.72
	Interior	3	423	24	36	41	8
Subtotal		9	1125	31	47	54	11.79
Bosque testigo	Borde norte	2	237	20	27	30	2.22
	Borde sur	2	357	13	18	22	1.79
	Interior	2	263	22	32	38	4.9
Subtotal		6	857	28	43	49	8.91
Total		45	4836	41	73	88	51.82

6.1.1. Similitud florística

Según el índice de similitud de Sorensen, se observa que la similitud varía entre los transectos de interior y de borde. Así también, pero en menor grado entre transectos de borde sur y norte. También son relativamente diferentes tomando en cuenta el ancho, si se compara la similitud entre los transectos de interiores, tanto del bosque testigo y de las

cortinas rompe-vientos. Asimismo se ve que existe una mayor similitud entre el bosque testigo con las cortinas rompe-vientos de mayor tamaño, es decir conforme se aumenta el tamaño de la cortina presenta mayor similitud con el bosque (Tabla 4 y Anexo 7).

También se realizó un análisis de correspondencia (DCA), los mismos que presentan una contundencia en la agrupación y que varía en función a la variable analizada. Sin embargo, en el análisis con matriz de abundancia se puede ver la formación de dos grandes grupos integrado principalmente por los transectos de interior y de borde, posteriormente el grupo de los transectos de borde se subdivide en dos subgrupos separando a los transectos de borde sur y borde norte (Figura 10).

Donde todos los transectos de interior de las cortinas rompe-vientos y del bosque testigo se agrupan a excepción de los transectos 43, 35, 19, 34, 28, 20 y 17 que son de borde pero que también presentan una alta abundancia de individuos. Los transectos de borde se agrupan mostrando una relativa diferencia en la composición de la vegetación debido a la abundancia de especies invasoras y exóticas.

Tabla 4. Similitud entre transectos en función al índice de Sorensen en la Propiedad Agrícola San Rafael. A lo largo del diagonal se encuentra el número de especies por transecto, por debajo el número de especies en común entre los transectos y por arriba el índice de Sorensen.

N° de transectos	B.N.30-49.9 m	B.N.50-69.9 m	B.N. 70-150 m	B.N. Bosque testigo	B.S.30-49.9 m	B.S.50-69.9 m	B.S.70-150 m	B.S. Bosque testigo	Int.30-49.9 m	Int.50-69.9 m	Int. 70-150m	Int. Bosque testigo
B.N.30-49.9 m	31	71.88	71.87	45.90	64.29	66.67	74.19	56.60	54.55	29.74	55.56	52.17
B.N.50-69.9 m	23	33	69.69	57.14	59.00	67.74	65.63	50.91	55.45	68.35	56.75	56.34
B.N. 70-150 m	23	23	33	53.97	58.62	74.19	71.88	58.18	61.39	65.82	62.16	61.97
B.N. Bosque testigo	14	18	17	30	40.00	47.46	52.46	42.31	55.45	65.79	61.97	67.64
B.S.30-49.9 m	18	17	17	11	25	59.26	53.57	34.04	47.31	45.07	39.39	34.92
B.S.50-69.9 m	20	21	23	14	16	29	66.67	50.98	49.48	64.00	51.43	56.72
B.S. 70-150 m	23	21	23	16	15	20	31	60.38	56.57	57.14	55.56	60.87
B.S. Bosque testigo	15	14	16	11	8	13	16	22	48.89	47.06	47.62	60.00
Int.30-49.9 m	27	28	31	27	22	24	28	22	68	66.67	67.89	66.04
Int.50-69.9 m	23	27	26	25	16	24	22	16	38	46	68.97	69.05
Int. 70-150 m	20	21	23	22	13	18	20	15	37	30	41	81.01
Int. Bosque testigo	18	20	22	23	11	19	21	18	35	29	32	38

° Borde sur
* Borde norte
+ Interior

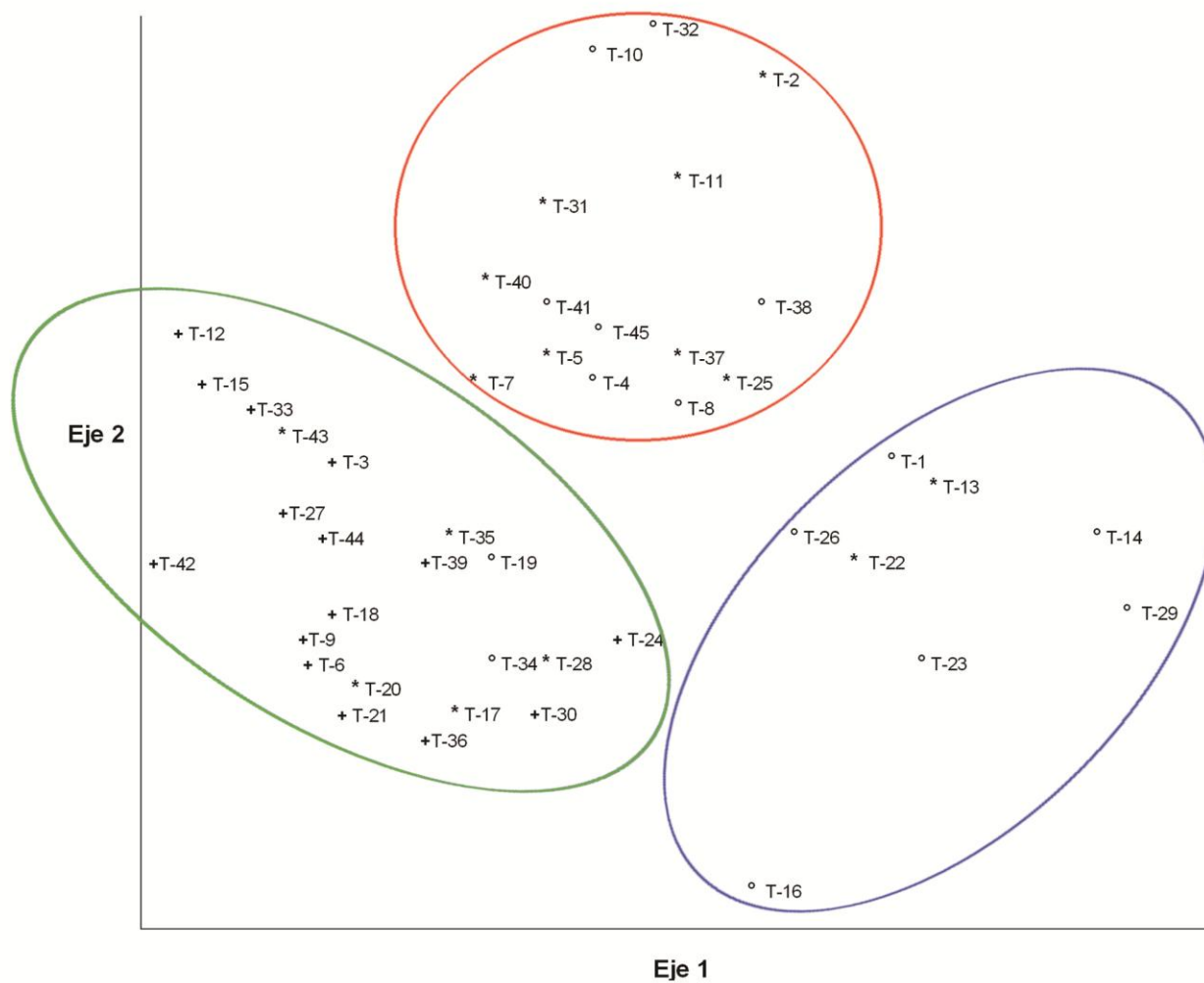


Figura 10. Análisis de correspondencia en función a la similitud realizada con matriz de abundancia de especies en los 45 Transectos de muestreo en la Propiedad Agrícola San Rafael.

6.1.2. Comparación de diversidad y abundancia

Realizando la comparación de los promedios de las muestras, se tiene en las cortinas rompe-vientos registrados 102 individuos con 11.2 familias, 14.3 géneros y 16.8 especies, registrando el bosque testigo el mayor promedio con 142.8 individuos, 13.8 familias, 18.2 géneros y 20.8 especies. Entre los diferentes tamaños (ancho) de las cortinas rompe-vientos las de 70-150 m muestran el mayor promedio de individuos, familias, géneros, especies y área basal en los transectos de borde (norte y sur) y las cortinas de 30-49.9 m en los transectos de interior.

Con respecto a las posiciones, en los transectos de interior de las cortinas rompe-vientos y el bosque testigo se registró un alto promedio de individuos, familias, géneros, especies y área basal, en cambio los transectos de borde (norte y sur) tienen valores relativamente similares (Tabla 5).

La estimación de la diversidad (considerando el número de especies e individuos), se realizó sacando un promedio del número de individuos en los transectos para una mejor comparación. El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') muestra que la diversidad va aumentando según el tamaño (ancho) de las muestras en las posiciones de borde (norte y sur), sin embargo en los transectos de posición interior ocurre lo contrario teniendo a las cortinas de 30-49.9 m con el mayor índice de diversidad (2.82) le siguen las cortinas de 70-150 m que muestran valores similares al bosque testigo (2.74) y las cortinas de 50-69.9 m con 2.62.

Se tiene a las cortinas de 70-150 m con valores relativamente similares en las tres posiciones al bosque testigo, mostrándose también ambas como las más diversas. Por lo tanto con respecto a la posición de los transectos, los de interior se muestran como los más diversos, seguidos de los transectos de borde norte y finalmente los transectos de borde sur (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación del promedio de diversidad en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en diferentes posiciones y tamaño (ancho), en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AB=Área basal, H'= Shannon-Wiener.

Posición	Ancho	Nº de transectos	Número de				AB (m ²)	Índice H'
			Individuos n°/0.1ha	Familias n°/0.1ha	Géneros n°/0.1ha	Especies n°/0.1ha		
Borde norte	30-49.9 m	5	33.4 (±3.4)	7.2 (±1.6)	8.6 (±1.5)	10 (±1.8)	0.13 (±0.3)	1.78 (±0.6)
	50-69.9 m	5	84.6 (±7.3)	9 (±1.8)	12 (±2.1)	14.8 (±2.3)	0.41 (±0.6)	2.11 (±0.6)
	70-150 m	3	122.3 (±4.8)	12.33 (±1.5)	15 (±1.9)	17.7 (±2.2)	0.68 (±0.4)	2.08 (±0.7)
	Bosque testigo	2	118.5 (±5.8)	15 (±0.0)	19 (±1.2)	21 (±1.7)	1.10 (±0.6)	2.38 (±0.7)
Subtotal		15	79.6 (±6.9)	9.86 (±1.9)	12.4 (±2.1)	14.6 (±2.4)	0.46 (±0.6)	2.03 (±0.6)
Borde sur	30-49.9 m	5	27.8 (±4.0)	5.8 (±1.8)	7 (±1.8)	7.6 (±2.0)	0.06 (±0.2)	1.5 (±0.8)
	50-69.9 m	5	111.6 (±8.9)	7.8 (±1.4)	9.8 (±1.7)	10.8 (±1.9)	0.30 (±0.4)	1.6 (±0.9)
	70-150 m	3	111.7 (±6.4)	11 (±1)	13.3 (±1.2)	15.7 (±1.5)	0.57 (±0.5)	2.2 (±0.4)
	Bosque testigo	2	178.5 (±4.0)	10 (±0.0)	12.5 (±0.8)	15.5 (±0.8)	0.89 (±0.3)	1.58 (±0.4)
Subtotal		15	92.6 (±8.4)	8.06 (±1.7)	9.93 (±1.9)	11.33 (±2.1)	0.35 (±0.6)	1.68 (±0.8)
Interior	30-49.9 m	5	165.8 (±7.1)	18.6 (±1.6)	24.2 (±2.4)	30 (±2.6)	2.66 (±0.8)	2.82 (±0.3)
	50-69.9 m	5	147.6 (±7.3)	14.8 (±1.5)	20 (±1.9)	23 (±1.9)	2.64 (±0.9)	2.62 (±0.3)
	70-150 m	3	141 (±5.2)	16.6 (±2.3)	22 (±2.8)	25 (±2.8)	2.66 (±0.6)	2.74 (±0.6)
	Bosque testigo	2	131.5 (±5.4)	16.5 (±1.5)	23 (±1.7)	26 (±1.2)	2.45 (±0.7)	2.74 (±0.3)
Subtotal		15	150.2 (±6.6)	16.7 (±1.8)	22.2 (±2.3)	26.13 (±2.4)	2.62 (±0.8)	2.73 (±0.4)
Total		45	107.5 (±7.9)	11.5 (±2.2)	14.84 (±2.6)	17.4 (±2.9)	1.15 (±1.1)	2.17 (±1.5)

± Error estándar

La diversidad alfa varía en función a la posición y tamaño (ancho) de las cortinas rompe-vientos, registrándose la mayor diversidad en los transectos de interior de las cortinas rompe-vientos de menor tamaño ya que existe una invasión de especies colonizadoras, y el borde se muestra como el área más alterada de un fragmento, por lo que presentan menor diversidad. El bosque testigo se muestra como el más diverso conservando la mayoría de sus especies en comparación con las cortinas rompe-vientos. Otra constante observada en los resultados es que, los transectos de borde sur presentan menor diversidad que los transectos de borde norte, lo cual podría estar explicada por un efecto de humedad dado por la posición de las cortinas respecto a la dirección de los vientos (Tabla 5).

En cuanto a la abundancia de individuos (Figura 11), se ha determinado que no existe una diferencia significativa ($F= 2.482$, $P= 0.074$) entre los diferentes tamaños (ancho) de las muestras, sin embargo el bosque testigo con el promedio más alto de individuos se muestra relativamente similar con las cortinas de mayor tamaño.

Tomando en cuenta la posición de los transectos, se tiene que el interior tiene el promedio más alto de individuos y los bordes valores similares, determinando mediante el análisis estadístico aplicado que existen diferencias significativas ($F= 6.944$, $P=0.002$) entre las muestras (Anexo 8). Ya que las especies se encuentran más abundantes dentro del fragmento que hacia la zona influenciada por el borde.

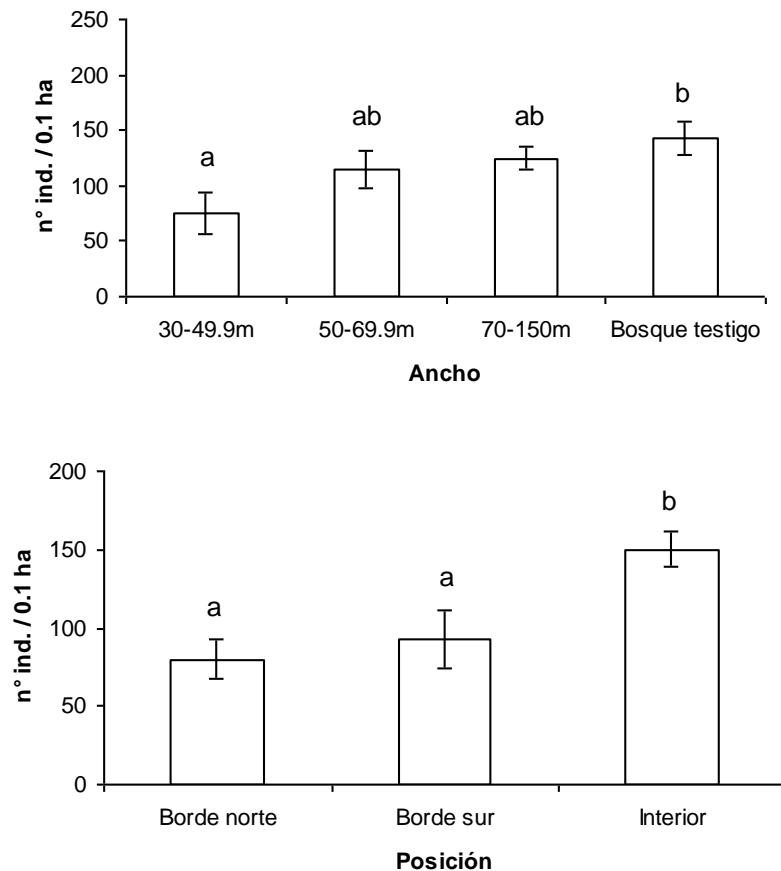


Figura 11. Comparación de promedios de abundancia en diferentes tamaños (ancho) y posiciones en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en la Propiedad Agrícola San Rafael. Letras distintas significan diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de posición. Líneas verticales significan: error estándar.

Realizando la comparación de la diversidad expresada por Shannon-Wiener se observa que en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo la posición de los transectos de interior muestran los valores más altos de diversidad y los transectos de borde valores bajos (Figura 12), realizando el análisis de varianza de las muestras estudiadas con relación a su

diversidad ($F= 22.641$, $P=2.13151E-07$), confirma estadísticamente que hay diferencias significativas en relación a la posición de los transectos mostrándose diferentes entre sí, sin embargo tomando en cuenta el tamaño (ancho) de las muestras con el índice de diversidad no existe diferencia significativa ($F= 0.522$, $P=0.669$), mostrando a todas las muestras similares (Anexo 9).

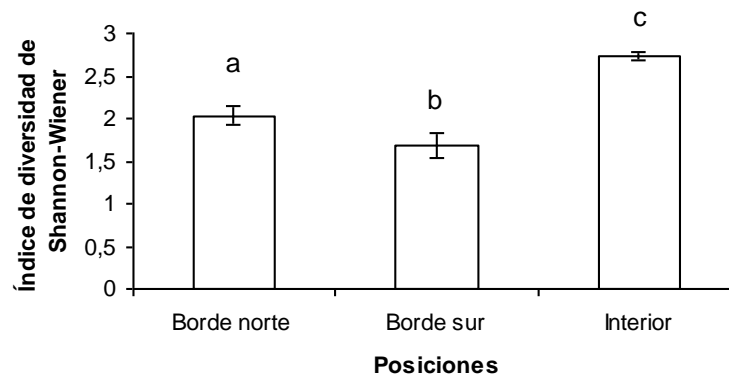


Figura 12. Comparación del promedio del índice de diversidad (Shannon-Wiener), en las tres posiciones de los transectos en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en la Propiedad Agrícola San Rafael. Letras distintas significan diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de posición. Líneas verticales significan: error estándar.

El análisis de varianza para la riqueza de especies ($F= 3.546$, $P=0.051$), géneros ($F = 5.283$, $P=0.016$) y familias ($F= 5.087$, $P=0.018$), en el borde norte de las cortinas rompe-vientos y bosque testigo, determina que las muestras son estadísticamente diferentes (Anexo 10). Teniendo al bosque testigo con la mayor riqueza y a las cortinas de 30-49.9 m con menor riqueza (Figura 13). Esto indica que las cortinas de mayor tamaño son relativamente similares al bosque testigo manteniendo la riqueza en especies, géneros y familias.

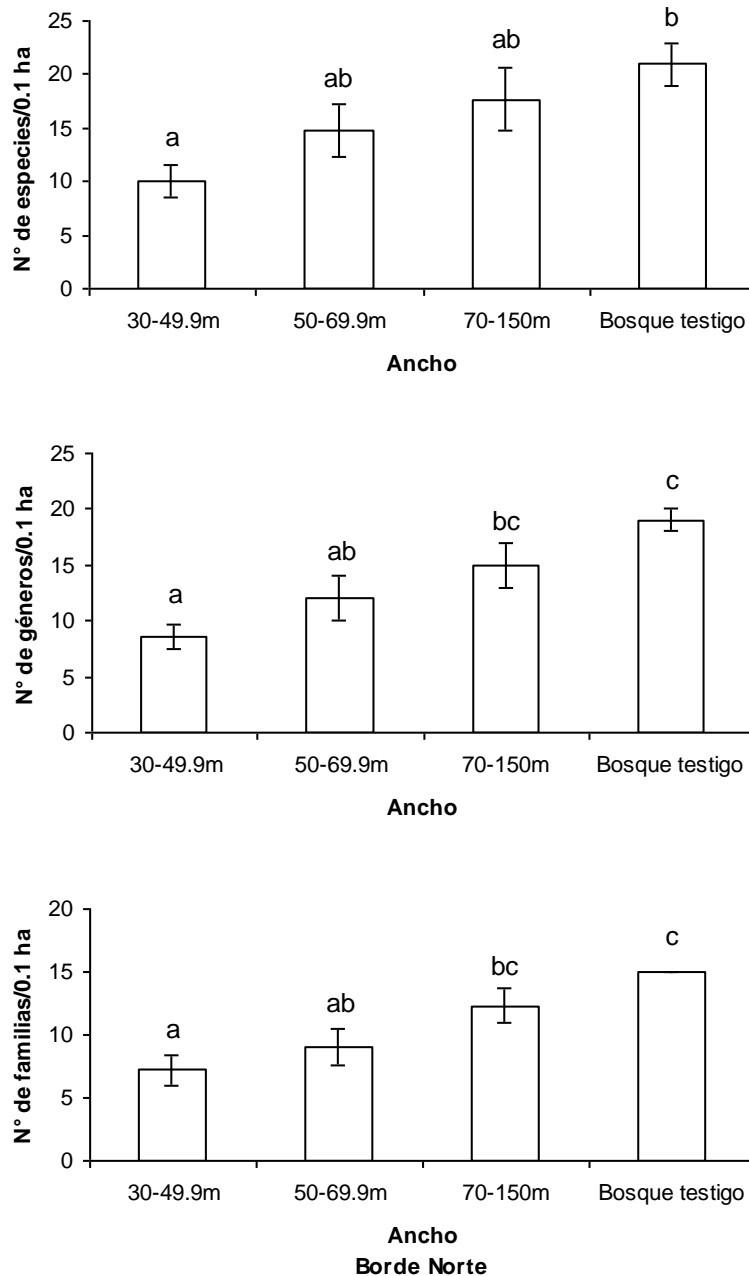


Figura 13. Comparación de la riqueza de especies, géneros y familias en el borde norte, en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo, en la Propiedad Agrícola San Rafael. Letras distintas significan diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tamaños (ancho). Líneas verticales significan: error estándar.

Se observa que las cortinas de mayor tamaño son relativamente similares al bosque testigo (Figura 14) en la riqueza de especies ($F= 4.533$, $P=0.026$), géneros ($F= 4.171$, $P=0.033$) y familias ($F= 3.912$, $P=0.039$) en el borde sur, pero significativamente menor o diferente de las

cortinas de 30-49.9 m, mostrando el análisis estadístico aplicado que existen diferencias significativas entre las muestras estudiadas (Anexo 10).

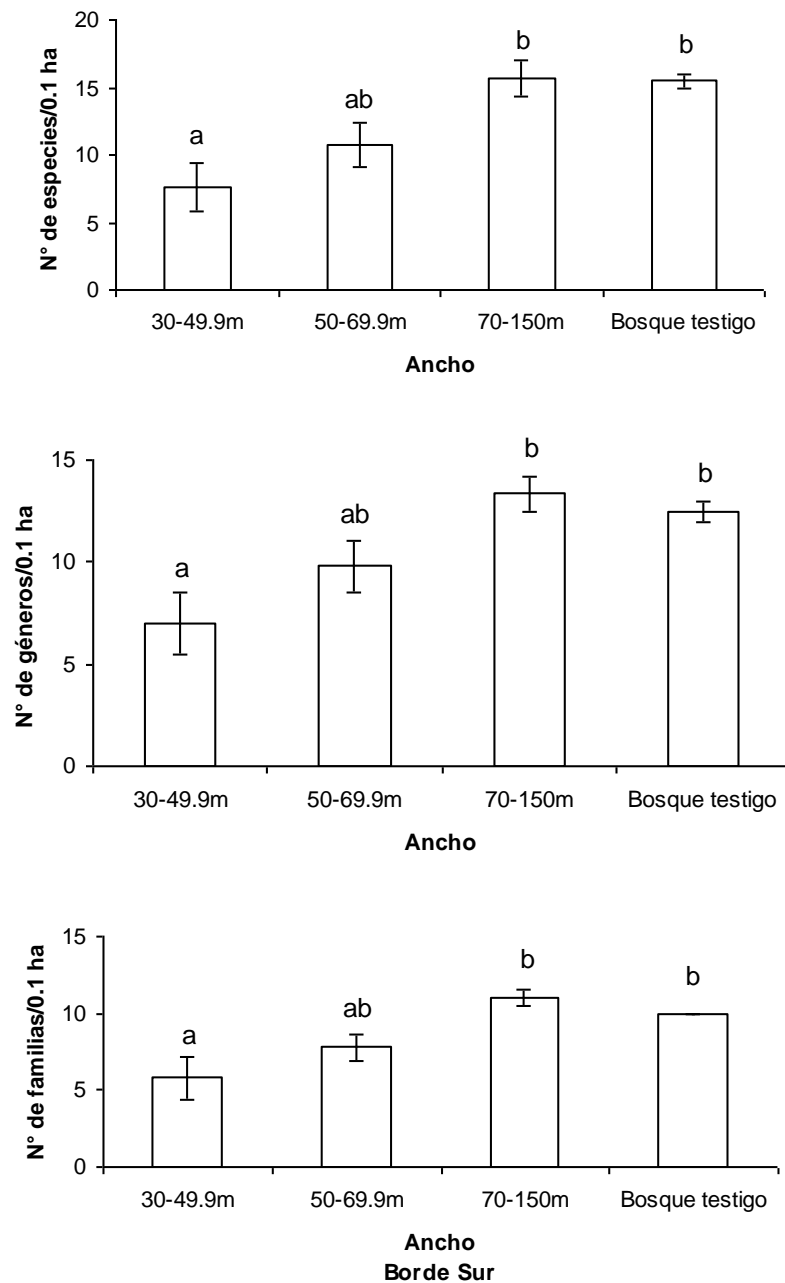


Figura 14. Comparación de la riqueza de especies, géneros y familias en el borde sur, en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo, en la Propiedad Agrícola San Rafael. Letras distintas significan diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tamaños (ancho). Líneas verticales significan: error estándar.

