

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION
ESCUELA DE POSGRADUADOS

**EFFECTO DE BORDE SOBRE LA DIVERSIDAD VEGETAL DEL
PARQUE NACIONAL PALO VERDE, COSTA RICA**

POR

GUILLERMO THIELE

CATIE

Turrialba, Costa Rica
2000

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

✓ EFECTO DE BORDE SOBRE LA DIVERSIDAD VEGETAL DEL PARQUE
NACIONAL PALO VERDE, COSTA RICA

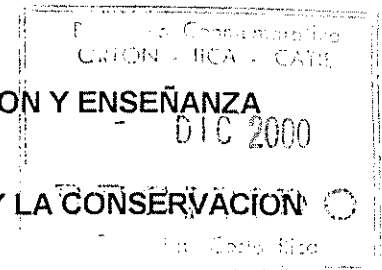
Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de
Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar por el grado de:

Magister Scientiae

Por

Guillermo Thiele

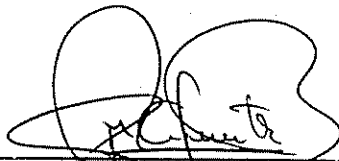
Turrialba, Costa Rica
2000



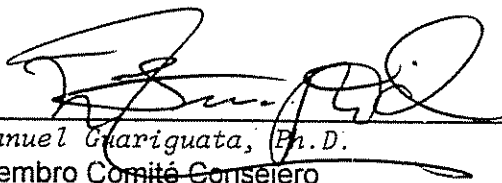
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgraduados del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

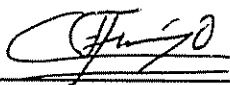
FIRMANTES:



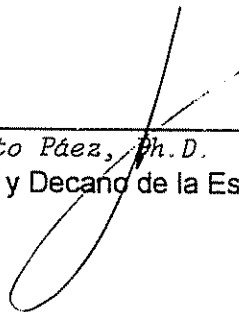
Miguel Cifuentes, M.Sc.
Consejero Principal



Manuel Guariguata, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Francisco Jiménez, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Gilberto Páez, Ph.D.
Director y Decano de la Escuela de Posgraduados



Guillermo Thiele Mora
Candidato

DEDICATORIA

A Laura, quien siempre me apoyó durante estos dos largos años.

El tiempo es el mejor maestro, pero tiende a matar a sus estudiantes.

Visión-1984

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor consejero, el M.Sc. Miguel Cifuentes, el mayor de los agradecimientos por sus consejos, su paciencia y por haberme ofrecido la oportunidad de realizar un trabajo de mi interés.

Al Ph.D. Manuel Guariguata miembro del comité de tesis, que con su capacidad de simplificar las cosas me ayudo a definir mi anteproyecto muy claramente.

Al Ph.D. Fransisco Jiménez por su apoyo y tutela en los temas microclimáticos fundamentales para el análisis de mi tesis.

Al Ph.D. Gilberto Páez por su gran interés en que se realizara el mejor trabajo posible durante el proyecto de investigación de la Tesis.

Al M.Sc. Jhonny Pérez por su gran ayuda a la hora de realizar los análisis estadísticos microclimáticos.

Al Lic. Hugo Brenes, por su ayuda y disposición al realizar análisis estadísticos vegetales.

Al M.Sc. Diego Delgado, que siempre estuvo dispuesto a prestar su colaboración y brindar su amistad.

Al M.Sc. Federico Bolaños, por sus colaboraciones en cuanto al análisis de los datos de mi tesis.

Al Ph. D. Eugenio González Director de la Estación Biológica de Palo Verde, por su apoyo incondicional durante el transcurso de la investigación.

Al personal de la Estación Biológica de Palo Verde, en especial a Salomón, a Nicole, a Mauricio y a Chico, los cuales me brindaron su compañía durante el transcurso de la investigación y su amistad.

Al personal de Parques Nacionales por su amplia cooperación, durante el trabajo de campo.

Al donador Proyecto Río Lajas por la beca brindada, la cual fue indispensable para realizar mis estudios de Maestría.

Al personal de la WWF por su atenta disposición de prestar ayuda en cualquier momento, en especial a Elvia y a Ana Cristina, la cual siempre fue muy valiosa.

A mis compañeros del área de manejo de bosques, por su gran compañía, en especial a Carlitos, Beatriz, John Mario, Germán y Román.

A compañeros que brindaron gran ayuda y apoyo durante los difíciles momentos en estos dos años, a Gaby Linda, Solhanlle, Ixchel, Maybelyn, Elda y Jaime.

Al personal de la Biblioteca Orton por su grata atención, en especial a Doña Anne, a Juan, a Kattia, a Javier, a Alex y a Rigo.

Al personal de CATIE, en especial a Rosemary, Jeannette, Lucy, Molina, Emilio, Lorena, Noyle, Marta y Alfonso

A los profesores, Bryan Finegan, Luko Hilje, J.J. Campos, Sergio Velazquez, Juan Aguirre, Daniel Marmillod, Hernán Solís, Manuel Guariguata y Miguel Cifuentes.

BIOGRAFÍA

Guillermo Thiele nació en Costa Rica, segundo hijo de una familia de siete, de pequeño visitaba muy frecuentemente la finca familiar situada en La Suiza de Turrialba, donde de pequeño tomo gran aprecio por el campo, disfrutó de días arreando ganado y recorriendo los potreros. Lo que más le gustaba era ir a un pequeño riachuelo rodeado de vegetación, donde pasaba gran cantidad de su tiempo, admirando y disfrutando de la compañía de insectos y especies vegetales.

En el paso por el Colegio Calasanz desarrolló su gusto por las ciencias básicas en especial Química, luego cuando entró a la Universidad de Costa Rica, terminó decidiéndose por la Biología, carrera que le brindó grandes oportunidades de realizar investigaciones y de pasar mucho tiempo en el bosque.

Durante el tiempo que estudió en la Universidad de Costa Rica, impartió clases en el Laboratorio de Biología General, para el cual elaboró el novedoso manual del instructor, manual que fue una innovación y de gran ayuda para la Cátedra de Biología General de la Universidad de Costa Rica.

Luego de terminar sus estudios en Biología donde obtuvo el bachillerato, empezó sus estudios de Licenciatura en el campo de Interpretación Ambiental, estudios que piensa retomar cuando termine la Maestría en el CATIE.

La Licenciatura anteriormente nombrada quedó inconclusa debido a la gran oportunidad que le ofrecía el CATIE, donde en poco tiempo (2 años) podría obtener un título de Maestría en una institución de gran reconocimiento y respaldo Mundial

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
BIOGRAFÍA	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
RESUMEN	xi
LISTA DE CUADROS	xv
LISTA DE FIGURAS	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS	xvii
LISTA DE ANEXOS	xviii
1 INTRODUCCIÓN	
1.1 El Problema	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Hipótesis	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 Las áreas protegidas en Costa Rica	4
2.2 El manejo de las áreas protegidas	4
2.3 El bosque tropical seco	5
2.4 La fragmentación	7
2.5 Los efectos de borde	9
2.6 El microclima	11
2.7 Premisas	12

3	MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1	Descripción del área de estudio	14
3.1.1	Descripción del área de estudio con énfasis en factores físico - biológicos	14
3.1.1.1	Geología	14
3.1.1.2	Geomorfología	14
3.1.1.3	Hidrología	15
3.1.1.4	Clima	16
3.1.1.5	Precipitación	16
3.1.1.6	Temperatura	17
3.1.1.7	Evapotranspiración potencial	17
3.1.1.8	Suelos	17
3.1.1.9	Vientos	18
3.1.2	Descripción del área de estudio con base en la biota	19
3.1.2.1	Comunidades naturales	19
3.1.2.2	Las asociaciones naturales	19
3.1.2.2.1	Manglar	19
3.1.2.2.2	Bosque anegado	20
3.1.2.2.3	Bosque siempre verde	20
3.1.2.2.4	Bosque deciduo de bajura	20
3.1.2.2.5	Bosque deciduo de Cerro Calizo	20
3.1.2.2.6	Matorral espinoso	21
3.1.2.2.7	Potreros y charrales	21
3.1.2.2.8	Pantano	21
3.1.2.2.9	Bosque secundario	22
3.1.2.3	Uso de la tierra	
3.1.2.3.1	Grado general de utilización de la tierra	22
3.1.2.3.2	Tenencia de la tierra	22
3.1.2.3.3	Producción ganadera	22
3.1.2.3.4	Producción de granos	23

3.1.2.3.4.1	El cultivo del arroz	23
3.1.2.3.5	Cultivos permanentes	25
3.1.2.3.6	Bosques	25
3.1.2.3.7	Impactos de proyectos programados aledaños al refugio	26
3.2	POBLACIÓN Y MUESTREO	
3.2.1	Equipos para la medición de las variables microclimáticas	27
3.2.2	Equipos para la medición de las variables vegetales	28
3.3	MÉTODO DE MUESTREO	29
3.4	Determinación del efecto abiótico de borde	30
3.5	Determinación de la diversidad vegetal	31
3.4	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	33
3.4.1	Análisis de variables microclimáticas	33
3.4.2	Análisis de variables vegetales	34
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1	VARIABLES MICROCLIMÁTICAS	36
4.1.1	Comparación entre los controles y los respectivos usos de la tierra	36
4.1.2	Correlación entre las variables microclimáticas	41
4.1.3	Determinación de la distancia a la cual llega el efecto de borde	41
4.1.3.1	Sitio bosque-ganado	41
4.1.3.2	Sitio bosque-arroz	44
4.1.4	Comparación del efecto de borde entre el bosque-arroz y el bosque-ganado	46
4.2	VARIABLES VEGETALES	48
4.2.1	Datos generales de los sitios muestrados	48
4.2.2	Comparación entre sitios muestreados	48
4.2.3	Efecto de borde sobre las variables vegetales	50

4.2.4	Efecto del borde en los transectos muestreados sobre la diversidad	52
4.2.5	Efecto de la distancia sobre las variables vegetales	53
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
6	LITERATURA CITADA	59
7	ANEXOS	72
7.1	Método para determinar el efecto de borde	98

Thiele, G.M. 2000. Efecto de borde sobre la diversidad vegetal del Parque Nacional Palo Verde, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

RESUMEN

El parque nacional Palo Verde preserva una muestra importante de bosque tropical seco fragmentado, donde las especies de árboles presentes se encuentran dispersas o formando bloques aleatorios, y las especies raras se encuentran más agrupadas que las demás (Hubbell 1979), lo cual indica la fragilidad de este bosque.

El problema consiste en que las áreas protegidas están aisladas entre si, rodeadas en su mayoría por propiedades privadas que tienen diferentes usos de la tierra (McCoy *et al* 1995), los cuales afectan en diferentes modos la calidad del ambiente y con ello a los organismos que se desean preservar dentro de las áreas protegidas.

La fragmentación del hábitat produce el llamado efecto de borde, con lo cual las poblaciones de animales y plantas no solamente se ven reducidas y subdivididas, sino expuestas en forma creciente a los cambios ecológicos inducidos por los bordes (Wilcove *et al* 1986, Kadmon y Pulliam 1993). Es razonable esperar que los gradientes microclimáticos de los bordes de bosque afecten un amplio rango de especies forestales y lleven a un correspondiente gradiente de abundancia de determinadas especies (Matlack 1994).

En Palo Verde se encontró que para el bosque adyacente a los pastizales dedicados al engorde de ganado (cuyo borde estaba orientado al norte), la distancia a la que se dió la inflexión de la curva fue de 45 m, a partir de este punto no se estableció la estabilidad esperada pero se dieron variaciones y un comportamiento opuesto. En ese mismo Parque Nacional en otro bosque que estaba adyacente a los sembradíos de arroz (con el borde orientado hacia el este) la distancia fue de 35 m.

Las diferencias se deben a varios factores, la orientación de los bordes, el uso de la tierra, el efecto del viento (Stoutjesdijk y Barkman 1992, Matlack 1993, Murcia 1995, Bennett 1999) y

su efecto sobre el microclima (Geiger 1975, Rosenberg *et al* 1983, Chen *et al* 1992, Stoutjesdijk y Barkman 1992, Lowman y Nadkarni 1995, Murcia 1995, Laurance 1997) y la estructura y composición de cada bosque.

Las variables vegetales afectadas por el efecto de borde, fueron diferentes en cada bosque muestreado, para el adyacente a los pastizales, se determinaron cambios en la cantidad de individuos, en el diámetro a la altura del pecho (dap) promedio y sobre la diversidad vegetal de especies con un dap \geq 2,5 cm. Para el bosque adyacente al cultivo del arroz solamente se dieron cambios en la cantidad de individuos, además fue en el este bosque que se observó la presencia de claros en el sector afectado por el borde.

Para proteger la diversidad de las áreas protegidas debe establecerse una adecuada zonificación, donde se desarrollen procesos científicos para determinar el tamaño de la zona de amortiguamiento, cuyo fin es proteger a las especies dentro del área protegida, de la competencia y efecto de los cambios en los usos de la tierra provocados por el hombre.

Lo que debe hacerse, es implementar un plan de acción donde las propiedades vecinas a las áreas protegidas, dediquen una porción de su tierra, la que está limitando con el área protegida a programas de reforestación o que dejen que opere la sucesión secundaria, para crear una zona de amortiguamiento, que pertenecerá al propietario de la tierra y que deberá tener igual ancho que la distancia a la cual llega el efecto de borde. Con el fin de impedir que el efecto de borde tenga efectos sobre la diversidad vegetal de área protegida.

Thiele, G.M. 2000. Edge effect on the plant diversity in Palo Verde National Park, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

SUMMARY

Palo Verde National Park has an important patch of dry tropical forest that is fragmented, where the tree species are dispersed or forming randomly blocks or grouped in case of the rare ones (Hubbell 1979), that means the fragility of this forest.

The trouble is that the protected areas are isolated between them, surrounded by private properties that has different land uses (McCoy *et al* 1995), that affect in different ways the environmental quality and the organisms that they want to preserve into the protected areas.

The habitat fragmentation produces the edge effect, with this effect the animal and plant poblations not only been reduced and subdivided, also exposed in a growing way to the ecological changes led by the edges (Wilcove *et al* 1986, Kadmon y Pulliam 1993). Is reasonable wait that the microclimatic gradients of the edges of the forests affect a wide range of forest species and produce a corresponding gradient in the abundance of some species (Matlack 1994).

In Palo Verde founded for the forest adjacent to the pasture dedicated to the livestock fattening (which edge is north faced), the distance where the curve change his behaviour was 45 m, from this point started some variations but no establiity was founded, only opositive behaviour of the values inthe curve. In this same park, another forest which was adjacent to a rice fields (which edge is east faced) the distance of the edge effect was 35 m.

The differences belong to different factors, the orientation of the edge, the land use, the wind effect (Stoutjesdijk y Barkman 1992, Matlack 1993, Murcia 1995, Bennett 1999) and his effect over the microclimate (Geiger 1975, Rosenberg *et al* 1983, Chen *et al* 1992, Stoutjesdijk y Barkman 1992, Lowman y Nadkarni 1995, Murcia 1995, Laurance 1997) and finally the structure and composition of each forest.

The vegetal variables affected by the edge effect was different in each sampled forest, in the forest adjacent to the pasture, founded changes in number of stems, in the diameter at breast height (dap) and over the vegetal diversity of species with a dap $\geq 2,5$ cm. For the forest adjacent to the rice fields only show changes in the number of stems, also in this forest has seen the presence of gaps in the sector affected by the edge.

To protect the diversity of the protected areas, has to establish an adecuated zonification, where are built scientific process to estimate the size of the buffer zone, that wants to protect the species into the protected area, of the competition and the effect of the changes in the land uses led by the man.

The thing that we to do is to introduce an action plan, where the properties in the neighbor of protected areas, spend a piece of his land, the one that is adjacent to the protected area in reforestation programs or only that they led the secondary regrowth acts, to create a buffer zone, that belongs to the owner of the land and has the same wide as the zone affected by the edge effect. That is going to protect the forests from edge effect and his effects over the plant diversity.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Diferencias en variables microclimáticas para el pastizal y el control-ganado	36
Cuadro 2. Diferencias en variables microclimáticas para el arroz y el control-arroz	38
Cuadro 3. Cantidad de individuos agrupados taxonómicamente por sitio.	48
Cuadro 4. Coeficientes de similitud de Czekanowski	49
Cuadro 5. Índice de Morisita para la diversidad por distancia en el bosque-ganado	52
Cuadro 6. Índice de Morisita para la diversidad por distancia en el bosque-arroz	53
Cuadro 7. Familias, géneros e individuos encontrados en el sitio control-ganado	72
Cuadro 8. Familias, géneros e individuos encontrados en el sitio control-arroz	73
Cuadro 9. Familias, géneros e individuos encontrados en el sitio bosque-ganado	74
Cuadro 10. Familias, géneros e individuos encontrados en el sitio bosque-arroz	76
Cuadro 11. Especies y diámetros encontrados en el sitio bosque-ganado	77
Cuadro 12. Especies y diámetros encontrados para el bosque-arroz	84
Cuadro 13. Especies y diámetros encontrados en el sitio control-ganado	90
Cuadro 14. Especies y diámetros encontrados en el sitio control-arroz	92

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1	El cultivo de arroz alrededor de Palo Verde	94
Fig. 2	Refugio de fauna silvestre Rafael Lucas Rodríguez "Palo Verde"	95
Fig. 3	Ubicación de sitios de muestreo	29
Fig. 4	Método de muestreo	32
Fig. 5	Efectos de borde sobre variables microclimáticas	96
Fig. 6	Patrones hipotéticos de los efectos de borde	97
Fig. 7	Temperatura a 1,5 del bosque-ganado	42
Fig. 8	Humedad a 1,5 del bosque-ganado	42
Fig. 9	Temperatura a 0,2 del bosque-ganado	42
Fig. 10	Humedad a 0,2 del bosque-ganado	42
Fig. 11	RAFA del bosque-ganado	42
Fig. 12	Cobertura del bosque-ganado	42
Fig. 13	Temperatura a 1,5 del bosque-arroz	45
Fig. 14	Humedad a 1,5 del bosque-arroz	45
Fig. 15	Temperatura a 0,2 del bosque-arroz	45
Fig. 16	Humedad a 0,2 del bosque-arroz	45
Fig. 17	RAFA del bosque-arroz	45
Fig. 18	Cobertura del bosque-arroz	45

LISTA DE ABREVIATURAS

- Cobertura.** es la cobertura del dosel medida a 1,5 m de altura
- RAFA.** radiación fotosintéticamente activa medida a 1,5 de altura
- T 1,5.** temperatura relativa medida a 1,5 m de altura
- T 0,2.** temperatura relativa medida a 0,2 m de altura
- H 1,5.** humedad relativa medida a 1,5 m de altura
- H 0,2.** humedad relativa medida a 0,2 m de altura

LISTA DE ANEXOS

Método simple para determinar el efecto de borde en áreas protegidas	98
--	----

1. INTRODUCCIÓN

1.1 EL PROBLEMA

Costa Rica, como país neotropical, tiene una enorme diversidad para la pequeña cantidad de terreno que posee. Esta diversidad está en peligro de perderse sin que haya sido estudiada debido a las altas tasas de deforestación, la conversión de las tierras forestales a tierras con fines agrícolas y las quemas incontroladas (Sader y Joyce 1988, Lugo 1995). Para conservar esta diversidad se han creado áreas protegidas, buscando preservar muestras representativas de los ecosistemas, especies en peligro de extinción y procesos ecológicos, presentes en el país.

El problema consiste en que las áreas protegidas están aisladas entre sí, rodeadas en su mayoría por propiedades privadas que tienen diferentes usos de la tierra, los cuales afectan en diferentes modos la calidad del ambiente y con ello a los organismos que se desean preservar dentro de las áreas protegidas. El parque nacional Palo Verde preserva una muestra importante de bosque tropical seco fragmentado, donde las especies de árboles presentes se encuentran dispersas o formando bloques aleatorios, y las especies raras se encuentran más agrupadas que las demás (Hubbell 1979), lo cual indica la fragilidad de este bosque.

La fragmentación del hábitat produce el llamado efecto de borde, con lo cual las poblaciones de animales y plantas no solamente se ven reducidas y subdivididas, sino expuestas en forma creciente a los cambios ecológicos inducidos por los bordes (Wilcove *et al* 1986). Es razonable esperar que los gradientes microclimáticos de los bordes de bosque afecten un amplio rango de especies forestales y lleven a un correspondiente gradiente de abundancia de determinadas especies (Matlack 1994).

1.2 JUSTIFICACIÓN

En los últimos decenios, el hombre ha modificado aceleradamente el equilibrio de la naturaleza (UNESCO 1980, Lugo 1995), que está siendo afectado por la pérdida y degradación de sus recursos fundamentales; genes, especies, hábitats y ecosistemas.

Este hecho ha llevado a algunos científicos a predecir que si se continúa con el actual rumbo de desarrollo, más de 25% de las especies mundiales podrían extinguirse durante las siguientes décadas, esto acompañado por una alarmante degradación de los hábitats y los ecosistemas (Wilson 1985). Los cambios en la biodiversidad, afectan varias funciones de los ecosistemas y se desconoce el modo en que estos responden a estas alteraciones, lo cual ocurre a varias escalas espaciales y temporales, y a lo largo de todos los niveles de organización biológica (Risser 1994). Debe recordarse que los sistemas ambientales mundiales son mecanismos que brindan soporte a la vida (incluida la humanidad), y no se conoce cual componente es clave para el mantenimiento de esas funciones vitales (World Conservation Monitoring Center 1992).

Es por ello que las áreas protegidas se han creado para proteger los procesos naturales que se están dando en determinadas zonas y que no han sido afectados por el hombre. Antes de crear un área protegida es necesario conocer cual es el tamaño de la zona bajo la influencia del efecto de borde, para determinar qué tamaño mínimo se necesita para impedir que los factores externos a un área protegida la afecten e impidan que se cumplan los objetivos de conservación.

Utilizando variables abióticas del microclima (radiación solar, humedad del aire, temperatura del aire) y cobertura del dosel, se determinó la distancia a la cual llega el efecto abiótico de borde. Utilizando esta información, se determinaron los cambios en diversidad de flora, composición y estructura del bosque del borde hacia dentro del área protegida.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Contribuir al conocimiento de los factores que influyen sobre la diversidad.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de cada tipo de uso de la tierra adyacente al parque, sobre la diversidad vegetal.
- Estimar las distancias de los efectos abióticos de borde en el bosque adyacente al parque, para cada tipo de uso de la tierra.
- Relacionar la distancia a la cual llega el efecto de borde abiótico con cambios en la composición y estructura de especies vegetales en la misma zona.
- Establecer la manera de disminuir el ancho de la zona afectada por el efecto de borde para el Parque Nacional Palo Verde
- Diseñar un método de muestreo de fácil aplicación para estimar el tamaño de la zona afectada por el efecto de borde.

1.4 HIPÓTESIS

- Los diferentes usos de la tierra, en las propiedades aledañas al parque, afectan en forma diferente a la diversidad vegetal de Palo Verde, por el llamado efecto de borde.
- Cada tipo de cultivo o uso de la tierra, presenta un grado de iluminación, temperatura del aire y humedad relativa propios.
- Conforme se avance del borde hacia dentro del área protegida, el grado de iluminación, temperatura del aire y humedad irán cambiando a lo largo del gradiente, hasta llegar a un valor estable, el cual va a ser diferente al del área fuera.
- La composición y estructura de las plantas cambiarán en función de estos factores.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Las áreas protegidas en Costa Rica

Las áreas silvestres son superficies de tierra y/o mar especialmente consagradas a la protección y al mantenimiento de la diversidad biológica, los recursos naturales y los recursos culturales asociados, y manejadas a través de medios jurídicos u otros medios eficaces (UICN 1994).

Tomando estas premisas Costa Rica, un país neotropical, ha logrado establecer un sistema de áreas protegidas de reconocido prestigio internacional. Aproximadamente se cuenta con un 25% del territorio nacional protegido (Bonilla y Ocampo 1994). Las áreas silvestres protegidas son porciones del territorio a las cuales la sociedad, mediante una legislación específica, les ha definido un uso relacionado con la conservación y uso sostenible de sus recursos naturales (Castro 1996).

Con el establecimiento de estas áreas se persiguen varios objetivos (Cifuentes 1998):

- Conservar ecosistemas característicos o únicos.
- Conservar especies de interés o valor particular.
- Conservar áreas de particular diversidad genética: áreas de endemismo, áreas con gran diversidad de ecosistemas o especies.
- Paisajes o rasgos geográficos de gran valor estético o científico.
- Funciones de protección hidrológica.
- Facilidades de recreación y turismo en sitios naturales.
- Sitios de especial interés científico.
- Sitios culturales.

2.2 El manejo de las áreas protegidas

Administrar adecuadamente una determinada área silvestre requiere de estudios y análisis de los recursos naturales propios, así como tomar las decisiones acerca de los posibles

objetivos de carácter general que permitan la utilización de la tierra. Para ello se toman los lineamientos correspondientes a una categoría de manejo establecida (Thelen y Dalfelt 1979, Cifuentes 1998).

El manejo de áreas protegidas es el conjunto de acciones de carácter político, legal, administrativo, de investigación, de planificación, de protección, coordinación, promoción, interpretación y educación, entre otras, que dan como resultado el mejor aprovechamiento y la permanencia de un Área Protegida, y el cumplimiento de sus objetivos (Cifuentes 1983).