Sin embargo realizando el análisis de varianza con respecto a la posición interior de los transectos en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo, se tiene que estadísticamente no existen diferencias significativas en la riqueza de especies ($F= 1.300$, $P=0.323$), géneros ($F= 0.988$, $P=0.434$) y familias ($F= 1.214$, $P=0.350$), mostrándose todas relativamente similares (Anexo 10). Ya que el conjunto de los efectos de la matriz se manifiestan en cambios, principalmente en el borde (perímetro) del fragmento (cortinas).

6.2. Composición florística

La familia con mayor cantidad de especies en todo el área de estudio (cortinas rompe-vientos y bosque testigo) fue Fabaceae con 11 géneros y 11 especies (Figura 15). También se pudo observar que dentro de las primeras 10 familias están algunas que son muy representativas del tipo de vegetación predominante en la mayor parte de la Chiquitania como Fabaceae (11 spp.), Nyctaginaceae (7 spp.) y Bignoniaceae (5 spp.).

Tomando en cuenta solamente a las cortinas rompe-vientos se tiene el mismo resultado que el obtenido en todo el área de estudio (cortinas rompe-vientos y bosque testigo), teniendo a Fabaceae con 11 géneros y 11 especies, Nyctaginaceae con 5 géneros y 7 especies; Bignoniaceae con 3 géneros y 5 especies siendo las familias más diversas (Figura 15).

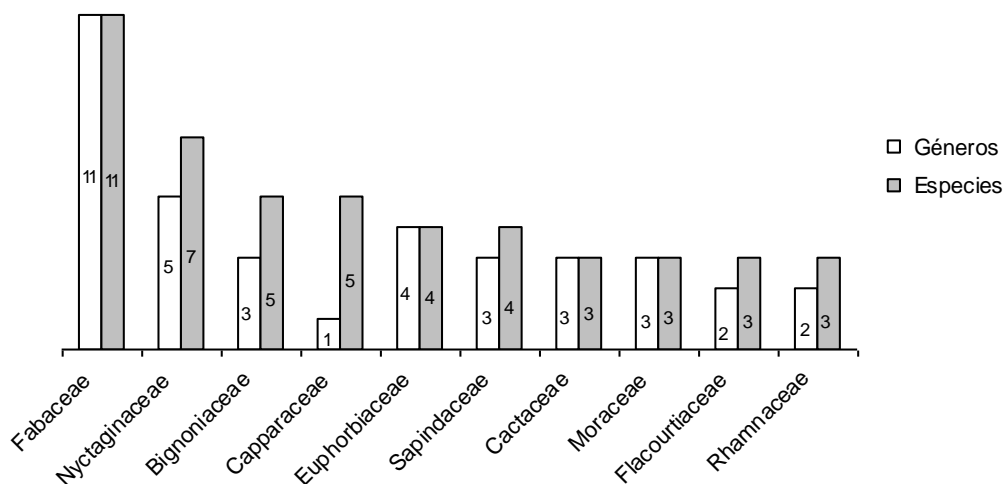


Figura 15. Las 10 familias con mayor número de géneros y especies en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo de la Propiedad Agrícola San Rafael.

En el bosque testigo se registró a la familia Fabaceae con 6 géneros y 6 especies, Nyctaginaceae con 4 géneros y 4 especies, Sapindaceae con 3 géneros y 4 especies, Capparaceae con 1 género y 4 especies (Figura 16) entre las familias más diversas.

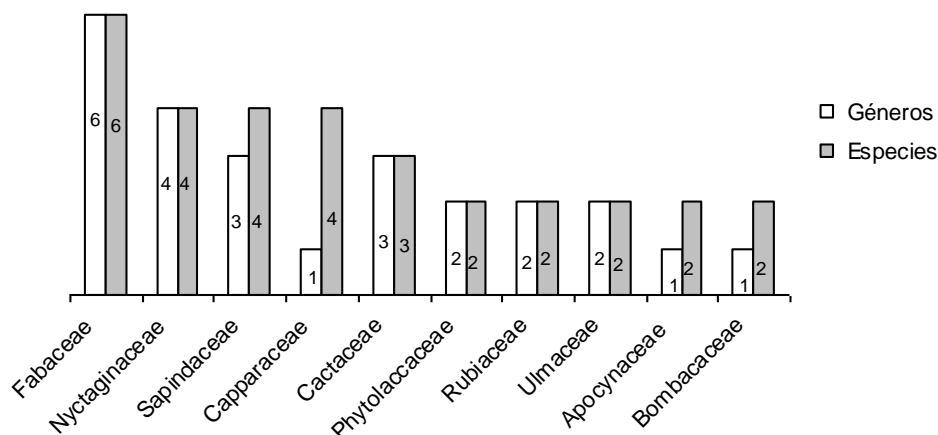


Figura 16. Las 10 familias con mayor número de géneros y especies en el bosque testigo de la Propiedad Agrícola San Rafael.

Sin embargo el orden de familias varía con respecto a la posición de los transectos (borde e interior) en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo; alcanzando las familias la mayor riqueza en la posición interior. Fabaceae aparece en el primer lugar en las tres posiciones con el mayor número de géneros y especies, siendo la más rica en el interior con 9 especies, generalmente arbóreas (Tabla 6). La familia Nyctaginaceae se encuentra en segundo lugar en el interior con 6 especies y 5 géneros con especies comunes al sotobosque; la familia Capparaceae ocupa el tercer lugar de mayor riqueza manteniendo igual riqueza en las tres posiciones con 5 especies y 1 género.

La familia Bignoniaceae ocupa el cuarto lugar ya que en la posición interior alcanza la mayor riqueza con 5 especies y 3 géneros de lianas y árboles; la familia Sapindaceae aparece en las tres posiciones, sin embargo en el interior se ubica en el quinto lugar con 4 especies y 3 géneros, generalmente arbustos y árboles.

Tabla 6. Las 15 familias con mayor riqueza de géneros y especies, mostrando su distribución en las tres posiciones en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en la Propiedad Agrícola San Rafael.

FAMILIAS	BORDE NORTE		INTERIOR		BORDE SUR	
	Nº de especies	Nº de géneros	Nº de especies	Nº de géneros	Nº de especies	Nº de Géneros
Fabaceae	8	8	9	9	8	8
Nyctaginaceae	5	3	6	5	3	2
Capparaceae	5	1	5	1	5	1
Bignoniaceae	-	-	5	3	-	-
Cactaceae	3	3	3	3	-	-
Moraceae	3	3	-	-	-	-
Sapindaceae	3	3	4	3	3	3
Flacourtiaceae	-	-	3	2	-	-
Rhamnaceae	-	-	3	2	-	-
Rubiaceae	-	-	-	-	2	2
Euphorbiaceae	2	2	4	4	3	3
Phytolaccaceae	2	2	-	-	2	2
Ulmaceae	2	2	3	2	2	2
Apocynaceae	2	1	-	-	2	1
Bombacaceae	-	-	-	-	2	1

6.2.1. Familias y especies con mayor importancia ecológica

Las familias de mayor importancia ecológica, es decir las mejor adaptadas a las condiciones de borde e interior, en las cortinas rompe-vientos son Fabaceae y Capparaceae, sin embargo en el bosque testigo la familia Nyctaginaceae es la mejor adaptada a las condiciones de borde y Ulmaceae en el interior. Los valores del índice de valor de importancia expresados sobre el 100% de las especies y familias están presentes en el Anexo 11 y 12.

6.2.1.1. Composición florística en las cortinas rompe-vientos de 30 a 49.9 m

La familia más importantes según el índice de valor de importancia por familia en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m es Fabaceae en los bordes (norte y sur), con el mayor peso ecológico siendo la más abundante, frecuente y dominante. Ocupando el segundo lugar de importancia la familia Nyctaginaceae por sus valores en abundancia y dominancia (Tabla 7).

En el interior, sin embargo Fabaceae ocupa el segundo lugar por sus valores bajos en

abundancia relativa y la familia Capparaceae se encuentra ocupando el primer lugar por su alta abundancia de especies.

Tabla 7. Lista de las 10 familias con mayor IVIF en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m en las tres posiciones; en la Propiedad Agrícola San Rafael.

Borde norte		Interior		Borde sur	
Familia	IVIF %	Familia	IVIF %	Familia	IVIF %
Fabaceae	30.18	Capparaceae	13.44	Fabaceae	38.43
Nyctaginaceae	21.71	Fabaceae	12.32	Nyctaginaceae	13.46
Capparaceae	17.14	Ulmaceae	10.19	Polygonaceae	11.4
Polygonaceae	5.03	Apocynaceae	9.29	Euphorbiaceae	9.87
Euphorbiaceae	3.78	Nyctaginaceae	7.17	Anacardiaceae	5.15
Rhamnaceae	3.63	Achatocarpaceae	6.04	Ulmaceae	3.68
Apocynaceae	3.6	Urticaceae	4.35	Bignoniaceae	3.05
Cactaceae	3.5	Polygonaceae	4.13	Capparaceae	2.69
Anacardiaceae	2.41	Cactaceae	3.32	Achatocarpaceae	2.38
Santalaceae	1.75	Sapindaceae	3.11	Cochlospermaceae	2.26
Otras familias	7.26	Otras familias	26.62	Otras familias	7.63
Total	100		100		100

IVIF= Índice de valor de importancia por Familia

La especie más importante (IVI) en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m en el borde norte e interior es *Capparis retusa* que ocupa el primer lugar porque sobresale por su abundancia, frecuencia y dominancia relativa. La segunda especie en importancia es *Bougainvillea modesta* ya que sobresale por ser abundante y frecuente con valores bajos en dominancia relativa. En la posición interior se tienen a especies arbóreas con el mayor peso ecológico como *Phyllostylon rhamnoides*, *Aspidosperma pyriformium* y *Piptadenia viridiflora* ya que sobresalen en sus valores de dominancia y abundancia relativa.

El incremento del borde debido al tamaño del fragmento favorece la invasión de las cortinas por especies generalistas como *Leucaena leucocephala*, la cual se ubica en el primer lugar en el borde sur con 21.88% y en tercer lugar de importancia en el borde norte por sus altos valores en sus parámetros individuales de abundancia y dominancia relativa (Tabla 8).

Tabla 8. Lista de las 10 especies con mayor IVI en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m en las tres posiciones; en la Propiedad Agrícola San Rafael.

Borde norte		Interior		Borde sur	
Nombre Científico	IVI %	Nombre Científico	IVI %	Nombre Científico	IVI %
<i>Capparis retusa</i>	12.35	<i>Capparis retusa</i>	9.83	<i>Leucaena leucocephala</i>	21.88
<i>Bougainvillea modesta</i>	11.94	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	9.18	<i>Bougainvillea modesta</i>	10.85
<i>Leucaena leucocephala</i>	10.81	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	6.39	<i>Ruprechtia triflora</i>	10.13
<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	8.68	<i>Piptadenia viridiflora</i>	5.85	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	9.76
<i>Bougainvillea cf. praecox</i>	7.88	<i>Achatocarpus praecox</i>	5.37	<i>Manihot guaranitica</i>	7.46
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	4.12	<i>Urera baccifera</i>	3.68	<i>Piptadenia viridiflora</i>	7.43
<i>Ruprechtia triflora</i>	3.96	<i>Ruprechtia triflora</i>	3.59	<i>Astronium urundeuva</i>	4.6
<i>Piptadenia viridiflora</i>	3.74	<i>Capparis salicifolia</i>	3.26	<i>Celtis brasiliensis</i>	3.13
<i>Acosmium cardenasii</i>	3.15	<i>Bougainvillea modesta</i>	3.2	<i>Pterogyne nitens</i>	2.95
<i>Ziziphus mistol</i>	2.98	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	3.11	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	2.69
Otras especies	30.39	Otras especies	46.54	Otras especies	19.13
Total	100		100		100

IVI= Índice de valor de Importancia por especie

6.2.1.2. Composición florística en las cortinas rompe-vientos de 50 a 69.9 m

La familia con mayor peso ecológico (Tabla 9) en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m en los transectos de borde norte es Capparaceae que ocupa el primer lugar representada por cinco especies, su alto IVIF se debe principalmente al gran número de individuos, frecuencia y dominancia alta, teniendo en segundo lugar de importancia a Fabaceae por sus valores en sus parámetros individuales.

Sin embargo en la posición interior y borde sur, Fabaceae con seis de sus especies ocupa el primer lugar en importancia por sus valores elevados en abundancia, frecuencia y dominancia relativa. La familia Euphorbiaceae adquiere importancia en el borde sur, con una de sus especies ocupando el segundo lugar de importancia, por sus valores en abundancia y dominancia, pero también comparte el segundo lugar en frecuencia relativa con Capparaceae que ocupa el tercer lugar de importancia. Estas primeras 10 familias acumulan el 64.54% del IVIF en el borde sur.

Tabla 9. Lista de las 10 familias con mayor IVIF en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m en las tres posiciones; en la Propiedad Agrícola San Rafael.

Borde norte		Interior		Borde sur	
Familia	IVIF %	Familia	IVIF %	Familia	IVIF %
Capparaceae	25.59	Fabaceae	16.7	Fabaceae	43.92
Fabaceae	19.71	Capparaceae	13.7	Euphorbiaceae	12.04
Nyctaginaceae	14.53	Ulmaceae	11.7	Capparaceae	8.58
Euphorbiaceae	6.89	Achatocarpaceae	9.2	Nyctaginaceae	6.16
Apocynaceae	6.35	Apocynaceae	8.5	Ulmaceae	5.51
Ulmaceae	6.34	Nyctaginaceae	7.6	Sapindaceae	5
Polygonaceae	5.48	Sapindaceae	4.9	Apocynaceae	4.95
Achatocarpaceae	3.42	Polygonaceae	4.4	Polygonaceae	4.17
Cactaceae	2.41	Cactaceae	4.3	Boraginaceae	3.3
Malpighiaceae	2.17	Euphorbiaceae	3	Anacardiaceae	1.12
Otras familias	7.11	Otras familias	16	Otras especies	5.26
Total	100		100		100

IVIF= Índice de valor de importancia por Familia

A nivel de especies de mayor importancia ecológica (IVI), *Capparis retusa* ocupa el primer lugar de importancia en abundancia, frecuencia y dominancia relativa en el borde norte e interior; compartiendo valores similares pero diferentes en sus parámetros individuales con *Phyllostylon rhamnoides* que ocupa el segundo lugar de importancia con sus bajos valores en abundancia, pero el primer lugar en dominancia relativa por sus diámetros mayores en el interior de las cortinas (Tabla 10).

Analizando el IVI en el borde sur, *Leucaena leucocephala* es la especie más importante ya que sobresale por sus valores de abundancia y dominancia mostrándose como la especie más predominante, *Anadenanthera macrocarpa* es la segunda especie más importante por sus valores en frecuencia y en tercer lugar de importancia esta *Adelia spinosa* por ser abundante, pero con valores bajos en frecuencia y dominancia (Tabla 10). Las primeras 10 familias conforman el 53.35% del IVI total.

Tabla 10. Lista de las 10 especies con mayor IVI en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m en las tres posiciones; en la Propiedad Agrícola San Rafael.

Borde norte		Interior		Borde sur	
Nombre Científico	IVI %	Nombre Científico	IVI %	Nombre Científico	IVI %
<i>Capparis retusa</i>	19.69	<i>Capparis retusa</i>	11.31	<i>Leucaena leucocephala</i>	29.02
<i>Bougainvillea modesta</i>	11.86	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	10.5	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	13.28
<i>Piptadenia viridiflora</i>	7.25	<i>Achatocarpus praecox</i>	8.31	<i>Adelia spinosa</i>	11.05
<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	7.15	<i>Aspidosperma pyriformium</i>	6.19	<i>Capparis retusa</i>	5.72
<i>Adelia spinosa</i>	5.39	<i>Piptadenia viridiflora</i>	5.83	<i>Bougainvillea modesta</i>	4.71
<i>Celtis brasiliensis</i>	4.94	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	5.2	<i>Celtis brasiliensis</i>	4.64
<i>Acosmium cardenasii</i>	4.52	<i>Acosmium cardenasii</i>	4.99	<i>Piptadenia viridiflora</i>	3.92
<i>Ruprechtia triflora</i>	4.46	<i>Bougainvillea modesta</i>	4.02	<i>Ruprechtia triflora</i>	3.56
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	3.48	<i>Neea</i> sp.	3.72	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	3.32
<i>Capparis salicifolia</i>	3.43	<i>Ruprechtia triflora</i>	3.61	<i>Cordia alliodora</i>	2.8
Otras especies	27.83	Otras especies	36.32	Otras especies	17.98
Total	100		100		100

IVI= Índice de valor de Importancia por especie

6.2.1.3. Composición florística en las cortinas rompe-vientos de 70 a 150 m

Entre las primeras 10 familias con mayor importancia ecológica en las cortinas rompe-vientos de 70-150 m (Tabla 11) tenemos a dos familias predominantes, la familia Capparaceae en el borde norte y Fabaceae en el interior y borde sur. La familia Capparaceae esta representada por cinco especies, y su alto valor se debe a la frecuencia relativa que también comparte el valor con Fabaceae y Polygonaceae por la distribución de sus individuos. Nyctaginaceae ocupa el segundo lugar con un alto número de individuos.

Fabaceae con cinco de sus especies, sobresale gracias a sus altos valores de abundancia, frecuencia y dominancia relativa; la familia Ulmaceae con solo una especie esta en el segundo lugar de importancia pero en dominancia relativa esta en el primer lugar por el fuste grueso de sus árboles en el interior de las cortinas.

En el borde sur, Fabaceae se encuentra con seis de sus especies y un alto valor por su gran abundancia, frecuencia y dominancia ya que son especies predominantes en este tipo de vegetación, la familia Nyctaginaceae con solo una especie (*Bougainvillea modesta*) ocupa el segundo lugar de importancia gracias a que generalmente se establecen en los bordes.

Tabla 11. Lista de las 10 familias con mayor IVIF en las cortinas rompe-vientos de 70-150 m en las tres posiciones; en la Propiedad Agrícola San Rafael.

Borde norte		Interior		Borde sur	
Familia	IVIF %	Familia	IVIF %	Familia	IVIF %
Capparaceae	18.23	Fabaceae	15.31	Fabaceae	21.16
Nyctaginaceae	17.76	Ulmaceae	13.46	Nyctaginaceae	14.29
Fabaceae	17.35	Capparaceae	10.25	Capparaceae	13.97
Polygonaceae	15.91	Apocynaceae	9.32	Polygonaceae	9.15
Apocynaceae	4.83	Achatocarpaceae	8.49	Anacardiaceae	8.53
Sterculiaceae	3.03	Nyctaginaceae	7.37	Euphorbiaceae	7.67
Boraginaceae	2.79	Polygonaceae	5.37	Ulmaceae	4.28
Achatocarpaceae	2.44	Sapindaceae	3.88	Sterculiaceae	3.57
Santalaceae	2.37	Sapotaceae	3.53	Sapindaceae	3.04
Cochlospermaceae	2.09	Urticaceae	3.35	Apocynaceae	2.36
Otras familias	13.18	Otras familias	19.68	Otras familias	11.99
Total	100		100		100

IVIF= Índice de valor de importancia por Familia

Entre las especies con mayor peso ecológico se encuentra *Bougainvillea modesta* que se muestra predominante con un gran número de individuos en los bordes (norte y sur) con tallos múltiples (Tabla 12). Y en la posición interior la especie con mayor peso ecológico es *Phyllostylon rhamnoides* que sobresale por su alto valor en dominancia y *Achatocarpus praecox* se encuentra en segundo lugar de importancia por sus valores en abundancia. Estas dos especies representan el 20.49% del IVI.

Tabla 12. Lista de las 10 especies con mayor IVI en las cortinas rompe-vientos de 70-150 m en las tres posiciones; en la Propiedad Agrícola San Rafael.

Borde norte		Interior		Borde sur	
Nombre Científico	IVI %	Nombre Científico	IVI %	Nombre Científico	IVI %
<i>Bougainvillea modesta</i>	16.05	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	12.73	<i>Bougainvillea modesta</i>	13
<i>Ruprechtia triflora</i>	14.87	<i>Achatocarpus praecox</i>	7.76	<i>Piptadenia viridiflora</i>	11.33
<i>Capparis retusa</i>	13.48	<i>Capparis retusa</i>	6.92	<i>Capparis retusa</i>	10.2
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	12.3	<i>Piptadenia viridiflora</i>	6.49	<i>Ruprechtia triflora</i>	8.29
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	3.25	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	6.13	<i>Astronium urundeuva</i>	7.95
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2.72	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	5.93	<i>Manihot guaranitica</i>	6.44
<i>Acosmium cardenasii</i>	2.58	<i>Ruprechtia triflora</i>	4.79	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	5.74
<i>Cordia alliodora</i>	2.47	<i>Bougainvillea modesta</i>	4.7	<i>Guazuma ulmifolia</i>	3.29
<i>Capparis salicifolia</i>	2.34	<i>Acosmium cardenasii</i>	4.69	<i>Acosmium cardenasii</i>	3.1
<i>Piptadenia viridiflora</i>	2.33	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	3.49	<i>Celtis brasiliensis</i>	3.02
Otras especies	27.61	Otras especies	36.37	Otras especies	27.63
Total	100		100		100

IVI= Índice de valor de Importancia por especie

6.2.1.4. Composición florística del bosque testigo

En el borde norte del bosque testigo se observa el mayor peso ecológico en la familia Nyctaginaceae con dos de sus especies, ya que tiene un alto número de individuos jóvenes, buena distribución y fustes ramificados. La familia Capparaceae, con cuatro de sus especies, se encuentra en segundo lugar de importancia aunque comparte el mismo valor en frecuencia con Fabaceae, esta familia se encuentra en el tercer lugar con tres de sus especies pero con valores realmente bajos. Las primeras 10 familias representan el 90.83% del IVIF del bosque (Tabla 13). En el borde sur también se encuentra la familia Nyctaginaceae con el mayor peso ecológico; con solo una especie representa el 42.07% del IVIF total, esto debido a sus altos valores de abundancia, frecuencia y dominancia.

Analizando el interior del bosque testigo se observa el mayor peso ecológico en la familia Ulmaceae, con una sola especie gracias a su alto valor de dominancia por sus diámetros mayores ya que en el interior hay árboles grandes pero con pocos individuos. Achatocarpaceae, con una sola especie, esta en segundo lugar gracias a su gran número de individuos y frecuencia. En el tercer lugar de importancia se encuentra Fabaceae, aunque esta en segundo lugar en dominancia relativa. Estas tres familias representan el 40.38% del IVIF (Tabla 13).

Tabla 13. Lista de las 10 familias con mayor IVIF en el bosque testigo en las tres posiciones; en la Propiedad Agrícola San Rafael.

Borde norte		Interior		Borde sur	
Familia	IVIF %	Familia	IVIF %	Familia	IVIF %
Nyctaginaceae	35.33	Ulmaceae	14.67	Nyctaginaceae	42.07
Capparaceae	13.42	Achatocarpaceae	14.23	Capparaceae	14.39
Fabaceae	9.77	Fabaceae	11.48	Polygonaceae	11.8
Cactaceae	8.35	Nyctaginaceae	10.7	Fabaceae	10.93
Achatocarpaceae	7.68	Apocynaceae	10.11	Apocynaceae	4.8
Ulmaceae	5.52	Polygonaceae	7.19	Santalaceae	4.75
Polygonaceae	3.9	Capparaceae	6.95	Sapindaceae	4.63
Phytolaccaceae	2.86	Cactaceae	4.81	Rhamnaceae	2.11
Apocynaceae	2.62	Urticaceae	2.86	Bombacaceae	1.58
Urticaceae	1.39	Rutaceae	2.74	Opiliaceae	0.74
Otras familias	9.17	Otras familias	14.27	Otras familias	2.2
Total	100		100		100

IVIF= Índice de valor de importancia por Familia

A nivel de especies también predomina la familia Nyctaginaceae con *Bougainvillea modesta* en primer lugar de importancia con un alto valor por sobre las demás especies, en todos sus parámetros cuantitativos en los bordes (norte y sur). Sin embargo en el borde sur *Bougainvillea modesta* alcanza el valor más elevado de importancia con 41.19% (Tabla 14).

En la posición interior la especie *Phyllostylon rhamnoides* ocupa el primer lugar de importancia por su fuste grueso, pero con valores bajos en abundancia y frecuencia. *Achatocarpus praecox* sobresale en segundo lugar, por su alta abundancia y primer lugar en frecuencia al igual que *Aspidosperma pyriformium* (Tabla 14). Representan el 36.83 % del IVI.

Tabla 14. Lista de las 10 especies con mayor IVI en el bosque testigo en las tres posiciones; en la Propiedad Agrícola San Rafael.

Borde norte		Interior		Borde sur	
Nombre Científico	IVI %	Nombre Científico	IVI %	Nombre Científico	IVI %
<i>Bougainvillea modesta</i>	25.66	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	14.19	<i>Bougainvillea modesta</i>	41.19
<i>Reichenbachia hirsuta</i>	11.97	<i>Achatocarpus praecox</i>	13.69	<i>Capparis retusa</i>	11.14
<i>Capparis retusa</i>	9.41	<i>Aspidosperma pyriformium</i>	8.95	<i>Ruprechtia triflora</i>	11.1
<i>Achatocarpus praecox</i>	6.88	<i>Bougainvillea modesta</i>	7.33	<i>Piptadenia viridiflora</i>	5.81
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	6.72	<i>Ruprechtia triflora</i>	6.81	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	4.39
<i>Opuntia brasiliensis</i>	4.75	<i>Capparis retusa</i>	4.41	<i>Acanthosyris falcata</i>	4.23
<i>Capparis salicifolia</i>	4.08	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	4.24	<i>Capparis speciosa</i>	3.37
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	3.92	<i>Piptadenia viridiflora</i>	3.47	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	3.26
<i>Ruprechtia triflora</i>	3.67	<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	3.4	<i>Diplokeleba floribunda</i>	2.52
<i>Aspidosperma pyriformium</i>	2.27	<i>Opuntia brasiliensis</i>	3.3	<i>Ziziphus mistol</i>	1.94
Otras especies	20.67	Otras especies	30.21	Otras especies	11.05
Total	100		100		100

IVI= Índice de valor de Importancia por especie

De las familias analizadas, Fabaceae, Capparaceae y Nyctaginaceae, presentaron un patrón de distribución con respecto a la posición; la familia Fabaceae en las cortinas rompe-vientos fue la más abundante en los transectos de borde (norte y sur), al igual que la familia Capparaceae; en cambio la familia Nyctaginaceae se presenta como dominante en los transectos de borde del bosque testigo, siendo las familias mejor adaptadas a las condiciones de borde.

Especies arbóreas como *Capparis retusa*, *Leucaena leucocephala*, *Bougainvillea modesta* y *Phyllostylon rhamnoides* también mostraron un patrón de distribución en relación a la posición. *Capparis retusa* presentó un IVI alto en los transectos de borde norte y menor en los transectos de interior en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m y 50-69.9 m. En cambio

Leucaena leucocephala fue reportada en los cortinas de menor tamaño (30-49.9 m y 50-69.9 m) en los transectos de borde, mostrándose como predominante en el borde sur en relación a las especies nativas, con IVI alto.

La especie *Bougainvillea modesta* se registra con el mayor IVI en los transectos de borde (norte y sur) y *Phyllostylon rhamnoides* con el mayor IVI en los transectos de interior de las cortinas rompe-vientos de 70-150 m y del bosque testigo. Los valores mayores se debieron a una mayor abundancia de árboles relativamente pequeños en los bordes y a pocos árboles grandes en los transectos de interior.

6.3. Estructura de las cortinas rompe-vientos y bosque testigo

6.3.1. Estructuras horizontales

La distribución de individuos por clases diamétricas, presenta una curva en forma de “J” invertida, donde el mayor número de individuos se presentan en las clases menores y pocos individuos en las clases diamétricas mayores, es la tendencia que presentan las cortinas rompe-vientos y el bosque testigo (Figura 17).

Las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m (Figura 17A) en los transectos de interior registra la mayor cantidad de individuos en las clases diamétricas de 0-10 cm con 567 individuos esto es más de lo registrado en las demás cortinas. Esto se debe principalmente a la abundancia de *Capparis retusa* que son arbolitos, los cuales generalmente no sobrepasan los 10 cm de DAP y se desarrollan bien en monte ralo y claros de bosque. En la categoría de 10-20 cm en el interior se encuentra *Phyllostylon rhamnoides* con sus diámetros grandes.

En cambio en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m (Figura 17B) en las clases diamétricas de 0-10 cm se observa una mayor cantidad de individuos en los transectos de borde sur e interior. En el borde sur esta *Leucaena leucocephala* con la mayor abundancia, debido a su fácil dispersión. En la categoría de 10-20 cm *Piptadenia viridiflora*, en los transectos de interior tiene mayor número de individuos.

Las cortinas rompe-vientos de 70-150 m (Figura 17C) en las clases diamétricas de 0-10 cm muestra valores similares en los transectos de borde (norte y sur) e interior. En los transectos de borde se encuentra *Bougainvillea modesta* con el mayor número de individuos con clases

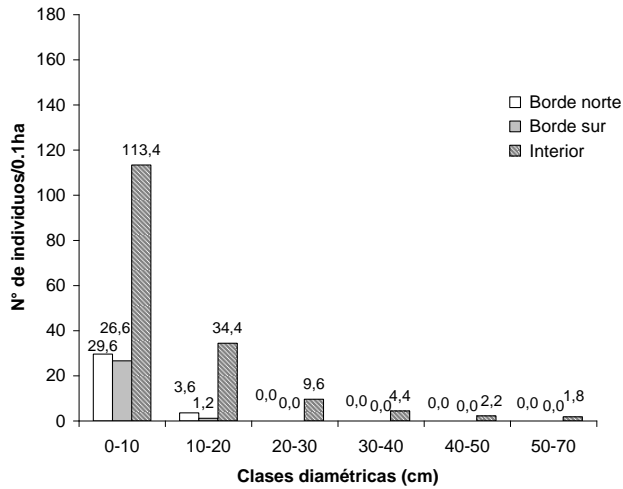
diamétricas menores a 10 cm de DAP, en los transectos de interior esta *Capparis retusa*. En la clase diamétrica de 10-20 cm de DAP en los transectos de interior esta *Phyllostylon rhamnoides*.

El bosque testigo (Figura 17D) en la clase diamétrica de 0-10 cm en los transectos de borde sur muestra una alta abundancia en relación con las otras posiciones, esto se debe especialmente a la presencia de *Bougainvillea modesta*. *Achatocarpus praecox* se muestra como la más abundante en los transectos de interior en la clase diamétrica de 10-20 cm.

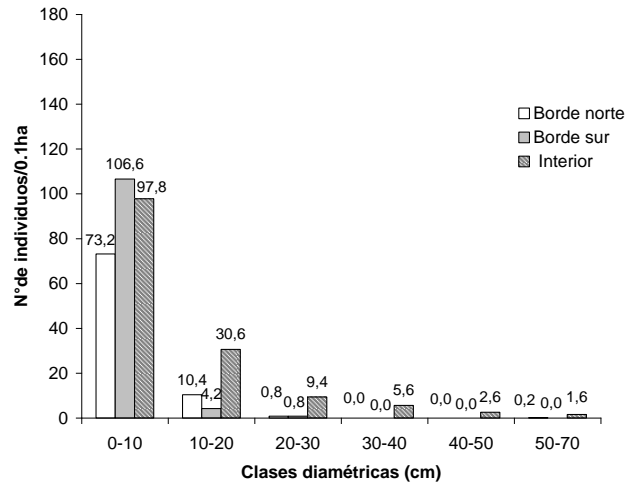
De los tres grupos de ancho, las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m en los transectos de interior son las que presentan un mayor porcentaje de individuos con diámetros pequeños 0-10 cm, a diferencia del bosque testigo que en los transectos de borde sur presenta un porcentaje alto de individuos; siendo las cortinas rompe-vientos de 70-150 m, en los transectos de interior el que posee mayor porcentaje de individuos con diámetros entre 50-70 cm de DAP y el bosque testigo es el que presenta los porcentajes más bajos en esta clase.

A nivel de estructura horizontal por categoría diamétrica la abundancia para la clase 0-10 cm DAP fue mayor en las transectos de borde, y menor en los transectos de interior; pero en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m ocurre lo contrario.

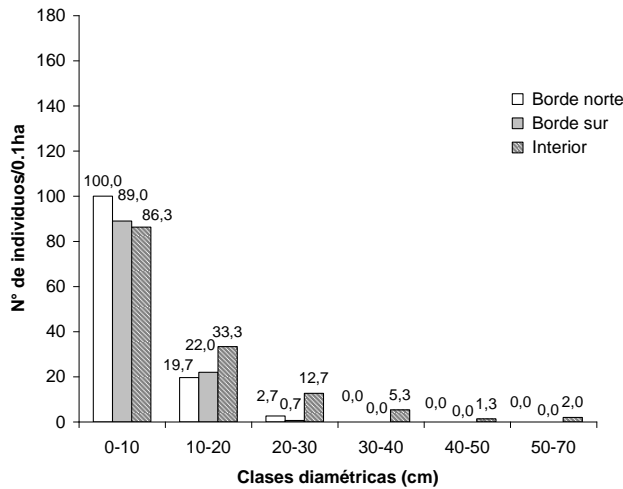
A Cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m



B Cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m



C Cortinas rompe-vientos de 70-150 m



D Bosque testigo

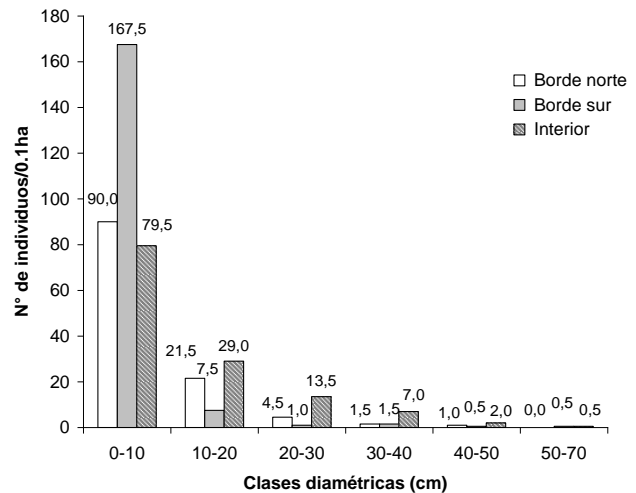


Figura 17. Estructura horizontal de las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en las tres diferentes posiciones en la Propiedad Agrícola San Rafael.

El análisis de varianza de las muestras estudiadas, en relación al DAP promedio ($F= 82.518$, $P= 2.8262E-15$), confirma estadísticamente que hay diferencias significativas entre las diferentes posiciones de los transectos en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo (Figura 18). La posición interior presenta un valor alto de DAP promedio y el borde sur

presenta valor bajo, sin embargo la comparación de las muestras tomando en cuenta el tamaño (ancho) no presentan diferencias significativas ($F= 0.817$, $P=0.4917$), mostrando a todas como similares (Anexo 13).

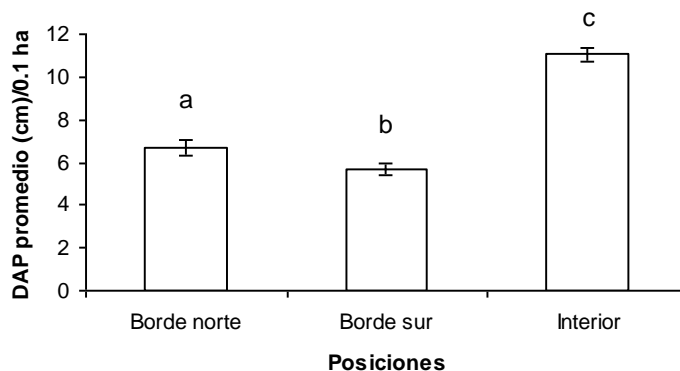


Figura 18. Comparación del DAP promedio en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en diferentes posiciones en la Propiedad Agrícola San Rafael. Letras distintas significan diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de posición. Líneas verticales significan: error estándar.

En cuanto al DAP máximo en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo (Figura 19) en relación a la posición de los transectos, se ha determinado que existe diferencia significativa en las muestras estudiadas ($F= 52.199$, $P= 4.092E-12$), teniendo a los transectos de interior con los valores altos y en los transectos de borde se presentan valores bajos y similares. En relación al tamaño (ancho) de las muestras no existen diferencias significativas ($F= 0.706$, $P=0.553$), siendo todas similares (Anexo 13).

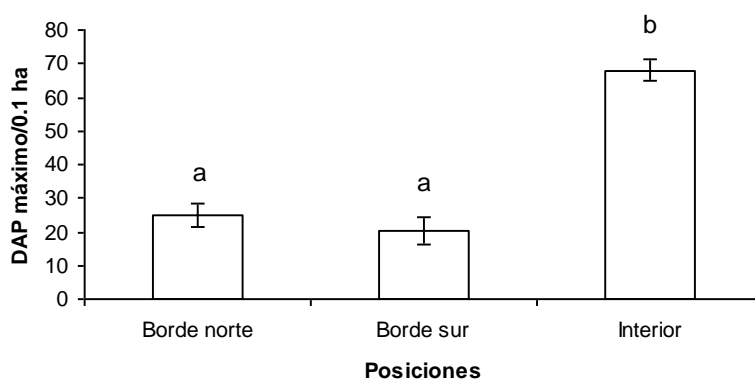


Figura 19. Comparación del DAP máximo en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en diferentes posiciones en la Propiedad Agrícola San Rafael. Letras distintas significan diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de posición. Líneas verticales significan: error estándar.

El análisis de varianza de las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en las diferentes posiciones de los transectos (Figura 20), teniendo en cuenta el Área basal ($F= 109.14$, $P= 2,3118E-17$), ha determinado que existe diferencia significativa en las muestras. Sin embargo, en relación al tamaño (ancho) de las muestras no existen diferencias significativas ($F= 0.357$, $P=0.783$). Los valores mayores se registran en el interior y valores menores similares en los de borde (Anexo 14).

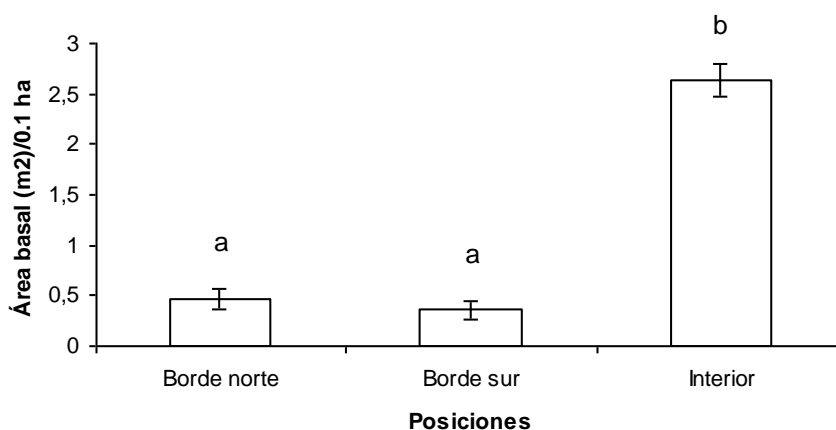


Figura 20. Comparación del Área basal en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en diferentes posiciones en la Propiedad Agrícola San Rafael. Letras distintas significan diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de posición. Líneas verticales significan: error estándar.

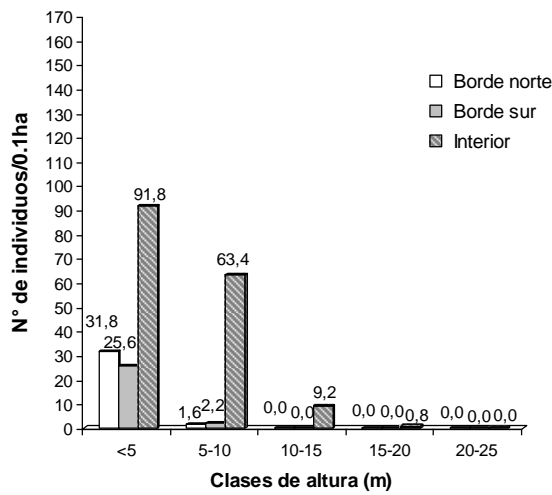
6.3.2. Estructuras verticales

La relación de la distribución de alturas con el número de individuos para las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en las tres diferentes posiciones de los transectos se presentan en la Figura 21. En las cortinas rompe-vientos y bosque testigo se observa una mayor acumulación de individuos en las clases menores que luego disminuyen según incrementan los rangos. Las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m en los transectos de interior (Figura 21A) presenta el mayor porcentaje en la clase <5 m debido a que ha sufrido una invasión de especies pioneras, en cambio las cortinas rompe-vientos de 70-150 m (Figura 21C) presenta la mayor acumulación en las clases mayores (aunque los valores son relativamente bajos en todos). En los transectos de borde sur, las cortinas de 50-69.9 m y el bosque testigo presentan un alto porcentaje en las clases menores (Figura 21B y 21D).

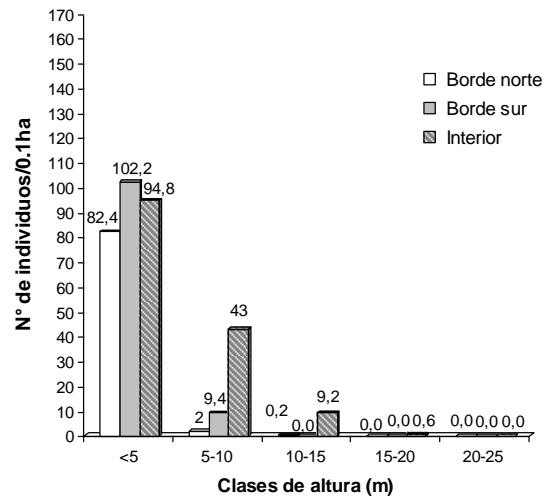
En las cortinas de 30-49.9 m (Figura 22), los árboles que sobresalen del dosel son *Aspidosperma quebracho-blanco* con 17 m, en las cortinas de 50-69.9 m (Figura 23) el árbol emergente es *Anadenanthera macrocarpa* con 20 m, al igual que en las cortinas de 70-150 m (Figura 24) pero con 25 m de altura; en el bosque testigo (Figura 25), los árboles emergentes crecen hasta 22 m ó más y son las mismas que alcanzan diámetros mayores como *Phyllostylon rhamnoides*.

A nivel de estructura vertical y por categoría de altura la abundancia de individuos para la clase <5 m fue mayor en las transectos de borde, y menor en los transectos de interior; pero en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m ocurre lo contrario.

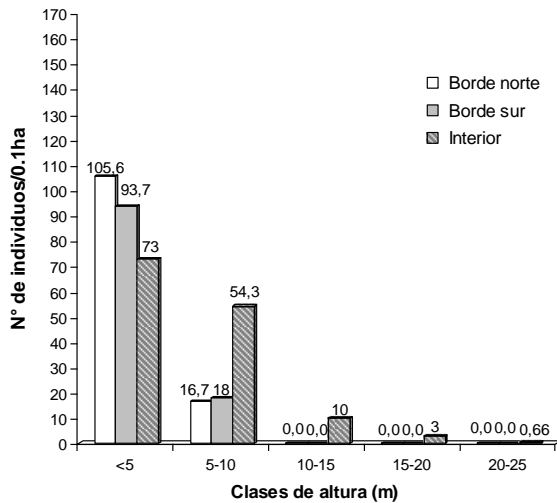
A Cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m



B Cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m



C Cortinas rompe-vientos de 70-150 m



D Bosque testigo

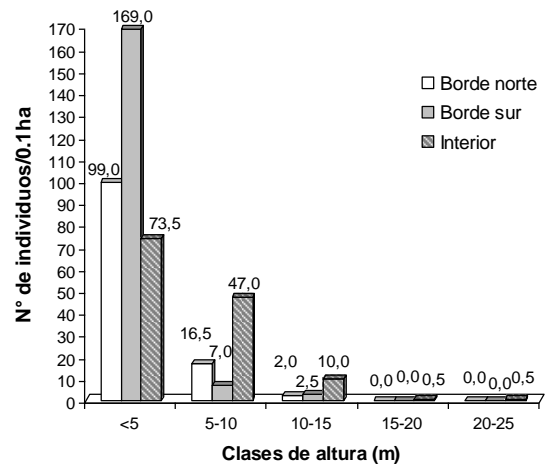


Figura 21. Estructura vertical de las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en las tres diferentes posiciones en la Propiedad Agrícola San Rafael.

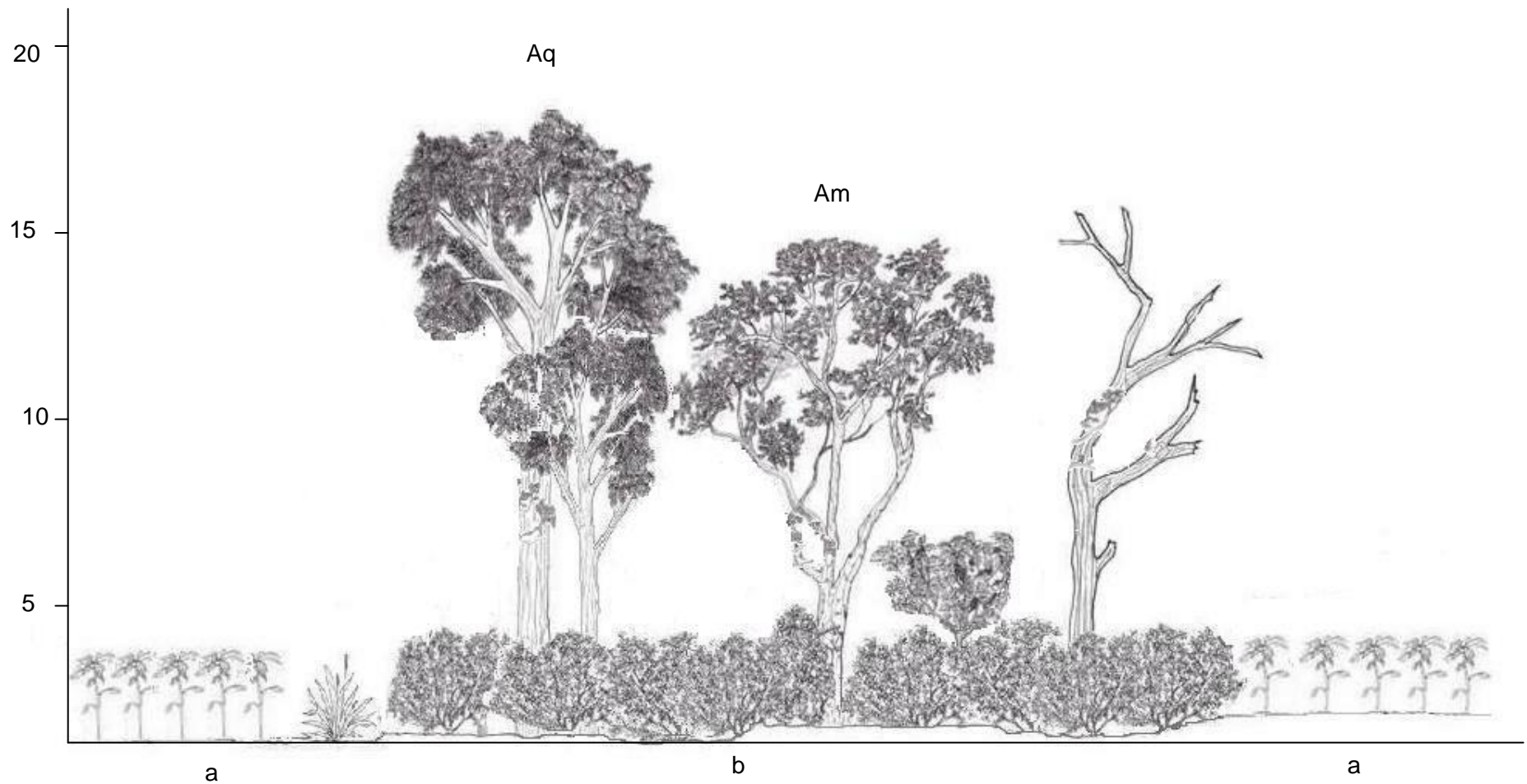


Figura 22. Perfil de vegetación de las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m, mostrando la estructura vertical.

Donde:
 Aq= *Aspidosperma quebracho-blanco*
 Am= *Anadenanthera macrocarpa*
 a= Cultivo de soya
 b= Cortina rompe-viento

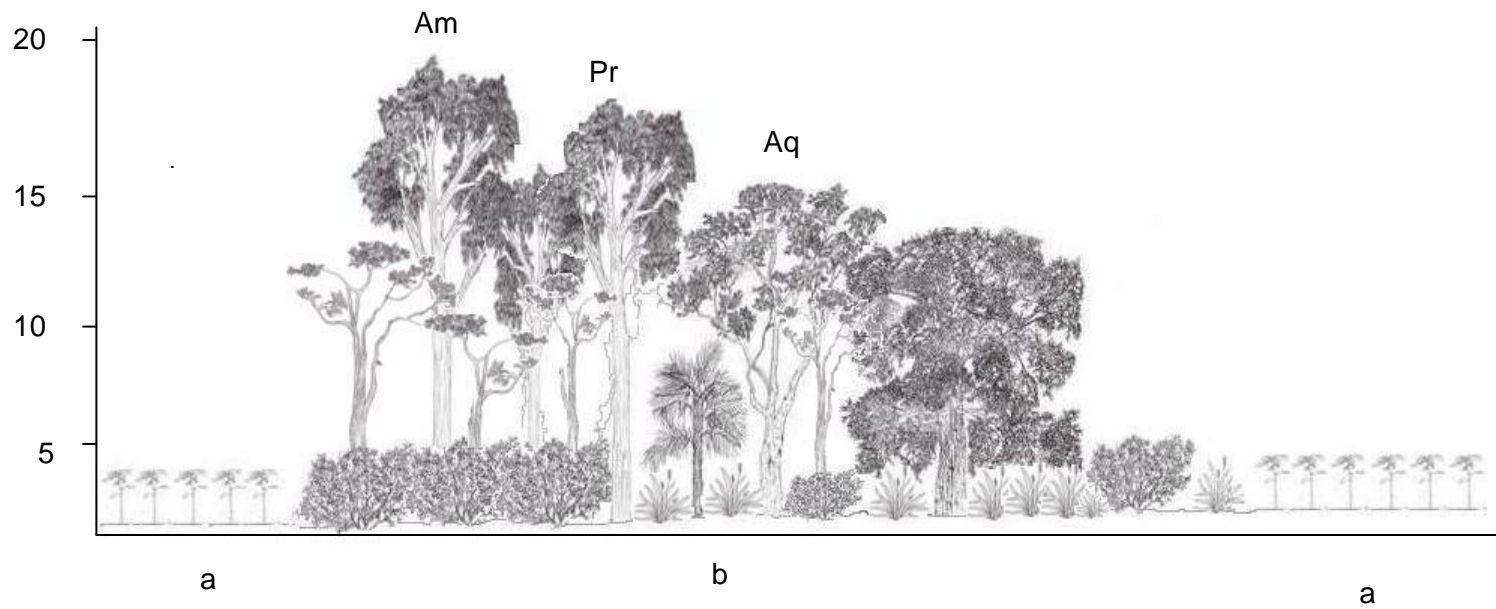


Figura 23. Perfil de vegetación de las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m, mostrando la estructura vertical.