El manejo de un área protegida se mide a través del cumplimiento de sus acciones y condiciones indispensables que conllevan a su éxito, al lograr los objetivos planteados para su establecimiento. De esa manera, Cifuentes (1997) define la efectividad de manejo como "el conjunto de acciones que, en base a las aptitudes, capacidades y competencias particulares, permiten cumplir satisfactoriamente la función para la cual fue creada el área protegida".

Para ello se tiene una herramienta fundamental para el manejo de áreas protegidas, la cual es la zonificación, que pondera el uso y la protección de los diferentes recursos del parque, sean estos naturales o culturales. Cualquier planificación especial para un parque ha de considerar las normativas de protección y de uso público, emanadas del proceso de zonificación (Morales 1992). Conociendo las diferentes zonas que componen un área protegida, de acuerdo a su estado de conservación, las especies presentes en ellas y el tamaño que poseen, se pondrán las bases para realizar adecuadamente el manejo de esta área protegida, cumpliendo con los objetivos propuestos durante el establecimiento de la misma.

2.3 El bosque tropical seco

El bosque tropical seco ocurre fuera de las zonas de nieve, donde la biotemperatura anual media es mayor a 17°C, la lluvia media anual es de 250 a 2.000 mm y la relación anual de la

evapotranspiración potencial excede en una unidad a la precipitación (Holdridge 1967). Son bosques que ocurren en las regiones tropicales donde ocurren muchos meses de sequía y algunas veces con absoluta sequía (Bullock *et al* 1995).

Los bosques tropicales secos exhiben una característica importante: la lluvia estacional, la cual es una fuerza ecológica que afecta los patrones de actividad biológica, como el crecimiento o la reproducción, los cuales se ven sincronizados con la disponibilidad de agua. Las distribuciones geográficas de plantas o animales están limitados por los niveles de humedad durante algunos meses del año (Murphy y Lugo 1986a). Los bosques secos tienen menor cantidad de biomasa que los más húmedos, porque su producción de materia orgánica es limitada debido a que la longitud de su estación de crecimiento y engrosamiento es menor (Murphy y Lugo 1986b).

Otro aspecto temporal de los bosques tropicales secos, es que existe una variabilidad de un 30% en la cantidad de lluvia anual entre años (Rutemberg 1980), lo cual es significativo para ecosistemas donde el acceso al agua es difícil, y puede provocar la muerte de plantas o animales que se encuentren cerca del nivel de tolerancia para la humedad, durante periodos extremadamente secos, lo cual sería significativo para moldear la estructura total, composicional y funcional de los ecosistemas tropicales secos (Murphy y Lugo 1986a).

Las interacciones entre la accesibilidad del agua y las características estructurales y fisiológicas como la profundidad del enraizamiento, el almacenamiento de agua en el tallo, la arquitectura hidráulica y la sensibilidad al estrés hídrico, han llevado a una amplia variedad de comportamientos fenológicos (Murphy y Lugo 1986b).

Los bosques secos tienen una estructura relativamente simple, lo cual se manifiesta por el índice de complejidad de Holdridge (1967, Holdridge *et al* 1971). Los valores de complejidad para el bosque seco son solo una fracción de aquellos del bosque húmedo. En el bosque seco, la altura del dosel promedia un 50% y el área basal de un 30 a un 75% de los valores para un bosque húmedo. Mientras que la mayoría de los bosques húmedos tienen tres o más estratos en el dosel, muchos bosques secos solo tienen uno o dos. Por lo general

los bosques secos tienen menos riqueza de especies que los bosques húmedos ello en términos de plantas y vertebrados (Gentry 1988).

La agricultura y el pastoreo han disminuido la extensión de los bosques deciduos neotropicales (Maass 1995), convirtiéndolos en tierras de pastos con una o varias especies exóticas. La deforestación y las quemas frecuentes han llevado al empobrecimiento y a la pérdida de suelos, así como otros efectos biológicos, físicos y geoquímicos (Mooney *et al* 1995).

En Guanacaste, Costa Rica, los bosques tropicales secos están fragmentados y exhiben un carácter de mosaico (Glander y Nisbett 1996). Por lo general son menores en altura y tienen menor complejidad florística que los bosques tropicales húmedos (Murphy y Lugo 1986a). Las especies de árboles encontradas en la provincia de Guanacaste por Hubbell (1979), se encuentran dispersas o formando bloques aleatorios, y las especies raras se encuentran más agrupadas que las demás.

En el Parque Nacional Palo Verde se han encontrado 52 especies de árboles por ha (Hartshorn y Poveda 1983). Es un parque rodeado de cultivo de arroz (McCoy *et al* 1995), cultivo que afecta de una u otra manera a la diversidad vegetal dentro del parque (Fig. 1), además está en una zona donde la incidencia de fuegos forestales es muy grande, todo lo cual tiene un efecto sobre la diversidad presente en esta área protegida.

Otro factor que incide sobre la diversidad de este parque nacional es la continua conversión de áreas silvestres hacia el cultivo de arroz con riego cerca del Parque (McCoy *et al* 1995), favoreciendo el proceso de fragmentación en Guanacaste.

2.4 La fragmentación

La fragmentación del bosque ocurre debido al reemplazo de grandes áreas de bosque nativo por otros usos de la tierra, dejando parches aislados de ese bosque, lo cual tiene efectos deleterios sobre la biota nativa del bosque (MacArthur y Wilson 1967, Murcia 1995). La

fragmentación causa grandes cambios en el medio ambiente físico así como en el ámbito geográfico, y como resultado, generalmente provoca terrenos con áreas remanentes de vegetación nativa, rodeada por una matriz de tierras agrícolas u otras formas de uso de la tierra (Saunders *et al* 1991, Meffe y Carroll 1997).

La fragmentación tiene dos efectos (Saunders *et al* 1991): 1) la reducción de la cantidad total de un tipo de hábitat o paisaje, y 2) la división del hábitat remanente en parches pequeños, más aislados.

La influencia de los cambios físicos y biogeográficos es modificada por el tamaño, la forma y la posición en el terreno de remanentes individuales, siendo los remanentes grandes los menos afectados adversamente por el proceso de fragmentación (Roche 1979, Harris 1984, Saunders *et al* 1991). Dos efectos primarios de esto son la alteración del microclima dentro y rodeando el bosque remanente y el aislamiento de cada área de otro parche remanente. En un paisaje fragmentado hay cambios en el medio físico así como en el biogeográfico (McArthur y Wilson 1967, Harris 1984, Saunders *et al* 1991).

Todo el problema de la fragmentación se ve multiplicado, porque aparentemente las comunidades tropicales tienen poca resiliencia a la fragmentación del hábitat (Wilcove *et al* 1986). Muchas especies tropicales ocurren en bajas densidades y poseen bajas poblaciones con alta propensión a la extinción en los fragmentos (Terbough y Winter 1980) y muchas poseen bajas tasas de reproducción, lo cual reduce su capacidad de recuperarse de las fluctuaciones poblacionales (Pimm *et al* 1989). Finalmente, las especies tropicales tienen limitada tolerancia a los hábitats modificados (Laurence 1989), lo cual reduce su habilidad para recolonizar fragmentos que han sufrido extinción de especies, y el rescate de poblaciones disminuídas vía migración inter-fragmentos (Brown y Kodric-Brown 1977). Las especies raras de bosques no perturbados son particularmente sensitivas a la alteración del hábitat, y las perturbaciones humanas en los interiores del bosque pueden tener efectos pronunciados en la presencia y frecuencia de las especies (Noss 1983).

En cambio, las zonas con mayor diversidad poseen mayor resiliencia ecosistémica (Tillman y Downing 1994), gracias a la habilidad de esas especies de mantener la energía y los flujos de nutrientes (Silver *et al* 1996).

Los remanentes aislados del bosque tropical en Costa Rica están sujetos a invasiones masivas de plantas generalistas que crecen alrededor de los hábitats modificados. Utilizando claros de caída de árboles, esas especies secundarias alteran progresivamente la composición del bosque original (Janzen 1986). Cuando los bosques aislados son pequeños, hay un incremento en el área de borde relativo respecto al interior. La flora del borde es más tolerante a las condiciones secas y puede reemplazar las especies del interior de bosques pequeños (Ranney *et al*, citado por Camargo y Kapos 1995).

La fragmentación del bosque expone a los organismos remanentes a las condiciones de los diferentes ecosistemas que rodean el fragmento y, consecuentemente, a lo que se denomina efecto de borde. Los efectos de borde son el resultado de la interacción entre dos ecosistemas adyacentes, que están separados por un sitio de transición abrupta (eje). Esta yuxtaposición provoca efectos en ambos ecosistemas (Murcia 1995).

2.5 Los efectos de borde

Un ecotono es una transición entre dos y más comunidades diversas como, por ejemplo, entre un bosque y una pradera. Es una zona de unión o cinturón de tensión que podrá tener una extensión lineal considerable, pero es más angosto, que las áreas de las comunidades adyacentes mismas. La comunidad ecotonal suele contener muchos de los organismos de cada una de las comunidades que se entrecortan y, además organismos que son característicos del ecotono y que a menudo están confinados en él. Con frecuencia, tanto el número de especies como la densidad de población de alguna de ellas son mayores en el ecotono que en las comunidades que lo bordean. La tendencia hacia una diversidad y una densidad aumentadas en las uniones se designa como el efecto de borde (Odum 1972).

El perímetro de cualquier bosque aislado es un hábitat de borde (Lovejoy *et al* 1986). El borde del bosque es una zona de transición entre las grandes fluctuaciones climáticas de la apertura del dosel y el relativamente estable medio del bosque no perturbado (Geiger 1975, Collins y Pickett 1987). Esta zona presenta gradientes (Fig. 5) de intensidad de luz (Geiger 1975, Palik y Murphy 1990), temperatura del aire (Williams-Linera 1990a, Palik y Murphy 1990), humedad relativa (Miller 1975, Palik y Murphy 1990), humedad del suelo (Kapos 1989; Camaro y Kapos 1995) y humedad del mantillo (Matlack 1993). En algunos casos ha afectado el microambiente del bosque a distancias mayores de 50 m (Matlack 1993), distancias que dependen de la variable que se utilice para determinarlas.

Diferentes respuestas funcionales de las especies de plantas y diferentes formas de vida a las condiciones abióticas del medio, podrían determinar cuáles están bien representadas en los bordes de los bosques. Se dan diferencias en la tasa de crecimiento entre la demanda de luz y los árboles tolerantes a la luz (Williams-Linera 1990a). La flora del borde que se supone es más tolerante a condiciones secas e intolerantes a la sombra (Lovejoy *et al* 1986) pueden influenciar su abundancia relativa en los bordes de los ejes, donde la tasa de crecimiento es más rápida por la alta intensidad de la luz (Williams-Linera 1990b).

En los bordes, las plántulas y los brotes de las semillas del suelo del bosque se ven forzadas a lidiar con un medio que ha sido abruptamente modificado (Lee, citado por Stoutdjesdijk y Barkman 1992). Las palmas bajo el dosel tienen mayor tasa de producción de hojas y crecimiento en altura, que palmas de edad similar bajo el dosel cerrado (Chazdon 1986). Las lianas trepadoras son más numerosas en los bordes del bosque que en el interior del bosque (Putz 1984). Las especies tolerantes a la sombra regeneran primariamente en los claros pequeños y también en los bordes de claros grandes (Barton 1984). Relacionado con el interior, los bordes del bosque tienden a mostrar una alta densidad de vástagos, gran cobertura de arbustos, producción de raíces adventicias por los árboles del dosel, y la invasión por especies más típicas de hábitats abiertos (Matlack 1993).

El fuego es una fuerza de la naturaleza que moldea diferentes contornos en las áreas protegidas; sus efectos producen que concentrados en el borde se encuentra un grupo de

especies tolerantes a las incursiones del fuego que provienen de la sabana. Cuando el fuego entra al bosque los árboles del dosel no mueren, pero se quema la capa orgánica del suelo y se crea un banco de semillas propicio para estas especies, los cuales llegarán a formar una ligera barrera de follaje que permitirá la entrada de luz de 7 a 12 m del borde del bosque (Brokaw 1998).

Los bordes de los bosques tienen su ancho, el cual delimita una zona marginal de microclima alterado, que contrasta con la estructura del interior del bosque. El ancho del borde es crítico en ecosistemas de bosques fragmentados debido a que pequeños sitios tienen altos radios borde/interior, y los interiores son fuertemente influenciados por el fenómeno de borde (Roche 1979, Laurence y Yensen 1991), por lo que se podría reemplazar a las especies del interior de los pequeños fragmentos de bosque, para crear fragmentos que no son representativos del anterior ecosistema de bosque; en el caso de bosques muy pequeños pueden estar constituidos enteramente por hábitats de borde (Noss 1983).

2.6 El microclima

El microclima se define como la capa que se encuentra 2 m sobre el suelo y de 0,5 a 1 m debajo de él. Los factores ambientales normalmente medidos para determinar el microclima de una determinada zona son: la temperatura y la humedad del viento a 1,5 m y la velocidad del viento a 10 m (Stoutjesdijk y Barkman 1992).

El microclima es relevante directamente para la ecología de la vegetación, la distribución y la dinámica poblacional de animales y plantas. Para considerar el efecto del microclima sobre un organismo debe notarse que existe gran interacción de factores, la temperatura en la superficie de una planta depende de la temperatura del aire, de la humedad del aire, de la radiación solar y del viento, pero no hay que olvidarse de la transpiración de la planta. Es por ello que cada animal y cada planta tienen su propio microclima y están fuertemente influenciados por ello (Stoutjesdijk y Barkman 1992).

Uno de los factores a tomar en cuenta para el microclima de las plantas verdes es la radiación fotosintéticamente activa (RAFA) que para ellas es más importante que la radiación total y se encuentra entre los 400 y 700 nm. Se calcula que comprende la mitad de la energía brindada por el sol (Ross 1975). Es en este rango de radiaciones, que se encuentra la radiación apta para que las plantas verdes realicen el proceso de la fotosíntesis.

Naturalmente la vegetación tiene gran influencia sobre el microclima, la cantidad total de radiación reflejada por la vegetación o el suelo varía considerablemente y el porcentaje de radiación reflejada es llamado albedo. Los cultivos bajos y los pastos, con una textura homogénea y cerrada, y dosel abierto, tienen valores relativamente altos de albedo, mayores a un 25 %, mientras que los pastos más naturales tienen valores más bajos. Es por el albedo que la temperatura del aire cerca del suelo es un reflejo del retorno del calor emitido por la superficie del suelo (Kraus, citado por Stoutjesdijk y Barkman 1992).

Cerca de la superficie del suelo encontramos una fina capa de aire sin movimiento. Como la transferencia de calor ocurre por conducción, la temperatura disminuye grandemente en esta fina capa. Encima de ella ocurre la turbulencia, donde pequeñas parcelas de aire caliente se elevan y son reemplazadas por parcelas de capas inferiores. El efecto de un suelo caliente no es detectado más allá de 1 m de altura, por ello se recomienda realizar mediciones a alturas de 20 a 30 cm para poder detectar este efecto.

2.7 Premisas

Para conservar la diversidad vegetal en los bosques fragmentados es necesario crear una comunidad protectora de las especies de borde alrededor de los nuevos fragmentos, con lo cual se protegerá a las especies de microclimas alterados y regímenes de perturbación.

El control del fuego es fundamental, los nuevos bordes son principalmente vulnerables al fuego. Se debe promover la migración asistida de árboles entre los fragmentos, para balancear las extinciones entre los fragmentos, utilizando aves dispersoras (Brokaw 1998).

Debe tenerse en cuenta que para asignar el valor de conservar un fragmento remanente es esencial tener un estimado del ancho de la zona del borde y entender como el ancho del borde varía entre los sitios (Matlack 1993).

La edad de los bordes determinará que tan resistente es la vegetación dentro de los mismos a los efectos externos como el viento y los cambios de temperatura y humedad. Un borde en un estadio de sucesión más avanzado tendrá árboles más grandes y tupidos que uno de menor edad, por lo que el de mayor edad disminuirá la distancia a la que llega el efecto de borde. Es necesario, por lo tanto, proteger la vegetación en este ecotono, para proteger en forma directa la vegetación y especies animales presentes dentro del área protegida.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Palo Verde se encuentra localizado en la Provincia de Guanacaste en la región noroeste de Costa Rica ($10^{\circ} 20' N$, $85^{\circ} 20' O$) (Fig. 2). Este parque posee 19,000 ha, con predominancia de bosque seco tropical estacional que crece sobre afloramientos de calizas y extensos humedales de importancia internacional (Vaughan *et al* 1994), que bordean el río Tempisque que desemboca al Golfo de Nicoya (Vaughan *et al* 1982).

Este parque nacional adquirió carácter internacional con la adopción de la (RAMSAR) Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional (Muñoz 1989, Vaughan *et al* 1994).

3.1.1 Descripción del área de estudio con base en factores físico - biológicos

3.1.1.1 Geología

La sección noroeste del área, los cerros Pedemal y Matapalo, se encuentra compuesta por areniscas tobáceas que se interestratifican con lutitas calcáreas grises de edad cretácica. La parte este de los cerros Guayacán y Punta de Piedra y lomas de Alto Viejo está compuesta por calizas arrecifales de coloración blanco amarillenta, de textura homogénea fina con concentraciones de calcita y limonita que corresponden a la formación Barra Honda (Paleoceno). El cerro Espíritu Santo se compone de areniscas silíceas, areniscas calcáreas, margas y areniscas tobáceas, que se intensifican con lutitas y tobas de grano fino pertenecientes a la formación Brito (Eoceno). El área plana se encuentra compuesta por aluviones cuaternarios (Acuña 1976).

3.1.1.2 Geomorfología

El refugio presenta dos unidades geomorfológicas: la planicie (unidad de sedimentación) y las serranías de poca elevación (unidad de denudación).

La primera es extensa, con pendientes entre 0 y 5% y tiene una inclinación marcada hacia el cauce del río Tempisque. Forma parte de la gran planicie aluvial, drenada por este río que está compuesta por materiales aluviales, areniscas, lutitas y sedimentos de caliza. Su altitud oscila entre 0 y 10 metros sobre el nivel del mar, no presenta un sistema de drenajes bien desarrollados excepto en las pocas quebradas intermitentes con cauces poco profundos que no pasan los dos metros y que desaguan temporalmente los pantanos y lagunas formadas durante la estación húmeda. Sólo al noreste del refugio, el río Tempisque conforma un patrón de drenaje anastomasado propio de esta topografía plana.

La segunda unidad geomorfológica está representada por serranías de poca elevación compuesta por antiguas formaciones arrecifales y cerros testigos del complejo de Nicoya (Madrigal y Rojas 1980). En algunos sectores, al pie de los cerros entre 10 y 40 metros, se encuentran algunos mantos de alteración; así, también, las laderas de los cerros calizos presentan el fenómeno de reptación reflejada por la inclinación de los árboles presentes. Debido a la estructura litológica, esta unidad presenta patrones de drenaje desarrollados (Vaughan *et al* 1982).

3.1.1.3 Hidrología

El río Tempisque limita al sur y oeste con el refugio. Este río, con una longitud de 144 km, drena 4.952 km². Su volumen promedio de agua medida en La Guinea, aguas arriba del refugio, es de 8.543.110 m³ al año. Durante setiembre y octubre, y ocasionalmente en mayo, aumenta el caudal y se desborda provocando el anegamiento de los bosques cercanos y el aumento del nivel de las aguas en los pantanos de la laguna de Palo Verde. Este fenómeno también ocurre durante febrero y marzo, con agua salobre de las mareas del Golfo de Nicoya. Durante esos meses la extensión de la laguna se reduce considerablemente y la profundidad llega a ser de 10 a 15 cm. En cambio en los meses de máxima precipitación (octubre y noviembre) alcanza su mayor extensión con una profundidad mayor a un metro en algunas partes (Vaughan *et al* 1982).

La laguna de Palo Verde y los pantanos que la rodean tienen drenaje natural por el estero Chamorro. Un canal construido con fines agropecuarios por antiguos propietarios, paralelo a éste y de mayor profundidad ocasionó un drenaje mayor y secó rápidamente la laguna en los primeros meses de 1979 y 1980, razón por la cual fue cerrado en marzo de 1980. Otros esteros que drenan parte del refugio son: Desnudo, Fierro y Chirca, que corren hacia el río Tempisque. Varias quebradas estacionales aparecen durante la época lluviosa y su caudal y duración dependen de la intensidad de las precipitaciones. Las áreas pobladas y transitadas del refugio se ven afectadas por las lluvias, formando ocasionalmente pantanos temporales (Vaughan *et al* 1982).

Los ojos de agua Guayacán, Almendro, Coyol, Espiritu Santo, Saíno, Bejuco, Avellanal y Cerritos son las únicas fuentes de agua para la fauna silvestre durante la época seca; a ellos se agrega la naciente Oropopo que es utilizada por el personal del refugio para usos domésticos. En los aluviones del río Tempisque existen depósitos de aguas subterráneas que pueden producir caudales de más de 30 litros/segundo, en pozos de 15 a 25 cm de diámetro (Vaughan *et al* 1982).

3.1.1.4 Clima

El clima de Palo Verde es cálido, con una estación seca muy marcada (4 a 5 meses con una precipitación inferior a 50 mm) y con fuertes vientos durante los meses de diciembre, enero y febrero (Vaughan *et al* 1994). Las tres estaciones meteorológicas (Bagaces, La Guinea y Puerto Humo) brindan información suficiente para caracterizar el área de Palo Verde. Se toma mayormente en cuenta para efectos de este trabajo los datos de precipitación y temperatura suministrados por la estación de Puerto Humo por su cercanía al refugio (Vaughan *et al* 1982).

3.1.1.5 Precipitación

La estación seca tiene una duración de cinco a seis meses, entre diciembre y abril aproximadamente. La estación lluviosa dura entre siete y nueve meses, interrumpida por

una corta estación seca. Los datos registrados indican que la precipitación anual se encuentra en un rango que va de 1.400 a 1.750 mm (Holdrige *et al* 1971, Janzen 1976, Gentry 1995).

3.1.1.6 Temperatura

La zona se caracteriza por una biotemperatura de 24 a 25 °C (Murphy y Lugo 1986a) y una temperatura máxima de hasta 35 °C. Interpolando los datos de las estaciones mencionadas se ha obtenido una temperatura media anual de 27 °C (Vaughan *et al* 1994), pero es posible que dentro de la depresión del Tempisque se den valores superiores, pudiendo ser la temperatura media anual superior a 29 °C (Vaughan *et al* 1982).

3.1.1.7 Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial en la depresión del Tempisque (entre 0 y 75 msnm), es aproximadamente de 2.100 mm anuales (Vaughan *et al* 1982).

3.1.1.8 Suelos

El área edáfica ha sido clasificada (Pérez *et al*, citado por Vaughan *et al* 1982) en cinco asociaciones de once subgrupos, las que representan cuatro órdenes, según el sistema comprensivo de clasificación de EEUU.

Los usos potenciales de los suelos del refugio se ven restringidos debido a que los entisoles del pantano además de estar inundados periódicamente, contienen compuestos químicos de azufre que se oxidan al drenarse artificialmente el terreno, creando condiciones de extrema acidez y por lo tanto, no apto para la agricultura (Vaughan *et al* 1982).

Los inceptisoles cercanos al río Tempisque también tienen el problema de inundaciones perjudiciales para la agricultura y una sequía de cuatro a cinco meses de duración anual. Los entisoles e inceptisoles asociados que se presentan en los cerros calizos tienen poca

profundidad. Tienen pendientes restrictivas y sufren en mayor grado los efectos de la sequía prolongada (Vaughan *et al* 1982).

Los vertisoles, asociados a la planicie en el área de ampliación recomendada del refugio tienen problemas para la agricultura y plantaciones forestales o frutales. Contienen una arcilla especial que cambia de volumen entre las estaciones secas y lluviosas. En verano se reduce, encogiéndose y creando grietas de por lo menos un centímetro de ancho hasta una profundidad de cincuenta centímetros, y se mantienen secos de cuatro a cinco meses (Vaughan *et al* 1982).

Durante el invierno estos suelos aumentan su volumen, ensanchándose hasta deformar la superficie y levantando pequeños lomos; la infiltración del agua se reduce por completo saturando el suelo, entre 15 y 50 centímetros de agua superficial de tres a cinco meses. La falta de oxígeno en el suelo durante el período de inundación, que es el período de crecimiento vegetal, ha limitado el desarrollo florístico del lugar, resultando en una comunidad natural de arbustos y árboles pequeños con espinas y algunos árboles aislados de Pochote y otras especies (Vaughan *et al* 1994).

El movimiento de este suelo debido a su cambio de volumen también presenta problemas estructurales para cualquier tipo de construcción u obra. Aunque los mollisoles generalmente son muy aptos para la agricultura, su presencia y distribución es muy reducida dentro del refugio (Vaughan *et al* 1982).

3.1.1.9 Vientos

Los vientos dominantes en el Área de Conservación Tempisque (ACT) y su zona de influencia son los alisios, con dirección noreste. Durante los meses de diciembre a marzo pueden alcanzar velocidades entre 46 y 58 km/h con ráfagas de hasta 95 km/h. De mayo a noviembre se presenta una transición de la estación lluviosa a la seca y los vientos alcanzan velocidades horarias entre 30 y 46 km/h, especialmente durante las horas de la mañana y de

la tarde. Durante el verano (julio-agosto), la velocidad del viento es de 38 a 43 km/h (Vaughan *et al* 1994).