Donde :

Am= Anadenanthera macrocarpa

Pr= Phyllostylon rhamnoides

Aq= Aspidosperma quebracho-blanco

a= Cultivo de soya

b= Cortina rompe-viento

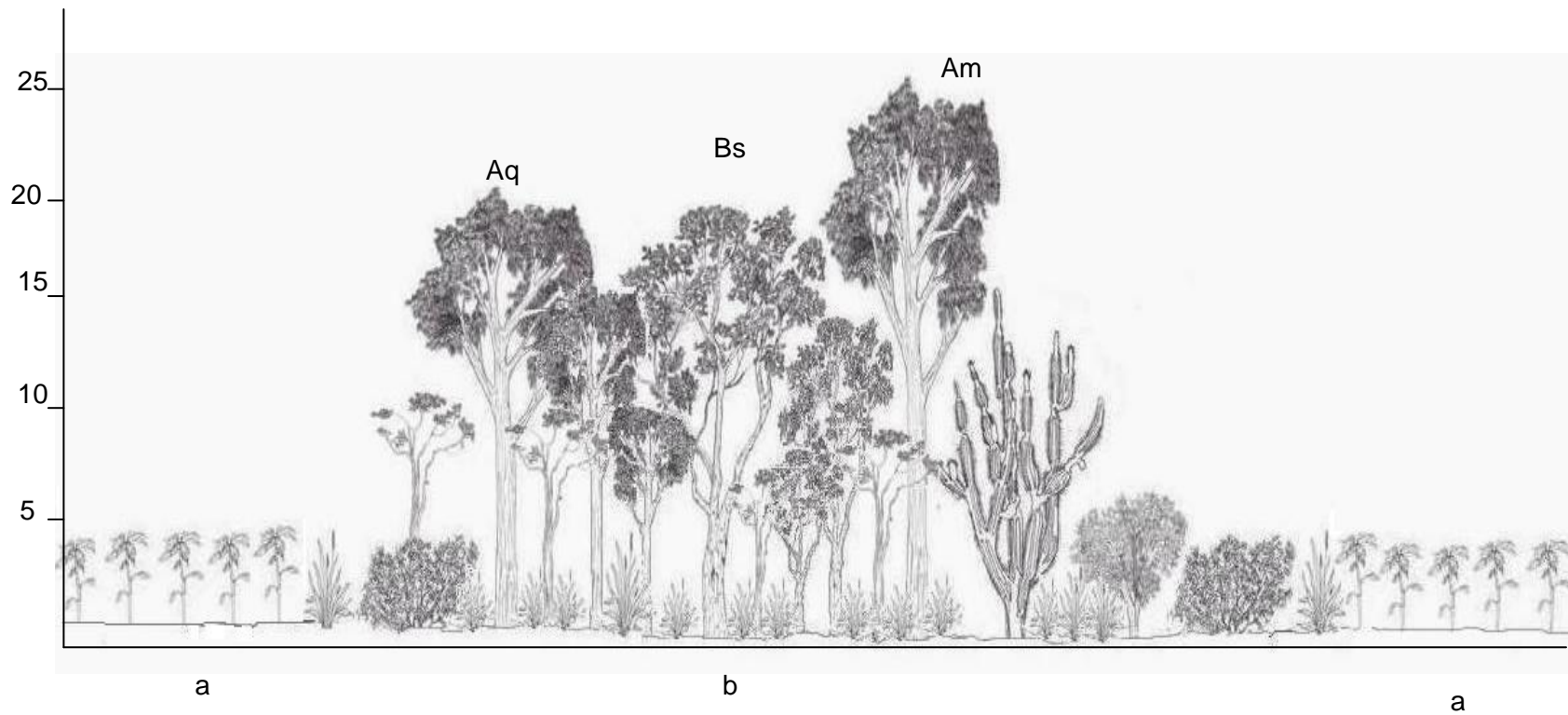


Figura 24. Perfil de vegetación de las cortinas rompe-vientos de 70-150 m, mostrando la estructura

Donde:

Am= *Anadenanthera macrocarpa*

Bs= *Bulnesia sarmientoi*

Aq= *Aspidosperma quebracho-blanco*

a= Cultivo de soya

b= Cortina rompe-viento

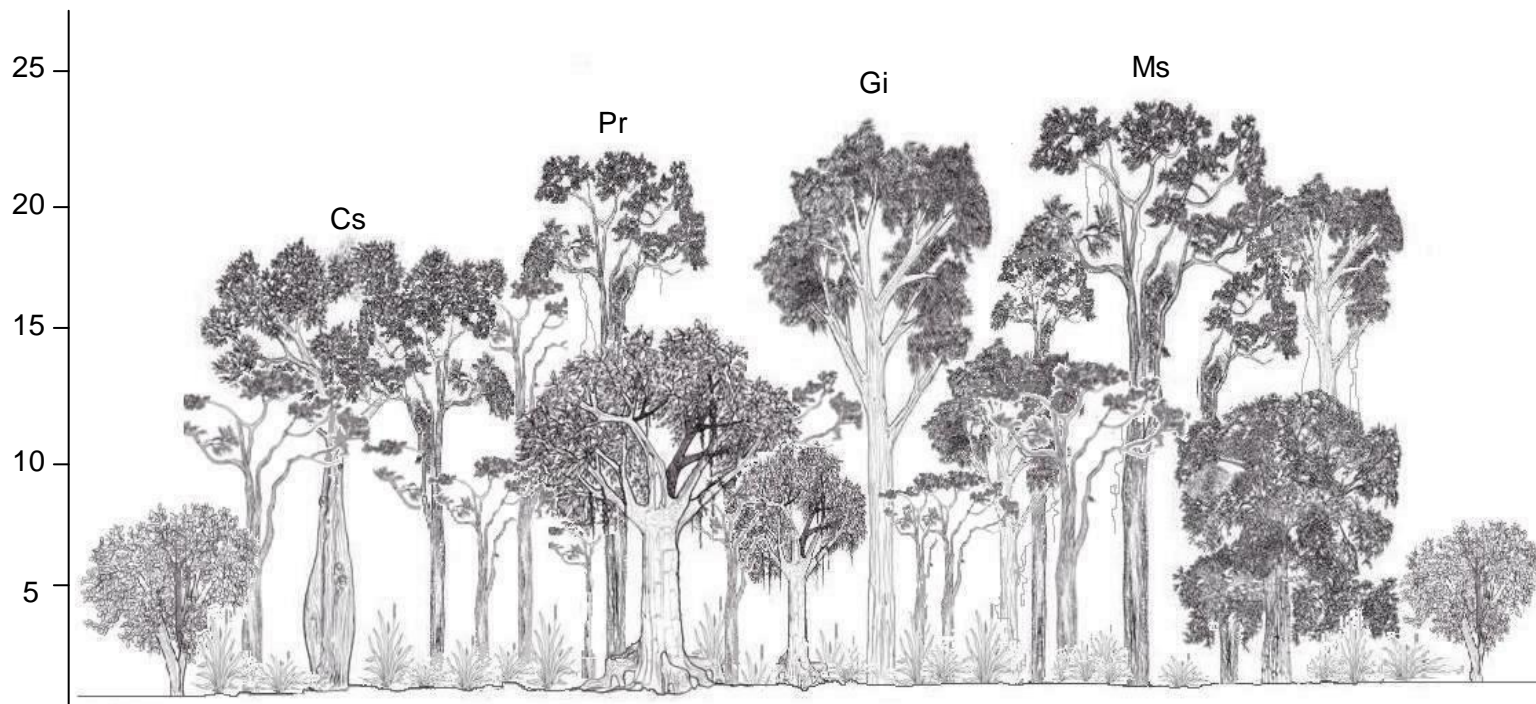


Figura 25. Perfil de vegetación del bosque testigo, mostrando la estructura vertical.

Donde:

Pr= *Phyllostylon rhamnoides*

Gi= *Galesia integrifolia*

Ms= *Machaerium scleroxylon*

Cs= *Ceiba speciosa*

La mayoría de los árboles (78.3%) registrados en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo están libres de lianas. El 5.3% de los individuos estuvieron infestados en el fuste de los árboles teniendo a los transectos de interior de las cortinas y bosque testigo los que presentan los valores más altos, mientras que en los transectos de borde sur los valores son más bajos. El 16.2% tienen presencia leve de lianas en fuste y copa, presentando el mayor valor los transectos de borde norte en las cortinas y bosque testigo. Solamente el 0.23% de los individuos tenían presencia completa de lianas en el fuste y copa, teniendo a los transectos de borde norte en el bosque testigo como los más infestados. Esto muestra que la infestación de lianas no presenta patrones de distribución con respecto al borde (Tabla 15).

Tabla 15. Porcentaje de individuos en cada categoría de infestación de lianas: 1) libre de lianas, 2) presencia en el fuste, 3) presencia leve en fuste y copa 4) presencia completa en fuste y copa, en cortinas rompe-vientos y bosque testigo en la Propiedad Agrícola San Rafael.

Posición y ancho	Porcentaje de individuos			
	1	2	3	4
Borde norte 30-49.9 m	75.4	6.0	18.6	0.0
Borde norte 50-69.9 m	69.5	1.7	28.8	0.0
Borde norte 70-150 m	68.1	7.4	24.5	0.0
Borde norte Bosque testigo	53.6	3.8	40.1	2.5
Borde sur 30-49.9 m	70.5	3.6	25.9	0.0
Borde sur 50-69.9 m	93.0	3.2	3.8	0.0
Borde sur 70-150 m	82.7	3.3	14.0	0.0
Borde sur Bosque testigo	88.5	1.4	9.8	0.3
Interior 30-49.9 m	72.4	5.7	21.8	0.1
Interior 50-69.9 m	84.4	6.2	9.2	0.1
Interior 70-150 m	83.2	9.2	7.3	0.2
Interior Bosque testigo	77.6	11.8	10.3	0.4
Total general	78.29	5.27	16.21	0.23

7. DISCUSIÓN

7.1. Diversidad

Si se compara la diversidad presente en nuestra zona de estudio (Propiedad Agrícola San Rafael), con las parcelas permanentes instaladas en los bosques del Bajo Paragúa (Cerro Pelao 2) y Lomerío en el departamento de Santa Cruz donde se midieron individuos con DAP \geq 10 cm, (Tabla 16), se nota que los valores del presente estudio se mantienen dentro del rango esperado para bosques chiquitanos (Saldías, 1991); (Camacho, 1997 y Guillén, 1997 cit. por Villarroel, 2007), pero es mayor a los resultados del Jardín Botánico (Uslar, 2003), estas diferencias se debe a las variaciones que existen dentro de la composición de especies, dada como resultados de las variaciones del clima, puesto que el bosque chiquitano es una zona de transición climática de amazonía hacia Chaco (Navarro & Maldonado, 2004).

Tabla 16. Comparación de la diversidad de las cortinas rompe-vientos y bosque testigo con otros estudios (con DAP \geq 10 cm).

Localidad	Altitud (m)	Tipo de bosque	flias.	Nº sp.	Nº ind.	Div. Mg.	Sup. evaluada	Dpto.	Fuente
Propiedad Agrícola San Rafael	258-270	BCH	32	60	1102	8.42	3.9 ha	SC	Este estudio
Jardín Botánico	420	BCH	18	28	503	4.34	1 ha	SC	Uslar et al. 2003
Jardín Botánico	375	BCH	21	34	368	5.58	1 ha	SC	Saldías, 1991
Lomerío	–	BCH	31	70	421	11.41	1 ha	SC	Camacho, 1997
Noel Kempff, Acuario 1	280	BCH	34	68	477	10.86	1 ha	SC	Guillén, 1997
Noel Kempff, Acuario 2	280	BCH	27	57	425	9.25	1 ha	SC	Guillén, 1997
Bajo Paragúa, Cerro Pelao 1	400	BCH	24	59	631	8.99	1ha	SC	*
Bajo Paragúa, Cerro Pelao 2	400	BCH	32	84	588	13.01	1 ha	SC	*

Nº flias.= Número de familias, Nº sp.= Número de especies, Nº ind.= Número de individuos, Div. Mg= Índice de diversidad de Margalef, Sup. evaluada= Superficie evaluada, BCH= Bosque Chiquitano, Dpto.= Departamento, SC= Santa Cruz, * Datos no publicados

Probablemente el problema más grande al que se enfrentan las comunidades fragmentadas es la pérdida de la diversidad. Para varios grupos de plantas se ha observado una disminución en la abundancia y la riqueza de especies (en los bordes) en los remanentes en comparación con los bosques continuos. El hábito sésil de las plantas resulta ser particularmente susceptible a la destrucción del hábitat, lo cual puede ocasionar cambios en la composición y en el tamaño de las poblaciones (Benitez-Malvido, 1998). Lo que también se puede atribuir a la expansión de la frontera agrícola, que lleva a la fragmentación del paisaje dejando solo remanentes de vegetación en una matriz antrópica, la fragmentación del bosque procede, el tamaño de los fragmentos disminuye, y el aislamiento aumenta, conformándose los llamados “hábitat-isla”. Esto facilitaría la extinción o la exterminación total

de una o más especies y la preservación diferenciada de otras, tal como lo predijo el fitogeógrafo Suizo Alphonse de Candolle en 1855 (Harris, 1984). Los efectos primarios de la fragmentación son la alteración del microclima y el aislamiento, es decir, los cambios físicos y fisiológicos tanto al interior como a los alrededores del fragmento. Los principales cambios climáticos se reflejan en el flujo de radiación, la incidencia del viento, la frecuencia de fuegos y en el ciclo hidrológico del fragmento (Saunders, Hoobs & Skole, 1991), los cuales involucran cambios en la abundancia y distribución de especies, causadas directamente por el cambio en las condiciones físicas cercanas al borde y determinado por la tolerancia fisiológica de las especies que se encuentren en dicho sector (Murcia, 1995). Las modificaciones micro-ambientales pueden tener un impacto significativo sobre el establecimiento y composición de especies de plantas afectando también las interacciones bióticas.

En las cortinas rompe-vientos (Tabla 17) se encuentra que la mayor diversidad de especies se registran en los transectos de interior y relativamente menor en los transectos de borde, esto es coincidente con lo mencionado por Harris (1984) quien postula que, el borde es el área más alterada de un fragmento porque la radiación solar y el viento golpean al fragmento en su borde provocando una alteración de tipo microclimática. Por lo tanto los efectos de borde pueden propagarse varias decenas de metros hacia el interior del fragmento y su importancia dependerá del tamaño del fragmento.

La consecuente disminución de los fragmentos causa una alteración sucesiva creando una banda perimetral de hábitat con condiciones adversas para muchas de las especies establecidas en dicho ambiente; es decir, se produce una zonificación en un hábitat de borde (de baja calidad) y un hábitat de interior (de alta calidad). La pérdida de calidad se debe al cambio de los factores físicos y bióticos que proceden de la matriz de hábitat (Janzen, 1983 y 1986; Murcia, 1995) por lo que las matrices agrícolas alteran drásticamente las condiciones micro-ambientales de los fragmentos de bosque que las rodean, aumentando la insolación, la intensidad lumínica, la evaporación, la sequedad del suelo, la exposición al viento y otros agentes contaminantes que llegan a través del suelo o el aire. Por tanto, en fragmentos muy pequeños, bajo un determinado umbral de tamaño, estos efectos modificarán las condiciones ambientales de todo el bosque, afectando aquellos organismos que requieran el

mantenimiento de unas condiciones forestales más o menos estables (Saunders, Hoobs & Skole, 1991).

Tabla 17. Diversidad, densidad y variables dendrométricas en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: Sup.= Superficie, N° sp.= Número de especies, N° gén.= Número de géneros, N° flías.= Número de familias, Ab.= Abundancia, AB = Área basal, DAP expresada en cm y Altura expresada en metros, máx.= máximo y prom.= promedio.

Posición y ancho	Sup.		N°			AB		DAP		Altura	
	(ha)	sp.	gén.	flías.	Ab.	(m ²)	máx.	prom.	máx.	prom.	
< 10 cm DAP											
Borde norte 30-49.9 m	0.5	28	22	14	148	0.346	9.81	5.04	5,5	2.72	
Borde norte 50-69.9 m	0.5	31	25	16	366	0.982	9.99	5.49	5	2.61	
Borde norte 70-150 m	0.3	32	27	20	300	0.846	9.87	5.61	6	2.83	
Borde norte Bosque testigo	0.2	23	20	16	180	0.542	9.94	5.83	6	2.88	
Borde sur 30-49.9 m	0.5	22	21	14	133	0.257	9.83	4.66	5,5	2.93	
Borde sur 50-69.9 m	0.5	28	25	19	533	1.057	9.99	4.71	6	3.03	
Borde sur 70-150 m	0.3	28	24	17	267	0.662	9.87	5.28	6	2.95	
Borde sur Bosque testigo	0.2	21	18	13	335	0.771	9.96	5.11	6	3.05	
Interior 30-49.9 m	0.5	59	47	28	566	1.442	9.92	5.33	8	3.79	
Interior 50-69.9 m	0.5	42	36	23	488	1.375	9.99	5.62	13	3.39	
Interior 70-150 m	0.3	34	29	20	259	0.725	9.87	5.58	10	3.77	
Interior Bosque testigo	0.2	33	29	21	159	0.447	9.87	5.60	8	3.58	
Total	4.5	84	69	40	3734	9.453	9.99	5.31	13	3.18	
≥10 cm DAP											
Borde norte 30-49.9 m	0.5	12	9	8	19	0.314	31.52	13.73	9	4.32	
Borde norte 50-69.9 m	0.5	15	13	10	57	1.097	55.70	14.30	12	3.73	
Borde norte 70-150 m	0.3	19	18	14	67	1.220	25.56	14.67	9	4.93	
Borde norte Bosque testigo	0.2	18	17	13	57	1.675	43.29	17.80	14	5.65	
Borde sur 30-49.9 m	0.5	5	5	5	6	0.064	13.20	11.62	6	4.67	
Borde sur 50-69.9 m	0.5	9	9	7	25	0.468	27.45	14.65	9	4.78	
Borde sur 70-150 m	0.3	17	14	11	68	1.056	26.34	13.67	8	4.92	
Borde sur Bosque testigo	0.2	8	8	6	22	1.023	64.62	20.21	15	6.77	
Interior 30-49.9 m	0.5	38	33	23	263	11.868	87.85	20.62	17	7.70	
Interior 50-69.9 m	0.5	28	26	16	250	11.858	85.31	21.18	20	7.65	
Interior 70-150 m	0.3	29	25	20	164	7.272	85.94	20.76	25	8.72	
Interior Bosque testigo	0.2	22	19	13	104	4.454	63.66	21.19	22	8.60	
Total	4.5	60	53	32	1102	42.369	87.85	19.25	25	7.11	
Total general	4.5	88	73	41	4836	51.822	87.85	8.49	25	4.08	

7.2. Composición florística

Los resultados encontrados acerca de la composición florística en este estudio concuerdan, en muchos aspectos, con los encontrados por otros autores en otros bosques secos. Por ejemplo, (Gentry, 1995; Gillespie et al. 2000 cit. por Uslar, 2003) hacen notar que la familia

de árboles más dominantes de los bosques secos neotropicales es la familia Fabaceae (arbustos y árboles); resultado similar ha sido encontrado en este estudio.

Entre las familias mejor representadas en la Propiedad Agrícola San Rafael se destacan Fabaceae, Nyctaginaceae, Capparaceae y Apocynaceae, las cuales son típicas de los bosques secos neotropicales. En las áreas con drenaje obstruido, generalmente se encuentran especies más comunes de la vegetación del Gran Chaco, ubicado al sur de la Chiquitania, tales como: *Bulnesia sarmientoi*, *Capparis retusa*, *Diplokeleba floribunda*, *Lonchocarpus nudiflorens*, *Phyllostylon rhamnoides* y *Trithrinax campestris* (Jardim, Killeen & Fuentes, 2003).

Comparando las especies con mayor peso ecológico en el interior del bosque testigo y de las cortinas rompe-vientos de 70-150 m de la Propiedad Agrícola San Rafael con otros estudios (Killeen, Jardim & Mamani, 1998 y Uslar, 1997), se observa que se conservan las características propias de este tipo de bosque en composición de las especies más importantes y mejor adaptadas a la zona (Tabla 18), ya que la composición de los bosques refleja la variabilidad edáfica y además la condición hídrica puede variar desde inundación o humedad permanente hasta sequía estacional (Jardim, Killeen & Fuentes, 2003).

Tabla 18. Comparación de 2 referencias de las especies importantes encontradas en bosques secos chiquitanos con el presente estudio.

Killeen, Jardim & Mamani, 1998*	Especies más importantes IVI		
	Uslar, 1997**	Interior del bosque testigo***	Interior de las cortinas rompe-vientos de 70-150 m***
<i>Acosmium cardenasii</i>	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>
<i>Neea hermaphrodita</i>	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	<i>Achatocarpus praecox</i>	<i>Achatocarpus praecox</i>
<i>Aspidosperma tomentosa</i>	<i>Caesalpinia pluviosa</i>	<i>Aspidosperma pyriformium</i>	<i>Capparis retusa</i>
<i>Galipea trifoliata</i>	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	<i>Bougainvillea modesta</i>	<i>Piptadenia viridiflora</i>
<i>Anadenanthera colubrina</i>	<i>Gallesia integrifolia</i>	<i>Ruprechtia triflora</i>	<i>Aspidosperma pyriformium</i>
<i>Caesalpinia floribunda</i>	<i>Myrciaria cauliflora</i>	<i>Capparis retusa</i>	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>
<i>Piptadenia viridiflora</i>	<i>Bougainvillea modesta</i>	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	<i>Ruprechtia triflora</i>
<i>Chorisia speciosa</i>	<i>Achatocarpus nigricans</i>	<i>Piptadenia viridiflora</i>	<i>Bougainvillea modesta</i>
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	<i>Capparis retusa</i>	<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	<i>Acosmium cardenasii</i>
<i>Centrolobium microchaete</i>	<i>Casearia gossypiosperma</i>	<i>Opuntia brasiliensis</i>	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>

*= Bosque semideciduo tropical Chiquitano, **= Bosque subhúmedo semideciduo de llanura, ***= Presente estudio, Bosque semideciduo chiquitano.

Utilizando el índice de valor de importancia por especie (IVI), como criterio principal para detectar las especies más importantes, desde el punto de vista ecológico, se tiene que las

especies *Capparis retusa* y *Bougainvillea modesta* en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo son las especies mejor adaptadas a las condiciones de borde, determinado por la tolerancia fisiológica de estas especies (Tabla 19). Ya que *Capparis retusa* aparece en las cortinas de menor tamaño (30-49.9 m y 50.69.9 m) y *Bougainvillea modesta* en las muestras más grandes (cortinas de 70-150 m y bosque testigo). Las mismas que también han sido registradas como dominantes en varios estudios de bosques secos semidecuidos chiquitanos (Saldías, 1991).

Así mismo, se muestra a *Leucaena leucocephala* entre las especies más importantes en las cortinas de 30-49.9 m y 50-69.9 m en el borde sur esto podría estar dándose debido a que el incremento de borde asociado al tamaño de los paisajes fragmentados favorece la invasión de especies pioneras, generalistas y en este caso, además exótica o introducida. Estos procesos invasivos afectarán tanto a la supervivencia de las especies directamente afectadas (dada por la competencia por diversos recursos, etc.) como a sus potenciales funciones ecosistémicas (polinización, dispersión de semillas, etc.) generando cadenas de extinciones locales (Aizen & Feisinger, 1994).

Tabla 19. Comparación de las cinco especies más importantes (IVI), en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en las diferentes posiciones en la Propiedad Agrícola San Rafael.

Posición	Ancho			
	30-49.9 m	50-69.9 m	70-150 m	Bosque testigo
Borde norte	<i>Capparis retusa</i>	<i>Capparis retusa</i>	<i>Bougainvillea modesta</i>	<i>Bougainvillea modesta</i>
	<i>Bougainvillea modesta</i>	<i>Bougainvillea modesta</i>	<i>Ruprechtia triflora</i>	<i>Reichenbachia hirsuta</i>
	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Piptadenia viridiflora</i>	<i>Capparis retusa</i>	<i>Capparis retusa</i>
	<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	<i>Achatocarpus praecox</i>
	<i>Bougainvillea cf. praecox</i>	<i>Adelia spinosa</i>	<i>Aspidosperma pyriformium</i>	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>
Borde sur	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Bougainvillea modesta</i>	<i>Bougainvillea modesta</i>
	<i>Bougainvillea modesta</i>	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	<i>Piptadenia viridiflora</i>	<i>Capparis retusa</i>
	<i>Ruprechtia triflora</i>	<i>Adelia spinosa</i>	<i>Capparis retusa</i>	<i>Ruprechtia triflora</i>
	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	<i>Capparis retusa</i>	<i>Ruprechtia triflora</i>	<i>Piptadenia viridiflora</i>
	<i>Manihot guaranitica</i>	<i>Bougainvillea modesta</i>	<i>Astronium urundeuva</i>	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>
Interior	<i>Capparis retusa</i>	<i>Capparis retusa</i>	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>
	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	<i>Achatocarpus praecox</i>	<i>Achatocarpus praecox</i>
	<i>Aspidosperma pyriformium</i>	<i>Achatocarpus praecox</i>	<i>Capparis retusa</i>	<i>Aspidosperma pyriformium</i>
	<i>Piptadenia viridiflora</i>	<i>Aspidosperma pyriformium</i>	<i>Piptadenia viridiflora</i>	<i>Bougainvillea modesta</i>
	<i>Achatocarpus praecox</i>	<i>Piptadenia viridiflora</i>	<i>Aspidosperma pyriformium</i>	<i>Ruprechtia triflora</i>

Comparando los transectos de interior de las cortinas rompe-vientos se observa que las cortinas de 30-49.9 m y 50-69.9 m comparten las mismas especies de mayor importancia

ecológica; las cortinas de 70-150 m son similares en composición de especies más importantes al bosque testigo (Tabla 19). Esto puede deberse a que el bosque testigo y las cortinas rompe-vientos de mayor tamaño (70-150 m) son menos afectadas por los efectos de la fragmentación.

Si se compara la importancia ecológica de las familias en las diferentes posiciones y tamaños se observa que siempre es la misma matriz de familias (Fabaceae, Capparaceae y Nyctaginaceae) en cuanto a abundancia, área basal y diversidad. Sin embargo, si se observa a detalle se encuentra particularidades notables como es el caso de la familia Ulmaceae que aparece con mayor dominancia en muestras menos perturbadas (transectos de interior y de mayor tamaño) y Euphorbiaceae adquiere protagonismo en muestras de mayor perturbación ecológica (transectos de borde y en cortinas de menor tamaño) (Tabla 20).

Tabla 20. Comparación de las cinco familias más importantes (IVIF), en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo en las diferentes posiciones en la Propiedad Agrícola San Rafael.