3.1.2 Descripción del área de estudio con base en la biota

La biota en general de Palo Verde se clasifica tomando en cuenta la localización en que se encuentra la vegetación dentro del Parque Nacional.

3.1.2.1 Comunidades Naturales

La diversidad de las asociaciones naturales dentro del refugio se debe a la variedad de condiciones geográficas locales, lo que significa apreciar las diferencias que provienen de una diversidad en condiciones geológicas, edáficas, topográficas y de actividades animal y humana. Hasta el momento se han clasificado ocho asociaciones. Asociadas en estas comunidades naturales dentro del refugio se han registrado 148 especies de árboles, 278 especies de aves (incluyendo migratorias), alrededor de 77 mamíferos, 52 de reptiles y 22 de anfibios (Boza 1981, Vaughan *et al* 1982).

3.1.2.2 Las asociaciones naturales

Las asociaciones se definieron tomando en cuenta los sitios que presentan determinado tipo de vegetación en forma general, tomando en cuenta la zona de Palo Verde que ocupan.

3.1.2.2.1 Manglar

Bordea el lecho menor del río Tempisque en una franja angosta que varía desde 4 hasta 70 m de ancho, desde su desembocadura hasta el embarcadero Tendal, en donde está marcado el límite de alcance del agua salobre (Vaughan *et al* 1982), tiene una área de 833 ha, lo cual representa un 4,0 % del área total de Palo Verde (Vaughan *et al*, citado por PVAC 1997).

3.1.2.2.2 Bosque anegado

Se localiza en el extremo oeste del refugio, y su presencia depende en mayor grado de las inundaciones periódicas durante la época lluviosa y el efecto de mareas. El suelo se mantiene fangoso durante casi todo el año (Vaughan *et al* 1982) tiene una área de 468 ha, lo cual representa un 2,3 % del área total de Palo Verde (Vaughan *et al*, citado por PVAC 1997).

3.1.2.2.3 Bosque siempre verde

Se ubica a lo largo de las quebradas estacionales y alrededor de los ojos de agua, donde el manto freático se encuentra a poca profundidad. Los árboles mantienen sus hojas durante todo el año; por lo tanto, constituyen un refugio para muchas especies faunísticas en los períodos críticos de la época seca (Vaughan *et al* 1982), tiene una área de 127 ha, lo cual representa un 0,6 % del área total de Palo Verde (Vaughan *et al*, citado por PVAC 1997).

3.1.2.2.4 Bosque deciduo de bajura

Esta asociación ocupa la extensión más grande de bosque natural de bajura dentro del refugio. Presenta una gran mezcla de especies y la disposición en estratos arbóreos es característico de los bosques caducifolios del corredor pacífico seco de Centro América (Vaughan *et al* 1994), tiene una área de 5.059 ha, lo cual representa un 24,4 % del área total de Palo Verde (Vaughan *et al*, citado por PVAC 1997).

3.1.2.2.5 Bosque deciduo de Cerro Calizo

Debido a sus condiciones edáficas, existe bosque deciduo en los cerros Guayacán, Alto Viejo, La Loma, Piedra Blanca, Cueva del Tigre, Jocote y Espíritu Santo, el cual es distinto al de las zonas bajas y abarca la extensión más amplia de bosque natural dentro del área actual. En general, algunos de los árboles de esta asociación alcanzan una altura máxima de 10 metros y su densidad es menor que en la asociación anterior (Vaughan *et al* 1982), tiene

una área de 3.609 ha, lo cual representa un 17,4 % del área total de Palo Verde (Vaughan *et al*, citado por PVAC 1997). La vegetación xerófila está bien representada en esta comunidad, en especial en las zonas altas de los cerros calizos.

3.1.2.2.6 Matorral espinoso

Esta asociación se encuentra sobre los suelos vertisoles en las planicies situadas al norte de los cerro Guayacán, Cueva del Tigre y alrededores del cerro Jocote. La altura máxima de la vegetación espinosa es de 4 metros, donde las especies más comunes son *Acacia collinsii* y *A. cornigera* con árboles dispersos que alcanzan 12 metros (Vaughan *et al* 1982), tiene una área de 859 ha, lo cual representa un 4,1 % del área total de Palo Verde (Vaughan *et al*, citado por PVAC 1997).

3.1.2.2.7 Potreros y charrales

Los potreros y charrales se mantenían en el área por el pastoreo de animales domésticos, el chapeado y por el fuego. Hoy día, por sucesión secundaria, estas áreas han sido invadidas por plantas pioneras que han originado la comunidad de charral, que bordean las áreas de potrero. Aun existe una zona de potrero que se mantiene por el pastoreo de animales domésticos (Vaughan *et al* 1982), con lo cual se busca evitar el peligro de incendios en la zona.

Esta zona tiene una área de 826 ha, lo cual representa un 4,1 % del área total de Palo Verde (Vaughan *et al*, citado por PVAC 1997).

3.1.2.2.8 Pantano

La zona pantanosa en la región sur y extremo norte del área, representa cerca del 37,6% del área total del refugio. Está formada por diversas etapas sucesionales de plantas acuáticas flotantes, porciones de agua abierta y árboles aislados de Palo Verde (*Parkinsonia aculata*) y tiene una área de 7.809 ha (Vaughan *et al* citado por PVAC 1997).

3.1.2.2.9 Bosque secundario

Este bosque representa un 5,5 % del área total del parque con una extensión real de 1.135 ha (Vaughan *et al*, citado por PVAC 1997) y es el más diverso en especies dentro del parque.

3.1.2.3 Uso de la tierra

Guanacaste como provincia tiene gran variedad de usos de la tierra, los principales se detallan a continuación.

3.1.2.3.1 Grado general de utilización de la tierra

La tierra bajo uso era de 807.200 ha (70.3%), igual al área de la región en estudio menos el área de bosques. El grado de utilización es de un 133% (tierra bajo uso / tierra apta disponible, lo que implica una sobreutilización de la tierra). Se han invadido zonas no aptas para actividades agropecuarias lo que constituye un riesgo para el equilibrio ecológico (Vaughan *et al* 1982).

3.1.2.3.2 Tenencia de la tierra

De acuerdo con la información existente y recopilada por el Instituto de Tierras y Colonización (ITCO), entre 1963 - 1965 existían aproximadamente 58 fincas mayores a 1.000 ha en la región, que ocupaban un total de 309.200 ha (27% del área estudiada) (Vaughan *et al* 1982).

3.1.2.3.3 Producción ganadera

La región guanacasteca, incluyendo el sur de la península, mantiene aproximadamente el 45% del ganado de carne declarado en el país y se dedica en un 67% del área de la región a pastizales (Vaughan *et al* 1982). A principios de los años 90 el número de cabezas de ganado en esta región era de 500.000, disminuyendo respecto a la cantidad de 800.000

cabezas en los años 80. Se calcula que en el área del Tempisque hay 40.000 cabezas en producción extensiva ocupando unas 60.000 ha (1,5 ha/cabeza). Hay una gran extensión de terrenos subutilizados o en estado de (semi) abandono (Vaughan *et al* 1994).

3.1.2.3.4 Producción de granos

La región ha sido tradicionalmente la más importante productora de granos del país, de ahí, proviene el 50 % del total de arroz y frijoles y una cuarta parte del maíz cosechado en Costa Rica. el grano de mayor importancia es el arroz el cual es producido con técnicas más modernas e intensivas en el uso del capital (Vaughan *et al* 1982, McCoy *et al* 1995).

El cultivo del frijol y el maíz son actividades de pequeños y medianos agricultores en la región. Ambos cultivos se caracterizan por su baja productividad, a causa de la utilización de técnicas inadecuadas y la producción en pequeña escala. Un factor seriamente limitante es la falta de capital para la agricultura.

3.1.2.3.4.1 El cultivo del arroz

En Costa Rica el arroz puede cultivarse hasta los 850 m.s.n.m. Las condiciones adecuadas para el cultivo del arroz van de 13 a 42 °C, con un óptimo de 35 a 37 °C. Los 50 °C, es una temperatura letal para este grano (Angladette 1969).

El arroz se cultiva en el Pacífico Norte que comprende las tierras bajas y planas de la provincia de Guanacaste y del norte de Puntarenas. La provincia de Guanacaste constituye la principal región de producción de arroz, es clasificada como bosque tropical seco y presenta dos estaciones bien definidas: una de verano que se inicia en el mes de noviembre y otra lluviosa que se inicia en el mes de mayo. La precipitación en esta zona no es uniforme y entre los meses de junio y agosto las lluvias disminuyen presentándose en muchos casos, periodos prolongados de sequía (MAG-UNED 1991). Para contrarrestar esta sequía se dio un gran esfuerzo tecnológico y económico que dotó de riego a una significativa área de esta

región, con lo cual se eliminó el riesgo de pérdidas por sequías que fueron comunes en el pasado (Agüero 1996).

La mayor parte de la producción arrocerá acuática se realiza mediante sistemas de inundación artificial. El arroz que se cultiva bajo este sistema tiene un mayor rendimiento, y al eliminar el período de sequía, ayuda a controlar las malezas terrestres no adaptadas a condiciones acuáticas, especialmente las de hoja ancha (Parsons 1982). Este sistema favorece el desarrollo de las raíces de las plantas de arroz (Angladette 1969).

El cultivo en forma acuática debe brindar agua necesaria para cumplir con las necesidades de transpiración de la planta, agua de constitución y evaporación por la superficie del suelo y de las hojas. Con el aumento de la humedad relativa disminuye la importancia que tiene la transpiración de la planta y la evaporación (Angladette 1969). Los vientos son un factor importante en la evaporación y transpiración de las plantas, ya que pueden provocar el desarraigo de plantas jóvenes después del transplante, determinar el movimiento de la masa líquida, provocar el vuelco de plantas de porte alto y actuar como desecante (Angladette 1969).

El sistema de inundación sirve a la lucha contra los insectos picadores y chupadores, favorece el ataque de peces como la Tilapia y ayuda a proteger el grano de los roedores. Para controlar a las aves se usan de bombas de gas (Angladette 1969).

Datos tomados por Investigadores en Protección de Cultivos de la Universidad de Costa Rica, demuestran que en el asentamiento Bagatzí entre las especies que se cultivan, se encuentran el arroz rojo y un posible híbrido (Agüero 1996).

En el proyecto de riego Bagatzí durante la época seca se encontraron 144 especies, distribuidas en 42 familias de plantas vasculares y una familia no vascular, Poaceae y Cyperaceae aportaron el 69 % del índice de participación relativa (IPR), las poáceas fueron la familia que presentó más especies (27) distribuidas en 19 géneros, entre ellos los más importantes fueron *Echinochloa*, *Dichanthelium*, *Oryzja* y *Rottboellia* (Agüero 1996).

Durante la época lluviosa se encontraron 176 especies pertenecientes a 45 familias de plantas vasculares y 2 de plantas no vasculares. De estas plantas 38 eran poáceas de 24 géneros diferentes. Los géneros más importantes fueron *Echinochloa* y *Oryza*, donde las especies más importantes a su vez fueron *E. colonum*, *O. latifolia*, *D. aristatum*, *R. exaltata* y *D. sanguinalis*. (Agüero 1996).

Para disminuir esta gran cantidad de especies contaminantes, en la zona de Bagatzí se utilizan prácticas de labranza y herbicidas de acción total, lo cual reduce la acción de especies contaminantes en un 95 %. Se utilizan 2 aplicaciones de glifosfato (Agüero 1996).

Otros datos indican que el Programa de Plaguicidas de la Universidad Nacional ha encontrado residuos de propanil, oxadizon y cipermetrina en las aguas y sedimentos que drenan de Bagatzí. El cultivo del arroz utiliza con mayor frecuencia un total de 17 plaguicidas, los cuales presentan desde una ligera hasta una alta toxicidad para las aves (Vaughan *et al* 1994).

3.1.2.3.5 Cultivos permanentes

Los de mayor importancia son la caña de azúcar y el café. El cultivo de la caña ha demostrado un dinamismo considerable y el proceso de producción se caracteriza por métodos de empleo. Los dos productores mayores de la región emplean durante la zafra alrededor de 1.500 personas, parte de las cuales vienen de Nicaragua, esto sin contar el proceso agroindustrial acompañante del cultivo.

3.1.2.3.6 Bosques

En 1974, el área estimada bajo cobertura boscosa en la región era de 340.400 ha (30% del total para la región), aunque en la actualidad la mayoría ha sido clareada o presenta parches boscosos intercalados con pastos y otros cultivos. Si se estima que la cobertura boscosa real es del 50%, el área de los bosques sería apenas de 170.200 ha (15% de la superficie total de

la región). Las áreas más afectadas por la deforestación han sido la parte sur de la península de Nicoya y Tilarán.

Las áreas actuales se limitan generalmente a aquellos lugares de difícil acceso o de relieve muy accidentado. Sin embargo, siempre se manifiesta una tendencia a deforestar aún estas áreas y dedicarlas primero a cultivos anuales (café y caña de azúcar) y después a pastos, a pesar de que dichas reservas desempeñan una función protectora. Si bien, en algunos casos, es factible su explotación, esta debería efectuarse en una forma muy cuidadosa y técnica (IFAM 1974).

3.1.2.3.7 Impactos de proyectos programados aledaños al refugio

Los posibles futuros proyectos programados para la región que tendrán un impacto importante sobre el refugio son tres en estos momentos: el primero es el proyecto de riego de Moracia o de la cuenca baja del río Tempisque, donde se pretende aumentar la producción agrícola mediante acueductos originados en el proyecto de electrificación Arenal en Tilarán.

De las 187.000 ha bajo estudio se han clasificado 97.000 ha como reserva ecológica. De 97.000 ha, consideradas como regables unas 45.000 ha están dedicadas actualmente a la explotación agrícola. Así, se pretende duplicar el área agrícola, además de incrementar el número de cosechas por año en toda el área.

Todo esto implica la destrucción de hábitats para fauna en áreas aledañas, un aumento en la difusión de pesticidas, con mayor acumulación en los ecosistemas, que probará un grado de mortalidad más alto aún que en el presente y, tal vez, un incremento en la descarga de agua por el río Tempisque, con efectos no conocidos en algunos organismos.

El segundo proyecto es la finca Llanos del Cortez, de unas 11.000 ha, situada en el límite norte del refugio, el IDA ha instalado en ella una colonia de trabajadores y proyecta sembrar árboles frutales y desarrollar asentamientos cerca del refugio, con las consecuencias

inminentes de mayor caza furtiva e incendios forestales. También ha instalado un programa de apicultura intensivo en el mismo lugar (TTCO 1978).

El tercero es el proyectado Parque Nacional Palo Verde situado en el lado este del refugio, con una extensión actual de 9.466 ha que tendrá un efecto beneficioso.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTREO

El muestreo se dividió en dos partes, la primera es la denominada **microclimática**, en donde se determinó el efecto abiótico del borde y la segunda es la denominada de las **variables vegetales**, en la cual se determinó la diversidad vegetal y el efecto biótico de borde, sus respectivos controles y usos de la tierra correspondientes.

3.2.1 Equipo para la medición de la variables microclimáticas.

Las variables microclimáticas tomadas en cuenta para este experimento y su correspondiente equipo para medirlas está listado a continuación:

Para determinar el porcentaje de cobertura del dosel, se utilizó un densiómetro de espejo esférico, con el cual se realizó una observación por parcela.

Para determinar la humedad y la temperatura relativa se usó un termo/higrómetro digital Vaisala (HM 34), con el cual se midieron las temperaturas del aire y la humedad relativa en un punto por parcela. No se utilizó calibrador, debido a que lo que interesan son los valores relativos.

Por último para medir la radiación fotosintéticamente activa (RAFA) se utilizó un ceptómetro, con el cual se realizó una medición por cada parcela.

3.2.2 Equipo para la medición de las variables vegetales

Para medir las variables vegetales, las cuales fueron el diámetro a la altura del pecho (dap) y las diferentes especies de plantas, se utilizó el siguiente equipo:

Para identificar las especies vegetales se utilizó la guía de Gentry (1993) y las claves dendrológicas para el Pacífico Norte de Costa Rica de Poveda y Sánchez-Vindas (1999).

Para la colecta de las especies muestreadas se utilizaron dos podadoras, una manual y una extendible.

Para guardar y transportar las muestras de las diferentes especies se construyeron prensas de madera, en las cuales se acomodaron las muestras vegetales debidamente protegidas con papel periódico y con marcas identificadoras.

Para medir el dap de las diferentes especies se utilizó un vernier para medir diámetros pequeños, y una cinta diamétrica para árboles de diámetros grandes (mayores a 10 cm).

Para determinar el tamaño de las parcelas, el espaciamiento entre las mismas y la distancia del transecto a la cual llega el efecto de borde, se utilizaron una cinta métrica de 50 m.

Todos los datos tomados fueron inicialmente escritos en libretas de campo debidamente identificadas, con lo cual se llevó un registro de las muestras las cuales tenían marcas en cada prensa donde han sido recolectadas.

Asimismo se ocuparon claves dendrológicas, algunos libros y muestras de herbario para poder llevar a cabo la identificación a nivel de especie para todas las muestras colectadas en el campo.

3.3 MÉTODO DE MUESTREO

Se escogieron dos zonas de Palo Verde, la primera ubicada en la zona norte que limita con la zona cultivada con arroz y la zona ubicada hacia el este de Palo Verde, que limita con las propiedades privadas dedicadas a la ganadería de engorde. En estos dos sitios se determinó las distancias a las cuales llegan los efectos de borde y se denominaron como **bosque-arroz** y **bosque-ganado**, donde la unidad muestral es la parcela cuyo tamaño es de 10 m^2 y el diseño son bloques separados por una distancia de 5 m, en transectos con origen al azar. Luego se escogieron dos parcelas ubicadas en la parte interna de Palo Verde, los cuales se tomaron como controles de estos bosques, y se denominaron como **control-arroz** y **control-ganado**; por último se recolectaron datos de cada uso de la tierra, en el cultivo del arroz y en el potrero dedicado a la ganadería, por lo que se denominaron **arroz** y **ganado** (Fig. 3).

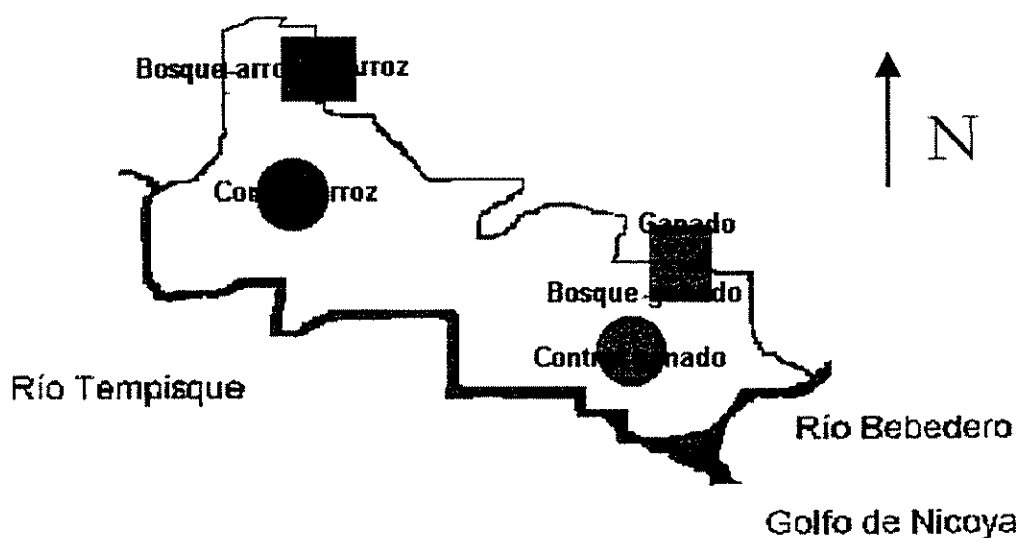


Fig. 3 Ubicación de sitios de muestreo

3.3.1 Determinación del efecto abiótico de borde

Para cada zona aledaña de un determinado uso de la tierra y de un tipo determinado de vegetación, se trazaron nueve transectos. Los puntos iniciales se posicionaron al azar y en forma perpendicular al borde, dentro de la zona colindante del parque con las propiedades vecinas (Fig. 4). Entre los transectos se dio una separación mínima de 50 m, entre ellos y con el límite de otra zona de uso de la tierra. En los transectos se tomaron mediciones de la temperatura del aire, radiación solar, humedad relativa y cobertura de dosel a distancias de 5 m. La longitud de los transectos se determinó durante el primer día de muestreo en cada bosque adyacente a una propiedad privada, tomando como distancia final, aquella donde los últimos 4 puntos muestreados prácticamente no mostraran variaciones entre ellos.

Dentro de la zona de bosque no afectada por el efecto de borde y en cada cultivo, se midieron las seis variables microclimáticas en un punto de control por transecto muestreado se tomaron datos en cada punto.

La temperatura y la humedad relativa se midieron con un termo/higrómetro (Vaisala) a 20 cm y 1,5 m del suelo; se esperó hasta que el valor tanto de la humedad como de la temperatura tomara un valor constante, lo cual duró cerca de un minuto.

La cobertura del dosel se midió con un densiómetro esférico, se hizo una medición por punto, en el centro de cada parcela muestreada.

La radiación se midió con un ceptómetro (mide exclusivamente la radiación fotosintéticamente activa a 1,5 m de altura, se promedió un total de 100 lecturas por punto de muestreo.

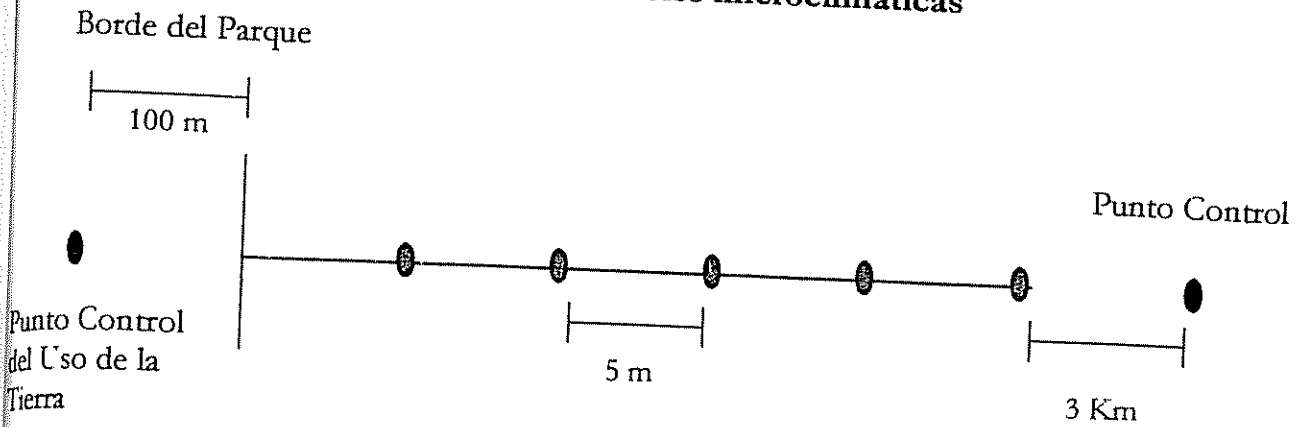
Para evitar que existan variaciones en las lecturas de las variables microclimáticas por efecto del aumento de la radiación solar conforme avanza el día, las mediciones se realizaron en horas cercanas al mediodía, y así se compararon datos tomados a la misma hora, exactamente se trabajó a partir de la 12:00 mediodía.

3.3.2 Determinación de la diversidad vegetal

En los transectos utilizados para las variables microclimáticas se formaron parcelas rectangulares de 2 m x 5 m, espaciadas entre si por una distancia de 5 m (Fig. 4), donde se hicieron las mediciones utilizando la metodología ideada por Gentry (1982) y utilizada en Delgado *et al* (1987) donde tenemos que: en cada parcela se identificaron todos los tallos $\geq 2,5$ cm dap enraizados dentro de la parcela. Para las especies con gambas la medición del dap se realizó 30 cm por encima de las gambas, para especies ramificadas por debajo de 1,3 m, se midió cada tallo por separado que sea mayor o igual a 2,5 cm de dap. Para las lianas enraizadas dentro de las parcelas, se midió el diámetro del tallo más grueso. Para las lianas y palmas, se consideró que los grupos de tallos de lianas interconectadas constituían un solo individuo, lo mismo que grupos de tallos de palmas que presentaban una base común.

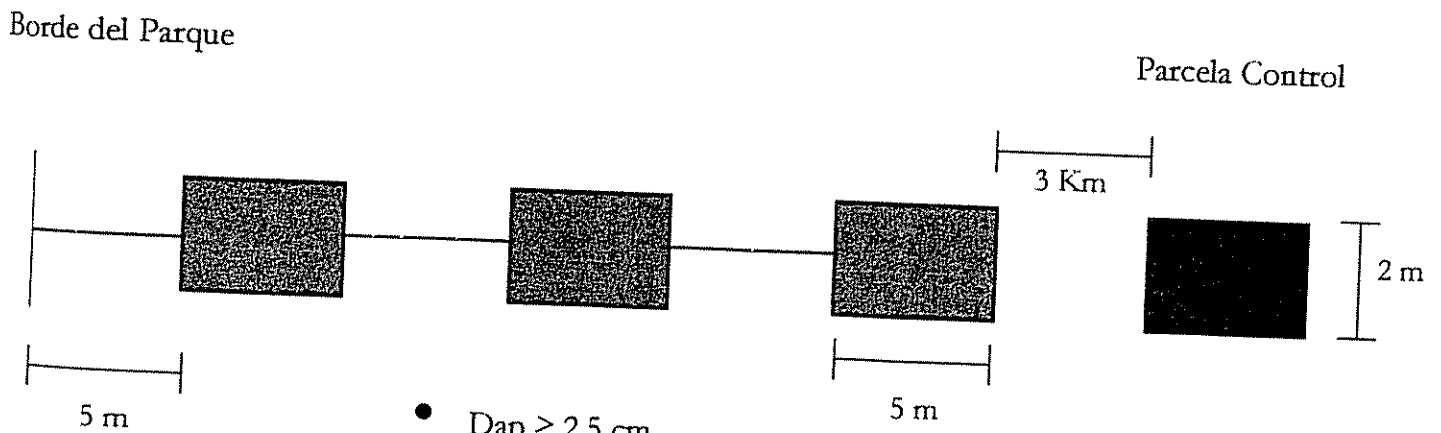
Para probar la relación entre el punto final al cual llega el efecto de borde abiótico con el biótico, se establecieron dentro del bosque nueve parcelas de control por tipo de cultivo, en un área donde se estima que ya no hay efecto de borde. En estas parcelas se tomaron los datos de la especie y el dap. Cuando no se pudo identificar en campo se colectó una muestra que se identificó posteriormente con muestras controles de museo.

1. Variables microclimáticas



- Temperatura relativa a 1,5 y 0,2 m
- Humedad relativa a 1,5 y 0,2 m
- RAFA a 1,5 m
- Cobertura del dosel a 1,5 m

2. Composición y estructura



- Dap \geq 2,5 cm
- Parcelas 2 x 5 m

Fig . 4 Método de muestreo

3.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1 Análisis de variables microclimáticas

Para detectar existen diferencias significativas entre el microclima del bosque-control y el de cada tipo de cultivo, se hizo una prueba de t-student (Steel y Torrie 1988), utilizando las seis variables microclimáticas (temperatura a 1,5 y 0,2 m, humedad a 1,5 y 0,2 m, RAFA y apertura de dosel).

Para determinar si existe relación entre la temperatura y humedad medidas a la misma altura y entre la cobertura y la RAFA, se utilizó la correlación de Pearson (Gutiérrez 1995).

Para establecer la distancia a la cual llega el efecto de borde se realizó una prueba de homogeneidad de pendientes, donde se divide la curva en dos sectores y se comparan los promedios de los sectores por medio de un t-student (Matlack 1993).

Para averiguar si todas las variables microclimáticas presentan variación de sus valores conforme el transecto se adentra en el área protegida, se hizo una regresión tomando a la distancia como variable independiente y como dependientes tenemos a las cuatro variables microclimáticas. También se graficó la distancia contra las variables microclimáticas.

Para determinar si existen diferencias entre los valores de las variables microclimáticas en un mismo transecto se utilizó una regresión (Sokal y Rohlf 1969, Hewitt 1992, Gutiérrez 1995).

Para probar si existen diferencias entre los valores de las variables microclimáticas tomadas por transecto a una misma distancia del borde, pertenecientes a un mismo tipo de uso de la tierra, se utilizó una t-student.

3.4.2 Análisis de las variables vegetales

Para realizar la comparación entre hábitats, se analizó la similitud florística de los distintos hábitats utilizando el índice de Czekanowski (Matteuci y Colma 1982, Greig-Smith 1983, Delgado *et al* 1997).

Para establecer la diversidad en los bosques adyacentes a cada tipo de cultivo (bosque-arroz y bosque-ganado), se utilizó el índice de Shannon - Wiener (Southwood 1978, Ludwig y Reynolds 1988, Delgado *et al* 1997).

Para corroborar la relación entre las distancias a las cuales llega el efecto de borde abiótico para cada cultivo, con las variables vegetales, se tomaron las parcelas antes de la distancia a la cual llega el efecto de borde y se comparó con las parcelas que no perciben este efecto, se comparó la diversidad tomando el índice de Shannon-Wierner, el dap promedio y el número de individuos.

Para determinar si existen diferencias entre la diversidad por uso de la tierra, se utilizó la prueba de t-student, luego de hacer la transformación de los pseudovalores de Jack-knife para el índices de diversidad calculado anteriormente (Thompson 1992, Zar 1996, Lohr 1999).

Para probar si existen diferencias entre el sector afectado por el efecto de borde y que no lo está, se utilizó la prueba t-student para comparar la diversidad, los dap y el número de individuos.

Para probar si existen diferencias en cuanto a la similitud de las parcelas por efecto de la distancia y comparar esa similitud con el control, se utilizó el índice de Morisita.

Para probar si existen diferencias entre los valores de la diversidad, el dap y el número de individuos tomados por parcela por efecto de la distancia, se utilizó una regresión para cada uso de la tierra (Sokal y Rohlf 1969).

Para determinar si existen diferencias en el dap promedio de los individuos conforme el transecto se aleja del borde, se utilizó una regresión (Sokal y Rohlf 1969, Hewitt 1992, Gutiérrez 1995).

Para determinar si existen diferencias en el número de individuos promedio conforme el transecto se aleja del borde, se utilizó una regresión (Sokal y Rohlf 1969, Hewitt 1992, Gutiérrez 1995).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables microclimáticas

4.1.1 Comparación entre los controles y los respectivos usos de la tierra.

Cuadro 1. Promedios de las variables microclimáticas para el pastizal y el control-ganado.

	T 1.5 m	T 0.2 m	H 1.5 m	H 0.2 m	RAFA	Cobertura
Pastizal	35,8	36,2	36	34	182	5,0
Control	34,8	35,4	39	39	1683	24,5
Prob< T	0,0245	0,1803	0,0002	0,0001	0,0001	0,0003
g.l.	16	16	16	16	16	16

En el pastizal se encontraron solamente dos árboles que cumpliera con el dap mínimo ($\geq 2,5$ cm) para ser muestreado, de ahí los valores de cero en cuanto a cobertura y el alto valor de la RAFA incidente, que es la misma esperada para mediciones directas al sol.

Se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre el bosque control-ganado y el pastizal con ganado, para la temperatura medida a 1,5 m, para la humedad a 1,5 y 0,2 m, para la radiación fotosintéticamente activa y para la cobertura de dosel. Para la temperatura medida a 0,2 m no existen diferencias significativas entre los sitios comparados.

Las diferencias estadísticas encontradas a la altura de 1,5 m para la humedad y la temperatura están directamente relacionadas con la falta de árboles y arbustos que limitan el efecto directo de la RAFA (Palik y Murphy 1990, Lowman y Nadkarni 1995) y la resultante evaporación (Stoutjesdijk y Barkman 1992).

El flujo del viento afecta el pastizal porque no hay barreras naturales que lo impidan, solo uno que otro árbol dejado para de sombra al ganado (Vaughan *et al* 1984). La falta de cobertura vegetal promueve el aumento de la evaporación y el calentamiento del pasto y el

suelo debido a la radiación solar (Rosenberg *et al* 1983, Stoutjesdijk y Barkman 1992); en nuestro caso, la temperatura promedio a 1,5 m fue de 34,8 °C, que fue menor que la del pastizal a 0,2 m (35,4 °C), por lo que se muestran diferencias claras entre los valores conforme cambiamos de altura, este gradiente depende de la turbulencia del viento (Rosenberg *et al* 1983), provocada por el paso encima del pastizal. La turbulencia provoca el intercambio entre parcelas de aire de diferentes altitudes y temperaturas, disminuyendo los valores a mayor altura.

Los valores de la temperatura a 20 cm del pastizal, no muestran diferencias significativas con los de bosque-ganado ($p < 0,1803$), estas similitudes son producto del microclima propio del pastizal, donde es muy importante la altura del pasto (Stoutjesdijk y Barkman 1992). En un pastizal seco de *Holcus lanatus* y *Anthoxanthum odoratum* con una altura de 19 cm de altura, un 42 % de la radiación solar llegó a la superficie (Stoutjesdijk y Barkman 1992), lo cual demuestra el efecto cobertor del pasto sobre el suelo. Esto provoca en parte que las temperaturas cerca del suelo no sean tan elevadas, para el pastizal se encontró una temperatura de 36,2 °C, no difieren mucho de las del aire a 1,5 m (35,8 °C), además el albedo de los pastos naturales es menor al 25 % (Stoutjesdijk y Barkman 1992).

El otro factor que afecta estas temperaturas es el viento, la temperatura del aire que predomina cerca del suelo es producto del retorno del calor de la superficie del suelo (Kraus, citado por Stoutjesdijk y Barkman 1992). Cerca del suelo se encuentra una capa fina de aire sin movimiento, donde ocurre la transferencia de calor por conducción (e.g. colisiones entre las moléculas del aire). La temperatura disminuye gradualmente en esta fina capa, y es encima de ella que ocurre la turbulencia de las pequeñas parcelas de aire caliente que van subiendo en la columna de aire, y que son reemplazadas por parcelas más frías que vienen de arriba, provocando fluctuaciones en la temperatura en la zona comprendida entre los 10 cm a 1 m de altura (Stoutjesdijk y Barkman 1992), donde la temperatura cambia drásticamente, y se da el mayor gradiente de temperatura y de humedad del aire (Rosenberg *et al* 1983, Stoutjesdijk y Barkman 1992).

Las diferencias en cuanto a la RAFA ($p < 0,0001$) y a la cobertura son muy claras ($p < 0,0003$) en el sitio ganado, se muestrearon solo dos individuos, por lo que prácticamente no había ningún impedimento para que la totalidad de la RAFA llegara a este nivel.

En un bosque los valores máximos de RAFA se encuentran a nivel del dosel (Stoutjesdijk y Barkman 1992, Lowman y Nadkarni 1995), el cual absorbe cerca del 80 % de la radiación incidente, reflejando o transmitiendo el sobrante (Gates, citado por Lowman y Nadkarni 1995). El dosel en bosques secos se encuentra entre 20 y 30 m de altura (Lamprecht 1989, Glander y Nisbett 1996), provocando que solo una pequeña fracción de la RAFA llegue al nivel donde se midió.

La cobertura depende de la densidad de individuos por área (Greig-Smith 1983, Shugart 1984), que en el pastizal tienen como promedio 9.90×10^{-3} árboles por hectárea, mientras que en el bosque es mucho más denso (Glander y Nisbett 1996), el control-ganado tiene una densidad cercana a 10 individuos por hectárea, lo cual evidencia las diferencias existentes entre los dos sitios.

Para ver si existen diferencias significativas entre los valores de las variables microclimáticas entre el bosque control-arroz y el cultivo del arroz tenemos:

Cuadro 2. Diferencias en variables microclimáticas para el arroz y el control-arroz.

	T 1,5 m	T 0,2 m	H 1,5 m	H 0,2 m	RAFA	cobertura
Arroz	33,4	35,1	51	64	2090	0,0
Control	34,8	35,4	39	40	185	39,6
Prob < T 	0,0008	0,2994	0,0001	0,0001	0,0001	0,0007
g.l.	16	8	16	16	16	16

En el sitio arroz no se encontró ningún individuo que cumpliera con el dap mínimo ($\geq 2,5$ cm) para ser muestreado, de ahí los valores de cero en cuanto a cobertura y el alto valor de la radiación (RAFA) medida, que es la misma esperada para mediciones directas al sol.

Se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre el bosque control para el arroz y el cultivo del arroz para la temperatura medida a 1,5 m, para la humedad a 1,5 y 0,2 m, para la radiación fotosintéticamente activa y para la cobertura de dosel. Para la temperatura medida a 0,2 m no existen diferencias significativas entre los sitios comparados.

Las diferencias estadísticas encontradas a la altura de 1,5 m para la humedad y la temperatura están directamente relacionadas con la falta de árboles y arbustos que limitan la evaporación y la llegada directa de la RAFA a esta altura (Rosenberg *et al* 1983, Stoutjesdijk y Barkman 1992).

Debe tomarse en cuenta el efecto que tiene el flujo del viento en el cultivo de arroz donde no hay barreras claras a 1,5 m, lo cual provoca un aumento en la evaporación sobre la gran masa de agua, en la que se encuentra sembrado el arroz, aumentando la humedad relativa del aire. Esta capacidad del aire de absorber vapor de agua, depende de su grado de saturación y en zonas secas está muy insaturado (Nieuwolt 1977, Rosenberg *et al* 1983). A esta altura no se perciben los efectos de un suelo caliente, que no son detectados más allá de 1 m de altura (Stoutjesdijk y Barkman 1992), por lo que la temperatura es bastante baja ($34,84$ °C), además generalmente el intercambio de las masas de aire se incrementa con la velocidad del viento y con la altura sobre la tierra (Mather 1974, Nieuwolt 1977, Stoutjesdijk y Barkman 1992), por lo que masas de aire frío podrían desplazar a las masas de aire caliente cercanas al suelo, impidiendo que su efecto se note.

A 20 cm de altura se encontró que no existen diferencias en cuanto a la temperatura del aire, pero si en cuanto a la humedad relativa, debe recordarse que en el proyecto Bagatzi, el cultivo de arroz se realiza inundado. Al estar inundado, este cultivo presenta gran cantidad de agua libre que puede ser evaporada (Rosenberg *et al* 1983, Stoutjesdijk y Barkman 1992),

provocando el aumento en la humedad relativa de la capa de aire (Saunders *et al* 1991), que se encuentra retenida dentro de la cobertura que produce el arroz, provocando que la humedad relativa promedio del arroz sea de 64 % que es mucho mayor que la del control-arroz que es de 40 % ($P < 0,0001$).

Con las temperaturas a esta misma altura, las diferencias no son significativas ($P < 0,2841$) donde los valores promedio del arroz son de 35,4 °C y los del bosque-arroz son de 35,1 °C, en ese nivel cercano al suelo, se retoma el efecto cobertor del follaje del arroz, que recrea en cierta manera la cobertura vegetal natural de un bosque, pero el efecto más importante, que hace que la temperatura sea baja y comparable con la del bosque, es la alta humedad que disminuye la temperatura del aire (Poljakoff-Mayber y Gale, citado por Rosenberg *et al* 1983), al gastar la energía térmica en el proceso de evaporación (Rosenberg *et al* 1983), que redundando en la alta humedad relativa encontrada para el cultivo del arroz.

Las diferencias en la RAFA y a la cobertura cumplen con lo esperado. En el sitio arroz, no se encontró ningún individuo que cumpliera con el dap mínimo ($\geq 2,5$ cm) para ser muestreado, por lo que en el arroz no existe ninguna cobertura por encima del cultivo, se recibe la totalidad de la RAFA proveniente del sol (Unwin 1980, Stoutjesdijk y Barkman 1992), mientras que en el bosque control-arroz existen árboles con una densidad de ocho individuos por hectárea, demostrando el por qué de las diferencias en cobertura.

En cuanto a la RAFA, en un bosque los valores máximos son encontrados a nivel del dosel (Rosenberg *et al* 1983, Stoutjesdijk y Barkman 1992, Lowman y Nadkarni 1995) el cual se encuentra por encima de la altura de 1,5 metros, por lo que los valores de RAFA medidos en el bosque a 1,5 m se encuentran bajo la cobertura de hojas y ramas, que disminuyen la cantidad de radiación que llega a este nivel (Stoutjesdijk y Barkman 1992, Lowman y Nadkarni 1995), mientras que en el arroz no existe esta cobertura, por lo que la cantidad de RAFA que llega a la misma altura es mucho mayor en el arroz que en el bosque control-arroz.

4.1.2 Correlación entre las variables microclimáticas

Se encontró que existen una correlación significativa entre la temperatura y la humedad en el bosque-ganado a 1,5 m ($r = 0,866$, $p < 0,001$, $n = 126$), también se dio para la temperatura y humedad relativa a 0,2 m ($r = 0,797$, $p < 0,001$, $n = 126$) y como era de esperarse entre las variables RAFA y cobertura ($r = 0,662$, $p < 0,001$, $n = 126$).

Se encontró que existen una correlación significativa entre la temperatura y la humedad en el bosque-arroz a 1,5 m ($r = -0,751$, $p < 0,001$, $n = 126$), para la temperatura y humedad relativa a 0,2 m ($r = 0,900$, $p < 0,001$, $n = 126$) y entre las variables RAFA y cobertura ($r = 0,843$, $p < 0,001$, $n = 126$).

Para ambos casos es claro que la humedad relativa depende de la temperatura (Nieuwolt 1977, Rosenberg *et al* 1983, Stoutjesdijk y Barkman 1992), por ello existen fuertes correlaciones entre estas variables a 1,5 m y 0,2 m. En cuanto a la RAFA y la cobertura, están íntimamente relacionadas, la vegetación espesa impide el paso de la RAFA a los niveles, que están bajo el dosel del bosque (Rosenberg *et al* 1983, Stoutjesdijk y Barkman 1992, Lowman y Nadkarni 1995), disminuyendo los valores de RAFA por efecto directo de la cobertura en el dosel del bosque.

4.1.3 Determinación de la distancia a la cual llega el efecto de borde

4.1.3.1 Sitio bosque-ganado

En el bosque-ganado las distancias a las que se encontraron los puntos de inflexión de la curva fueron de 45 m, para la temperatura medida a 1,5 m (Fig.7), la RAFA (Fig. 11) y la cobertura (Fig. 12) medidas a 1,5 m, mientras que para la temperatura medida a 0,2 m (Fig. 9), la humedad medida a 1,5 m (Fig. 8) y a 0,2 m (Fig. 10) la distancia fue de 35 m. A partir de este punto las condiciones se muestran variables y contrarias, pero no se ha visto la estabilidad que determine hasta donde llega el efecto de borde.

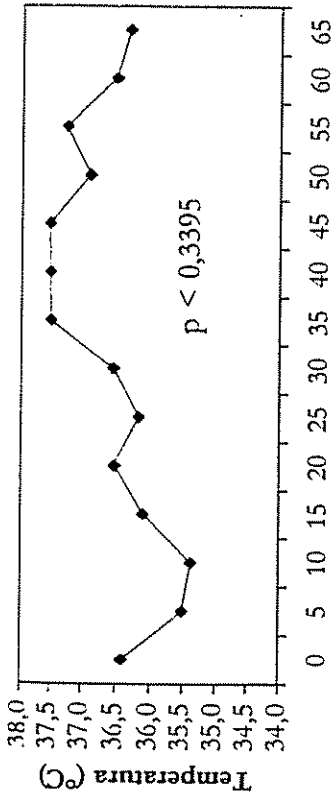


Fig. 7 Temperatura 1,5m bosque-ganado

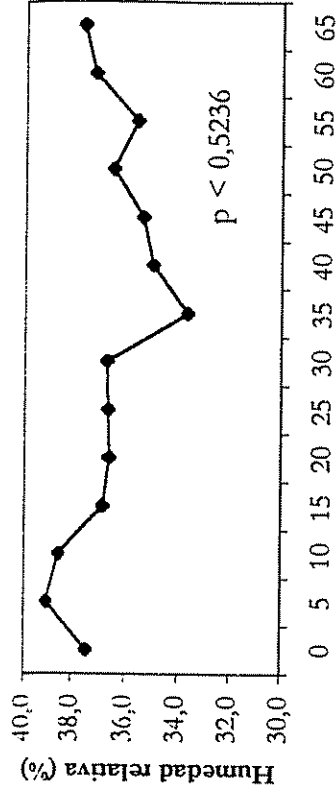


Fig. 8 Humedad 1,5m bosque-ganado

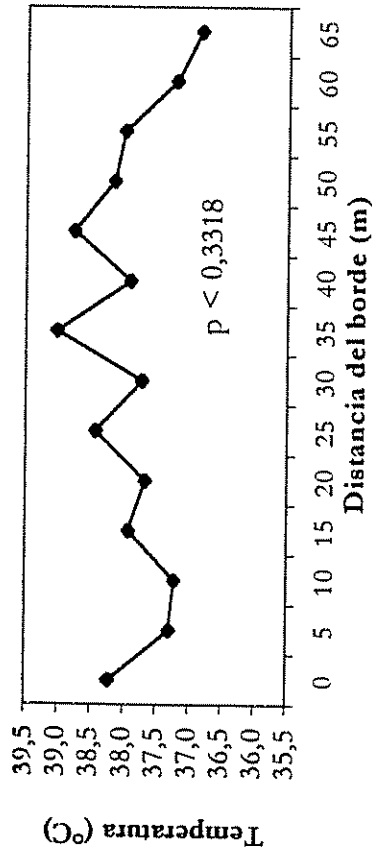


Fig. 9 Temperatura 0,2m bosque-ganado

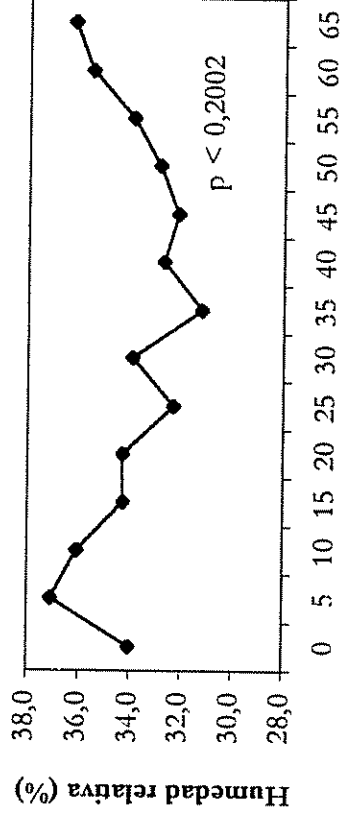


Fig. 10 Humedad 0,2 m bosque-ganado

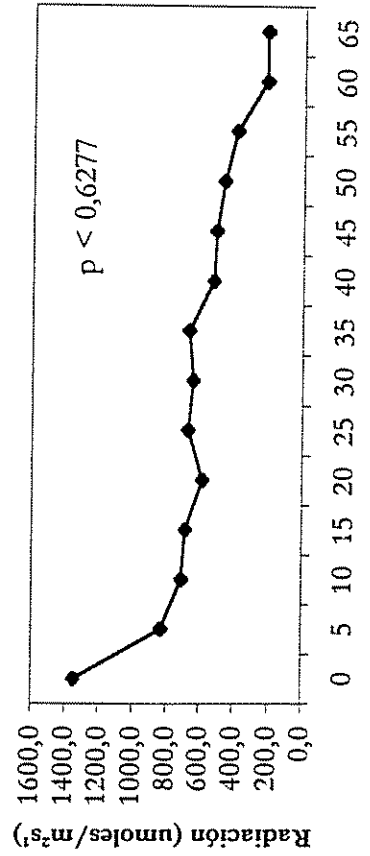


Fig. 11 Rafa bosque-ganado

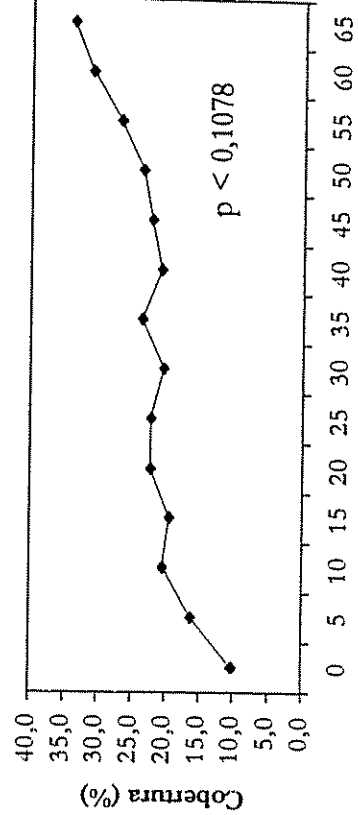


Fig. 12 Cobertura bosque-ganado

Anteriormente vimos que existen correlaciones muy fuertes entre las temperaturas y humedades relativas medidas a una misma altura, y que el microclima de los bordes difiere marcadamente del de la zona interior, el sol y el viento son las claves determinantes sobre el microclima y ambos pueden ser modificados significativamente por la vegetación (Forman 1995), por lo que el factor que afecta en forma diferente a las mediciones realizadas a 1,5 m, respecto a las hechas a 0,2 m, resulta ser el viento, que aunque siempre se ve reducido dentro de la vegetación, esta reducción puede ser gradual (Geiger 1975, Rosenberg *et al* 1983, Stoutjesdijk y Barkman 1992, Lowman y Nadkarni 1995). La velocidad del viento puede aumentar dentro del bosque, cuando la vegetación del sotobosque es más abierta (Stoutjesdijk y Barkman 1992, Lowman y Nadkarni 1995), aumentando su efecto sobre las variables dentro del bosque, esto nos lleva a suponer que la cobertura del suelo a 0,2 m, debe ser mayor que la del sotobosque a 1,5 m.