Posición	Ancho			
	30-49.9 m	50-69.9 m	70-150 m	Bosque testigo
Borde norte	Fabaceae	Capparaceae	Capparaceae	Nyctaginaceae
	Nyctaginaceae	Fabaceae	Nyctaginaceae	Capparaceae
	Capparaceae	Nyctaginaceae	Fabaceae	Fabaceae
	Polygonaceae	Euphorbiaceae	Polygonaceae	Cactaceae
	Euphorbiaceae	Apocynaceae	Apocynaceae	Achatocarpaceae
Borde sur	Fabaceae	Fabaceae	Fabaceae	Nyctaginaceae
	Nyctaginaceae	Euphorbiaceae	Nyctaginaceae	Capparaceae
	Polygonaceae	Capparaceae	Capparaceae	Polygonaceae
	Euphorbiaceae	Nyctaginaceae	Polygonaceae	Fabaceae
	Anacardiaceae	Ulmaceae	Anacardiaceae	Apocynaceae
Interior	Capparaceae	Fabaceae	Fabaceae	Ulmaceae
	Fabaceae	Capparaceae	Ulmaceae	Achatocarpaceae
	Ulmaceae	Ulmaceae	Capparaceae	Fabaceae
	Apocynaceae	Achatocarpaceae	Apocynaceae	Nyctaginaceae
	Nyctaginaceae	Apocynaceae	Achatocarpaceae	Apocynaceae

7.3. Estructura de las cortinas rompe-vientos y bosque testigo

7.3.1. Estructura horizontal

La distribución de diámetros en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo presenta un patrón similar, donde la mayor cantidad de los individuos se concentran en las clases

diamétricas menores (0–10 y 10–20 cm) y pocos individuos en las categorías con diámetros grandes, lo que es característico en la mayoría de los bosques tropicales (Lamprecht, 1990). Asimismo esta distribución de los individuos en clases diamétricas representa una estructura total que es una curva en forma de una “J” invertida, donde el número de individuos va disminuyendo conforme va aumentando el DAP (Rollet, 1980; Finegan, 1992).

En las cortinas de 30-49.9 m en los transectos de interior, se tiene una mayor abundancia de individuos en las categorías menores de 0-10 cm, siendo posible que en los fragmentos pequeños se haya dado una invasión de las especies por las condiciones a las que se las expone llevando a una degradación estructural en los primeros años después de la formación de los bordes. Es decir que las condiciones del sitio permiten a las especies más abundantes establecerse en gran número, al ser poco exigentes, porque son tolerantes a sitios con sombra en las primeras etapas de su desarrollo y probablemente necesiten de luz para poder llegar a etapas intermedias y de madurez. Cuando los árboles crecen se incrementan los niveles de competencia y solo una parte de la comunidad puede que llegue a la madurez, el resto muere (Forero & Finegan, 2001).

La fragmentación ocasiona alteraciones en los parámetros de nacimiento, mortalidad y crecimiento de las poblaciones naturales y su efecto puede ser variable en diferentes categorías de edades. Por otro lado, al analizar las clases diamétricas obtenidas cada clase diamétrica representa una clase o rango de edad, lo que daría lugar a una estructura piramidal, la que estaría representada por varios individuos en las clases diamétricas pequeñas y pocos en las clases mayores (García et al. 2004). De acuerdo con este comportamiento que se presenta en las cortinas rompe-vientos y en el bosque testigo, se tendría un conjunto de poblaciones estables, en fragmentos grandes porque existe mayor cantidad de individuos jóvenes que van a mantener el tamaño de cada población (García et al. 2004), lo que da lugar a una dinámica del bosque donde existe crecimiento, mortalidad y reemplazo de individuos; esta dinámica contribuye a mantener la estructura del bosque (Smith & Smith, 2001) pero no así en los fragmentos pequeños donde se altera la dinámica del bosque.

7.3.2. Estructura vertical

Un patrón conocido en los bosques tropicales es el alto número de árboles pequeños y pocos árboles altos (Arroyo, 1995; Vargas, 1996). La vegetación remanente del área de

estudio muestra una estratificación no tan difícil de diferenciar. Esta estratificación se manifiesta en la distribución de los árboles en clases de altura y según esto el bosque presenta una estructura basada en cuatro estratos: sotobosque, subdosel, dosel y emergente, la cual se presenta tanto en cortinas rompe-vientos como en el bosque testigo.

Killeen et al. (1993) menciona que el bosque más alto de la zona tiene un dosel que oscila entre 15 y 20 m de altura, con emergentes que llegan a los 25 m de altura. Teniendo en las cortinas de 30-49.9 m, a *Aspidosperma quebracho-blanco* con 17 m y con 20 m en las cortinas de 50-69.9 m. En las cortinas de 70-150 m se registró en el estrato emergente a *Anadenanthera macrocarpa* con 25 m de altura; y en el bosque testigo a *Phyllostylon rhamnoides* con 22 m de altura, estas especies tienen varios individuos. Se registra la mayor cantidad de individuos en las categorías menores <5 m en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m, 70-150 m y bosque testigo en los transectos de borde y en las cortinas de 30-49.9 m se registran en los transectos de interior. Esto muestra que los árboles de mayor porte en parches pequeños presentan una tasa de mortalidad mayor que los presentes en parches de mayor tamaño (Laurance, Vasconcelos & Lovejoy, 2000).

También el Déficit de Presión de Vapor (VPD), que es una medida del déficit de agua disponible para las plantas muestra que el VPD del aire es significativamente mayor en los bordes esto podría ser una explicación para las bajas densidades de árboles encontrados en los bordes sobre todo para algunas especies que demandan mucha agua, considerando que el gradiente de humedad del suelo depende del tamaño del fragmento. Se sugiere que la extinción de especies de árboles en los fragmentos es un proceso lento, derivado de eventos aleatorios de muerte y nacimiento. Las especies que son favorecidas en los bosques fragmentados son de un estado de sucesión temprano (altas tasas fotosintéticas y de crecimiento, reproducción temprana, ciclos de vida cortos, etc.). Esta disminución en la abundancia de adultos y plántulas compromete la regeneración futura del bosque.

Las diferentes clases de altura para cada cortinas rompe-vientos y bosque testigo presentan una "J" invertida, lo que es apoyado por Rollet (1980) que al igual que las distribuciones diamétricas las distribuciones de altura también presentan esta forma. Donde el número de individuos va disminuyendo conforme aumenta la altura. Este comportamiento de la curva es característico de bosques tropicales (Finegan, 1992).

Según Terborgh (1985) en los bosques neotropicales, la luminosidad varía drásticamente entre el nivel más alto del dosel y el piso del bosque. Esta variabilidad vertical en la luminosidad determina como factor ecológico, la distribución de las especies que viven en distintos niveles del dosel como: *Aspidosperma pyrifolium*, *Ceiba speciosa* y *Pterogyne nitens*.

8. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y la discusión, la fragmentación causa una pérdida significativa de diversidad vegetal en fragmentos de menor tamaño de bosque semideciduo chiquitano, deteriorando la estructura del bosque y produciendo un recambio de especies, es decir, la vegetación es particularmente sensible a la destrucción del hábitat, lo cual ocasiona cambios en la composición y en los tamaños poblacionales:

- La diversidad de especies, géneros y familias disminuye significativamente en función al tamaño (ancho) y posición de los transectos en las cortinas rompe-vientos en comparación con los bosques continuos. Otro factor importante que impacta la diversidad de las comunidades fragmentadas es la introducción de especies exóticas (*Leucaena leucocephala*) y en algunos casos se ha encontrado que el número de estas es mayor en los bordes y aumentan conforme se reduce el tamaño del fragmento.
- La estructura es alterada progresivamente en función al tamaño de las cortinas rompe-vientos, es decir presentan individuos de menor tamaño, menor área basal y por lo tanto menor biomasa en las cortinas de menor tamaño.
- Es por esto que las cortinas de mayor tamaño, es decir, las cortinas rompe-vientos de 70-150 m mantienen relativamente las características de la vegetación natural del bosque testigo.
- La diversidad, estructura y composición se alteran significativamente en los bordes, es decir, los bordes presentan menor número de especies, géneros y familias y aun más existe un fuerte recambio de especies en relación a los muestras de interior; así mismo presentan individuos de menor tamaño (DAP y altura), menor área basal y biomasa reducida.
- Las matrices agrícolas alteran las condiciones microclimáticas de los remanentes de bosque que rodean: aumento de la insolación, de la exposición al viento y a diversos agentes contaminantes que llegan por el suelo o el aire generando cambios en la estructura y composición de las especies.

9. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones acerca de la incidencia de parásitos y enfermedades como consecuencia de la fragmentación ya que la introducción de especies domésticas y/o exóticas puede acarrear enfermedades, respecto a los cuales no están adaptadas las especies nativas lo que puede ocasionar una disminución del tamaño de la población dentro de los remanentes de vegetación.
- Realizar estudios de los factores abióticos (temperatura, humedad del suelo, intensidad lumínica, dirección del viento, etc.) para identificar y evaluar los cambios microclimáticos que se producen en bosques fragmentados y la respuesta de la biota.
- Planificar estrategias de silvicultura para disminuir el efecto de borde y la restricción del aprovechamiento de especies generalistas (< 50 cm DAP), puesto que su presencia puede favorecer el mantenimiento de las condiciones microclimáticas por efectos de sombra en beneficio del mantenimiento de los procesos ecológicos.
- Para el plan de reforestación que se está realizando en las cortinas rompe-vientos (con cupesí, curupaú y tajibo), considerar las especies nativas de mayor importancia ecológica obtenidas en este estudio, tomando en cuenta el tamaño (ancho) de la cortina, ya que pueden ser útiles para disminuir el efecto de borde (viento, incidencia de fuego, desecación, altas temperaturas, entre otros) y así atraer animales frugívoros dispersores de semillas.
- Considerar un diseño que posibilite conectar las cortinas rompe-vientos de 70-150 m con los parches de vegetación natural, ya que está demostrado que mantienen la diversidad vegetal.
- Para el establecimiento de cortinas rompe-vientos se debe considerar el tamaño de 100 m de ancho.

10. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Aguilera, E. 2001. Geología y recursos naturales del departamento de Santa Cruz. Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos. 19: 95.
- Aguirre, J., González, O., Harvey C. & Martínez R. 2000. Degradación de las cortinas rompe-vientos al este de la ciudad de León, Nicaragua. 5p.
- Aizen, M. A. & Feisinger, P. 1994. Forest fragmentation, pollination and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina. *Ecology* 75: 330-351.
- Arroyo, L. 1995. Estructura y composición de una isla de bosque y un bosque de galería en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado. Tesis de Grado. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Santa Cruz, Bolivia. 55p.
- Beck, S., T. J. Killeen & García E. 1993. Vegetación de Bolivia. En: T. J. Killeen, E. García y S. Beck (eds.). Guía de Árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia, Missouri Botanical Garden, La Paz. pp. 6–25.
- Benitez-Malvido, J. 1998. Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. *Conservation Biology* 12: 380-389.
- Bierregaard Jr, R.O., Gascon, C., Lovejoy, T.E. & Mesquita, R., 2001. Lessons from Amazonia: the Ecology and Conservation of a Fragmented Forest. The Yale University Press, New Haven.
- Bustamante, R. & Grez, A. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ciencia y ambiente*, 11(2): 58- 63.
- Cadenasso, M.L. & Pickett, S.T.A. 2000. Linking forest edge structure to edge function: mediation of herbivore damage. *Journal of Ecology* 88:31-44.
- Cadenasso, M. L. & Pickett, S.T.A. 2001. Effect of edge structure on the flux of species into forest interiors. *Conservation Biology* 15:91-97.
- Chalfoun, A. D., F. R. Thompson & Ratnaswamy, M. F. 2002. Nest predators and fragmentation: a review and meta-analysis. *Conservation Biology* 16: 306-318.
- Curtis, J.T. & McIntosh R. P. 1951. An upland forest continuum in the prairie–forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476–496.
- Duelli, P., Studer, M., Marchand, I. & Jakob, S.. 1990. Population movements of arthropods between natural and cultivated areas. *Biological Conservation* 54: 193-207.
- Fagan, W. F., R. S. Cantrell & Cosner, C. 1999. How habitat edges change species interactions. *The American Naturalist* 153, 165–182.
- Finegan, B. G. 1992. Bases ecológicas para la silvicultura. Centro Agronómico Tropical de

- Investigación y Enseñanza. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 96-120pp.
- Finegan, B. G. 1993. Bases ecológicas para la producción forestal y agroforestal. Curso de posgrado CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Forero, A. & Finegan, B. 2001. Efectos de borde en la vegetación de remanentes de bosque muy húmedo tropical, en el norte de Costa Rica. Heredia-Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana. Comunicación Técnica.
- Fry, G. & Sarlov-Herlin, I. 1997. The ecological and amenity functions of woodland edges in the agricultural landscape, a basis for desing and amangement. *Landscape and Urban Planning* 37:45-55.
- García E., Zenteno, F. S., Beck, S. & Nagashiro, N. 2004. Identificación y caracterización de especies de uso forestal del área natural de manejo integrado nacional de Apolobamba. Estudio de usos y potencialidades para un manejo racional de recursos vegetales. (La Paz–Bolivia). Bolhispania–Araucaria. Informe Técnico N°1 La Paz. 58 p.
- Gascon, C., G. B. Williamson & da Fonseca, G. A. B. 2000. Receding forest edges and vanishing reserves. *Science* 288, 1356–1358.
- Gauch, H. G. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge Univerity Press. New York-USA.
- Gentry, A. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity, *Evolutionary Biology* No 15 p 1–84 En: Estudio florístico en un robleal del Santuario de flora y fauna de Iguaque (Boyaca -Colombia) de Marin C. y Betancur J. (2003:5).1997.
- Gentry, A. 1995. Diversity and floristic composition of Neotropical dry forest. Pages 146-194 in S. H. Bullock, H. A. Mooney, and E. Medina, editors. *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Gil, P. 2004. Plan General de Manejo Forestal. Certificación del manejo de cortinas rompientes de bosque natural en Predio San Rafael, Cantón Saturnino Saucedo, Provincia Ñuflo de Chávez, Departamento Santa Cruz, República de Bolivia.
- Harris, I. D.1984. *The fragmented forest: Island biogeography and the preservation of biotic diversity*. University of Chicago Press, Chicago.
- Harris, L. D. 1988. Edge effects and conservation of biotic diversity. *Conservation Biology* 2:330-332.
- Herrerías, Y. & Benítez - Malvido, J. *Las consecuencias de la fragmentación de los ecosistemas*. Michoacán, México.
- Honnay, O., K. Verheyen & Hermy, M. 2002. Permeability of ancient forest edges for

- weedy plant species invasion. *Forest Ecology and Management* 161: 109-122.
- Ibisch P.L. & Mérida G. 2003. Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra- Bolivia.
- INYPESA. 2000. Plan de ordenamiento predial, predio San Rafael.
- Janzen, D. H.1983. No park is an island: increase in interference from outside as park size decreases. *Oikos* 41: 402-410.
- Janzen, D.H.1986. The eternal external threat. En: M.E.Soulé (ed.), *Conservation Biology. The science of scarcity and diversity*: 286-303. Sinauer, Sunderland.
- Jardín, A., T. Killeen & Fuentes, A. 2003. Guía de árboles y arbustos del bosque seco Chiquitano, Bolivia. Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Missouri Botanical Garden y Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano. Santa Cruz-Bolivia
- Killeen, T.J., E. Garcia & Beck, S. G. 1993. Guía de Árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden. La Paz – Bolivia.
- Killeen, T. J., A. Jardín & Mamani, F. 1998. Diversity, composition and structure of a tropical semideciduous forest in the chiquitania region of Santa Cruz, Bolivia. *Journal of Tropical Ecology*. 14:803-827.
- Killeen, T. J., Calderon, V., Soria, L., Quezada, B., Steininger, M. K., Harper, G., Solórzano, L. A. & Tucker, C. J. 2007. Thirty Years of Land-Cover Change in Bolivia. *Bolivia, Land- Use Change*.
- Kingston, S. R. & Morris, D. W. 2000. Voles looking for an edge: habitat selection across forest ecotones. *Canadian Journal of Zoology* 78: 2174-2183.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. Los Ecosistemas Forestales en los bosques Tropicales y sus especies arbóreas—posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Instituto de Silvicultura de la Universidad de Göttingen. Eschborn. 335p.
- Laurance, W. F., & Yensen, E. 1991. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biological Conservation* 55:77-92.
- Laurance, W.F., H. L.Vasconcelos,& Lovejoy, T.E. 2000. Forest loss and fragmentation in the Amazon: implications for wildlife conservation. *Oryx* 34(1):39-45.
- Laurance, W.F., 2001. Fragmentation and plant communities: synthesis and implications for landscape management. In: Bierregaard, R.O., Jr., Gascon, C., Lovejoy, T.E., Mesquita, R.C.G. (Eds.), *Lessons from Amazonia: the Ecology and Conservation*

- of a Fragmented Forest. Yale University Press, New Haven, pp. 158–168.
- Lidicker, W. Z. J. 1999. Responses of mammals to habitat edges: an overview. *Landscape Ecology* 14:333-334.
- Lidicker, W. Z. J. & Peterson, J. A. 1999. Responses of small mammals to habitat edges. En *Landscape Ecology of Small Mammals* (eds Barrett, G. W. y Peles, J. D.), pp.211-227, Springer – Verlag, Berlin, Germany.
- López- Barrera, F. 2003. Estructura y función en bordes de bosque. *Revista Ecosistemas* Madrid, España.
- Lowe, C. & Walkey, P. 1977. Classification of canopy, stem, crown status and climber infestation in natural tropical forest in Nigeria. *Journal of Applied Ecology* 17 (3): 897-903.
- Magurran, A. 1988. *Diversidad ecológica y su medición*. España. 200p.
- Margalef, R. 1977. *Ecología*. Barcelona, España. 737-787pp.
- Matteucci, S. & Colma, A. 1982. *Metodología para el Estudio de la Vegetación*. Serie de Biología, Monografía N° 22, Secretaria General de la OEA, Washington D.C.
- Mora, J. & Galeano, G. 2004. Influencia de los factores modeladores sobre el efecto de borde, en un relicto de bosque altoandino en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, Vol. 9 No. 2.
- Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Vol 1. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Zaragoza. 86 p.
- Mostacedo, B. & Fredericksen, T. 2000. *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz – Bolivia.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: Implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10 (2): 58-62.
- Navarro, G. & Maldonado, M. 2004. *Geografía Ecológica de Bolivia*. Fundación Simón I. Patiño. Cochabamba – Bolivia.
- Peña-Becerril, J.C., Monroy-Ata, A., Alvarez-Sánchez, F. & Orozco-Almanza, M. 2005. Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 8(2):91-98, 2005.
- Pinto, J. 2006. *Ecología del paisaje en el municipio de San Julián Departamento de Santa Cruz-Bolivia*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. 90p.
- Revilla, E., F. Palomares & Delibes, M. 2001. Edge- core effects and the effectiveness of traditional reserves in conservation: Eurasian Badgers in Doñana National Park.

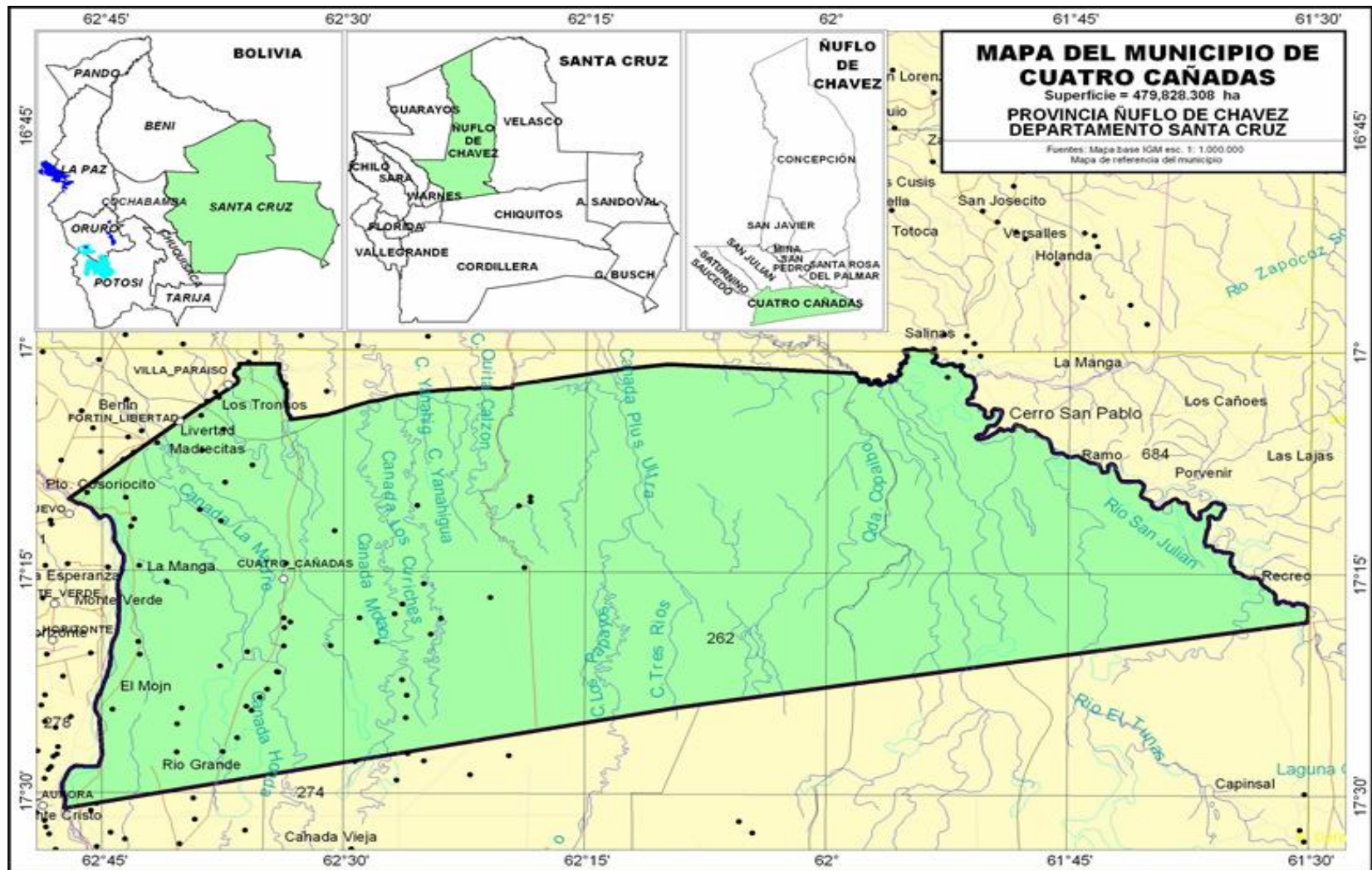
- Conservation Biology, 15 (1): 148-158.
- Rollet, B. 1980. Informe sobre el estado de los conocimientos en ecosistemas de los bosques tropicales. Organizaciones: UNESCO/PNUMA/FAO, Roma. 192 p.
- Saldías, M. 1991. Inventario en el bosque alto del Jardín Botánico de Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia*. 17:31-41.
- Salimbeni, J. & Vidal, J. Cortinas rompe-vientos.
- Santos, T. & Tellería, J. L. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Revista Científica y técnica de ecología y medio ambiente*. Ecosistemas 15 (2): 3-12.
- Saunders, D.A., R.J. Hoobs & Skole, C. R. 1991. Biological Consequences of ecosystems fragmentation: A review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- Sarlov-Herlin, I. 2001. Approaches to forest edges as dynamics structures and functional Concepts. *Landscape Research* 26: 27-43.
- Smith, L.R. & Smith, T. M. 2001. *Ecología*. Cuarta Edición. Editorial Addison Wesley, Madrid. 664 p.
- Sørensen, T., 1948. A method of establishing group of equal amplitude in plant sociology based on similarity in species content and application to analyses of the vegetation on danish commons. *Danske Vidensk Selsk* 5(4): 1–34
- Soto, A. 2008. Plan General de Manejo Forestal de bosques remanentes. Empresa Desarrollos Agrícolas S.A. (DESA). Cuatro Cañadas, Santa Cruz-Bolivia.
- Terborgh, J. 1985. The vertical component of plant species diversity in temperate and tropical forests. *American Naturalist* 126: 760–776.
- Uslar, Y. 1997. Estructura, composición y sucesión del bosque subhúmedo semideciduo de Llanura en el Jardín Botánico de Santa Cruz de la Sierra-Bolivia. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz-Bolivia.
- Uslar, Y., B. Mostacedo & Saldías, M. 2003. Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. Doc. Tec. 114/2003. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
- Vargas, I. G. 1996. Estructura y composición florística de cuatro sitios en el “Parque Nacional Amboró”, Santa Cruz-Bolivia. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno. 78p.
- Villarroel, D. 2007. Estructura, diversidad y relaciones fitogeográficas de la vegetación arborea de los bosques de la Comunidad de “Bella Vista”, ubicada en el codo oriental de los andes tropicales (Prov. Florida, Santa Cruz- Bolivia. Tesis de

Licenciatura, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. 71p.

Williams-Linera, G. 1990a. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. *Journal of Ecology* 78:356-373.

Worlock, P. 1993. [http://biologia.eia.edu.co/ecosistemascolombianos/documentos/bosques montanos. htm](http://biologia.eia.edu.co/ecosistemascolombianos/documentos/bosques%20montanos.htm)

ANEXOS



Anexo 1. Mapa del municipio de Cuatro Cañadas.



Anexo 2. Clasificación de la vegetación en la Propiedad Agrícola San Rafael.

Anexo 5. Datos generales de los transectos evaluadas en las cortinas rompe-vientos y bosque testigo de la Propiedad Agrícola San Rafael.