La distancia a la cual llega el efecto de borde depende de la densidad de la vegetación y su distribución dentro del bosque (Palik y Camargo 1990, Murcia 1995). Además los bosques naturales son heterogéneos (Janzen 1986, Lamprecht 1989, Schelhas y Greenberg 1996, Laurance y Bierregaard 1997) y poseen una mezcla en la composición en cuanto a edad, especies, y en su estructura en cuanto a tamaño diámetro (Janzen 1986, Lovejoy *et al* 1986, Lamprecht 1989, Schelhas y Greenberg 1996, Laurance y Bierregaard 1997).

Todas estas características son afectadas por los efectos del viento y el sol, que pasan por encima de los controles del borde microclimático (Chen *et al* 1992) y provocan desecación en las hojas, incrementos en la evapotranspiración, determinan a su vez cuáles plantas sobreviven y prosperan en el borde. Estos efectos se incrementan con las diferencias en altura de la vegetación en los ecosistemas adyacentes (Lowman y Nadkarni 1995).

La penetración del viento en el bosque tiene diferentes patrones (Geiger 1975, Chen *et al* 1992), el viento varía mucho de un punto a otro (Stoutjesdijk y Barkman 1992). En zonas de vegetación más abierta, la velocidad del viento disminuye considerablemente cerca de la superficie (Geiger 1975, Rosenberg *et al* 1983, Stoutjesdijk y Barkman 1992), y en vegetación cerrada el efecto es más fuerte disminuyendo considerablemente la velocidad del mismo.

La orientación del borde del bosque-ganado es hacia el norte, lo cual afecta las diferentes variables microclimáticas, aunado a este efecto está el de la propiedad adyacente, que está dedicada al engorde de ganado (Bennett 1999).

4.1.3.2 Sitio bosque-arroz

En el bosque-arroz las distancias a las cuales llega el efecto de borde para la temperatura medida a 1,5 m (Fig.13), la humedad medida a 1,5 (Fig. 14), la temperatura medida a 0,2 m (Fig. 15), la humedad medida a 0,2 m (Fig. 16), la RAFA (Fig. 17) y la cobertura del dosel (Fig. 18), son de 35 m.

Se puede deducir que la similitud en las distancias, es producto de la similitud en la cobertura vegetal entre las alturas de 0,2 y 1,5 m, en el sector afectado por el efecto de borde, y una cobertura de dosel similar, lo que provoca mayor penetración de luz y caída de árboles (Brokaw 1998), como vimos anteriormente en el bosque-arroz es el único sitio donde se encontraron claros y estos estaban ubicados antes de los 35 m.

Debe recordarse que la orientación del borde del bosque-arroz es hacia el este, lo cual influye en los efectos del viento, que es el responsable de la creación de claros, con lo que altera la estructura y composición del bosque (Lovejoy *et al* 1986, Laurance y Yensen 1991, Kapos *et al* 1997).

La presencia de claros aumenta el ingreso de RAFA al nivel inferior del bosque (Lovejoy *et al* 1986, Kapos 1989, Lowman y Nadkarni 1995, Schelhas y Greenberg 1996, Kapos *et al* 1997) evidenciando las diferencias en cobertura vegetal, así como en RAFA medida. Los claros provocan aumentos en la temperatura y disminución en la humedad dentro del bosque (Lovejoy *et al* 1986, Kapos 1989, Stoutjesdijk y Barkman 1992, Lowman y Nadkarni 1995, Schelhas y Greenberg 1996, Laurance y Bierregaard 1997), por lo que afectan el promedio de los puntos muestreados antes de los 35 m, resultando tener valores menores a los del sector del transecto donde no se encontraron efectos de borde.

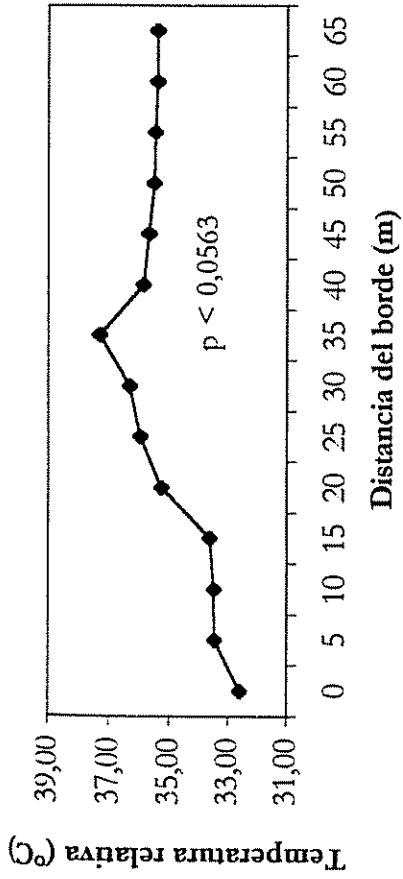


Fig. 13 Temperatura 1.5m bosque-arroz

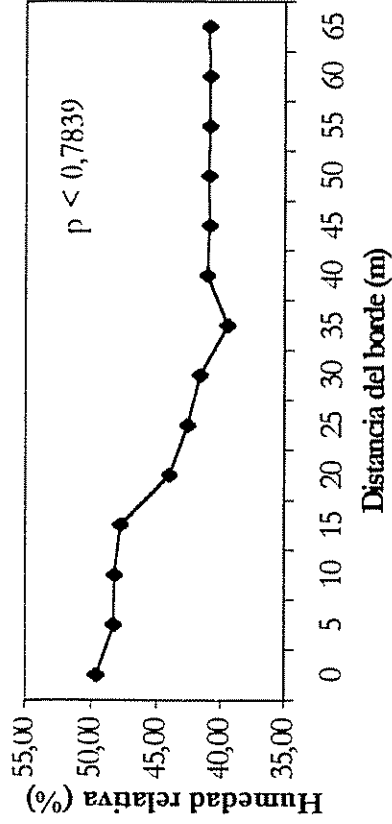


Fig. 14 Humedad 1,5 m bosque-arroz

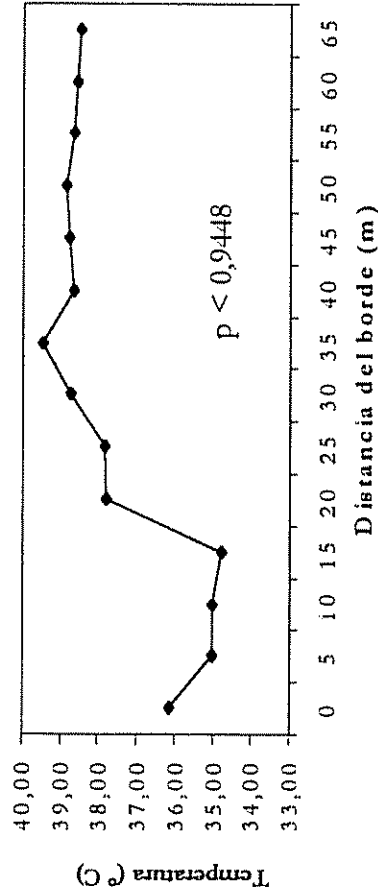


Fig. 15 Temperatura 0.2m bosque-arroz

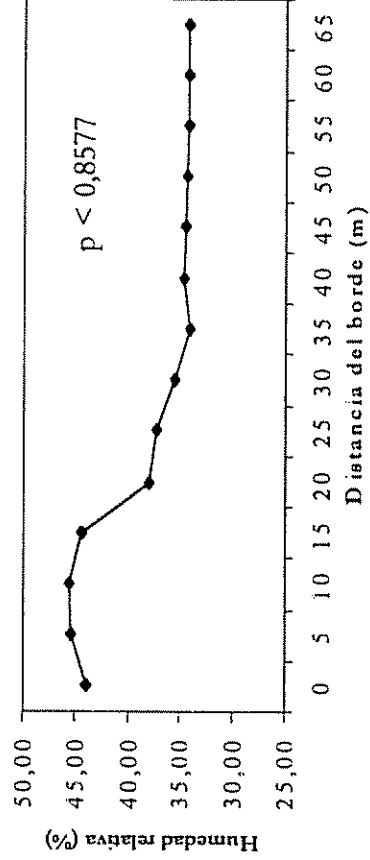


Fig. 16 Humedad 0,2m bosque-arroz

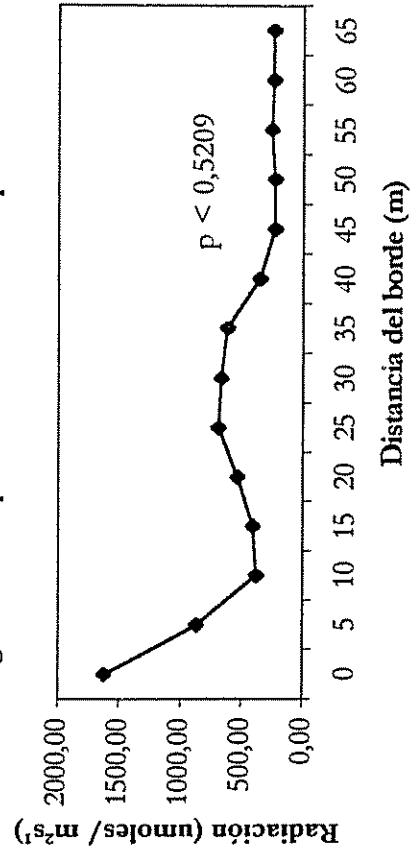


Fig. 17 Rafá bosque-arroz

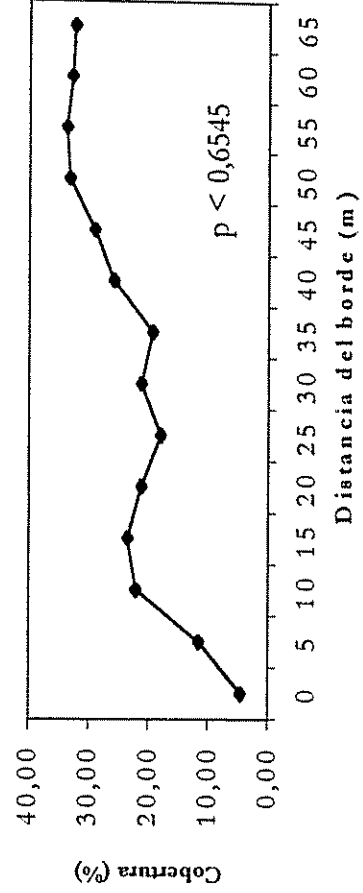


Fig. 18 Cobertura bosque-arroz

La temperatura y los niveles de humedad del aire y suelo dependen del sol y del viento (Kapos 1989, Denmead, citado por Forman 1995, Rouse, citado por Forman 1995). Al pasar el viento por el cultivo del arroz, que recibe casi que el 100 % de la RAFA; absorbe gran cantidad de vapor de agua, saturándolo en cierta medida, lo cual disminuye su efecto desecador sobre el bosque-arroz. Esto influye sobre la distancia a la que se determinó que llega el efecto de borde sobre la humedad relativa.

4.1.4 Comparación del efecto borde entre el bosque-arroz y el bosque-ganado

Al comparar las distancias a las que llega el efecto de borde en el bosque-arroz (35 m) y el punto de inflexión en el bosque-ganado (45 m), debe primero notarse que estudios han indicado que no hay dos sitios con ecosistemas parecidos en la composición y estructura de la vegetación o en cuanto al macro o al microclima (Murphy y Lugo 1986a, Murcia 1995).

Solamente en el bosque-arroz se encontraron claros, lo cual produce grandes diferencias en humedad, temperatura, cobertura y RAFA, en el sector bajo el efecto de borde.

La orientación de ambos bordes es diferente (Fig. 3), el borde del bosque-arroz está ubicado hacia el este, mientras que el del bosque-ganado está ubicado hacia el norte. Esta ubicación crea grandes diferencias en los efectos del viento (Stoutjesdijk y Barkman 1992, Matlack 1993, Murcia 1995, Bennett 1999) que tiene orientación noreste (Vaughan *et al* 1994) y los consecuentes efectos del mismo sobre las variables microclimáticas (Geiger 1975, Rosenberg *et al* 1983, Chen *et al* 1992, Stoutjesdijk y Barkman 1992, Lowman y Nadkarni 1995, Murcia 1995, Laurance 1997).

Los niveles de humedad que presenta el viento antes de entrar en contacto con el bosque son diferentes (Geiger 1975, Rosenberg *et al* 1983, Stoutjesdijk y Barkman 1992), al pasar por el cultivo del arroz, el viento absorbe mucha humedad, mientras que al pasar sobre el pastizal es poca la humedad que absorbe comparada con la que recibe del arroz.

La humedad que tenga el aire afecta su nivel de saturación (Geiger 1975, Rosenberg *et al* 1983), por lo tanto un aire más saturado tendrá menor efecto desecante sobre la vegetación del bosque que uno menos saturado, por ello la distancia a la cual se percibe el efecto de borde en el bosque-arroz sea menor.

La cantidad de individuos y especies en cada bosque es diferente (Palik y Murphy 1990, Murcia 1995), el bosque-arroz tiene menor cantidad de individuos y especies que el bosque-ganado (cuadro 3), lo cual influye sobre la velocidad del viento a la hora de entrar al bosque y dentro del mismo (Geiger 1975, Stoutjesdijk y Barkman 1992, Chen *et al* 1992, Lowman y Nadkarni 1995, Forman 1995, Laurance 1997, Laurance y Bierregaard 1997), debido al efecto de barrera que podrían tener esta mayor cantidad de individuos.

Tomando en cuenta lo encontrado por varios investigadores se encontraron grandes diferencias entre las distancias a las cuales se determinó llegan los efectos de borde, Lovejoy *et al* (1986) encontraron en la Amazonia que los efectos de borde se perciben a una distancia de 100 m del borde, pero cambios grandes en la vegetación fueron percibidos por la presencia de lianas entre los 10 y 25 m. Williams-Linera (1990b) determino en Panamá, que para bosques fragmentados tropicales húmedos premontanos, el efecto de borde llega hasta los 25 m, por cambios en temperatura y humedad relativa, mientras que Palik y Murphy (1990) en bosques en Michigan de 4,7 y 2,7 ha, de *Acer sacharum* y *Fagus grandifolia*, determinaron que el efecto llegó a 45 m, tomando en cuenta las densidades de individuos en el dosel sobre el suelo. Laurance (1991) en Queensland Australia, en un bosque lluvioso tropical determino que los efectos llegaban a 200 m dentro del bosque, con efectos en la vegetación hasta 500 m. Estudios de Chen *et al* (1992) en el bosque de *Pseudotsuga menziesii*, el efecto se encontro hasta 137 m del borde. Matlack (1993) en el sureste de Pennsylvania, en un bosque maduro, dominado por *Quercus*, *Carya* y *Fagus grandifolia*, encontró que la distancia a la cual llega el efecto de borde abiótico es de 50 m, finalmente Camargo y Kapos (1995) en la Amazonia brasileña, estudiaron bosques de 100 ha donde el efecto de borde se determinó que llega hasta 100 m por cambios en la estructura del bosque.

Por todo ello es de esperar que dentro de una misma zona existan diferencias en cuanto a la distancia a la cual se percibe el efecto de borde.

4.2 Variables vegetales

4.2.1 Datos generales de los sitios muestreados

En los bosques (bosque-ganado y bosque-arroz) la cantidad de parcelas muestreadas es de 54, que corresponde a 540 m², mientras que en los controles (control-arroz y control-ganado) la cantidad de parcelas muestreadas es de 9, que corresponden a 90 m².

Cuadro 3. Cantidad de individuos por parcela agrupados taxonómicamente por sitio.

Sitios	Familias	Géneros	Especies	Individuos
Control-arroz	1,56	2	2,33	4,11
Control-ganado	0,89	1,11	1,44	5,44
Bosque-arroz	0,15	0,20	0,26	2,80
Bosque-ganado	0,43	0,56	0,65	3,50

Únicamente en el bosque-arroz se encontraron claros, en estos claros no se encontró ningún individuo que tuviera un dap mayor o igual al requerido para ser muestreado. Los claros estaban presentes en las parcelas ubicadas entre los 5 y 25 m del borde, en total se encontraron 5 claros.

4.2.2 Comparación entre sitios muestreados

Para comparar entre los sitios se utilizó el índice de similitud de Czekanowski, como los sitios a comparar tienen diferente cantidad de parcelas (54 en los bosques y 9 en los controles), se escogieron 9 de las 54 parcelas de cada uno de los bosques para comparar con igual cantidad de parcelas de los controles.

Cuadro 4. Coeficientes de similitud de Czekanowski

Sitio	Control-ganado	Bosque-ganado	Bosque-arroz
Control-arroz	0,40	0,22	0,35
Control-ganado	-	0,34	0,44
Bosque-ganado	-	-	0,19

Al comparar el control-arroz con el bosque-arroz ($C = 0,35$), vemos que los sitios son bastante similares entre sí, tomando en cuenta la cantidad de especies/área en el control-arroz (2,33) y la cantidad de especies/área en el bosque-arroz (0,26) deberían ser distintos, pero al comparar la cantidad de individuos (Cuadro 3) vemos el por qué de las diferencias, además tienen varias especies en común (Cuadro 12, Cuadro 14).

Lo mismo sucede al comparar el control-ganado con el sitio bosque-ganado ($C = 0,34$), la cantidad de especies/área en el control-ganado (1,44) si difieren bastante de las del bosque-ganado (0,65), pero el tamaño de muestra afecta los valores aunque existan claras diferencias, la cantidad de individuos muestreados en cada sitio control fue mayor que los muestreados en los bosques (Cuadro 3), y existen gran cantidad de especies comunes a ambos sitios (Cuadro 11, Cuadro 13).

Las mayores diferencias ($C = 0,19$) se encontraron al comparar los dos bosques (bosque-arroz y bosque-ganado), debido a que el bosque-ganado tiene más del doble de las especies encontradas en el bosque-arroz, probablemente porque los efectos de los usos de la tierra afectan en forma diferente la composición de especies de cada sitio.

Las mayores similitudes ($C = 0,40$) se encontraron entre los controles, poseen gran cantidad de especies e individuos/área, indicando que realmente la parte interna del Parque Nacional Palo Verde muestra un importante grado de similitud en cuanto a los hábitats y muy poca perturbación humana.

Al comparar el control-arroz y el bosque-ganado ($C = 0,22$), existe una baja similitud debido a que los sitios tienen diferentes tamaño de muestra y están aislados entre sí.

La mayor similitud ($C = 0,44$) se da entre el control-ganado con el sitio bosque-arroz. Este efecto se debe a la gran cantidad de especies encontradas en ambos sitios (Cuadro 3), que resultan ser comunes a ambos sitios (Cuadro 13, Cuadro 12).

4.2.3 Efecto de borde sobre las variables vegetales

Tomando como base la distancia a la cual se determinó que llega el efecto de borde abiótico en los bosques muestreados, se procedió a comparar las diferentes variables vegetales entre los sectores, el afectado por el efecto de borde y el que no.

Para el bosque-ganado se encontró que existen diferencias en cuanto a la diversidad vegetal ($t = -2,433$, g.l. = 8, $p < 0,038$), el dap promedio ($t = -2,063$, g.l. = 43, $p < 0,045$), y la cantidad de individuos ($t = -4,824$, g.l. = 8, $p < 0,001$).

En el caso del bosque-ganado existen diferencias entre los dos sectores, lo cual nos corrobora la existencia del efecto de borde en este sitio, así como en cantidad de especies y de individuos (Cuadro 9), en el sector bajo el efecto de borde del total de 35 especies, 4 solamente se encontraron en el sector sin influencia de borde (*Cordia alliodora*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Coccoloba caracasana* y *Pouteria reticulata*) y 16 propias del sector bajo el efecto de borde, las sobrantes 15 son comunes a ambos sectores, además entre estas 15 especies se encuentran las especies con mayor cantidad de individuos, *Acacia collinsii* con 26, *Guzmania ulmifolia* con 20, *Casearia corymbosa* con 17 y *Tabebuia ochracea* con 15.

La diferencia en dap promedio entre los sectores es muy clara (Cuadro 11), el dap promedio del sector afectado por el borde es de 11,5 cm y el del sector no afectado es de 17,8 cm, debido principalmente a que los individuos con mayores dap se encuentran en las parcelas ubicadas a 55 m del borde del parque, cumple con lo propuesto por Chen *et al* (1992) que a mayor distancia del borde mayor dap.

La cantidad de individuos muestra diferencias entre ambos sectores, el sector más cerca del borde tiene un promedio de 3,2 individuos por parcela, mientras que la última parcela (no afectada por el efecto de borde) tiene un promedio de 4,8 individuos por parcela, este resultado refuerza lo encontrado por Chen *et al* (1992), donde la cantidad de individuos aumentó con la distancia al borde, para árboles con un dap > 6,0 cm, pero no contradice los datos de Camargo y Kapos (1995) que encontraron mayor cantidad de arbustos ($\leq 1,5$ m de alto), cerca del borde existe mayor cantidad de luz y ello promueve el crecimiento de plantas que se encuentran normalmente bajo la sombra del dosel (Stoutjesdijk y Barkman 1992), promoviendo la germinación y crecimiento de gran cantidad de arbustos en esta zona.

Comparando el sector bajo la influencia del efecto de borde y el que esta libre de este efecto, se encontró para el bosque-arroz, que no hay efectos significativos del borde abiótico sobre la diversidad ($t = -0,726$, g.l. = 17, $p < 0,477$), ni sobre el dap promedio ($t = -0,037$, g.l. = 76, $p < 0,971$), pero sí en cuanto al número de individuos ($t = -7,638$, g.l. = 17, $p < 0,001$).

La pequeña cantidad de especies encontradas en el bosque-arroz (14) y de ellas 13 comunes a ambos sectores (Cuadro 8, Cuadro 10), con la excepción de *Randia monanta*, cuyo único individuo se encontró en el sector afectado por el efecto de borde, y la enorme cantidad de individuos de *Guazuma ulmifolia* (76), que representa cerca del 50 % del total de individuos y que está distribuída homogéneamente en todo el bosque-arroz (35 cerca del borde y 41 alejado del borde), afectan fuertemente los valores de la diversidad, provocando que no existan diferencias significativas entre el sector bajo la influencia del borde y el que no lo está.

Los promedios de los dap promedios no muestran diferencias entre los dos sectores (Cuadro 12), para el sector afectado por el borde el dap promedio es de 18,2 cm y el del sector no afectado es de 18,7cm, la diferencia es mínima, por lo tanto no existen diferencias entre sectores, pero es el efecto de árboles de *Bombacopsis quinata* en el sector cercano al



borde, cuyos dap van de 34,7 a 114 cm, junto con algunas *G. ulmifolia* con dap de 20,2 a 42 cm, los que producen este efecto.

La cantidad de individuos se relaciona con la presencia de los 5 claros situados en el sector afectado por el efecto de borde, dentro de los cuales no se encontró ningún individuo, lo cual afecta la cantidad de individuos promedio en tal sector.

4.2.4 Efecto de la distancia del borde en los transectos muestreados sobre la diversidad

Tomando en cuenta la totalidad de las parcelas de los bosques muestreados, se analizó la similitud entre las parcelas de cada bosque, por efecto de la distancia y la similitud de estas parcelas con su respectivo control.

Cuadro 5. Índice de Morisita para la diversidad por distancia en el bosque-ganado.

Distancia	5	15	25	35	45	55	Control
5	-	0,7640	0,4217	0,5159	0,4487	0,2762	0,4671
15	-	-	0,5633	0,5427	0,4292	0,4283	0,3897
25	-	-	-	0,5076	0,4123	0,5024	0,2611
35	-	-	-	-	0,6828	0,6164	0,5666
45	-	-	-	-	-	0,6954	0,4064
55	-	-	-	-	-	-	0,3441
Control	-	-	-	-	-	-	-

En el bosque-ganado no existen muchas diferencias entre todas las parcelas, las más parecidas son las ubicadas a 5 y 15 m. El control a su vez, no difiere mucho de todas las parcelas mostrando bastante similitud en cuanto a diversidad entre el bosque-ganado y el control-ganado, las mayores diferencias en similitud las muestra el control con las parcelas ubicadas a 25 m del borde.

Cuadro 6. Índice de Morisita para la diversidad por distancia en el bosque-arroz.

Distancia	5	15	25	35	45	55	Control
5	-	0,8774	0,9515	0,8634	0,8470	0,9354	0,5943
15	-	-	0,8745	0,7640	0,7498	0,7974	0,5398
25	-	-	-	0,8456	0,8598	0,8672	0,6003
35	-	-	-	-	0,9377	0,8764	0,5726
45	-	-	-	-	-	0,8682	0,6221
55	-	-	-	-	-	-	0,5879
Control	-	-	-	-	-	-	-

Existe gran similitud entre todas las parcelas del bosque-arroz, mucho mayor que la presentada en el bosque-ganado, donde el valor máximo alcanzado se da entre las parcelas ubicadas a 25 y 5 m. Todas las parcelas a su vez difieren bastante en similitud respecto al sitio control-arroz, pero esta diferencia tiene valores semejantes a los de la diferencia en similitud presente entre el bosque-ganado y el control-ganado.

4.2.5 Efecto de la distancia sobre las variables vegetales

En el bosque-arroz, se encontró que no existen cambios en la diversidad por efecto de la distancia ($r^2 = 0,1017$, $p < 0,0806$), y en el bosque-ganado si se encontraron cambios en la diversidad por efecto de la distancia ($r^2 = 0,2691$, $p < 0,0048$), existen diferencias en cuanto a la diversidad entre las distancias a las cuales se muestrearon las parcelas, pero tomando la totalidad de las parcelas por distancia este efecto no se nota, mostrando grandes similitudes entre todas las parcelas del sitio bosque-arroz.

Los dap promedios no aumentaron por efecto de la distancia para el bosque-ganado ($r^2 = 0,3855$, $p < 0,1884$) ni para el bosque-arroz ($r^2 = 0,2475$, $p < 0,3402$), principalmente debido a que en el bosque-arroz no existen diferencias entre el sector afectado por el borde y el que no. Para el bosque-ganado los factores que afectan es el bajo promedio encontrado

en las parcelas ubicadas a 45 m del borde 9,9 cm de dap, mientras que las demás parcelas iban incrementandose de 10,7 cm la ubicada a 5 m, a 17,9 cm la ubicada a 55 m del borde, lo cual concuerda con lo encontrado por Chen *et al* (1992), que encontraron que el dap promedio no fue afectado por la distancia y que más bien disminuyó conforme se adentraban dentro del bosque.

La cobertura aumentó con la distancia del borde para el bosque-ganado ($r^2 = 0,7815$, $p < 0,0001$) y para el bosque-arroz también ($r^2 = 0,7844$, $p < 0,0001$), es claro que las partes menos perturbadas de los bosques, hay árboles de mayor tamaño y forman un dosel más cerrado (Lampecht 1989, Lowman y Nadkarni 1995, Camargo y Kapos 1995, Laurance y Bierregaard 1997), mientras que cerca de los bordes existe menor cobertura del dosel (Kapos 1989, Murcia 1995), por ello existe un gradiente entre el borde del bosque y su parte central (Schelhas y Greenberg 1996, Laurance y Bierregaard 1997).

La cantidad de individuos aumento con la distancia al borde para el bosque-ganado ($r^2 = 0,4805$, $p < 0,0001$), también para el bosque-arroz ($r^2 = 0,5320$, $p < 0,0001$). La cantidad de individuos aumenta con la distancia respecto al borde (Chen *et al* 1992), el efecto que tiene el borde es mostrar un ambiente más estresante que en el interior del bosque, donde existe un microclima bastante estable (Matlack 1993), por lo que cerca del borde las cantidades de individuos se ven disminuidas, también para el bosque-arroz hay que recordar la presencia de 5 claros, los cuales disminuyen el número de individuos cerca del borde, favoreciendo este resultado.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La distancia a la que llega el efecto de borde para el bosque-arroz es de 35 m. Para el bosque-ganado la distancia debe ser mayor a 45 m, aunque a esta distancia se determinó que existe un punto de inflexión en la curva de las variables microclimáticas, lo que muestra que las condiciones se muestran variables y contrarias a partir de este punto; pero no se ha visto estabilidad en los valores. Es decir, hay condiciones diferentes aún después de los 45 m y habría que medir más al interior del bosque hasta encontrar el punto donde los valores se vuelvan estables.

Las diferencias en distancias están relacionadas directamente con el uso respectivo de la tierra, que poseen diferentes valores de las variables microclimáticas y la orientación de los bordes, la cual determina el efecto de la dirección del viento sobre cada bosque-muestreado, la estructura y composición de cada bosque. Son estos factores los que determinan la distancia a la que llega el efecto de borde y que son diferentes para los bosques muestreados y son propios para cada situación.

Es necesario aclarar que la distancia a la cual se determine que llega el efecto de borde está directamente relacionado con la variable que se use para estimarlo, algunas variables muestran diferentes distancias según la altura de su medición y también existen diferencias entre las diferentes variables medidas.

No se puede tomar como regla que la distancia a la cual llega el efecto de borde en Costa Rica, es de 35 o mayor a 45 m, ni siquiera se puede extrapolar a toda la zona de Guanacaste, como se vio, los estudios anteriores muestran distancias muy diferentes que va desde los 25 m a los 270 m, estas diferencias tan grandes en distancias tienen que ver también con las diferencias en edades del borde y de los bosques, la estructura desde alturas del dosel de 5 m hasta alturas de 45m, la composición que pueden ser bosques tropicales húmedos con una enorme diversidad hasta plantaciones en zonas templadas con una o dos especies dominantes, la zona de vida donde se encuentran y los usos de la tierra adyacentes al bosque en estudio desde pastizales hasta plantaciones forestales.

El efecto abiótico tiene efectos diferentes sobre la composición y estructura de especies en el bosque-arroz y sobre el bosque-ganado. En el bosque-arroz solamente se encontraron diferencias entre el sector bajo el efecto de borde y el que no lo estaba, en cuanto a la cantidad de individuos, pero tomando en cuenta que fue en este bosque donde se vieron los 5 claros y que a su vez estaban ubicados en el sector afectado abióticamente por el borde, se puede inferir que realmente existe una relación entre los dos efectos de borde, además este bosque-arroz mostró ser bastante homogéneo en cuanto a la diversidad encontrada en sus parcelas por lo que debe tomarse el factor claro como indicador biótico de borde, lo cual comprueba que si hay relación entre el efecto abiótico con el biótico. Aunque en el bosque-arroz el comportamiento de efecto de borde sobre las variables abióticas fue muy semejante entre ellas (todas llegan a 35 m), para efecto de variables bióticas no es tan claro. Por ello puede concluirse que este bosque-arroz muestra efectos más complejos en cuanto a efecto de borde, debido principalmente al cultivo del arroz, el cual afecta al bosque-arroz, pero su efecto sobre las variables bióticas no es estadísticamente significativo.

En el bosque-ganado se vieron afectados, la cantidad de individuos, el dap promedio, y la diversidad vegetal, por el efecto de borde abiótico antes y después del punto de inflexión, por lo tanto existe un efecto claro en este bosque-ganado, el cual muestra que el pastizal, tiene un efecto sobre el bosque-ganado. Afecta las variables microclimáticas medidas (temperatura medida a 1,5 y 0,2 m, humedad relativa medida a 1,5 y 0,2 m, RAFA y cobertura de dosel medidas a 1,5 m, en la misma zona aproximadamente que afecta a la cantidad de individuos, la diversidad vegetal de plantas con un dap $\geq 2,5$ cm y el dap promedio en este bosque. Aunque existen claras diferencias entre los sectores anterior y posterior al punto de inflexión, no se puede establecer que este sea correspondiente a la distancia hasta la cual llega el efecto abiótico de borde.

El efecto biótico de borde puede verse afectado por el uso de la tierra de la propiedad adyacente, principalmente debido a los productos químicos que se utilicen en cada uso de la tierra, en el cultivo del arroz se utilizan gran cantidad de herbicidas que por arrastre por viento y agua pueden afectar a las especies vegetales en el bosque adyacente. Las

condiciones microclimáticas del cultivo del arroz provocan cambios en el microclima del bosque, provocando una selección de especies vegetales en esta zona.

El efecto biótico del pastizal afecta a una distancia mayor a 45 m, más que todo es la influencia del viento la que puede provocar rotura de ramas, desraizamiento de plántulas, además de el efecto que el ganado puede tener sobre la vegetación, puede masticarla, majarla y hasta abonarla, favoreciendo el aumento en la diversidad del bosque.

La implementación de estudios acerca de los efectos de borde son muy importantes a la hora del diseño y la elección de posibles áreas protegidas, el tamaño y la forma de las mismas determinará la utilidad en cuanto a los objetivos de conservación planteados, no necesariamente por ver un sitio con mucha vegetación, ello indica que está en buen estado.

Se recomienda que todos las áreas protegidas determinen cuales son los usos de las propiedades privadas que colindan con ellas, para determinar según cada uso de la tierra, la zona de influencia que afecta y la distancia del efecto de borde de cada una de ellas.

Con ello se podrá establecer una zonificación que proteja las especies y procesos ecológicos que se dan en esa determinada área protegida. Para lograrlo debe de tomarse en cuenta que el efecto de borde lo produce el cambio drástico de un hábitat a otro, la vegetación que rodea la periferia de las áreas protegidas, está en contacto con zonas por lo general deforestadas, que han tomado un uso agrícola, aumentando las influencias del medio sobre el área protegida.

Lo que debe hacerse es implementar un plan de acción donde las propiedades vecinas a las áreas protegidas, dediquen una porción de su tierra que este limitando con el área protegida a programas de conservación. En caso de que estas tierras esten dedicadas a la agricultura o ganadería, se proponen programas de reforestación, o que dejen que opere la sucesión secundaria, con el fin de crear una zona de amortiguamiento, la cual como su nombre dice, amortiguará los efectos de la propiedad privada sobre el Parque Nacional. Esta zona

pertenecerá al propietario de la tierra y que deberá tener como mínimo igual ancho que la distancia a la cual llega el efecto de borde.

Para promover tales proyectos se ocupan leyes que obliguen a que esto se de y como medida conciliadora se deberá proveer de beneficios monetarios por medio de la certificación forestal.

A nivel de la zonificación del Parque Nacional Palo Verde, la zona afectada por el efecto de borde debe de dársele la connotación protectora, se sugiere la categoría de investigación científica, la cual impulsaría la investigación y a la vez protegería los procesos de regeneración y sucesión naturales. Una de sus características es la impedir el acceso del público a esta zona.

Es mejor prevenir que continúe la conversión de tierras forestales a diferentes usos de la tierra (e.g. cultivos de arroz), por que de lo contrario continuarían disminuyendo el tamaño de las áreas protegidas y provocaría su aislamiento, que afectaría negativamente la probabilidad de supervivencia de las especies protegidas dentro del área.

6 LITERATURA CITADA

- Acuña, J. 1976. Geología y evolución de los Cerros Calizos de Catalina. Ministerio de Economía, Industria y Comercio. San José. Costa Rica. 7 p.
- Agüero, R.A. 1996. Malezas del arroz y su manejo. IMRSA. San José, Costa Rica. 246 p.
- Angladette, A. 1969. El Arroz. Editorial Blume. Barcelona, España. 867 p.
- Barton, A.M. 1984. Neotropical pioneer and shade-tolerant tree species: do they partition tree-fall gaps?. *Tropical Ecology*. 72: 777-795.
- Bennett, A.F. 1999. Linkages in the Landscape. The role of Corridors and Conectividad in Wildlife Conservation. IUCN, Gland, Suiza. 254 p.
- Bonilla, A.D; Meza, O.T. 1994. Problemas de Desarrollo Sustentable en América Central: El caso de Costa Rica. Editorial Alma Mater. San José, Costa Rica. 129 p.
- Boza, M.A. 1981 El caso de Palo Verde. *Biocenosis*. 2: 3 - 4.
- Brokaw, N. 1998. Fragments past, present and future. *Tree*. 13(10): 382 - 383.
- Bullock, S.H; Mooney, H.A; Medina, E. 1995. Seasonally Dry Tropical Forests. Cambridge University Press. Cambridge, Gran Bretaña. 450 p.
- Camargo, J.L.C; Kapos, V. 1995. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonia forest. *Journal of Tropical Ecology*. 11: 205 - 221.
- Castro, B.M. 1996. Areas de Conservación y sus Parques Nacionales. División por cantones y distritos. Asociación Ecologista de Vida Silvestre. San José, Costa Rica. 68 p.

- Chazdon, R.L. 1986. Light variation and carbon gain in rain forest understory palms. *Journal of Ecology*. 74: 995-1012.
- Chen, J; Franklin, J.F; Spies, T.A. 1992. Vegetation responses to edge environments in old-growth Douglas-Fir forests. *Ecological Applications*. 2(4): 387 - 396.
- Cifuentes, M. 1983. Reservas de la Biosfera: Clarificación de su marco conceptual y diseño y aplicación de una metodología para la planificación estratégica de un subsistema nacional. Tesis. Mag. Scientiae. Universidad de Costa Rica y CATIE. 109 p.
- _____. 1998. Curso Manejo de Areas Naturales Protegidas. Apuntes de clase. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Programa de Maestría en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad.
- Collins, B.S; Pickett, S.T.A. 1987. Influence of Canopy opening on the Environment and herb layer in a northern hardwood forest. *Vegetatio*. 70: 3 - 10.
- Daubenmire, R.F. 1974. *Plants and Environment*. Cap. 3. The Water Factor. Wiley. New York.
- Delgado, D; Finegan, B; Zamora, N; Meir, P. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica. Cambios en riqueza y composición de la vegetación. Unidad de Manejo de Bosques Naturales (UMBN). CATIE. Cartago, Costa Rica. 55 p. (Serie Técnica. Informe Técnico/CATIE; no. 298).
- Denmead, O.T. 1969. Comparative micrometeorology of a wheat field and a forest of *Pinus radiata*. *Agricultural Meteorology*. 6: 357-371.
- Forman, R.T.T. 1995. *Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press. New York. USA. 632 p.

- Gates, D.M. 1980. *Biophysical Plant Ecology*. Springer-Verlag. New York.
- Geiger, R. 1975. *The Climate near the Ground*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 611 p.
- Gentry, A.H. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary Ecology*. 15: 1 - 84.
- _____. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographic gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 75: 1 -34.
- _____. 1993. *A field guide to the Woody Plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary Notes on herbaceous Taxa*. The University of Chicago Press. Chicago. USA. 895 p.
- _____. 1995. Diversity and Floristic composition of neotropical dry forests. En Bullock, S.H; Mooney, H.A; Medina, E. *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press. Inglaterra. pp 146 - 194.
- Glander, K.E; Nisbett, R.A. 1996. Community structure and species density in tropical dry forest associations at hacienda La Pacifica in Guanacaste province, Costa Rica. *Brenesia*, 45 - 46: 113 -142.
- Greig-Smith, P. 1983. *Quantitative plant ecology*. Series: *Studies in Ecology*, v.9, 3° ed. Berkeley y Los Angeles, E.U. University of California Press. pp. 35: 193 - 194.
- Gutiérrez, E.E. 1995. *Métodos estadísticos para las ciencias biológicas*. EUNA. Heredia. Costa Rica. 178 p.

- Harris, L.D. 1984. *The Fragmented Forest. Island Biogeography Theory and the Preservation of Biotic Diversity.* The University Chicago Press. Chicago. EEUU. 211 p.
- Hartshorn, G.S; Poveda, L.J. 1983. Plants: checklist of trees. In *Costa Rican Natural History*, ed D.H. Janzen, pp 158 - 183. University of Chicago Press, Chicago, EEUU.
- Hewitt, C.N. 1992. *Methods of Environmental Data Analysis.* Elsevier Science Publishers. Essex, England. 309 p.
- Holdridge, L.R. 1967. *Life Zone Ecology.* Tropical Science Center, San José, Costa Rica. 206 p.
- _____; Grenke, W.C; Hatheway, W.H; Liang, T; Tosi, J.A.Jr. 1971. *Forest Environments in Tropical Life Zones.* Pergamon. New York. 747 p.
- Hubbell, S.P. 1979. Tree dispersion, abundance, and diversity in a tropical dry forest. *Science.* 203: 1299 - 1309.
- IFAM (Instituto de Fomento y Asesoría Municipal). 1974. *Estudio para el desarrollo regional de la provincia de Guanacaste y tres distritos de la provincia de Puntarenas.* Vol. 1. San José, Costa Rica. 104 p.
- Instituto Internacional para la Investigación en Arroz. 1982. *Arroz de Temporal.* Matín Casillas Editores. México D.F., México. 270 p.
- ITCO (Instituto de Tierras y Colonización). 1978. *Proyecto de cultivo de marañón.* San José, Costa Rica. 80 p.

- Izurieta, A; Cifuentes, M; Faria, H.H. de. 1999. Medición de la efectividad del manejo de áreas protegidas. Documento presentado para discusión en el Forest Innovations Project: de la teoría a la práctica, taller regional centroamericano. Turrialba, Costa Rica. 89 p.
- Janzen, D.H. 1976. The microclimate difference between a deciduous forest and adjacent riparian forest in Guanacaste Province, Costa Rica. *Brenesia*. 8: 29 -33.
- _____. 1986. The future of tropical ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 17: 305 - 324.
- Kadmon, R; Pulliam, H.R. 1993. Island biogeography: effect of geographical isolation on species composition. *Ecology*. 74(4): 977 - 981.
- Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology*. 5: 173 - 185.
- _____; Wandelli, E; Camargo, J.L; Ganade, G. 1997. Edge-related changes in environment and plant response due to Forest Fragmentation in Central Amazonia. En *Tropical Forest Remnants. Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. The University of Chicago Press. Chicago, EEUU. pp 33 - 44.
- Kraus, G. 1911. *Boden und Klima auf kleinstem Raum*. Fischer, Jena.
- Krebs, J.C. 1985. *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. 2 ed. Harla. México. 753 p.
- Lamprecht, H. 1989. *Silviculture in the Tropics*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Germany. 296 p.

- Laurence, W.F. 1991. Edge Effects in Tropical Forest Fragments: Application of a Model for the Design of Nature Reserves. *Biological Conservation*. 57: 205 -219.
- _____; Yensen, E. 1991. Predicting the Impacts of Edge Effects in Fragmented Habitats. *Biological Conservation*. 55:77-92
- _____. 1997. Hiper-disturbed parks: edge effects and the ecology of isolated Rainforests reserves in tropical Australia. En Laurance, W.F.; Bierregaard, O.Jr. *Tropical Forest Remnants. Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. The University of Chicago Press. Chicago, EEUU. pp 71-84.
- _____; Bierregaard, O.Jr. 1997. *Tropical Forest Remnants. Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. The University of Chicago Press. Chicago, EEUU. 616 p.
- Lee, R. 1978. *Forest Microclimatology*. Columbia University Press, New York.
- Lohr, S.L. 1999. *Sampling: design and analysis*. Duxbury Press. California. EEUU. 494 p.
- Lovejoy, T.E; Rylands, A.B; Malcom, J.R; Quintela, C.E; Harper, L.H; Brown, K.S; Powell, A.H.Jr; Powell, G.V.N; Schubart, H.O.R; Hays, M.B. 1986. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. En. Soule, M.E. *Conservation Biology: science of diversity*. pp 257 - 285. Sinauer, Massachusetts.
- Lowman, M.L; Nadkarni, N.M. 1995. *Forest Canopies*. Academic Press. New York. 624 p.
- Lugo, A.E. 1995. Management of Tropical Biodiversity. *Ecological Applications*. 5(4): 956 - 961.

- Maass, J.M. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. En Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina, E. Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press. Inglaterra. pp 399-422.
- MacArthur, R.H; Wilson, E.O. 1967. The Theory of Island Biogeography. Princeton University Press. New Jersey. USA. 203 p.
- Madrigal, R; Rojas, E. 1980. Manual descriptivo del mapa geomorfológica de Costa Rica. SEPSA. San José, Costa Rica. 79 p.
- MAG -UNED (Ministerio de Agricultura y Ganadería - Universidad Estatal a Distancia). 1991. Arroz. Departamento de Publicaciones de la UNED. San José, Costa Rica. 44 p.
- Mather, J.R. 1974. Climatology: Fundamentals and Applications. McGraw-Hill. New York. 412 p.
- Matlack, G.R. 1993. Microenvironment variation within and among forest edge sites in the eastern United States. *Biological Conservation*. 66: 185-194.
- _____. 1994. Vegetation dynamics of the forest edge - trends in space and sucesional time. *Journal of Ecology*. 82: 113 -123.
- Matteuci, S.D; Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía O.E.A., Serie Biológica no. 23. 163 p.
- McCoy, M.B; Aragón, E.S; Herra, G.A; Rodríguez, L.E.P. 1995. Irrigated rice cultivation and waterflow: methods to reduce the conflict. In integrating people and wildlife for a sustainable future: proceedings of the first international Wildlife Management

- Congress. (eds.) Bissonette, J.A., Krausman, P.R. 390 - 393. The Wildlife Society. Bethesda.
- Meffe, G.K.; Carroll, C.R. 1997. Principles of Conservation Biology. 2° ed. Sinauer Associates. Massachusetts, USA. 729 p.
- Morales, J.M. 1992. Manual para la interpretación ambiental en áreas silvestres protegidas. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Documento técnico N° 8. 201 p.
- Muñoz, G. 1989. Los humedales de Palo Verde. Unavisión. 5: 18 -19.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmentes forests: implications for conservation. Tree. 10(2): 58 - 62.
- Murphy, P.G; Lugo, A.E. 1986a. Ecology of tropical dry forest. Annual Review of Ecology and Systematics. 17: 67 - 88.
- _____. 1986b. Structure and biomass of a subtropical dry forest in Puerto Rico. Biotropica 18: 89 - 96.
- _____; Lugo, A.E. 1995. Dry forest of Central America and the Caribbean. En Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina, E. Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press. Inglaterra. pp 9-34.
- Nieuwolt, S. 1977. Tropical Climatology. An introduction to the climates of the Low Latitudes. John Wiley & Sons. New York. 207 p.
- Noss, R.F. 1983. A regional landscape Approach to Mantain Diversity. BioScience. 33(11): 700 - 706.

- Odum, E.P. 1972. *Ecología*. 3° ed. Nueva Editorial Interamericana. México D.F. México. 639 p.
- Palik, B.J; Murphy, P.G. 1990. Disturbance versus edge effects in sugar-maple/beechn forest fragments. *Forest Ecology and Management*. 32: 187 - 202.
- Parsons, D.B. 1982. *Arroz*. Editorial Trillas. México D.F. México. 62 p.
- Pérez, S; Ramírez, E; Alvarado, A; Vinex, E. 1979. Manual descriptivo del mapa de asociaciones de subgrupos de suelos de Costa Rica. OPSA. San José. Costa Rica. 236 p.
- Pimm, S.L; Jones, H.L; Diamond, J.M. 1989. On the Risk of extinction. *American Naturalist*. 132: 757 - 785.
- Poljakoff-Mayber, A; Gale, J. 1972. Physiological basis and practical problems of reducing transpiration. *Water Deficits and Plant Growth*. Kozlowski, T.T. (ed.) Academic Press. New York. pp 227 - 306.
- Poveda, L.A; Sánchez-Vindas, P.E. 1999. *Árboles y Palmas del Pacífico Norte de Costa Rica*. Claves Dendrológicas. Editorial Guayacán. San José. Costa Rica. 186 p.
- Putz, F.E. 1983. Treefall pits and mounds, buried seeds, and the importance of soil disturbance to pioneer trees on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology*. 64: 1069-1074.
- PVAC (Comité Asesor Científico Estación Biológica Palo Verde). 1997. *Plan Maestro Preliminar para la Estación Biológica Palo Verde*. 92 p.

- Ranney, J.W. 1977. Forest island edges - their structure, development, and importance to regional forest ecosystem dynamics. Environmental Sciences Division Publication Number 1069. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, USA.
- _____; Brunner, M.C; Levenson, J.B. 1981. The importance of edge in the structure and dynamics of forest islands. pp 67-95 in Burges R.L; Sharpe, D.M. (eds). Forest island dynamics in Man-dominated landscapes. Springer-Verlag. New York.
- Risser, P.G. 1994. Biodiversity and Ecosystem Function. *Conservation Biology*. 9(4): 742 – 746.
- Roche, L. 1979. Forestry and the conservation of plants and animals in the tropics. *Forest Ecology and Management*. 2: 103 - 122.
- Rosenberg, N.J; Blad, B.L; Verma, S.B. 1983. Microclimate. *The Biological Environment*. John Wiley & Sons. New York. USA. 495 p.
- Rouse, W.R. 1984. Microclimate at arctic tree line. 2. Soil microclimate at tundra and forest. *Water Resources Research*. 20: 67 -73.
- Rudnický, T.C; Hunter, M.L. 1993. Avian nest predation in clearcuts, forests, and edges in a forest dominated landscape. *Journal of Wildlife Management*. 57: 358 - 364.
- Ruttenberg, H. 1980. *Farming Systems in the Tropics*. Oxford University Press. New York. 424 p.
- Sader, S.A; Joyce, A.T. 1988. Deforestation Rates and Trends in Costa Rica, 1940 to 1983. *Biotropica*. 20(1): 11 - 19.
- Saunders, D.A; Hobbs, R.J; Margules, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology*. 5(1): 18 - 32.

- Schelhas, J; Greenberg, R. 1996. Forest Patches in Tropical Landscapes. Island Press. Washington. 426 p.
- Shugart, H.H. 1984. A Theory of Forest Dynamics. Springer-Verlag. New York. USA. 278 p.
- Silver, W.L; Brown, S; Lugo, A.E. 1996. Effects of Changes in Biodiversity on Ecosystem Function in Tropical Forests. *Conservation Biology*. 10(1): 17-24.
- Sokal, R.B; Rohlf, F.J. 1969. Biometry. Freeman and Company. New York. USA. 832 p.
- Southwood, T.R.E. 1978. Ecological Methods. 2 ed. Chapman and Hall. New York. EEUU. 524 p.
- Steel, R.G.D; Torrie, J.H. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. 2 ed. McGraw-Hill / Interamericana. México. 622 p.
- Stoutjesdijk, P.H; Barkman, J.J. 1992. Microclimate Vegetation and Fauna. Opulus Press. Uppsala, Suecia. 216 p.
- Terbourgh, J; Winter, B. 1980. Some causes of extinction. pp 119 - 133. En Soule, M.E.; Wilcox, B.A. *Conservation Biology: An evolutionary ecological perspective*. Sinauer Associates. Inc. Sunderland.
- Thelen, K.D; Dalfelt, A. 1979. Políticas para el manejo de áreas silvestres. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 107 p.
- Thompson, S.K. 1992. Sampling. John Wiley & Sons. New York. EEUU. 343 p.
- Tillman, D; Downing, J.A. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature*. 367: 363-365.