Ubicación	Nº	Ancho	Posición	Proximidad	Número de			
	Trans.				Individuos	Familias	Géneros	Especies
Cortina rompe-vientos	1	50-69.9 m	Borde sur	Cultivo	14	8	8	8
Cortina rompe-vientos	2	50-69.9 m	Borde norte	Cultivo	14	4	6	6
Cortina rompe-vientos	3	50-69.9 m	Interior		72	14	16	21
Cortina rompe-vientos	4	30-49.9 m	Borde sur	Cultivo	31	9	10	12
Cortina rompe-vientos	5	30-49.9 m	Borde norte	Cultivo	33	7	8	9
Cortina rompe-vientos	6	30-49.9 m	Interior		234	21	33	42
Cortina rompe-vientos	7	30-49.9 m	Borde norte	Cultivo	37	8	10	14
Cortina rompe-vientos	8	30-49.9 m	Borde sur	Cultivo	5	4	4	4
Cortina rompe-vientos	9	30-49.9 m	Interior		141	15	21	25
Cortina rompe-vientos	10	30-49.9 m	Borde sur	Cultivo	33	9	10	11
Cortina rompe-vientos	11	30-49.9 m	Borde norte	Cultivo	31	10	11	12
Cortina rompe-vientos	12	30-49.9 m	Interior		109	20	25	28
Cortina rompe-vientos	13	30-49.9 m	Borde norte	Cultivo	17	3	5	5
Cortina rompe-vientos	14	30-49.9 m	Borde sur	Cultivo	21	2	3	3
Cortina rompe-vientos	15	30-49.9 m	Interior		146	17	17	28
Cortina rompe-vientos	16	50-69.9 m	Borde sur	Camino	126	9	11	13
Cortina rompe-vientos	17	50-69.9 m	Borde norte	Camino	66	9	10	15
Cortina rompe-vientos	18	50-69.9 m	Interior		129	15	20	22
Cortina rompe-vientos	19	50-69.9 m	Borde sur	Cultivo	129	10	13	15
Cortina rompe-vientos	20	50-69.9 m	Borde norte	Cultivo	140	9	13	16
Cortina rompe-vientos	21	50-69.9 m	Interior		196	12	17	19
Cortina rompe-vientos	22	30-49.9 m	Borde norte	Cultivo	49	8	9	10
Cortina rompe-vientos	23	30-49.9 m	Borde sur	Cultivo	49	5	8	8
Cortina rompe-vientos	24	30-49.9 m	Interior		199	20	25	27
Cortina rompe-vientos	25	50-69.9 m	Borde norte	Cultivo	68	10	13	16
Cortina rompe-vientos	26	50-69.9 m	Borde sur	Cultivo	63	7	11	12
Cortina rompe-vientos	27	50-69.9 m	Interior		137	18	24	25
Cortina rompe-vientos	28	50-69.9 m	Borde norte	Cultivo	135	13	18	21
Cortina rompe-vientos	29	50-69.9 m	Borde sur	Cultivo	226	5	6	6
Cortina rompe-vientos	30	50-69.9 m	Interior		204	15	23	28
Cortina rompe-vientos	31	70-150 m	Borde norte	Cultivo	96	11	13	13
Cortina rompe-vientos	32	70-150 m	Borde sur	Cultivo	112	11	12	13
Cortina rompe-vientos	33	70-150 m	Interior		138	22	27	30
Cortina rompe-vientos	34	70-150 m	Borde sur	Cultivo	152	10	13	17
Cortina rompe-vientos	35	70-150 m	Borde norte	Cultivo	137	11	13	17
Cortina rompe-vientos	36	70-150 m	Interior		169	11	13	16
Cortina rompe-vientos	37	70-150 m	Borde norte	Camino	134	15	19	23
Cortina rompe-vientos	38	70-150 m	Borde sur	Camino	71	12	15	17
Cortina rompe-vientos	39	70-150 m	Interior		116	17	26	29
Bosque testigo	40		Borde norte	Camino	142	15	18	19
Bosque testigo	41		Borde sur	Camino	167	10	12	15
Bosque testigo	42		Interior		111	15	21	25
Bosque testigo	43		Borde norte	Camino	95	15	20	23
Bosque testigo	44		Interior	Cultivo	152	18	25	27
Bosque testigo	45		Borde sur	Camino	190	10	13	16
Total	45				4836	41	73	88

Anexo 6. Datos evaluados en 39 transectos de las cortinas rompe-vientos y 6 transectos en el bosque testigo.

N°	Cortinas rompe-vientos	Bosque testigo
Individuos	3979	857
Familias	41	28
Géneros	73	43
Especies	88	49

Anexo 8. Análisis de varianza (ANOVA de un factor) de la abundancia

Tamaño (ancho)

Descriptivos
Abundancia

	N	Media		Desviación típica		Error típico		Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
		Lím. Inf.	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Lím.inf.	Lím. sup.		
30-49.9 m	15		75.66666667	72.00165342	18.59074697	35.79348004	115.5398533	5	234		
50-69.9 m	15		114.6	64.5797403	16.67441725	78.83693186	150.3630681	14	226		
70-150 m	9		125	29.7195222	9.906507401	102.155553	147.844447	71	169		
Bosque testigo	6		142.8333333	35.19895832	14.36991456	105.894292	179.7723747	95	190		
Total	45		107.4666667	62.23693729	9.277734833	88.76862072	126.1647126	5	234		

ANOVA
Abundancia

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	26203.43333	3	8734.477778	2.482972573	0.074296618
Intra-grupos	144227.7667	41	3517.750407		
Total	170431.2	44			

Pruebas post hoc

Duncan

Anc-Num	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
30-49.9 m	15	75.6666667	
50-69.9 m	15	114.6	114.6
70-150 m	9	125	125
Bosque testigo	6		142.8333333
Sig.		0.08958331	0.329294567

Posiciones

Descriptivos
Abundancia

	N	Media		Desviación típica		Error típico		Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
		Lím. Inf.	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Lím. Inf.	Lím. Sup.		
Borde norte	15		79.6	48.69555568	12.57313841	52.63330011	106.5666999	14	142		
Borde sur	15		92.6	70.06711069	18.09125019	53.79812743	131.4018726	5	226		
Interior	15		150.2	43.21573787	11.15825554	126.2679221	174.1320779	72	234		
Total	45		107.4666667	62.23693729	9.277734833	88.76862072	126.1647126	5	234		

ANOVA

Abundancia

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	42355.6	2	21177.8	6.94486381	0.002478924
Intra-grupos	128075.6	42	3049.419048		
Total	170431.2	44			

Pruebas post hoc

Duncan

Pos-Num	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
Borde norte	15	79.6	
Borde sur	15	92.6	
Interior	15		150.2
Sig.		0.522620191	1

Anexo 9. Análisis de varianza (ANOVA de un factor) del índice de diversidad de Shannon-Wiener.

Posiciones

Descriptivos

Índice de Shannon-Wiener

Pos-Num	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
		Lím. Inf.	Lím. Sup.	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Lím. Inf.
Borde norte	15	2.03066667	0.404059177	0.104327633	1.806906159	2.254427177	1.22	2.71
Borde sur	15	1.683333333	0.602265566	0.155550433	1.349809781	2.016856899	0.23	2.34
Interior	15	2.729333333	0.195172695	0.050393373	2.621250297	2.837416369	2.29	3.02
Total	45	2.147777778	0.610729403	0.091042164	1.964294352	2.331261203	0.23	3.02

ANOVA

Shannon-Wiener

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	8.51445778	2	4.25722889	22.6416229	2.13151E-07
Intra-grupos	7.89712	42	0.18802667		
Total	16.41157778	44			

Pruebas post hoc

Duncan

Pos-Num	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
Borde sur	15	1.6833333		
Borde norte	15		2.0306667	
Interior	15			2.729333
Sig.		1	1	1

Tamaño (ancho)

ANOVA

Shannon-Wiener

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0.604361111	3	0.201453704	0.5225209	0.669212384
Intra-grupos	15.80721667	41	0.38554187		
Total	16.41157778	44			

Anexo 10. Análisis de varianza (ANOVA de un factor) de la riqueza de especies, géneros y familias.

Borde norte

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Especies	Inter-grupos	216.1333333	3	72.04444444	3.5463405	0.0514754
	Intra-grupos	223.4666667	11	20.31515152		
	Total	439.6	14			
Géneros	Inter-grupos	180.4	3	60.13333333	5.2832801	0.016837
	Intra-grupos	125.2	11	11.38181818		
	Total	305.6	14			
Familias	Inter-grupos	110.2666667	3	36.75555556	5.0878076	0.0188973
	Intra-grupos	79.46666667	11	7.224242424		
	Total	189.7333333	14			

Géneros

Duncan

Anc-Num	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
30-49.9 m	5	8.6		
50-69.9 m	5	12	12	
70-150 m	3		15	15
Bosque testigo	2			19
Sig.		0.22574425	0.281557181	0.159263816

Especies

Duncan

Anc-Num	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
30-49.9 m	5	10	
50-69.9 m	5	14.8	14.8
70-150 m	3	17.66666667	17.66666667
Bosque testigo	2		21
Sig.		0.062782737	0.122763645

Familias

Duncan

Anc-Num	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
30-49.9 m	5	7.2		
50-69.9 m	5	9	9	
70-150 m	3		12.33333333	12.33333333
Bosque testigo	2			15
Sig.		0.41195021	0.142578557	0.232559552

Borde sur

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Especies	Inter-grupos	162.1666667	3	54.05555556	4.53324862	0.02657129
	Intra-grupos	131.1666667	11	11.92424242		
	Total	293.3333333	14			
Géneros	Inter-grupos	90.96666667	3	30.32222222	4.17104349	0.03357809
	Intra-grupos	79.96666667	11	7.26969697		
	Total	170.9333333	14			
Familias	Inter-grupos	59.33333333	3	19.77777778	3.9128697	0.03991155
	Intra-grupos	55.6	11	5.054545455		
	Total	114.9333333	14			

Pruebas post hoc

Especies

Duncan

Anc-Num	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
30-49.9 m	5	7.6	
50-69.9 m	5	10.8	10.8
70-150 m	2		15.5
Bosque testigo	3		15.66666667
Sig.		0.262861262	0.114732103

Géneros

Duncan

Anc-Num	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
30-49.9 m	5	7	
50-69.9 m	5	9.8	9.8
70-150 m	2		12.5
Bosque testigo	3		13.33333333
Sig.		0.212859539	0.13965522

Familias

Duncan

Anc-Num	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
30-49.9 m	5	5.8	
50-69.9 m	5	7.8	7.8
70-150 m	2		10
Bosque testigo	3		11
Sig.		0.281375096	0.111542531

Interior

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Especies	Inter-grupos	127.7333333	3	42.57777778	1.3009877	0.322996234
	Intra-grupos	360	11	32.72727273		
	Total	487.7333333	14			
Géneros	Inter-grupos	65.33333333	3	21.77777778	0.9882655	0.433853715
	Intra-grupos	242.4	11	22.03636364		
	Total	307.7333333	14			
Familias	Inter-grupos	36.16666667	3	12.05555556	1.2147583	0.350127822
	Intra-grupos	109.1666667	11	9.924242424		
	Total	145.3333333	14			

Anexo 11. Lista del Índice de Valor de Importancia por Familia (IVIF)

11.1. Lista de las familias presentes en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m en el borde norte; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVIF= Índice de valor de importancia por familia.

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Fabaceae	64	38.32	10	18.52	339	33.71	30.18
Nyctaginaceae	40	23.95	10	18.52	228	22.67	21.71
Capparaceae	26	15.57	9	16.67	193	19.20	17.14
Polygonaceae	5	2.99	5	9.26	29	2.85	5.03
Euphorbiaceae	8	4.79	2	3.70	29	2.83	3.78
Rhamnaceae	4	2.40	3	5.56	30	2.93	3.63
Apocynaceae	5	2.99	3	5.56	23	2.26	3.60
Cactaceae	3	1.80	3	5.56	32	3.16	3.50
Anacardiaceae	2	1.20	2	3.70	23	2.33	2.41
Santalaceae	3	1.80	1	1.85	16	1.59	1.75
Sterculiaceae	2	1.20	1	1.85	21	2.06	1.70
Bignoniaceae	1	0.60	1	1.85	13	1.31	1.25
Cochlospermaceae	1	0.60	1	1.85	12	1.17	1.21
Achatocarpaceae	1	0.60	1	1.85	9	0.87	1.11
Ulmaceae	1	0.60	1	1.85	8	0.81	1.09
Sapindaceae	1	0.60	1	1.85	3	0.25	0.90
Total general	167	100.00	54	100.00	1007	100.00	100.00

11.2. Lista de las familias presentes en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m en el interior; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVIF= Índice de valor de importancia por familia.

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Capparaceae	175	21.11	10	5.85	1128.74	13.37	13.44
Fabaceae	131	15.80	10	5.85	1292.77	15.32	12.32
Ulmaceae	74	8.93	10	5.85	1333.50	15.80	10.19
Apocynaceae	67	8.08	10	5.85	1175.95	13.93	9.29
Nyctaginaceae	67	8.08	10	5.85	640.76	7.59	7.17
Achatocarpaceae	59	7.12	10	5.85	435.97	5.17	6.04
Urticaceae	33	3.98	10	5.85	273.02	3.23	4.35
Polygonaceae	25	3.02	8	4.68	397.56	4.71	4.13
Cactaceae	21	2.53	9	5.26	182.15	2.16	3.32
Sapindaceae	21	2.53	9	5.26	128.67	1.52	3.11
Euphorbiaceae	31	3.74	6	3.51	140.96	1.67	2.97
Phytolaccaceae	21	2.53	8	4.68	111.86	1.33	2.85
Bombacaceae	7	0.84	7	4.09	248.22	2.94	2.63
Turneraceae	12	1.45	6	3.51	119.31	1.41	2.12
Flacourtiaceae	12	1.45	7	4.09	59.55	0.71	2.08
Sapotaceae	8	0.97	5	2.92	84.46	1.00	1.63

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Cochlospermaceae	8	0.97	5	2.92	75.7	0.9	1.6
Rubiaceae	10	1.21	3	1.75	121.51	1.44	1.47
Rhamnaceae	4	0.48	4	2.34	91.25	1.08	1.3
Bignoniaceae	8	0.97	4	2.34	43.25	0.51	1.27
Moraceae	3	0.36	3	1.75	87.96	1.04	1.05
Arecaceae	11	1.33	1	0.58	83.24	0.99	0.97
Boraginaceae	3	0.36	3	1.75	22.48	0.27	0.79
Anacardiaceae	4	0.48	2	1.17	27.72	0.33	0.66
Zygophyllaceae	2	0.24	2	1.17	43.99	0.52	0.64
Santalaceae	3	0.36	2	1.17	20.56	0.24	0.59
Erythroxylacaceae	2	0.24	2	1.17	8.7	0.1	0.5
Opiliaceae	2	0.24	1	0.58	13.79	0.16	0.33
Malpighiaceae	1	0.12	1	0.58	21.4	0.25	0.32
Solanaceae	2	0.24	1	0.58	6.2	0.07	0.3
Simaroubaceae	1	0.12	1	0.58	13.5	0.16	0.29
Myrtaceae	1	0.12	1	0.58	5.27	0.06	0.26
Total general	829	100	171	100	8440	100	100

11.3. Lista de las familias presentes en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m en el borde sur; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVIF= Índice de valor de importancia por familia.

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Fabaceae	71	51.08	9	18.75	313.50	45.47	38.43
Nyctaginaceae	18	12.95	7	14.58	88.60	12.85	13.46
Polygonaceae	13	9.35	7	14.58	70.84	10.27	11.40
Euphorbiaceae	14	10.07	5	10.42	62.93	9.13	9.87
Anacardiaceae	6	4.32	3	6.25	33.66	4.88	5.15
Ulmaceae	3	2.16	3	6.25	18.09	2.62	3.68
Bignoniaceae	2	1.44	2	4.17	24.41	3.54	3.05
Capparaceae	2	1.44	2	4.17	16.89	2.45	2.69
Achatocarpaceae	2	1.44	2	4.17	10.68	1.55	2.38
Cochlospermaceae	2	1.44	2	4.17	8.00	1.16	2.26
Boraginaceae	1	0.72	1	2.08	13.20	1.91	1.57
Cactaceae	1	0.72	1	2.08	8.90	1.29	1.36
Verbenaceae	1	0.72	1	2.08	7.50	1.09	1.30
Apocynaceae	1	0.72	1	2.08	5.00	0.73	1.18
Rhamnaceae	1	0.72	1	2.08	4.08	0.59	1.13
Malpighiaceae	1	0.72	1	2.08	3.20	0.46	1.09
Total general	139	100.00	48	100.00	689.48	100.00	100.00

- 11.4. Lista de las familias presentes en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m en el borde norte ; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVIF= Índice de valor de importancia por familia.

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Capparaceae	140	33.10	10	12.82	871.10	30.86	25.59
Fabaceae	103	24.35	9	11.54	656.29	23.25	19.71
Nyctaginaceae	61	14.42	10	12.82	461.57	16.35	14.53
Euphorbiaceae	27	6.38	6	7.69	185.85	6.58	6.89
Apocynaceae	21	4.96	7	8.97	144.30	5.11	6.35
Ulmaceae	18	4.26	7	8.97	163.60	5.79	6.34
Polygonaceae	18	4.26	6	7.69	126.57	4.48	5.48
Achatocarpaceae	6	1.42	6	7.69	32.31	1.14	3.42
Cactaceae	5	1.18	4	5.13	26.36	0.93	2.41
Malpighiaceae	6	1.42	3	3.85	35.28	1.25	2.17
Anacardiaceae	6	1.42	2	2.56	35.62	1.26	1.75
Santalaceae	3	0.71	2	2.56	21.69	0.77	1.35
Sapindaceae	3	0.71	1	1.28	12.73	0.45	0.81
Boraginaceae	2	0.47	1	1.28	14.01	0.50	0.75
Sterculiaceae	1	0.24	1	1.28	13.73	0.49	0.67
Opiliaceae	1	0.24	1	1.28	12.10	0.43	0.65
Moraceae	1	0.24	1	1.28	5.18	0.18	0.57
Flacourtiaceae	1	0.24	1	1.28	4.93	0.17	0.56
Total general	423	100.00	78	100.00	2823.22	100.00	100.00

- 11.5. Lista de las familias presentes en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m en el interior ; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVIF= Índice de valor de importancia por familia.

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Fabaceae	144	19.51	10	7.46	1857.44	23.11	16.69
Capparaceae	158	21.41	10	7.46	981.40	12.21	13.69
Ulmaceae	78	10.57	10	7.46	1370.20	17.05	11.69
Achatocarpaceae	83	11.25	10	7.46	712.87	8.87	9.19
Apocynaceae	53	7.18	10	7.46	882.24	10.98	8.54
Nyctaginaceae	62	8.40	10	7.46	557.27	6.93	7.60
Sapindaceae	28	3.79	10	7.46	288.74	3.59	4.95
Polygonaceae	24	3.25	8	5.97	314.57	3.91	4.38
Cactaceae	23	3.12	9	6.72	251.40	3.13	4.32
Euphorbiaceae	28	3.79	4	2.99	173.34	2.16	2.98
Urticaceae	10	1.36	7	5.22	88.15	1.10	2.56
Bombacaceae	6	0.81	5	3.73	211.68	2.63	2.39
Flacourtiaceae	10	1.36	6	4.48	35.81	0.45	2.09
Phytolaccaceae	8	1.08	5	3.73	35.42	0.44	1.75
Santalaceae	5	0.68	5	3.73	31.24	0.39	1.60
Zygophyllaceae	3	0.41	3	2.24	112.36	1.40	1.35

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Rhamnaceae	3	0.41	3	2.24	29.28	0.36	1
Rubiaceae	2	0.27	2	1.49	45.41	0.56	0.78
Solanaceae	3	0.41	2	1.49	8.59	0.11	0.67
Opiliaceae	2	0.27	1	0.75	19.1	0.24	0.42
Acanthaceae	2	0.27	1	0.75	8.14	0.1	0.37
Boraginaceae	1	0.14	1	0.75	9.87	0.12	0.33
Rutaceae	1	0.14	1	0.75	8.1	0.1	0.33
Cecropiaceae	1	0.14	1	0.75	6	0.07	0.32
Total general	738	100	134	100	8038.6	100	100

11.6. Lista de las familias presentes en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m en el borde sur; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVIF= Índice de valor de importancia por familia.

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Fabaceae	338	60.57	10	13.51	1658.59	57.66	43.92
Euphorbiaceae	71	12.72	8	10.81	361.93	12.58	12.04
Capparaceae	40	7.17	8	10.81	223.54	7.77	8.58
Nyctaginaceae	19	3.41	8	10.81	122.50	4.26	6.16
Ulmaceae	17	3.05	7	9.46	115.43	4.01	5.51
Sapindaceae	13	2.33	7	9.46	92.39	3.21	5.00
Apocynaceae	21	3.76	6	8.11	85.53	2.97	4.95
Polygonaceae	17	3.05	5	6.76	78.15	2.72	4.17
Boraginaceae	9	1.61	4	5.41	82.76	2.88	3.30
Anacardiaceae	2	0.36	2	2.70	8.50	0.30	1.12
Rhamnaceae	2	0.36	1	1.35	12.90	0.45	0.72
Achatocarpaceae	2	0.36	1	1.35	10.28	0.36	0.69
Solanaceae	1	0.18	1	1.35	4.77	0.17	0.57
Bignoniaceae	1	0.18	1	1.35	3.82	0.13	0.55
Cactaceae	1	0.18	1	1.35	3.82	0.13	0.55
Phytolaccaceae	1	0.18	1	1.35	3.54	0.12	0.55
Rubiaceae	1	0.18	1	1.35	2.86	0.10	0.54
Asteraceae	1	0.18	1	1.35	2.55	0.09	0.54
Celastraceae	1	0.18	1	1.35	2.50	0.09	0.54
Total general	558	100.00	74	100.00	2876.36	100.00	100.00

11.7. Lista de las familias presentes en las cortinas rompe-vientos de 70-150 m en el borde norte ; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVIF= Índice de valor de importancia por familia.

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Capparaceae	81	22.07	10	12.66	532.06	19.97	18.23
Nyctaginaceae	86	23.43	9	11.39	491.82	18.46	17.76
Fabaceae	65	17.71	10	12.66	578.03	21.69	17.35
Polygonaceae	65	17.71	10	12.66	462.78	17.37	15.91
Apocynaceae	16	4.36	6	7.59	67.64	2.54	4.83
Sterculiaceae	6	1.63	3	3.80	97.69	3.67	3.03
Boraginaceae	6	1.63	3	3.80	78.14	2.93	2.79
Achatocarpaceae	4	1.09	4	5.06	31.26	1.17	2.44
Santalaceae	4	1.09	4	5.06	25.46	0.96	2.37
Cochlospermaceae	4	1.09	3	3.80	37.24	1.40	2.09
Ulmaceae	5	1.36	3	3.80	26.09	0.98	2.05
Anacardiaceae	6	1.63	1	1.27	74.75	2.80	1.90
Rhamnaceae	3	0.82	2	2.53	23.89	0.90	1.42
Moraceae	2	0.54	2	2.53	30.03	1.13	1.40
Sapindaceae	2	0.54	2	2.53	25.83	0.97	1.35
Bignoniaceae	4	1.09	1	1.27	34.98	1.31	1.22
Rubiaceae	2	0.54	2	2.53	7.87	0.30	1.12
Cactaceae	3	0.82	1	1.27	16.56	0.62	0.90
Bombacaceae	1	0.27	1	1.27	9.87	0.37	0.64
Phytolaccaceae	1	0.27	1	1.27	6.75	0.25	0.60
Sapotaceae	1	0.27	1	1.27	6.05	0.23	0.59
Total general	367	100.00	79	100.00	2664.79	100.00	100.00

11.8. Lista de las familias presentes en las cortinas rompe-vientos de 70-150 m en el interior ; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVIF= Índice de valor de importancia por familia.

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Fabaceae	77	18.20	10	7.94	960.42	19.80	15.31
Ulmaceae	53	12.53	10	7.94	965.43	19.90	13.46
Capparaceae	63	14.89	9	7.14	421.96	8.70	10.25
Apocynaceae	35	8.27	9	7.14	608.53	12.55	9.32
Achatocarpaceae	44	10.40	10	7.94	345.83	7.13	8.49
Nyctaginaceae	33	7.80	10	7.94	309.23	6.38	7.37
Polygonaceae	19	4.49	8	6.35	255.87	5.28	5.37
Sapindaceae	16	3.78	7	5.56	111.27	2.29	3.88
Sapotaceae	11	2.60	7	5.56	117.39	2.42	3.53
Urticaceae	12	2.84	7	5.56	80.31	1.66	3.35
Phytolaccaceae	9	2.13	7	5.56	92.75	1.91	3.20
Cactaceae	10	2.36	6	4.76	114.90	2.37	3.16
Euphorbiaceae	10	2.36	4	3.17	64.94	1.34	2.29
Bombacaceae	4	0.95	3	2.38	124.14	2.56	1.96
Zygophyllaceae	4	0.95	3	2.38	99.95	2.06	1.80

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Bignoniaceae	4	0.95	4	3.17	50.93	1.05	1.72
Myrtaceae	6	1.42	2	1.59	53.79	1.11	1.37
Flacourtiaceae	3	0.71	3	2.38	14.32	0.3	1.13
Solanaceae	5	1.18	2	1.59	16.87	0.35	1.04
Santalaceae	1	0.24	1	0.79	13.05	0.27	0.43
Rubiaceae	1	0.24	1	0.79	10.82	0.22	0.42
Simaroubaceae	1	0.24	1	0.79	10.82	0.22	0.42
Caricaceae	1	0.24	1	0.79	3.5	0.07	0.37
Erythroxylacaceae	1	0.24	1	0.79	3.34	0.07	0.37
Total general	423	100	126	100	4850.39	100	100

11.9. Lista de las familias presentes en las cortinas rompe-vientos de 70-150 m en el borde sur; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVIF= Índice de valor de importancia por familia.