- Turton, S.M; Freiburger, H.J. 1997. Edge and aspect effects on the microclimate of a small tropical forest remnant on the Atherton Tableland, Northeastern Australia. En *Tropical Forest Remnants. Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. The University of Chicago Press. Chicago, EEUU. pp 45 -54.
- UICN (The World Conservation Union). 1994. Directrices para las categorías de manejo de áreas protegidas. UICN. Gland, Suiza y Cambridge. Reino Unido. 261 p.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 1980. La educación ambiental. Las grandes orientaciones de la Conferencia de Tbilisi. Francia. 107 p.
- Unwin, D.M. 1980. *Microclimate Measurement for Ecologists*. Academic Press. Florida. EEUU. 97 p.
- Vaughan, C; Canessa, G; Rodríguez, M; Sánchez, J; McCoy, M; Hawkins, T; Bravo, J; Morales, R; Crozier, E; Shaffer, D; Rodríguez, M; Hodgson, F. 1982. Refugio de fauna silvestre Rafael Lucas Rodríguez Caballero. Plan de manejo y desarrollo. Departamento de publicaciones de la Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 270 p.
- _____; McCoy, M; Fallas, J; Chaves, H; Barboza, G; Wong, G; Rau, J; Carranza, M; Carbonell, M. 1994. Plan de Manejo y Desarrollo Parque Nacional Palo Verde y Reserva Biológica Lomas Barbudal. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 192 p.
- Weiner, J; Solbrig, O.T. 1984. The meaning and measurement of size hierarchies in plant populations. *Oecología*. 61: 334-336.

- Wilcove, D.S; McLellan, C.H; Dobson, A.P. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zona. In Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity. Ed. Soule, M.E. Sinauer Associates, Saunderland. Massachusetts. pp 237 - 256.
- Williams-Linera, G. 1990a. Origin and Early Development of Forest Edge Vegetation in Panama. *Biotropica*. 22(3): 235-241.
- _____. 1990b. Vegetation, structure, and Environmental conditions of forest edges in Panama. *Journal of Ecology*. 78: 356 - 373.
- Wilson, E.O. 1985. The Biological Diversity Crisis. *BioScience*. 35 (11): 700 – 706.
- World Conservation Monitoring Center. 1992. Global Diversity. Status of the Earth's Living Resources.
- Zar, J.H. 1996. Biostatistical Analysis. Prentice Hall. New Jersey. EEUU. 662 p.

7 ANEXOS

Cuadro 7. Familias, géneros e individuos encontrados en el sitio control-ganado.

Familias	Géneros	Especies	Individuos
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	<i>ochracea</i>	3
Burseraceae	<i>Bursera</i>	<i>simarouba</i>	3
Capparidaceae	<i>Capparis</i>	<i>indica</i>	3
	<i>Capparis</i>	<i>odorantissima</i>	4
Caricaceae	<i>Carica</i>	<i>papaya</i>	1
Fabaceae/Mimosaceae	<i>Acacia</i>	<i>collinsii</i>	6
	<i>Acacia</i>	<i>cornigera</i>	2
	<i>Acacia</i>	<i>farnesiana</i>	1
	<i>Enterolobium</i>	<i>cyclocarpum</i>	1
Hippocrateaceae	<i>Semialarium</i>	<i>mexicanum</i>	3
Rubiaceae	<i>Calycophyllum</i>	<i>candidissimum</i>	9
	<i>Randia</i>	<i>monanta</i>	2
Sterculiaceae	<i>Guauma</i>	<i>ulmifolia</i>	11

Cuadro 8. Familias, géneros e individuos encontrados en el sitio control-arroz.

Familias	Géneros	Especies	Individuos
Anacardiaceae	<i>Astronium</i>	<i>graveolens</i>	2
Annonaceae	<i>Annona</i>	<i>purpurea</i>	1
	<i>Sapranthus</i>	<i>palanga</i>	1
Araliaceae	<i>Sciadodendron</i>	<i>excelsum</i>	2
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	<i>impetiginosa</i>	1
	<i>Tabebuia</i>	<i>ochracea</i>	1
Bombacaceae	<i>Pseudobombax</i>	<i>septenatum</i>	1
Burseraceae	<i>Bursera</i>	<i>simarouba</i>	3
Capparidaceae	<i>Capparis</i>	<i>indica</i>	1
	<i>Capparis</i>	<i>odorantissima</i>	2
Elaeocarpaceae	<i>Muntingia</i>	<i>calabura</i>	1
Fabaceae/Caesapinaceae	<i>Babuinia</i>	<i>ungulata</i>	1
Fabaceae/Mimosaceae	<i>Acacia</i>	<i>collinsii</i>	3
	<i>Enterolobium</i>	<i>cyclocarpum</i>	1
	<i>Samanea</i>	<i>saman</i>	3
Myrsinaceae	<i>Ardisia</i>	<i>revoluta</i>	3
Oxalidaceae	<i>Averrhoa</i>	<i>carambola</i>	1
Rubiaceae	<i>Calycophyllum</i>	<i>alicastrum</i>	1
	<i>Calycophyllum</i>	<i>candidissimum</i>	1
Sterculiaceae	<i>Guazuma</i>	<i>ulmifolia</i>	6
	<i>Sterculia</i>	<i>apetala</i>	1

Cuadro 9. Familias, géneros e individuos encontrados en el sitio bosque-ganado.

Familia	Género	Especie	Individuos
Anacardiaceae	<i>Spondias</i>	<i>purpurea</i>	4
Apocynaceae	<i>Stemmadenia</i>	<i>obovata</i>	1
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	<i>ochraceae</i>	15
	<i>Arrabidaea</i>	<i>conjugata</i>	1
Bombacaceae	<i>Bombacopsis</i>	<i>quinata</i>	2
Boraginaceae	<i>Cordia</i>	<i>collacoca</i>	1
	<i>Cordia</i>	<i>panamensis</i>	2
Burseraceae	<i>Bursera</i>	<i>simarouba</i>	3
Capparidaceae	<i>Capparis</i>	<i>indica</i>	5
	<i>Capparis</i>	<i>odorantissima</i>	4
	<i>Crateva</i>	<i>tapia</i>	3
Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum</i>	<i>vitifolium</i>	1
Elaeocarpaceae	<i>Muntingia</i>	<i>calabura</i>	2
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i>	<i>havanense</i>	3
Fabaceae/Mimosaceae	<i>Acacia</i>	<i>collinsii</i>	26
	<i>Acacia</i>	<i>cornigera</i>	10
	<i>Albizia</i>	<i>niopoides</i>	13
	<i>Enterolobium</i>	<i>cyclocarpum</i>	1
	<i>Lysolima</i>	<i>divaricatum</i>	1
	<i>Pithecellobium</i>	<i>dulce</i>	3
	<i>Pithecellobium</i>	<i>lanceolatum</i>	6
	<i>Samanea</i>	<i>saman</i>	2
Fabaceae/Papilionaceae	<i>Gliricidia</i>	<i>sepium</i>	2
Flacourtiaceae	<i>Casearia</i>	<i>arguta</i>	3
	<i>Casearia</i>	<i>corymbosa</i>	17
Hippocrateaceae	<i>Semialarium</i>	<i>mexicanum</i>	13

Meliaceae	<i>Trichilia</i>	<i>americana</i>	1
Nycataginaceae	<i>Pisonia</i>	<i>aculeata</i>	6
Polygonaceae	<i>Coccoloba</i>	<i>caracasana</i>	1
Rubiaceae	<i>Calycophyllum</i>	<i>candidissimum</i>	5
	<i>Randia</i>	<i>monanta</i>	5
Sapotaceae	<i>Pouteria</i>	<i>reticulata</i>	1
Sterculiaceae	<i>Guazuma</i>	<i>ulmifolia</i>	20
Theophrastaceae	<i>Jacquinia</i>	<i>nervosa</i>	4
Tiliaceae	<i>Lehnea</i>	<i>speciosa</i>	2

Cuadro 10. Familias, géneros e individuos encontrados en el sitio bosque-arroz.

Familias	Género	Especie	Individuos
Anacardiaceae	<i>Astronium</i>	<i>graveolens</i>	1
	<i>Spondias</i>	<i>purpurea</i>	10
Bombacaceae	<i>Bombacopsis</i>	<i>quinata</i>	7
Burseraceae	<i>Bursera</i>	<i>simarouba</i>	9
Capparidaceae	<i>Capparis</i>	<i>indica</i>	2
	<i>Capparis</i>	<i>odorantissima</i>	4
Fabaceae/Mimosaceae	<i>Acacia</i>	<i>collinsii</i>	7
	<i>Acacia</i>	<i>cornigera</i>	3
	<i>Acacia</i>	<i>farnesiana</i>	11
	<i>Pithecellobium</i>	<i>dulce</i>	16
Malvaceae	<i>Malvaviscus</i>	<i>arboreus</i>	2
Rubiaceae	<i>Calycophyllum</i>	<i>candidissimum</i>	2
	<i>Randia</i>	<i>monanta</i>	1
Sterculiaceae	<i>Guazuma</i>	<i>ulmifolia</i>	76

Cuadro 11. Especies y diámetros encontrados en el sitio bosque-ganado

Sitio	Transecto	Distancia	Dap	Especie
Bosque-ganado	1	5	3,1	<i>Acacia cornigera</i>
Bosque-ganado	1	15	20,6	<i>Gliricidia sepium</i>
Bosque-ganado	1	25	34,2	<i>Gliricidia sepium</i>
Bosque-ganado	1	25	5,5	<i>Trichilia americana</i>
Bosque-ganado	1	35	30,1	<i>Eritroxylum havanense</i>
Bosque-ganado	1	35	4,7	<i>Albizia niopoides</i>
Bosque-ganado	1	45	4,8	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	1	45	23	<i>Lysolima divaricatum</i>
Bosque-ganado	1	45	5,9	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	1	55	28,4	<i>Spondias purpurea</i>
Bosque-ganado	1	55	3,2	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	1	55	12	<i>Spondias purpurea</i>
Bosque-ganado	1	55	17,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	2	5	9,1	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	2	5	6	<i>Casearia arguta</i>
Bosque-ganado	2	15	4,8	<i>Cordia allacoca</i>
Bosque-ganado	2	15	2,5	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	2	25	17,5	<i>Albizia niopoides</i>
Bosque-ganado	2	35	28,6	<i>Albizia niopoides</i>
Bosque-ganado	2	35	32,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	2	35	3,9	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	2	35	4,1	<i>Tabebuia ochraceae</i>
Bosque-ganado	2	45	43,9	<i>Cochlospermum vitifolium</i>
Bosque-ganado	2	45	3,1	<i>Tabebuia ochraceae</i>
Bosque-ganado	2	45	6,2	<i>Tabebuia ochraceae</i>
Bosque-ganado	2	45	5,7	<i>Tabebuia ochraceae</i>

Sitio	Transecto	Distancia	Dap	Especie
Bosque-ganado	2	55	5,9	<i>Tabebuia ochraceae</i>
Bosque-ganado	2	55	4,8	<i>Tabebuia ochraceae</i>
Bosque-ganado	2	55	15,8	<i>Albizia niopoides</i>
Bosque-ganado	2	55	20,8	<i>Albizia niopoides</i>
Bosque-ganado	3	5	9	<i>Albizia niopoides</i>
Bosque-ganado	3	5	22,5	<i>Albizia niopoides</i>
Bosque-ganado	3	5	8,9	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	3	15	9,3	<i>Albizia niopoides</i>
Bosque-ganado	3	15	9,6	<i>Albizia niopoides</i>
Bosque-ganado	3	15	6,7	<i>Albizia niopoides</i>
Bosque-ganado	3	15	10,5	<i>Arrabidaea conjugata</i>
Bosque-ganado	3	25	2,7	<i>Casearia arguta</i>
Bosque-ganado	3	25	5,6	<i>Tabebuia ochraceae</i>
Bosque-ganado	3	25	35,4	<i>Albizia niopoides</i>
Bosque-ganado	3	25	2,9	<i>Casearia arguta</i>
Bosque-ganado	3	35	4,6	<i>Tabebuia ochraceae</i>
Bosque-ganado	3	35	9,9	<i>Cordia panamensis</i>
Bosque-ganado	3	35	12,6	<i>Cordia panamensis</i>
Bosque-ganado	3	45	2,5	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	3	45	3	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	3	45	9,4	<i>Tabebuia ochraceae</i>
Bosque-ganado	3	45	6,7	<i>Tabebuia ochraceae</i>
Bosque-ganado	3	55	28	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
Bosque-ganado	3	55	4	<i>Tabebuia ochraceae</i>
Bosque-ganado	3	55	3,3	<i>Tabebuia ochraceae</i>
Bosque-ganado	3	55	3,9	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	3	55	4,7	<i>Tabebuia ochraceae</i>
Bosque-ganado	3	55	11,6	<i>Tabebuia ochraceae</i>

Sitio	Transecto	Distancia	Dap	Especie
Bosque-ganado	4	5	28,4	<i>Spondias purpurea</i>
Bosque-ganado	4	15	13	<i>Muntingia calabura</i>
Bosque-ganado	4	15	8,6	<i>Muntingia calabura</i>
Bosque-ganado	4	25	5,1	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	4	25	3,2	<i>Semialarium mexicanum</i>
Bosque-ganado	4	25	4,5	<i>Crataevia tapia</i>
Bosque-ganado	4	35	22,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	4	35	2,7	<i>Jacquinia nervosa</i>
Bosque-ganado	4	35	4	<i>Semialarium mexicanum</i>
Bosque-ganado	4	35	3,2	<i>Crataevia tapia</i>
Bosque-ganado	4	45	8,4	<i>Jacquinia nervosa</i>
Bosque-ganado	4	45	4,6	<i>Jacquinia nervosa</i>
Bosque-ganado	4	45	36,9	<i>Jacquinia nervosa</i>
Bosque-ganado	4	45	4,7	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	4	45	5,9	<i>Semialarium mexicanum</i>
Bosque-ganado	4	55	5,2	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	4	55	3,9	<i>Semialarium mexicanum</i>
Bosque-ganado	4	55	4,5	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	4	55	10,5	<i>Pisonia aculeata</i>
Bosque-ganado	4	55	6,6	<i>Semialarium mexicanum</i>
Bosque-ganado	5	5	5,3	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	5	15	21,5	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
Bosque-ganado	5	15	11,4	<i>Semialarium mexicanum</i>
Bosque-ganado	5	15	8	<i>Semialarium mexicanum</i>
Bosque-ganado	5	15	11,3	<i>Pithecelobium lanceolatum</i>
Bosque-ganado	5	25	21,6	<i>Leuhea speciosa</i>
Bosque-ganado	5	25	4,2	<i>Semialarium mexicanum</i>
Bosque-ganado	5	25	3	<i>Semialarium mexicanum</i>

Sitio	Transecto	Distancia	Dap	Especie
Bosque-ganado	5	25	14,1	<i>Erythroxylum havanense</i>
Bosque-ganado	5	35	7,8	<i>Pisonia aculeata</i>
Bosque-ganado	5	35	2,5	<i>Stenmadenia obovata</i>
Bosque-ganado	5	35	34,7	<i>Pisonia aculeata</i>
Bosque-ganado	5	35	2,9	<i>Pisonia aculeata</i>
Bosque-ganado	5	45	5,5	<i>Pisonia aculeata</i>
Bosque-ganado	5	45	7,6	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	5	45	2,7	<i>Capparis odorantisima</i>
Bosque-ganado	5	45	4,8	<i>Pisonia aculeata</i>
Bosque-ganado	5	45	4,2	<i>Acacia cornigera</i>
Bosque-ganado	5	55	4,5	<i>Acacia cornigera</i>
Bosque-ganado	5	55	72,5	<i>Lehnea speciosa</i>
Bosque-ganado	5	55	35,3	<i>Pithecelobium lanceolatum</i>
Bosque-ganado	5	55	8,6	<i>Semialarium mexicanum</i>
Bosque-ganado	5	55	47,1	<i>Samanea saman</i>
Bosque-ganado	6	5	2,7	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	6	5	5,7	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	6	15	23,8	<i>Albizia niopoides</i>
Bosque-ganado	6	15	2,8	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	6	25	3,7	<i>Albizia niopoides</i>
Bosque-ganado	6	25	12,2	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	6	25	4,1	<i>Semialarium mexicanum</i>
Bosque-ganado	6	25	6,4	<i>Semialarium mexicanum</i>
Bosque-ganado	6	35	13,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	6	35	2,7	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	6	35	10,2	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	6	35	21,6	<i>Cratavia tapia</i>
Bosque-ganado	6	35	5	<i>Pithecelobium lanceolatum</i>

Sitio	Transecto	Distancia	Dap	Especie
Bosque-ganado	6	45	3,5	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	6	45	3,6	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	6	45	2,7	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	6	45	4,4	<i>Pithecelobium lanceolatum</i>
Bosque-ganado	6	45	8,3	<i>Acacia cornigera</i>
Bosque-ganado	6	55	5,3	<i>Pousteria reticulata</i>
Bosque-ganado	6	55	9,7	<i>Tabebuia ochraceae</i>
Bosque-ganado	6	55	3,9	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	6	55	7,6	<i>Casearia corymbosa</i>
Bosque-ganado	6	55	3,9	<i>Pithecelobium lanceolatum</i>
Bosque-ganado	6	55	8,8	<i>Semialarium mexicanum</i>
Bosque-ganado	7	5	38,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	7	5	7,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	7	5	2,5	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	7	15	4,4	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	7	15	11,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	7	25	33,9	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	7	25	42,8	<i>Erytroxylum havanense</i>
Bosque-ganado	7	25	6,8	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	7	25	4,4	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	7	35	27,9	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
Bosque-ganado	7	35	22,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	7	35	4,9	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	7	35	4,8	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	7	45	75,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	7	45	5,1	<i>Randia monanta</i>
Bosque-ganado	7	45	6,7	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	7	45	3,5	<i>Capparis odorantisima</i>

Sitio	Transecto	Distancia	Dap	Especie
Bosque-ganado	7	45	2,7	<i>Capparis odorantisima</i>
Bosque-ganado	7	55	5,3	<i>Calycophyllum candidisimum</i>
Bosque-ganado	7	55	16,8	<i>Calycophyllum candidisimum</i>
Bosque-ganado	7	55	65,1	<i>Cocoloba caracasana</i>
Bosque-ganado	8	5	24,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	8	5	4,7	<i>Capparis indica</i>
Bosque-ganado	8	5	2,6	<i>Capparis indica</i>
Bosque-ganado	8	5	2,5	<i>Capparis odorantisima</i>
Bosque-ganado	8	5	13,9	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	8	15	7,8	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	8	15	2,5	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	8	15	5,9	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	8	25	3,1	<i>Randia monanta</i>
Bosque-ganado	8	25	5,8	<i>Capparis indica</i>
Bosque-ganado	8	25	3,5	<i>Randia monanta</i>
Bosque-ganado	8	25	2,7	<i>Capparis indica</i>
Bosque-ganado	8	35	2,6	<i>Acacia cornigera</i>
Bosque-ganado	8	35	3,7	<i>Acacia cornigera</i>
Bosque-ganado	8	35	5,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	8	35	3,4	<i>Randia monanta</i>
Bosque-ganado	8	35	38,2	<i>Calycophyllum candidisimum</i>
Bosque-ganado	8	45	20,8	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	8	45	7,3	<i>Acacia cornigera</i>
Bosque-ganado	8	45	6,9	<i>Randia monanta</i>
Bosque-ganado	8	45	5,7	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	8	45	12,4	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	8	55	38,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	8	55	16,4	<i>Pithecelobium lanceolatum</i>

Sitio	Transecto	Distancia	Dap	Especie
Bosque-ganado	8	55	41,6	<i>Bombacopsis quinata</i>
Bosque-ganado	8	55	31,5	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-ganado	8	55	8,9	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	9	5	6,6	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	9	5	10	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	9	15	31,2	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-ganado	9	15	9,7	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	9	15	2,7	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	9	25	36,3	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-ganado	9	25	3,1	<i>Capparis indica</i>
Bosque-ganado	9	35	12,2	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	9	35	41,1	<i>Bombacopsis quinata</i>
Bosque-ganado	9	35	8,7	<i>Bursera simarouba</i>
Bosque-ganado	9	45	5,9	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-ganado	9	45	7,4	<i>Bursera simarouba</i>
Bosque-ganado	9	45	6,3	<i>Acacia cornigera</i>
Bosque-ganado	9	45	10,7	<i>Bursera simarouba</i>
Bosque-ganado	9	55	6,8	<i>Acacia cornigera</i>
Bosque-ganado	9	55	6,6	<i>Acacia cornigera</i>
Bosque-ganado	9	55	40	<i>Spondias purpurea</i>
Bosque-ganado	9	55	66,1	<i>Samanea saman</i>
Bosque-ganado	9	55	4,3	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-ganado	9	55	6,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>

Cuadro 12. Especies y diámetros encontrados para el bosque-arroz

Sitio	Transecto	Distancia	Dap	Especie
Bosque-arroz	1	5	-	-
Bosque-arroz	1	15	39,9	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	1	25	-	-
Bosque-arroz	1	35	47,3	<i>Bombacopsis quinata</i>
Bosque-arroz	1	35	28,4	<i>Bursera simarouba</i>
Bosque-arroz	1	45	15,8	<i>Bursera simarouba</i>
Bosque-arroz	1	45	8,8	<i>Capparis indica</i>
Bosque-arroz	1	45	8,4	<i>Capparis indica</i>
Bosque-arroz	1	55	21,9	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	1	55	3,8	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	1	55	30,3	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	1	55	31,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	2	5	25,6	<i>Acacia farnesiana</i>
Bosque-arroz	2	5	20,9	<i>Bursera simarouba</i>
Bosque-arroz	2	15	-	-
Bosque-arroz	2	25	27,2	<i>Acacia farnesiana</i>
Bosque-arroz	2	35	34,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	2	35	17,3	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	2	45	22,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	2	45	8,5	<i>Spondias purpurea</i>
Bosque-arroz	2	55	10,9	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	2	55	19	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	2	55	15,2	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	2	55	6,7	<i>Astronium graveolens</i>
Bosque-arroz	2	55	2,8	<i>Malvaviscus arboreus</i>
Bosque-arroz	3	5	29,6	<i>Spondias purpurea</i>

Sitio	Transecto	Distancia	Dap	Especie
Bosque-arroz	3	5	28,7	<i>Acacia farnesiana</i>
Bosque-arroz	3	15	7	<i>Acacia cornigera</i>
Bosque-arroz	3	25	31,9	<i>Acacia farnesiana</i>
Bosque-arroz	3	35	13	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	3	35	16,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	3	35	10,3	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	3	35	2,6	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-arroz	3	45	2,9	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	3	45	6,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	3	45	12,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	3	45	26,9	<i>Spondias purpurea</i>
Bosque-arroz	3	55	98	<i>Bombacopsis quinata</i>
Bosque-arroz	3	55	16,3	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	3	55	14,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	3	55	9,2	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-arroz	4	5	-	-
Bosque-arroz	4	15	28,3	<i>Acacia farnesiana</i>
Bosque-arroz	4	15	23,8	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	4	25	3,4	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-arroz	4	35	9,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	4	35	5,8	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	4	35	10,9	<i>Spondias purpurea</i>
Bosque-arroz	4	35	7,7	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	4	35	16,8	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	4	35	5,2	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	4	35	4,3	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	4	45	6,3	<i>Spondias purpurea</i>
Bosque-arroz	4	45	5,4	<i>Spondias purpurea</i>

Sitio	Transecto	Distancia	Dap	Especie
Bosque-arroz	4	45	6,8	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	4	45	7,2	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	4	45	6,3	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	4	55	7,8	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	4	55	8,8	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	4	55	7,2	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	4	55	5,9	<i>Capparis odorantisima</i>
Bosque-arroz	4	55	3,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	4	55	3,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	5	5	-	-
Bosque-arroz	5	15	17,6	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	5	15	22,4	<i>Acacia farnesiana</i>
Bosque-arroz	5	25	16,6	<i>Spondias purpurea</i>
Bosque-arroz	5	25	38	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	5	35	23,4	<i>Spondias purpurea</i>
Bosque-arroz	5	35	9,7	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	5	35	40,5	<i>Acacia farnesiana</i>
Bosque-arroz	5	45	26,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	5	45	4,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	5	45	43,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	5	45	25,7	<i>Spondias purpurea</i>
Bosque-arroz	5	45	3,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	5	45	32	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	5	55	35	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	5	55	5,2	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	5	55	106	<i>Bombacopsis quinata</i>
Bosque-arroz	6	5	38,4	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	6	15	24,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>