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Fabaceae	77	22.99	10	14.71	603.56	25.80	21.16
Nyctaginaceae	53	15.82	9	13.24	322.98	13.80	14.29
Capparaceae	51	15.22	9	13.24	314.45	13.44	13.97
Polygonaceae	30	8.96	6	8.82	226.32	9.67	9.15
Anacardiaceae	31	9.25	4	5.88	244.33	10.44	8.53
Euphorbiaceae	34	10.15	4	5.88	163.53	6.99	7.67
Ulmaceae	10	2.99	4	5.88	92.77	3.96	4.28
Sterculiaceae	11	3.28	2	2.94	105.17	4.50	3.57
Sapindaceae	6	1.79	3	4.41	68.06	2.91	3.04
Apocynaceae	9	2.69	2	2.94	33.74	1.44	2.36
Moraceae	3	0.90	3	4.41	29.73	1.27	2.19
Bignoniaceae	6	1.79	2	2.94	32.79	1.40	2.04
Phytolaccaceae	4	1.19	2	2.94	28.71	1.23	1.79
Bombacaceae	2	0.60	2	2.94	28.33	1.21	1.58
Olacaceae	3	0.90	2	2.94	18.98	0.81	1.55
Achatocarpaceae	2	0.60	2	2.94	12.92	0.55	1.36
Rhamnaceae	2	0.60	1	1.47	5.41	0.23	0.77
Solanaceae	1	0.30	1	1.47	7.91	0.34	0.70
Total general	335	100.00	68	100.00	2339.68	100.00	100.00

11.10. Lista de las familias presentes en el bosque testigo en el borde norte; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVIF= Índice de valor de importancia por familia.

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Nyctaginaceae	112	47.26	10	14.93	904.25	43.80	35.33
Capparaceae	33	13.92	9	13.43	266.36	12.90	13.42
Fabaceae	17	7.17	9	13.43	179.89	8.71	9.77
Cactaceae	15	6.33	8	11.94	139.70	6.77	8.35
Achatocarpaceae	17	7.17	7	10.45	111.69	5.41	7.68
Ulmaceae	8	3.38	4	5.97	149.21	7.23	5.52
Polygonaceae	12	5.06	2	2.99	75.18	3.64	3.90
Phytolaccaceae	4	1.69	3	4.48	50.13	2.43	2.86
Apocynaceae	4	1.69	3	4.48	34.70	1.68	2.62
Urticaceae	2	0.84	2	2.99	7.32	0.35	1.39
Bombacaceae	1	0.42	1	1.49	43.29	2.10	1.34
Moraceae	2	0.84	1	1.49	25.15	1.22	1.18
Cecropiaceae	1	0.42	1	1.49	24.19	1.17	1.03
Rutaceae	2	0.84	1	1.49	12.75	0.62	0.98
Flacourtiaceae	2	0.84	1	1.49	5.73	0.28	0.87
Opiliaceae	1	0.42	1	1.49	11.46	0.56	0.82
Malpighiaceae	1	0.42	1	1.49	8.10	0.39	0.77
Solanaceae	1	0.42	1	1.49	5.41	0.26	0.73
Rubiaceae	1	0.42	1	1.49	5.13	0.25	0.72
Sapindaceae	1	0.42	1	1.49	5.06	0.25	0.72
Total general	237	100.00	67	100.00	2064.69	100.00	100.00

11.11. Lista de las familias presentes en el bosque testigo en el interior; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVIF= Índice de valor de importancia por familia.

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Ulmaceae	37	14.07	9	9	647.88	20.94	14.67
Achatocarpaceae	51	19.39	10	10	411.11	13.29	14.23
Fabaceae	26	9.89	10	10	450.05	14.55	11.48
Nyctaginaceae	28	10.65	9	9	385.46	12.46	10.70
Apocynaceae	26	9.89	10	10	323.14	10.44	10.11
Polygonaceae	18	6.84	7	7	238.79	7.72	7.19
Capparaceae	19	7.22	7	7	205.00	6.63	6.95
Cactaceae	12	4.56	7	7	88.30	2.85	4.81
Urticaceae	6	2.28	5	5	40.53	1.31	2.86
Rutaceae	7	2.66	4	4	48.03	1.55	2.74
Sapotaceae	4	1.52	3	3	90.40	2.92	2.48
Sapindaceae	5	1.90	4	4	16.55	0.53	2.15
Phytolaccaceae	4	1.52	2	2	43.13	1.39	1.64
Bignoniaceae	5	1.90	2	2	20.24	0.65	1.52

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Boraginaceae	3	1.14	2	2	18.14	0.59	1.24
Euphorbiaceae	3	1.14	2	2	14.01	0.45	1.2
Flacourtiaceae	2	0.76	2	2	8.28	0.27	1.01
Rubiaceae	2	0.76	1	1	21.82	0.71	0.82
Bombacaceae	2	0.76	1	1	13.85	0.45	0.74
Solanaceae	1	0.38	1	1	3.5	0.11	0.5
Olacaceae	1	0.38	1	1	3.18	0.1	0.49
Simaroubaceae	1	0.38	1	1	2.55	0.08	0.49
Total general	263	100	100	100	3093.93	100	100

11.12. Lista de las familias presentes en el bosque testigo en el borde sur; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVIF= Índice de valor de importancia por familia.

Familia	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
Nyctaginaceae	203	56.86	10	17.54	1117.16	51.79	42.07
Capparaceae	57	15.97	9	15.79	246.24	11.42	14.39
Polygonaceae	38	10.64	8	14.04	230.95	10.71	11.80
Fabaceae	27	7.56	9	15.79	203.63	9.44	10.93
Apocynaceae	5	1.40	3	5.26	166.79	7.73	4.80
Santalaceae	7	1.96	6	10.53	38.08	1.77	4.75
Sapindaceae	10	2.80	5	8.77	49.96	2.32	4.63
Rhamnaceae	2	0.56	2	3.51	49.02	2.27	2.11
Bombacaceae	4	1.12	1	1.75	40.11	1.86	1.58
Opiliaceae	1	0.28	1	1.75	4.14	0.19	0.74
Rubiaceae	1	0.28	1	1.75	3.82	0.18	0.74
Sapotaceae	1	0.28	1	1.75	3.82	0.18	0.74
Simaroubaceae	1	0.28	1	1.75	3.18	0.15	0.73
Total general	357	100.00	57	100.00	2156.90	100.00	100.00

Anexo 12. Lista del Índice de Valor de Importancia por Especie (IVI)

12.1. Lista de las especies presentes en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m en el borde norte ; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVI= Índice de valor de importancia por Especie.

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Capparis retusa</i>	20	11.98	9	10.84	143.38	14.24	12.35
<i>Bougainvillea modesta</i>	24	14.37	8	9.64	118.83	11.80	11.94
<i>Leucaena leucocephala</i>	28	16.77	5	6.02	97.01	9.64	10.81
<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	15	8.98	5	6.02	111.11	11.04	8.68
<i>Bougainvillea cf. praecox</i>	13	7.78	6	7.23	86.96	8.64	7.88
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	6	3.59	5	6.02	27.48	2.73	4.12
<i>Ruprechtia triflora</i>	5	2.99	5	6.02	28.68	2.85	3.96
<i>Piptadenia viridiflora</i>	6	3.59	4	4.82	28.41	2.82	3.74
<i>Acosmium cardenasii</i>	6	3.59	3	3.61	22.60	2.24	3.15
<i>Ziziphus mistol</i>	4	2.40	3	3.61	29.53	2.93	2.98
<i>Manihot guaranítica</i>	7	4.19	2	2.41	22.10	2.20	2.93
<i>Pterogyne nitens</i>	2	1.20	2	2.41	50.20	4.99	2.86
<i>Pereskia sacharosa</i>	3	1.80	3	3.61	31.82	3.16	2.86
<i>Capparis salicifolia</i>	3	1.80	3	3.61	29.25	2.91	2.77
<i>Astronium urundeuva</i>	2	1.20	2	2.41	23.48	2.33	1.98
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	3	1.80	2	2.41	14.20	1.41	1.87
<i>Acanthosyris falcata</i>	3	1.80	1	1.20	16.05	1.59	1.53
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2	1.20	1	1.20	20.75	2.06	1.49
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	2	1.20	2	2.41	8.51	0.84	1.48
<i>Capparis speciosa</i>	2	1.20	1	1.20	15.84	1.57	1.33
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	1	0.60	1	1.20	13.14	1.31	1.04
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	1	0.60	1	1.20	11.80	1.17	0.99
<i>Bougainvillea sp.2</i>	1	0.60	1	1.20	9.14	0.91	0.90
<i>Achatocarpus praecox</i>	1	0.60	1	1.20	8.73	0.87	0.89
<i>Celtis brasiliensis</i>	1	0.60	1	1.20	8.15	0.81	0.87
<i>Neea sp.</i>	1	0.60	1	1.20	7.49	0.74	0.85
<i>Adelia spinosa</i>	1	0.60	1	1.20	6.44	0.64	0.81
<i>Reichenbachia hirsuta</i>	1	0.60	1	1.20	5.80	0.58	0.79
<i>Capparis tweediana</i>	1	0.60	1	1.20	4.80	0.48	0.76
<i>Diplokeleba floribunda</i>	1	0.60	1	1.20	2.50	0.25	0.68
<i>Mimosa detinens</i>	1	0.60	1	1.20	2.50	0.25	0.68
Total general	167	100.00	83	100.00	1006.68	100.00	100.00

12.2. Lista de las especies presentes en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m en el interior ; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVI= Índice de valor de importancia por Especie.

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Capparis retusa</i>	132	15.92	10	3.82	822.88	9.75	9.83
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	68	8.20	10	3.82	1309.03	15.51	9.18
<i>Aspidosperma pyriformium</i>	56	6.76	10	3.82	726.56	8.61	6.39
<i>Piptadenia viridiflora</i>	48	5.79	10	3.82	670.32	7.94	5.85
<i>Achatocarpus praecox</i>	59	7.12	10	3.82	435.97	5.17	5.37
<i>Urera baccifera</i>	33	3.98	10	3.82	273.02	3.23	3.68
<i>Ruprechtia triflora</i>	25	3.02	8	3.05	397.56	4.71	3.59
<i>Capparis salicifolia</i>	32	3.86	9	3.44	210.66	2.50	3.26
<i>Bougainvillea modesta</i>	23	2.77	9	3.44	286.81	3.40	3.20
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	11	1.33	7	2.67	449.39	5.32	3.11
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	22	2.65	9	3.44	222.99	2.64	2.91
<i>Acosmium cardenasii</i>	24	2.90	8	3.05	147.44	1.75	2.57
<i>Seguiera aculeata</i>	20	2.41	7	2.67	103.16	1.22	2.10
<i>Manihot guaranitica</i>	27	3.26	4	1.53	112.08	1.33	2.04
<i>Pereskia sacharosa</i>	14	1.69	7	2.67	140.72	1.67	2.01
<i>Leucaena leucocephala</i>	30	3.62	2	0.76	134.78	1.60	1.99
<i>Guapira</i> sp.	17	2.05	6	2.29	127.63	1.51	1.95
<i>Ceiba speciosa</i>	5	0.60	5	1.91	225.95	2.68	1.73
<i>Turnera weddelliana</i>	12	1.45	6	2.29	119.31	1.41	1.72
<i>Bougainvillea</i> cf. <i>praecox</i>	10	1.21	7	2.67	79.64	0.94	1.61
<i>Allophylus edulis</i>	13	1.57	6	2.29	54.87	0.65	1.50
<i>Neea</i> sp.	9	1.09	6	2.29	67.72	0.80	1.39
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	8	0.97	5	1.91	84.46	1.00	1.29
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	8	0.97	5	1.91	75.70	0.90	1.26
<i>Casearia gossypiosperma</i>	8	0.97	5	1.91	41.59	0.49	1.12
<i>Reichenbachia hirsuta</i>	7	0.84	5	1.91	47.55	0.56	1.11
<i>Opuntia brasiliensis</i>	7	0.84	5	1.91	41.43	0.49	1.08
<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	4	0.48	4	1.53	83.70	0.99	1.00
<i>Trithrinax campestris</i>	11	1.33	1	0.38	83.24	0.99	0.90
<i>Capparis tweediana</i>	6	0.72	4	1.53	37.40	0.44	0.90
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	3	0.36	3	1.15	96.60	1.14	0.88
<i>Diplokeleba floribunda</i>	4	0.48	4	1.53	52.75	0.62	0.88
<i>Ziziphus mistol</i>	3	0.36	3	1.15	86.75	1.03	0.84
<i>Celtis brasiliensis</i>	5	0.60	4	1.53	21.67	0.26	0.80
<i>Cordia alliodora</i>	3	0.36	3	1.15	22.48	0.27	0.59
<i>Maclura tinctoria</i>	2	0.24	2	0.76	63.16	0.75	0.58
<i>Capparis speciosa</i>	3	0.36	2	0.76	52.40	0.62	0.58
<i>Prockia crucis</i>	3	0.36	3	1.15	15.05	0.18	0.56
<i>Astronium urundeuva</i>	4	0.48	2	0.76	27.72	0.33	0.52
<i>Bulnesia sarmientoi</i>	2	0.24	2	0.76	43.99	0.52	0.51
<i>Randia armata</i>	7	0.84	1	0.38	24.91	0.30	0.51
<i>Margaritaria nobilis</i>	3	0.36	2	0.76	22.10	0.26	0.46
<i>Acanthosyris falcata</i>	3	0.36	2	0.76	20.56	0.24	0.46
<i>Ceiba samauma</i>	2	0.24	2	0.76	22.27	0.26	0.42

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Melicocca lepidopetala</i>	2	0.24	2	0.76	11.9	0.14	0.38
<i>Allophylus pauciflorus</i>	2	0.24	2	0.76	9.15	0.11	0.37
<i>Erythroxylum daphnites</i>	2	0.24	2	0.76	8.7	0.1	0.37
<i>Pisonia zapallo</i>	1	0.12	1	0.38	31.4	0.37	0.29
<i>Ficus citrifolia</i>	1	0.12	1	0.38	24.8	0.29	0.27
<i>Agonandra excelsa</i>	2	0.24	1	0.38	13.79	0.16	0.26
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	2	0.24	1	0.38	13.5	0.16	0.26
<i>Bigno indet.3</i>	2	0.24	1	0.38	13.05	0.15	0.26
<i>Ptilochaeta nudipes</i>	1	0.12	1	0.38	21.4	0.25	0.25
<i>Bigno indet.1</i>	2	0.24	1	0.38	7.1	0.08	0.24
<i>Solanum corumbense</i>	2	0.24	1	0.38	6.2	0.07	0.23
<i>Acacia praecox</i>	1	0.12	1	0.38	15.7	0.19	0.23
<i>Capparis coimbrana</i>	2	0.24	1	0.38	5.4	0.06	0.23
<i>Castela coccinea</i>	1	0.12	1	0.38	13.5	0.16	0.22
<i>Pterogyne nitens</i>	1	0.12	1	0.38	11.14	0.13	0.21
<i>Gallesia integrifolia</i>	1	0.12	1	0.38	8.7	0.1	0.2
<i>Cnidoscolus tubulosus</i>	1	0.12	1	0.38	6.78	0.08	0.19
<i>Machaerium scleroxylon</i>	1	0.12	1	0.38	6.7	0.08	0.19
<i>Arrabidaea fagoides</i>	1	0.12	1	0.38	5.3	0.06	0.19
<i>Eugenia ligustrina</i>	1	0.12	1	0.38	5.27	0.06	0.19
<i>Ziziphus joazeiro</i>	1	0.12	1	0.38	4.5	0.05	0.19
<i>Bigno indet.2</i>	1	0.12	1	0.38	4.3	0.05	0.18
<i>Casearia aculeata</i>	1	0.12	1	0.38	2.9	0.03	0.18
<i>Celtis pubescens</i>	1	0.12	1	0.38	2.8	0.03	0.18
Total general	829	100	262	100	8439.95	100	100

12.3. Lista de las especies presentes en las cortinas rompe-vientos de 30-49.9 m en el borde sur; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVI= Índice de valor de importancia por Especie.

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Leucaena leucocarpa</i>	2	0.24	2	0.76	18.05	0.22	0.71
<i>Bougainvillea modesta</i>	15	10.79	7	10.77	75.78	10.99	10.85
<i>Ruprechtia triflora</i>	13	9.35	7	10.77	70.84	10.27	10.13
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	12	8.63	7	10.77	68.04	9.87	9.76
<i>Manihot guaranitica</i>	11	7.91	5	7.69	46.65	6.77	7.46
<i>Piptadenia viridiflora</i>	13	9.35	4	6.15	46.73	6.78	7.43
<i>Astronium urundeuva</i>	6	4.32	3	4.62	33.66	4.88	4.60
<i>Celtis brasiliensis</i>	3	2.16	3	4.62	18.09	2.62	3.13
<i>Pterogyne nitens</i>	3	2.16	3	4.62	14.26	2.07	2.95
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	2	1.44	2	3.08	24.41	3.54	2.69
<i>Achatocarpus praecox</i>	2	1.44	2	3.08	10.68	1.55	2.02
<i>Bougainvillea cf. praecox</i>	2	1.44	2	3.08	9.62	1.40	1.97
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	2	1.44	2	3.08	8.00	1.16	1.89
<i>Cnidoscolus tubulosus</i>	2	1.44	1	1.54	9.36	1.36	1.44

<i>Cordia alliodora</i>	1	0.72	1	1.54	13.2	1.91	1.39
<i>Capparis coimbrana</i>	1	0.72	1	1.54	11.51	1.67	1.31
<i>Opuntia brasiliensis</i>	1	0.72	1	1.54	8.9	1.29	1.18
<i>Aloysia virgata</i>	1	0.72	1	1.54	7.5	1.09	1.12
<i>Adelia spinosa</i>	1	0.72	1	1.54	6.93	1.01	1.09
<i>Capparis retusa</i>	1	0.72	1	1.54	5.38	0.78	1.01
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	1	0.72	1	1.54	5	0.73	0.99
<i>Ziziphus mistol</i>	1	0.72	1	1.54	4.08	0.59	0.95
<i>Zapoteca formosa</i>	1	0.72	1	1.54	3.94	0.57	0.94
<i>Ptilochaeta nudipes</i>	1	0.72	1	1.54	3.2	0.46	0.91
<i>Reichenbachia hirsuta</i>	1	0.72	1	1.54	3.2	0.46	0.91
Total general	139	100	65	100	689.48	100	100

12.4. Lista de las especies presentes en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m en el borde norte ; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVI= Índice de valor de importancia por Especie.

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Capparis retusa</i>	113	26.71	10	7.75	694.29	24.59	19.69
<i>Bougainvillea modesta</i>	54	12.77	10	7.75	425.13	15.06	11.86
<i>Piptadenia viridiflora</i>	33	7.80	8	6.20	219.00	7.76	7.25
<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	29	6.86	9	6.98	215.14	7.62	7.15
<i>Adelia spinosa</i>	25	5.91	5	3.88	180.43	6.39	5.39
<i>Celtis brasiliensis</i>	16	3.78	7	5.43	158.51	5.61	4.94
<i>Acosmium cardenasii</i>	19	4.49	8	6.20	81.08	2.87	4.52
<i>Ruprechtia triflora</i>	18	4.26	6	4.65	126.57	4.48	4.46
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	14	3.31	4	3.10	113.59	4.02	3.48
<i>Capparis salicifolia</i>	12	2.84	6	4.65	78.92	2.80	3.43
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	9	2.13	6	4.65	75.59	2.68	3.15
<i>Leucaena leucocephala</i>	12	2.84	5	3.88	56.18	1.99	2.90
<i>Capparis tweediana</i>	10	2.36	5	3.88	60.75	2.15	2.80
<i>Achatocarpus praecox</i>	6	1.42	6	4.65	32.31	1.14	2.40
<i>Aspidosperma pyriformium</i>	7	1.65	4	3.10	30.71	1.09	1.95
<i>Reichenbachia hirsuta</i>	5	1.18	4	3.10	28.80	1.02	1.77
<i>Capparis speciosa</i>	4	0.95	4	3.10	31.85	1.13	1.72
<i>Ptilochaeta nudipes</i>	6	1.42	3	2.33	35.28	1.25	1.66
<i>Astronium urundeuva</i>	6	1.42	2	1.55	35.62	1.26	1.41
<i>Acanthosyris falcata</i>	3	0.71	2	1.55	21.69	0.77	1.01
<i>Pereskia sacharosa</i>	3	0.71	2	1.55	18.72	0.66	0.97
<i>Opuntia brasiliensis</i>	2	0.47	2	1.55	7.64	0.27	0.76
<i>Melicocca lepidopetala</i>	3	0.71	1	0.78	12.73	0.45	0.65
<i>Cordia alliodora</i>	2	0.47	1	0.78	14.01	0.50	0.58
<i>Bougainvillea sp.2</i>	2	0.47	1	0.78	7.63	0.27	0.51
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1	0.24	1	0.78	13.73	0.49	0.50
<i>Agonandra excelsa</i>	1	0.24	1	0.78	12.10	0.43	0.48
<i>Manihot guaranitica</i>	2	0.47	1	0.78	5.41	0.19	0.48

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	2	0.47	1	0.78	5.09	0.18	0.48
<i>Caesalpinia paraguariensis</i>	1	0.24	1	0.78	9.3	0.33	0.45
<i>Capparis coimbrana</i>	1	0.24	1	0.78	5.3	0.19	0.4
<i>Sorocea sprucei</i>	1	0.24	1	0.78	5.18	0.18	0.4
<i>Casearia gossypiosperma</i>	1	0.24	1	0.78	4.93	0.17	0.4
Total general	423	100	129	100	2823.22	100	100

12.5. Lista de las especies presentes en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m en el interior ; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVI= Índice de valor de importancia por Especie.

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Capparis retusa</i>	138	18.70	10	4.81	838.22	10.43	11.31
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	74	10.03	10	4.81	1339.18	16.66	10.50
<i>Achatocarpus praecox</i>	83	11.25	10	4.81	712.87	8.87	8.31
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	45	6.10	10	4.81	617.09	7.68	6.19
<i>Piptadenia viridiflora</i>	45	6.10	10	4.81	530.14	6.59	5.83
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	33	4.47	10	4.81	507.32	6.31	5.20
<i>Acosmium cardenasii</i>	30	4.07	9	4.33	527.92	6.57	4.99
<i>Bougainvillea modesta</i>	26	3.52	9	4.33	339.39	4.22	4.02
<i>Neea sp.</i>	32	4.34	9	4.33	200.37	2.49	3.72
<i>Ruprechtia triflora</i>	23	3.12	8	3.85	310.33	3.86	3.61
<i>Opuntia brasiliensis</i>	17	2.30	9	4.33	117.95	1.47	2.70
<i>Adelia spinosa</i>	28	3.79	4	1.92	173.34	2.16	2.62
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	8	1.08	5	2.40	265.15	3.30	2.26
<i>Capparis salicifolia</i>	12	1.63	8	3.85	101.29	1.26	2.24
<i>Leucaena leucocephala</i>	22	2.98	4	1.92	131.30	1.63	2.18
<i>Diplokeleba floribunda</i>	11	1.49	6	2.88	164.32	2.04	2.14
<i>Allophylus edulis</i>	16	2.17	6	2.88	79.54	0.99	2.01
<i>Ceiba speciosa</i>	6	0.81	5	2.40	211.68	2.63	1.95
<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	10	1.36	6	2.88	127.97	1.59	1.94
<i>Urera baccifera</i>	10	1.36	7	3.37	88.15	1.10	1.94
<i>Seguiera aculeata</i>	8	1.08	5	2.40	35.42	0.44	1.31
<i>Acanthosyris falcata</i>	5	0.68	5	2.40	31.24	0.39	1.16
<i>Bulnesia sarmientoi</i>	3	0.41	3	1.44	112.36	1.40	1.08
<i>Casearia gossypiosperma</i>	5	0.68	4	1.92	17.35	0.22	0.94
<i>Cereus tacuaralensis</i>	2	0.27	2	0.96	103.45	1.29	0.84
<i>Caesalpinia paraguariensis</i>	4	0.54	3	1.44	32.79	0.41	0.80
<i>Celtis brasiliensis</i>	4	0.54	3	1.44	31.02	0.39	0.79
<i>Capparis tweediana</i>	3	0.41	3	1.44	18.34	0.23	0.69
<i>Pereskia sacharosa</i>	4	0.54	2	0.96	30.00	0.37	0.63
<i>Prockia crucis</i>	5	0.68	2	0.96	18.46	0.23	0.62
<i>Capparis coimbrana</i>	4	0.54	2	0.96	18.15	0.23	0.58
<i>Ziziphus mistol</i>	2	0.27	2	0.96	22.92	0.29	0.51
<i>Solanum corumbense</i>	3	0.41	2	0.96	8.59	0.11	0.49
<i>Bougainvillea cf. praecox</i>	2	0.27	2	0.96	10.45	0.13	0.45
<i>Reichenbachia hirsuta</i>	2	0.27	2	0.96	7.06	0.09	0.44

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Melicocca lepidopetala</i>	1	0.14	1	0.48	44.88	0.56	0.39
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	1	0.14	1	0.48	41.57	0.52	0.38
<i>Agonandra excelsa</i>	2	0.27	1	0.48	19.10	0.24	0.33
<i>Ruellia sp.</i>	2	0.27	1	0.48	8.14	0.10	0.28
<i>Cordia alliodora</i>	1	0.14	1	0.48	9.87	0.12	0.25
<i>Zanthoxylum monogynum subsp.bolivianum</i>	1	0.14	1	0.48	8.10	0.10	0.24
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	1	0.14	1	0.48	6.37	0.08	0.23
<i>Cecropia concolor</i>	1	0.14	1	0.48	6.00	0.07	0.23
<i>Capparis speciosa</i>	1	0.14	1	0.48	5.41	0.07	0.23
<i>Coccoloba meissneriana</i>	1	0.14	1	0.48	4.24	0.05	0.22
<i>Randia armata</i>	1	0.14	1	0.48	3.83	0.05	0.22
Total general	738	100.00	208	100.00	8038.62	100.00	100.00

12.6. Lista de las especies presentes en las cortinas rompe-vientos de 50-69.9 m en el borde sur; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVI= Índice de valor de importancia por Especie.