Sitio	Transecto	Distancia	Dap	Especie
Bosque-arroz	6	25	13,1	<i>Spondias purpurea</i>
Bosque-arroz	6	25	2,7	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-arroz	6	25	17,7	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	6	35	2,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	6	35	114	<i>Bombacopsis quinata</i>
Bosque-arroz	6	35	34	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	6	45	5,6	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
Bosque-arroz	6	45	19,3	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	6	45	17,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	6	45	15	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	6	55	3,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	6	55	32,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	6	55	34,4	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	6	55	26,7	<i>Acacia farnesiana</i>
Bosque-arroz	7	5	20,4	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	7	5	6,4	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	7	15	32,1	<i>Capparis odorantisima</i>
Bosque-arroz	7	15	42	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	7	25	17,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	7	25	3,2	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	7	25	17,5	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	7	35	5,2	<i>Randia monanta</i>
Bosque-arroz	7	35	9,4	<i>Bursera simarouba</i>
Bosque-arroz	7	35	6,7	<i>Bursera simarouba</i>
Bosque-arroz	7	45	8,5	<i>Capparis odorantisima</i>
Bosque-arroz	7	45	11,4	<i>Capparis odorantisima</i>
Bosque-arroz	7	45	127	<i>Bombacopsis quinata</i>
Bosque-arroz	7	45	17,3	<i>Pithecelobium dulce</i>

Sitio	Transecto	Distancia	Dap	Especie
Bosque-arroz	7	45	25,2	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	7	55	6,2	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	7	55	10,3	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	7	55	30	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	7	55	19,9	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	7	55	2,6	<i>Malvaviscus arboreus</i>
Bosque-arroz	8	5	19,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	8	5	4,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	8	15	17,2	<i>Acacia farnesiana</i>
Bosque-arroz	8	15	15,9	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	8	25	9,8	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	8	25	34,7	<i>Bombacopsis quinata</i>
Bosque-arroz	8	25	20,2	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	8	35	7,7	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	8	35	15,7	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	8	35	17,8	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	8	35	23,7	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	8	35	6,5	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	8	35	8,5	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	8	45	7,8	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	8	45	7,5	<i>Pithecelobium dulce</i>
Bosque-arroz	8	45	6,7	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	8	45	22,8	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	8	55	14	<i>Bursera simarouba</i>
Bosque-arroz	8	55	5,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	8	55	11,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	8	55	11,6	<i>Bursera simarouba</i>
Bosque-arroz	8	55	36,7	<i>Guazuma ulmifolia</i>

Sitio	Transecto	Distancia	Dap	Especie
Bosque-arroz	8	55	2,6	<i>Acacia cornigera</i>
Bosque-arroz	9	5	20,9	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	9	5	9,7	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-arroz	9	15	11,3	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	9	15	16,9	<i>Acacia farnesiana</i>
Bosque-arroz	9	15	4,3	<i>Acacia cornigera</i>
Bosque-arroz	9	25	6,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	9	25	34,2	<i>Acacia farnesiana</i>
Bosque-arroz	9	35	34,2	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	9	35	13,4	<i>Bursera simarouba</i>
Bosque-arroz	9	35	6,7	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	9	45	8,9	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
Bosque-arroz	9	45	6,7	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	9	55	57,7	<i>Bombacopsis quinata</i>
Bosque-arroz	9	55	31,4	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Bosque-arroz	9	55	3,2	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-arroz	9	55	6,3	<i>Acacia collinsii</i>
Bosque-arroz	9	55	24,9	<i>Bursera simarouba</i>

Cuadro 13. Especies y diámetros encontrados en el control-ganado

Parcela	Dap (cm)	Especie
1	8,7	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
1	10,2	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
1	11	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
1	7,4	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
1	4,1	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
1	15	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
1	13,8	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
2	5,6	<i>Carica papaya</i>
2	2,5	<i>Acacia collinsii</i>
2	10,5	<i>Acacia collinsii</i>
3	35,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
3	5,2	<i>Capparis indica</i>
3	23,2	<i>Guazuma ulmifolia</i>
3	6,7	<i>Randia monanta</i>
3	6,3	<i>Capparis indica</i>
3	8,1	<i>Acacia collinsii</i>
4	12,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
4	2,6	<i>Capparis odorantisima</i>
4	3,7	<i>Capparis odorantisima</i>
4	18,7	<i>Guazuma ulmifolia</i>
4	5,8	<i>Semialarium mexicanum</i>
4	11,5	<i>Tabebuia ochraceae</i>
5	15,4	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
5	5,6	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
5	32,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>
5	22,4	<i>Guazuma ulmifolia</i>

5	16,7	<i>Guazuma ulmifolia</i>
5	4,2	<i>Capparis odorantisima</i>
5	12,1	<i>Bursera simarouba</i>
6	3,8	<i>Capparis indica</i>
6	12	<i>Tabebuia ochraceae</i>
6	11,4	<i>Semialarium mexicanum</i>
6	4,9	<i>Capparis odorantisima</i>
6	17,3	<i>Guazuma ulmifolia</i>
6	7,4	<i>Acacia collinsii</i>
6	13,9	<i>Bursera simarouba</i>
7	3,8	<i>Randia monanta</i>
7	4,3	<i>Acacia collinsii</i>
7	25,9	<i>Acacia farnesiana</i>
7	5,3	<i>Guazuma ulmifolia</i>
7	9,7	<i>Tabebuia ochraceae</i>
8	11,3	<i>Acacia collinsii</i>
8	35,7	<i>Guazuma ulmifolia</i>
8	9,9	<i>Semialarium mexicanum</i>
8	14,3	<i>Bursera simarouba</i>
8	11,7	<i>Acacia cornigera</i>
9	16,4	<i>Guazuma ulmifolia</i>
9	6,5	<i>Acacia cornigera</i>
9	162,3	<i>Enterolobium ciclocarpum</i>

Cuadro 14. Especies y diámetros encontrados en el control-arroz

Parcela	Dap (cm)	Especie
1	104,2	<i>Samanea Saman</i>
1	3,2	<i>Bahinia unglata</i>
1	57,6	<i>Calycophyllum alicastrum</i>
1	3,1	<i>Tabebuia impetiginosa</i>
2	32,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
2	53,8	<i>Pseudobombax septenatum</i>
2	7,4	<i>Annona purpurea</i>
3	65,5	<i>Sterculia apetala</i>
3	4,8	<i>Capparis odorantisima</i>
3	2,9	<i>Capparis odorantisima</i>
3	28,7	<i>Astronium graveolens</i>
4	38,9	<i>Capparis indica</i>
4	6,9	<i>Ardisia revoluta</i>
4	33,9	<i>Enterolobium ciclocarpum</i>
4	22,5	<i>Astronium graveolens</i>
5	55,3	<i>Samanea Saman</i>
5	4,1	<i>Averrhoa carambola</i>
5	2,6	<i>Sapranthus palanga</i>
6	15,6	<i>Guazuma ulmifolia</i>
6	10,2	<i>Sciadodendron excelsum</i>
6	31,5	<i>Tabebuia ochraea</i>
6	4	<i>Guazuma ulmifolia</i>
6	14,2	<i>Samanea saman</i>
6	8,9	<i>Sciadodendron excelsum</i>
7	29,4	<i>Bursera simarouba</i>
7	4,2	<i>Ardisia revoluta</i>

7	18,7	<i>Ardisia revoluta</i>
8	2,6	<i>Acacia collinsii</i>
8	3,1	<i>Acacia collinsii</i>
8	17,4	<i>Guazuma ulmifolia</i>
8	67,9	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
9	23,3	<i>Guazuma ulmifolia</i>
9	32,7	<i>Bursera simarouba</i>
9	2,7	<i>Bursera simarouba</i>
9	11,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>
9	9,6	<i>Muntingia calabura</i>
9	8,1	<i>Acacia collinsii</i>

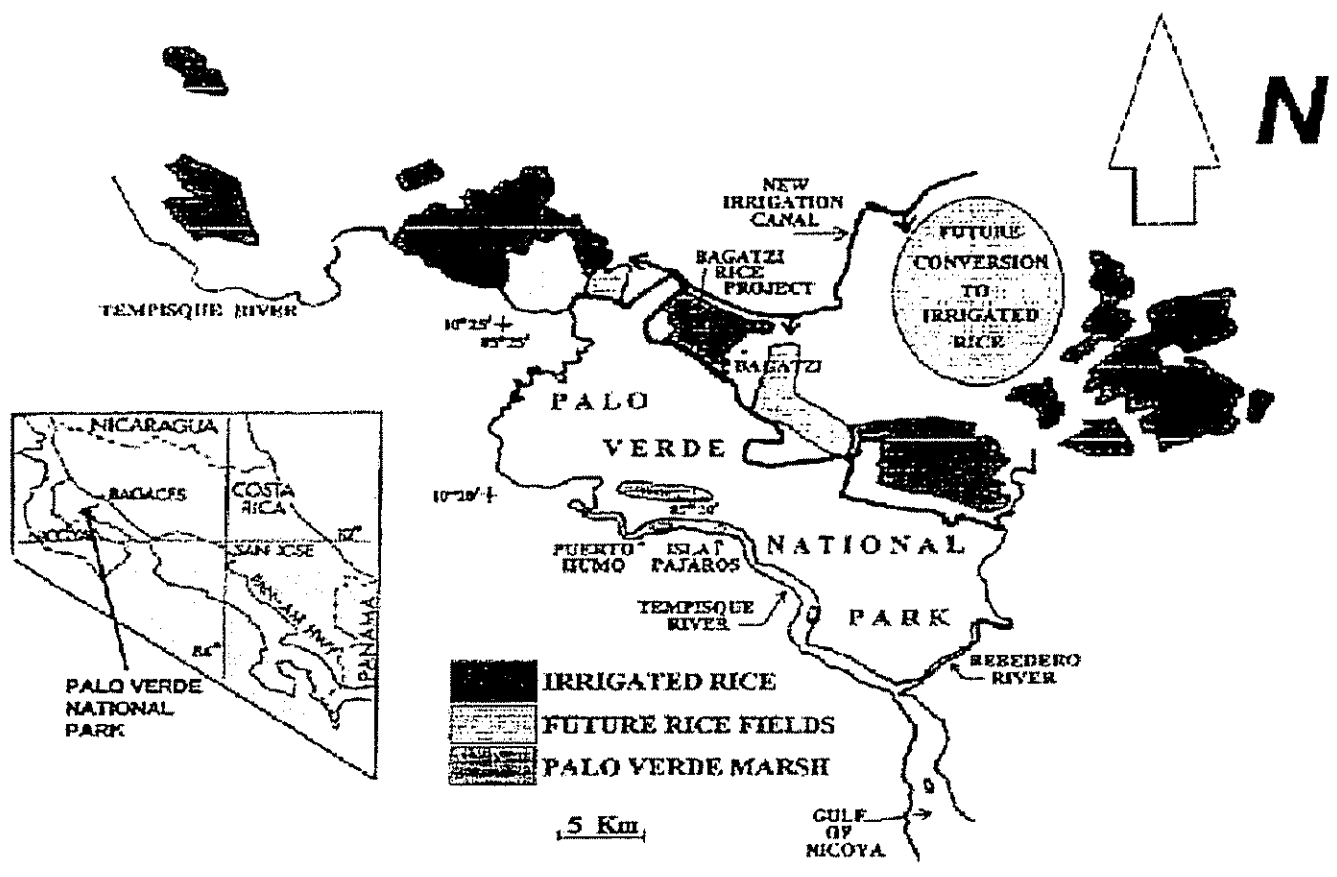


Fig. 1 El cultivo de arroz alrededor de Palo Verde

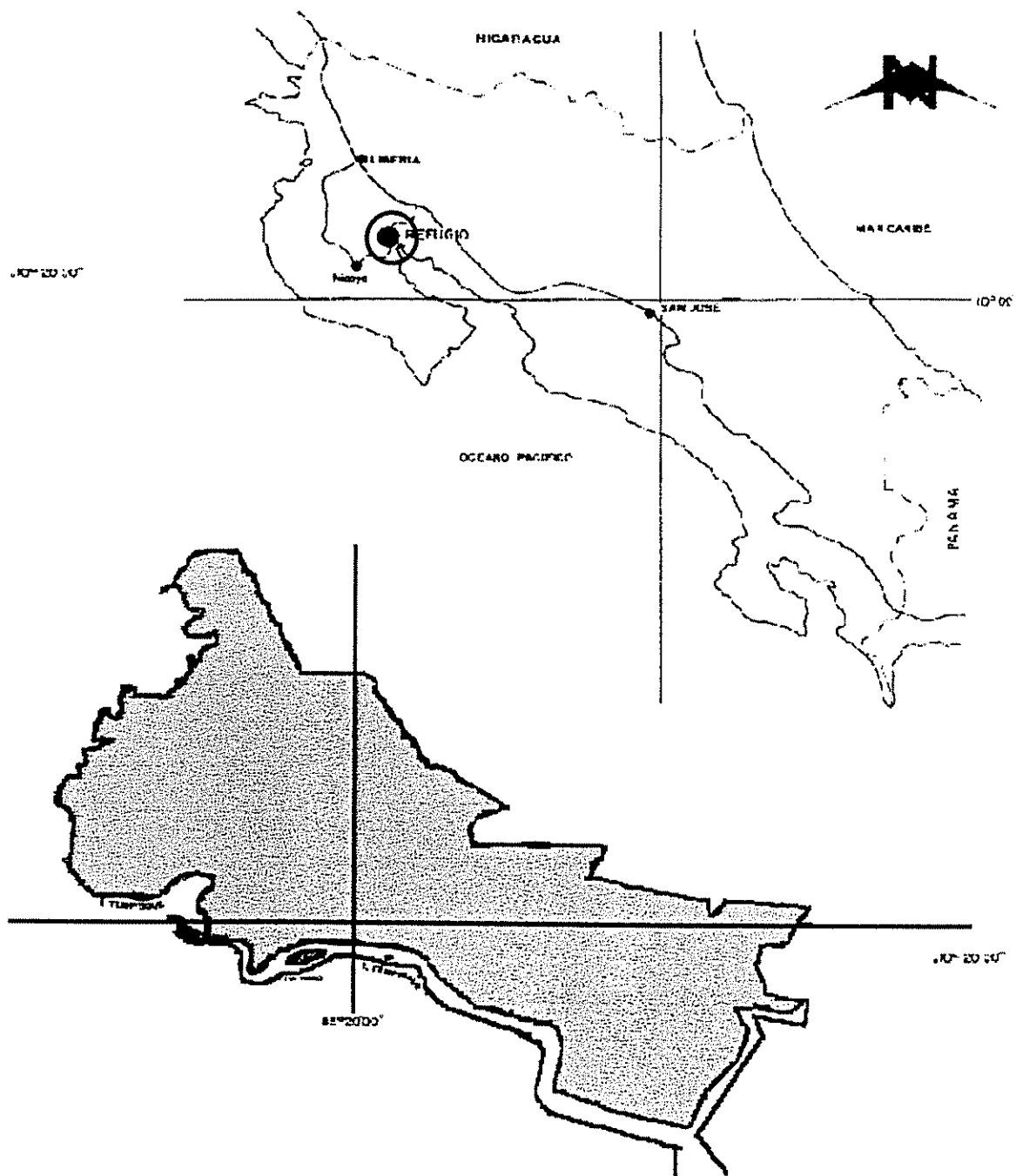


FIG. 2 REFUGIO DE FAUNA SILVESTRE RAFAEL LUCAS RODRIGUEZ "PALO VERDE"

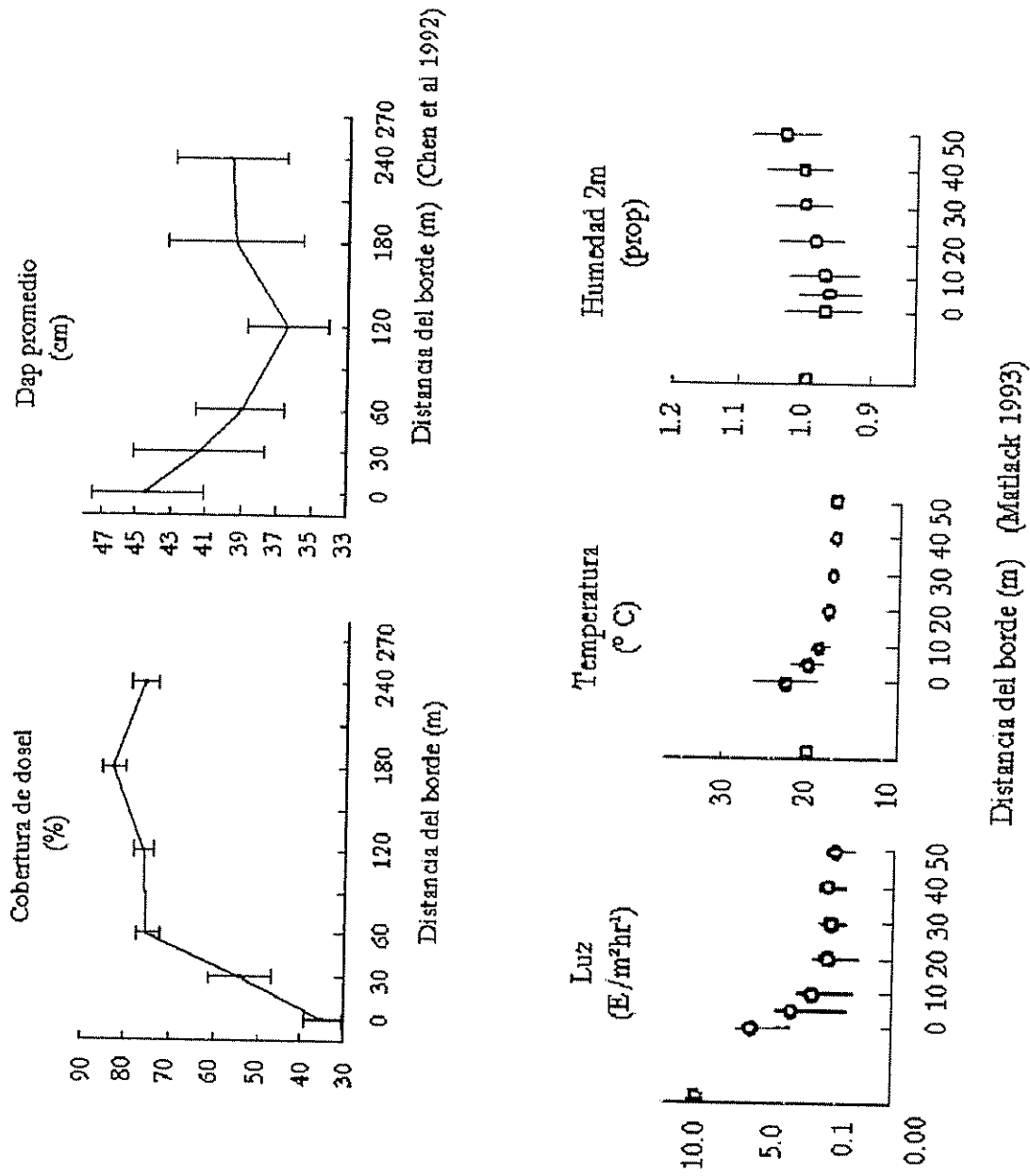


Fig.5 Efecto de borde sobre variables microclimáticas

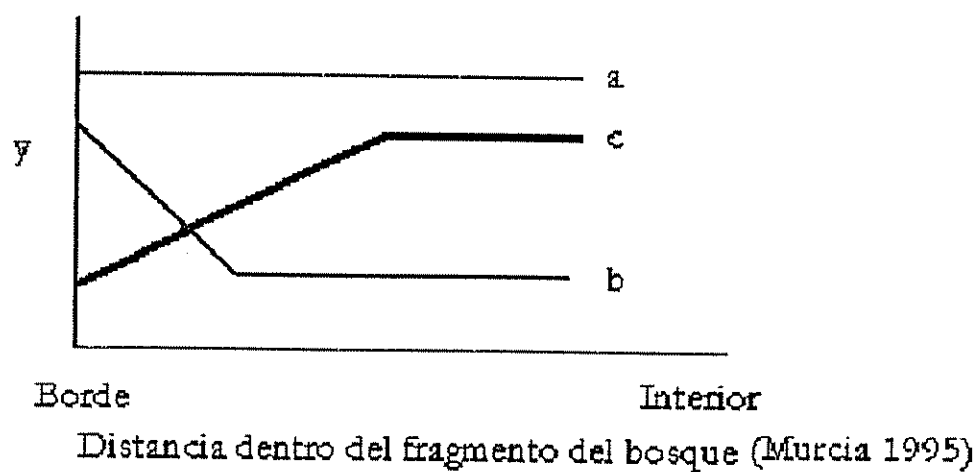


Fig. 6 Patrones hipotéticos de los efectos de borde sobre las variables microclimáticas

a. sin efecto

b. efecto directo (dependencia de luz)

c. efecto inverso (humedad del suelo)

7.1 Método para determinar el efecto de borde

Para determinar el efecto de borde en áreas protegidas, existen dos efectos de borde, el biótico y el abiótico, ambos efectos son importantes, pero lo más importante es poder relacionarlos entre sí

- **Efecto abiótico de borde**

Para determinar el efecto abiótico de borde se debe; para cada zona continua de un determinado uso de la tierra y un tipo determinado de vegetación, medir la distancia lineal que existen en el límite entre el área protegida y la propiedad con un determinado uso de la tierra. Con esa distancia medida, deben dejarse 50m de cada lado donde termina el límite para un uso determinado de la tierra. Para el trazado de los transectos debe dejarse una distancia de 50 m entre cada uno por lo que por cada transecto se ocupa de un área de 100 metros lineales. La cantidad de transectos debe ser la mayor posible que se pueda trazar, con un mínimo de tres (si se cuenta con recursos y terreno se recomienda utilizar más). Los puntos iniciales se posicionarán al azar y en forma perpendicular al límite del parque, en la zona colindante con las propiedades vecinas, tomando en cuenta que no exista ninguna interferencia física entre la propiedad privada y el área protegida (e.g. caminos, ríos, edificaciones) y que el límite sea lo más recto posible, de lo contrario deberá escogerse una zona donde tales interferencias no existan.

En los transectos se deben tomar mediciones de las siguientes variables microclimáticas (temperatura del aire, radiación fotosintéticamente activa, humedad relativa y “cobertura del dosel”) a distancias de 5 m, a lo largo del transecto. La longitud del transecto depende de la distancia a la cual se determine llega el efecto de borde, para determinar en campo este efecto, sucede cuando los valores de las variables empiezan a ser casi que constantes, es en este punto donde termina el efecto de borde.

Siempre es recomendable tener un muestreo control, dentro de la zona central del bosque que se supone no es afectada por el efecto de borde y para cada uso de la tierra, en este control se deben medir las cuatro variables microclimáticas en un punto de control por cada transecto muestreado.

Para la medición de variables debe hacerse de lo siguiente, la temperatura y la humedad relativa se deben medir con un termo/higrómetro que tenga una rápida medición de las variables deseadas y que presente un decimal como mínimo (Vaisala) a 20 cm y 1,5 m del suelo. La cobertura vegetal se debe medir con un densiómetro esférico a 1,5 m de altura, con una medición por punto. La radiación se debe medir con un ceptómetro a 1,5 m de altura, debido a que lo que nos interesa exclusivamente es la radiación fotosintéticamente activa, que es la más importante para las plantas verdes.

Para evitar que existan variaciones en las lecturas de las variables microclimáticas por efecto del aumento de la radiación solar conforme avanza el día, las mediciones se deben realizar en horas cercanas al medio día, y así se compararán datos tomados a la misma hora.

- **Efecto biótico de borde**

En los transectos utilizados para las variables microclimáticas se formarán parcelas rectangulares de 2 m x 5 m, espaciadas entre sí por una distancia de 5 m (Fig. 4), donde se harán las mediciones utilizando la metodología ideada por Gentry (1982) y utilizada en Delgado *et al* (1987) donde tenemos que: en cada parcela se identificarán todos los tallos \geq 2,5 cm dap enraizados dentro de la parcela. Para las especies con gambas la medición del dap se realiza 30 cm por encima de las gambas, para especies ramificadas por debajo de 1,3 m, se medirá cada tallo por separado que sea mayor a 2.5 cm de dap. Para las lianas enraizadas dentro de las parcelas, se medirá el diámetro del tallo más grueso. Para las lianas y palmas. Se considerará que los grupos de tallos de lianas interconectadas constituirían un solo individuo, lo mismo que grupos de tallos de palmas que presentaban una base común.

Para probar la relación entre el punto final al cual llega el efecto de borde abiótico con el biótico, se establecerán dentro del bosque una parcelas de control por cada transecto recorrido en cada zona del bosque adyacente a cada tipo de cultivo, y situadas en un área donde se estima que ya no hay efecto de borde. En estas parcelas se tomarán los datos de las especies, individuos y el diámetro a la altura del pecho (dap), el cual se mide a 1,5 m de altura.

Para comprobar la distancia a la cual llega el efecto de borde biótico respecto a la del abiótico, debe hacerse una comparación de la diversidad, la cantidad de individuos y los dap, entre el sector del transecto, el cual es influenciado por el efecto de borde y compararlo con el sector no afectado, por medio de una t-student, con ello se determinará si existen diferencias entre los sectores.

Por último, después de determinado los efectos de borde, lo que debe tratar es de convencer que el vecino deje una distancia igual a la del efecto de borde, dentro de su propiedad, para que el efecto no llegue al área protegida. Para tal fin existen programas de certificación forestal los cuales pueden remunerar económicamente al propietario que dedique parte de sus tierras a la conservación de bosques, a la plantación de árboles y a dejar que ocurran los procesos de sucesión secundaria.