Nombre científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVIF (%)
<i>Leucaena leucocephala</i>	237	42.47	10	9.80	1000.88	34.80	29.02
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	69	12.37	10	9.80	508.03	17.66	13.28
<i>Adelia spinosa</i>	71	12.72	8	7.84	361.93	12.58	11.05
<i>Capparis retusa</i>	27	4.84	7	6.86	157.32	5.47	5.72
<i>Bougainvillea modesta</i>	18	3.23	7	6.86	115.94	4.03	4.71
<i>Celtis brasiliensis</i>	17	3.05	7	6.86	115.43	4.01	4.64
<i>Piptadenia viridiflora</i>	23	4.12	4	3.92	106.90	3.72	3.92
<i>Ruprechtia triflora</i>	17	3.05	5	4.90	78.15	2.72	3.56
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	16	2.87	5	4.90	63.25	2.20	3.32
<i>Cordia alliodora</i>	9	1.61	4	3.92	82.76	2.88	2.80
<i>Capparis tweediana</i>	9	1.61	5	4.90	44.36	1.54	2.69
<i>Diplokeleba floribunda</i>	8	1.43	4	3.92	62.58	2.18	2.51
<i>Melicocca lepidopetala</i>	5	0.90	4	3.92	29.81	1.04	1.95
<i>Capparis salicifolia</i>	4	0.72	3	2.94	21.86	0.76	1.47
<i>Acosmium cardenasii</i>	5	0.90	3	2.94	16.42	0.57	1.47
<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	3	0.54	2	1.96	11.59	0.40	0.97
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	5	0.90	1	0.98	22.28	0.77	0.88
<i>Astronium urundeuva</i>	2	0.36	2	1.96	8.50	0.30	0.87
<i>Ziziphus mistol</i>	2	0.36	1	0.98	12.90	0.45	0.60
<i>Achatocarpus praecox</i>	2	0.36	1	0.98	10.28	0.36	0.57
<i>Caesalpinia paraguariensis</i>	1	0.18	1	0.98	14.77	0.51	0.56
<i>Reichenbachia hirsuta</i>	1	0.18	1	0.98	6.56	0.23	0.46
<i>Solanum riparium</i>	1	0.18	1	0.98	4.77	0.17	0.44
<i>Opuntia brasiliensis</i>	1	0.18	1	0.98	3.82	0.13	0.43
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	1	0.18	1	0.98	3.82	0.13	0.43
<i>Seguiera aculeata</i>	1	0.18	1	0.98	3.54	0.12	0.43
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	1	0.18	1	0.98	2.86	0.10	0.42

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Vernonia patens</i>	1	0.18	1	0.98	2.55	0.09	0.42
<i>Maytenus ilicifolia</i>	1	0.18	1	0.98	2.5	0.09	0.42
Total general	558	100	102	100	2876.36	100	100

12.7. Lista de las especies presentes en las cortinas rompe-vientos de 70-150 m en el borde norte ; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVI= Índice de valor de importancia por Especie.

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Bougainvillea modesta</i>	84	22.89	8	7.62	470.07	17.64	16.05
<i>Ruprechtia triflora</i>	65	17.71	10	9.52	462.78	17.37	14.87
<i>Capparis retusa</i>	60	16.35	9	8.57	413.89	15.53	13.48
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	46	12.53	9	8.57	420.91	15.80	12.30
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	11	3.00	5	4.76	53.16	1.99	3.25
<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	1.63	3	2.86	97.69	3.67	2.72
<i>Acosmium cardenasii</i>	7	1.91	4	3.81	53.83	2.02	2.58
<i>Cordia alliodora</i>	6	1.63	3	2.86	78.14	2.93	2.47
<i>Capparis salicifolia</i>	6	1.63	4	3.81	41.62	1.56	2.34
<i>Piptadenia viridiflora</i>	7	1.91	3	2.86	59.17	2.22	2.33
<i>Capparis tweediana</i>	7	1.91	4	3.81	32.60	1.22	2.31
<i>Achatocarpus praecox</i>	4	1.09	4	3.81	31.26	1.17	2.02
<i>Acanthosyris falcata</i>	4	1.09	4	3.81	25.46	0.96	1.95
<i>Capparis speciosa</i>	6	1.63	3	2.86	30.76	1.15	1.88
<i>Astronium urundeuva</i>	6	1.63	1	0.95	74.75	2.80	1.80
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	4	1.09	3	2.86	37.24	1.40	1.78
<i>Celtis brasiliensis</i>	4	1.09	3	2.86	23.55	0.88	1.61
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	5	1.36	3	2.86	14.48	0.54	1.59
<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	3	0.82	2	1.90	34.26	1.29	1.34
<i>Ziziphus mistol</i>	3	0.82	2	1.90	23.89	0.90	1.21
<i>Maclura tinctoria</i>	2	0.54	2	1.90	30.03	1.13	1.19
<i>Diplokeleba floribunda</i>	2	0.54	2	1.90	25.83	0.97	1.14
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	4	1.09	1	0.95	34.98	1.31	1.12
<i>Reichenbachia hirsuta</i>	2	0.54	2	1.90	21.75	0.82	1.09
<i>Capparis coimbrana</i>	2	0.54	2	1.90	13.19	0.50	0.98
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	2	0.54	2	1.90	7.87	0.30	0.92
<i>Leucaena leucocephala</i>	2	0.54	1	0.95	9.87	0.37	0.62
<i>Opuntia brasiliensis</i>	2	0.54	1	0.95	9.35	0.35	0.62
<i>Ceiba samauma</i>	1	0.27	1	0.95	9.87	0.37	0.53
<i>Cereus tacuaralensis</i>	1	0.27	1	0.95	7.22	0.27	0.50
<i>Seguiera aculeata</i>	1	0.27	1	0.95	6.75	0.25	0.49
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	1	0.27	1	0.95	6.05	0.23	0.48
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	1	0.27	1	0.95	2.55	0.10	0.44
Total general	367	100.00	105	100.00	2664.79	100.00	100.00

12.8. Lista de las especies presentes en las cortinas rompe-vientos de 70-150 m en el interior ; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVI= Índice de valor de importancia por Especie.

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	53	12.53	10	5.75	965.43	19.90	12.73
<i>Achatocarpus praecox</i>	44	10.40	10	5.75	345.83	7.13	7.76
<i>Capparis retusa</i>	43	10.17	9	5.17	262.46	5.41	6.92
<i>Piptadenia viridiflora</i>	31	7.33	9	5.17	338.12	6.97	6.49
<i>Aspidosperma pyriformium</i>	27	6.38	8	4.60	359.61	7.41	6.13
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	20	4.73	9	5.17	383.25	7.90	5.93
<i>Ruprechtia triflora</i>	19	4.49	8	4.60	255.87	5.28	4.79
<i>Bougainvillea modesta</i>	19	4.49	8	4.60	243.07	5.01	4.70
<i>Acosmium cardenasii</i>	23	5.44	8	4.60	195.76	4.04	4.69
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	8	1.89	6	3.45	248.92	5.13	3.49
<i>Capparis salicifolia</i>	14	3.31	8	4.60	90.36	1.86	3.26
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	11	2.60	7	4.02	117.39	2.42	3.01
<i>Urera baccifera</i>	12	2.84	7	4.02	80.31	1.66	2.84
<i>Neea</i> sp.	12	2.84	5	2.87	57.89	1.19	2.30
<i>Opuntia brasiliensis</i>	7	1.65	6	3.45	41.06	0.85	1.98
<i>Allophylus edulis</i>	9	2.13	5	2.87	39.04	0.80	1.94
<i>Ceiba speciosa</i>	4	0.95	3	1.72	124.14	2.56	1.74
<i>Sequiera aculeata</i>	6	1.42	5	2.87	26.99	0.56	1.62
<i>Bulnesia sarmientoi</i>	4	0.95	3	1.72	99.95	2.06	1.58
<i>Adelia spinosa</i>	7	1.65	2	1.15	48.38	1.00	1.27
<i>Gallesia integrifolia</i>	3	0.71	3	1.72	65.76	1.36	1.26
<i>Myrciaria cauliflora</i>	6	1.42	2	1.15	53.79	1.11	1.23
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	3	0.71	3	1.72	45.52	0.94	1.12
<i>Diplokeleba floribunda</i>	4	0.95	2	1.15	59.52	1.23	1.11
<i>Capparis speciosa</i>	3	0.71	3	1.72	36.61	0.75	1.06
<i>Manihot guaranitica</i>	3	0.71	3	1.72	16.55	0.34	0.92
<i>Casearia gossypiosperma</i>	3	0.71	3	1.72	14.32	0.30	0.91
<i>Allophylus pauciflorus</i>	3	0.71	3	1.72	12.71	0.26	0.90
<i>Solanum corumbense</i>	5	1.18	2	1.15	16.87	0.35	0.89
<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	2	0.47	2	1.15	38.20	0.79	0.80
<i>Pereskia sacharosa</i>	2	0.47	1	0.57	44.25	0.91	0.65
<i>Capparis coimbrana</i>	3	0.71	1	0.57	32.53	0.67	0.65
<i>Reichenbachia hirsuta</i>	2	0.47	2	1.15	8.28	0.17	0.60
<i>Cereus tacuaralensis</i>	1	0.24	1	0.57	29.60	0.61	0.47
<i>Acanthosyris falcata</i>	1	0.24	1	0.57	13.05	0.27	0.36
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	1	0.24	1	0.57	10.82	0.22	0.34
<i>Castela coccinea</i>	1	0.24	1	0.57	10.82	0.22	0.34
<i>Arrabidaea fagoides</i>	1	0.24	1	0.57	5.41	0.11	0.31
<i>Machaerium scleroxylon</i>	1	0.24	1	0.57	5.09	0.11	0.31
<i>Jacaratia corumbensis</i>	1	0.24	1	0.57	3.50	0.07	0.29
<i>Erythroxylum daphnites</i>	1	0.24	1	0.57	3.34	0.07	0.29
Total general	423	100.00	174	100.00	4850.39	100.00	100.00

12.9. Lista de las especies presentes en las cortinas rompe-vientos de 70-150 m en el borde sur; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVI= Índice de valor de importancia por Especie.

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Bougainvillea modesta</i>	53	15.82	9	9.38	322.98	13.80	13.00
<i>Piptadenia viridiflora</i>	36	10.75	9	9.38	324.80	13.88	11.33
<i>Capparis retusa</i>	39	11.64	9	9.38	223.95	9.57	10.20
<i>Ruprechtia triflora</i>	30	8.96	6	6.25	226.32	9.67	8.29
<i>Astronium urundeuva</i>	31	9.25	4	4.17	244.33	10.44	7.95
<i>Manihot guaranitica</i>	32	9.55	3	3.13	155.69	6.65	6.44
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	17	5.07	7	7.29	113.64	4.86	5.74
<i>Guazuma ulmifolia</i>	11	3.28	2	2.08	105.17	4.50	3.29
<i>Acosmium cardenasii</i>	10	2.99	4	4.17	50.52	2.16	3.10
<i>Celtis brasiliensis</i>	8	2.39	3	3.13	82.75	3.54	3.02
<i>Capparis salicifolia</i>	5	1.49	5	5.21	45.23	1.93	2.88
<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	6	1.79	3	3.13	60.28	2.58	2.50
<i>Capparis tweediana</i>	4	1.19	4	4.17	14.50	0.62	1.99
<i>Diplokeleba floribunda</i>	4	1.19	2	2.08	60.74	2.60	1.96
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	8	2.39	2	2.08	30.88	1.32	1.93
<i>Maclura tinctoria</i>	3	0.90	3	3.13	29.73	1.27	1.76
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	6	1.79	2	2.08	32.79	1.40	1.76
<i>Leucaena leucocephala</i>	6	1.79	2	2.08	17.83	0.76	1.55
<i>Gallesia integrifolia</i>	4	1.19	2	2.08	28.71	1.23	1.50
<i>Capparis speciosa</i>	3	0.90	2	2.08	30.78	1.32	1.43
<i>Ximena americana</i>	3	0.90	2	2.08	18.98	0.81	1.26
<i>Achatocarpus praecox</i>	2	0.60	2	2.08	12.92	0.55	1.08
<i>Pterogyne nitens</i>	2	0.60	1	1.04	36.49	1.56	1.07
<i>Ceiba speciosa</i>	1	0.30	1	1.04	17.83	0.76	0.70
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	2	0.60	1	1.04	10.02	0.43	0.69
<i>Adelia spinosa</i>	2	0.60	1	1.04	7.84	0.33	0.66
<i>Melicocca lepidopetala</i>	2	0.60	1	1.04	7.32	0.31	0.65
<i>Ziziphus mistol</i>	2	0.60	1	1.04	5.41	0.23	0.62
<i>Ceiba samauma</i>	1	0.30	1	1.04	10.50	0.45	0.60
<i>Solanum corumbense</i>	1	0.30	1	1.04	7.91	0.34	0.56
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	1	0.30	1	1.04	2.86	0.12	0.49
Total general	335	100.00	96	100.00	2339.68	100.00	100.00

12.10. Lista de las especies presentes en el bosque testigo en el borde norte; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVI= Índice de valor de importancia por Especie.

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Bougainvillea modesta</i>	74	31.22	10	11.49	707.66	34.27	25.66
<i>Reichenbachia hirsuta</i>	38	16.03	9	10.34	196.59	9.52	11.97
<i>Capparis retusa</i>	24	10.13	8	9.20	184.23	8.92	9.41
<i>Achatocarpus praecox</i>	17	7.17	7	8.05	111.69	5.41	6.88
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	13	5.49	7	8.05	137.09	6.64	6.72
<i>Opuntia brasiliensis</i>	10	4.22	6	6.90	64.52	3.13	4.75
<i>Capparis salicifolia</i>	7	2.95	5	5.75	72.91	3.53	4.08
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	5	2.11	3	3.45	127.96	6.20	3.92
<i>Ruprechtia triflora</i>	12	5.06	2	2.30	75.18	3.64	3.67
<i>Aspidosperma pyriformium</i>	4	1.69	3	3.45	34.70	1.68	2.27
<i>Piptadenia viridiflora</i>	3	1.27	3	3.45	39.62	1.92	2.21
<i>Cereus tacuaralensis</i>	3	1.27	2	2.30	35.33	1.71	1.76
<i>Pereskia sacharosa</i>	2	0.84	2	2.30	39.84	1.93	1.69
<i>Celtis brasiliensis</i>	3	1.27	2	2.30	21.25	1.03	1.53
<i>Seguiera aculeata</i>	2	0.84	2	2.30	18.30	0.89	1.34
<i>Ceiba speciosa</i>	1	0.42	1	1.15	43.29	2.10	1.22
<i>Gallesia integrifolia</i>	2	0.84	1	1.15	31.83	1.54	1.18
<i>Urera baccifera</i>	2	0.84	2	2.30	7.32	0.35	1.17
<i>Ficus citrifolia</i>	2	0.84	1	1.15	25.15	1.22	1.07
<i>Cecropia concolor</i>	1	0.42	1	1.15	24.19	1.17	0.91
<i>Zanthoxylum monogynum</i> subsp. <i>bolivianum</i>	2	0.84	1	1.15	12.75	0.62	0.87
<i>Casearia gossypiosperma</i>	2	0.84	1	1.15	5.73	0.28	0.76
<i>Agonandra excelsa</i>	1	0.42	1	1.15	11.46	0.56	0.71
<i>Ptilochaeta nudipes</i>	1	0.42	1	1.15	8.10	0.39	0.65
<i>Solanum corumbense</i>	1	0.42	1	1.15	5.41	0.26	0.61
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	1	0.42	1	1.15	5.13	0.25	0.61
<i>Allophylus pauciflorus</i>	1	0.42	1	1.15	5.06	0.25	0.61
<i>Capparis speciosa</i>	1	0.42	1	1.15	4.77	0.23	0.60
<i>Capparis tweediana</i>	1	0.42	1	1.15	4.46	0.22	0.60
<i>Pterogyne nitens</i>	1	0.42	1	1.15	3.18	0.15	0.58
Total general	237	100.00	87	100.00	2064.69	100.00	100.00

12.11. Lista de las especies presentes en el bosque testigo en el interior; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVI= Índice de valor de importancia por Especie.

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	37	14.07	9	7.56	647.88	20.94	14.19
<i>Achatocarpus praecox</i>	51	19.39	10	8.40	411.11	13.29	13.69
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	25	9.51	10	8.40	276.98	8.95	8.95
<i>Bougainvillea modesta</i>	16	6.08	7	5.88	309.73	10.01	7.33
<i>Ruprechtia triflora</i>	18	6.84	7	5.88	238.79	7.72	6.81
<i>Capparis retusa</i>	11	4.18	7	5.88	97.50	3.15	4.41
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	9	3.42	5	4.20	157.25	5.08	4.24
<i>Piptadenia viridiflora</i>	8	3.04	5	4.20	97.99	3.17	3.47
<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	7	2.66	4	3.36	129.55	4.19	3.40
<i>Opuntia brasiliensis</i>	10	3.80	5	4.20	58.73	1.90	3.30
<i>Urera baccifera</i>	6	2.28	5	4.20	40.53	1.31	2.60
<i>Zanthoxylum monogynum subsp.bolivianum</i>	7	2.66	4	3.36	48.03	1.55	2.53
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	4	1.52	3	2.52	90.40	2.92	2.32
<i>Reichenbachia hirsuta</i>	7	2.66	3	2.52	25.35	0.82	2.00
<i>Capparis salicifolia</i>	5	1.90	2	1.68	63.26	2.04	1.88
<i>Neea</i> sp.	3	1.14	3	2.52	29.06	0.94	1.53
<i>Arrabidaea fagooides</i>	5	1.90	2	1.68	20.24	0.65	1.41
<i>Capparis speciosa</i>	2	0.76	2	1.68	40.74	1.32	1.25
<i>Cordia alliodora</i>	3	1.14	2	1.68	18.14	0.59	1.14
<i>Pereskia sacharosa</i>	2	0.76	2	1.68	29.57	0.96	1.13
<i>Adelia spinosa</i>	3	1.14	2	1.68	14.01	0.45	1.09
<i>Gallesia integrifolia</i>	3	1.14	1	0.84	39.00	1.26	1.08
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	1	0.38	1	0.84	46.15	1.49	0.90
<i>Casearia gossypiosperma</i>	2	0.76	2	1.68	8.28	0.27	0.90
<i>Machaerium scleroxylon</i>	1	0.38	1	0.84	45.84	1.48	0.90
<i>Allophylus edulis</i>	2	0.76	2	1.68	6.68	0.22	0.89
<i>Allophylus pauciflorus</i>	2	0.76	2	1.68	6.37	0.21	0.88
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	2	0.76	1	0.84	21.82	0.71	0.77
<i>Guapira</i> sp.	2	0.76	1	0.84	21.33	0.69	0.76
<i>Acosmium cardenasii</i>	1	0.38	1	0.84	19.42	0.63	0.62
<i>Ceiba speciosa</i>	1	0.38	1	0.84	8.75	0.28	0.50
<i>Ceiba samauma</i>	1	0.38	1	0.84	5.09	0.16	0.46
<i>Seguiera aculeata</i>	1	0.38	1	0.84	4.14	0.13	0.45
<i>Capparis tweediana</i>	1	0.38	1	0.84	3.50	0.11	0.44
<i>Diplokeleba floribunda</i>	1	0.38	1	0.84	3.50	0.11	0.44
<i>Solanum corumbense</i>	1	0.38	1	0.84	3.50	0.11	0.44
<i>Ximenia americana</i>	1	0.38	1	0.84	3.18	0.10	0.44
<i>Castela coccinea</i>	1	0.38	1	0.84	2.55	0.08	0.43
Total general	263	100.00	119	100.00	3093.93	100.00	100.00

12.12. Lista de las especies presentes en el bosque testigo en el borde sur; en la Propiedad Agrícola San Rafael. Abreviaciones: AA= Abundancia absoluta, AR= Abundancia relativa, FA= Frecuencia absoluta, FR= Frecuencia relativa, DA= Dominancia absoluta, DR= Dominancia relativa, IVI= Índice de valor de importancia por Especie.

Nombre Científico	AA	AR (%)	FA	FR (%)	DA	DR (%)	IVI (%)
<i>Bougainvillea modesta</i>	203	56.86	10	14.93	1117.16	51.79	41.19
<i>Capparis retusa</i>	45	12.61	8	11.94	191.70	8.89	11.14
<i>Ruprechtia triflora</i>	38	10.64	8	11.94	230.95	10.71	11.10
<i>Piptadenia viridiflora</i>	15	4.20	6	8.96	91.87	4.26	5.81
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	4	1.12	3	4.48	163.61	7.59	4.39
<i>Acanthosyris falcata</i>	7	1.96	6	8.96	38.08	1.77	4.23
<i>Capparis speciosa</i>	8	2.24	4	5.97	40.90	1.90	3.37
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	6	1.68	3	4.48	77.81	3.61	3.26
<i>Diplokeleba floribunda</i>	6	1.68	3	4.48	30.31	1.41	2.52
<i>Ziziphus mistol</i>	2	0.56	2	2.99	49.02	2.27	1.94
<i>Ceiba samauma</i>	4	1.12	1	1.49	40.11	1.86	1.49
<i>Lonchocarpus nudiflorens</i>	5	1.40	1	1.49	29.49	1.37	1.42
<i>Capparis tweediana</i>	2	0.56	2	2.99	7.28	0.34	1.29
<i>Capparis salicifolia</i>	2	0.56	2	2.99	6.37	0.30	1.28
<i>Melicocca lepidopetala</i>	3	0.84	1	1.49	15.81	0.73	1.02
<i>Pterogyne nitens</i>	1	0.28	1	1.49	4.46	0.21	0.66
<i>Agonandra excelsa</i>	1	0.28	1	1.49	4.14	0.19	0.65
<i>Allophylus edulis</i>	1	0.28	1	1.49	3.83	0.18	0.65
<i>Randia armata</i>	1	0.28	1	1.49	3.82	0.18	0.65
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	1	0.28	1	1.49	3.82	0.18	0.65
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	1	0.28	1	1.49	3.18	0.15	0.64
<i>Castela coccinea</i>	1	0.28	1	1.49	3.18	0.15	0.64
Total general	357	100.00	67	100.00	2156.90	100.00	100.00

Anexo 13. Análisis de varianza (ANOVA de un factor) de DAP promedio y Dap máximo.

		Descriptivos							
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
		Lím. Inf.	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Lím. Inf.	Lím. Sup.
Dap promedio	BN	15	6.704285386	1.34186802	0.346468833	5.96118365	7.447387127	3.85294	8.78401
	BS	15	5.687182188	1.08306065	0.279645058	5.08740319	6.286961186	4.09554	7.56822
	I	15	11.07699938	1.22415602	0.316075726	10.3990844	11.75491439	8.78271	12.70128
	Total	45	7.822822318	2.64848547	0.394812904	7.02712919	8.618515443	3.85294	12.70128
Dap máximo	BN	15	24.77316784	13.5346028	3.494619422	17.2779546	32.26838106	6.2	55.70423
	BS	15	20.36672826	15.9018919	4.10585083	11.5605541	29.17290246	6.56	64.61691
	I	15	67.91743902	12.6117017	3.256327368	60.9333114	74.90156661	46.1549	87.85353
	Total	45	37.68577838	25.6909623	3.829782539	29.9673588	45.40419792	6.2	87.85353

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Dap promedio	Inter-grupos	246.0262798	2	123.0131399	82.51876	2.826E-15
	Intra-grupos	62.6106338	42	1.490729376		
	Total	308.6369136	44			
Dap máximo	Inter-grupos	20709.5747	2	10354.78735	52.1993	4.092E-12
	Intra-grupos	8331.549212	42	198.3702193		
	Total	29041.12391	44			

Pruebas post hoc

Dap promedio

Duncan

Pos-Num	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
Borde sur	15	5.68718219		
Borde norte	15		6.7043	
Interior	15			11.07699938
Sig.		1	1	1

Dap máximo

Duncan

Pos-Num	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
Borde sur	15	20.3667283	
Borde norte	15	24.7731678	
Interior	15		67.91743902
Sig.		0.39641705	1

Anexo 14. Análisis de varianza (ANOVA de un factor) de área basal.

Posición

Descriptivos

Area basal

	N	Media		Desviación típica		Error típico		Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
		Lím. Inf.	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Lím. Inf.	Lím. sup.		
Borde norte	15	0.468204418	0.395794675	0.102193746	0.249020633	0.687388203	0.02167935	1.3495453			
Borde sur	15	0.35716801	0.328610931	0.084846978	0.175189342	0.539146678	0.02041708	0.9637821			
Interior	15	2.629446935	0.641876211	0.165731725	2.273987738	2.984906132	1.35698446	3.7069126			
Total	45	1.151606455	1.155085199	0.172189935	0.804580443	1.498632466	0.02041708	3.7069126			

ANOVA

Area basal

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	49.23274905	2	24.61637453	109.14	2.31182E-17
Intra-grupos	9.473010934	42	0.225547879		
Total	58.70575999	44			

Pruebas post hoc

Duncan

Pos-Num	N	Subconjunto para alfa = .05	
	1	1	2
Borde sur	15	0.35716801	
Borde norte	15	0.46820442	
Interior	15		2.629446935
Sig.		0.52546209	1

Tamaño

Descriptivos

Area basal

	N	Media		Desviación típica		Error típico		Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
		Lím. Inf.	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Lím. Inf.	Lím. Sup.		
30-49.9 m	15	0.95276039	1.30052377	0.335793793	0.232554332	1.672966447	0.021496	3.706913			
50-69.9 m	15	1.122474453	1.23587113	0.319100553	0.438071836	1.806877071	0.020417	3.577171			
70-150 m	9	1.308983437	1.0531167	0.351038901	0.499486279	2.118480595	0.323467	3.129204			
Bosque testigo	6	1.485486145	0.80912057	0.330322089	0.636366183	2.334606106	0.83014	2.843503			
Total	45	1.151606455	1.1550852	0.172189935	0.804580443	1.498632466	0.020417	3.706913			

ANOVA

Area basal

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1.497587982	3	0.499195994	0.357764	0.783777441
Intra-grupos	57.20817201	41	1.395321268		
Total	58.70575999	44			