



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE
ANFIBIOS Y REPTILES, EN ÁREAS CON CARACTERÍSTICAS DE
CORREDORES BIOLÓGICOS EN “LOS TUXTLAS”, VERACRUZ”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A :

MARCELA VILLAR RODRÍGUEZ



DIRECTOR DE TESIS: DR. VICTOR HUGO REYNOSO ROSALES

MÉXICO, D.F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A:

- Mis padres Pita y Rafa
- Mi hermana y amiga Gina
- Mi compañero y amor de mi vida Sergio Quiroz

- Los CGH-acheros con los que compartí

El movimiento estudiantil de la UNAM 1999-2000...

- Y a todos los que luchan por un sueño,
una causa para este mundo.

Por un mundo mejor y reivindicando

el significado de la humanidad

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Nacional Autónoma de México y sus profesores por formarme en ella como Profesionista, pero antes como un ser humano comprometida con la sociedad.

Por mi raza hablará el espíritu.

Los que hicieron posible este estudio:

A mi asesor Dr. Víctor H. Reynoso, la CNAR, y el apoyo financiero al PAPIIT-DGAPA (Convenio No. IN222506), UNAM, por la beca de licenciatura otorgada dentro del proyecto:

“Diversidad y ecología de anfibios y reptiles en ambientes conservados y fragmentados en la selva tropical perennifolia en la región norte del Istmo de Tehuantepec”.

AGRADEZCO A:

Mis compañeros en el trabajo en campo por haber compartido las horas de este estudio:

Dr. Víctor H. Reynoso, Miguel Ballesteros, Jorge Brambila y Marco A. Luna.

Mtro. Gonzalo Pérez Higareda y la Estación Tropical de Biología “Los Tuxtlas”

que apoya los proyectos que se realizan en esta región.

Los sinodales de este trabajo por sus observaciones y guía a este trabajo:

Dr. Andrés García, M. Georgina Santos, M. Elisa Cabrera, M.C. Luís Canseco

Por sus asesoría brindadas Biol. Luís Oliver, Dr. Nicolás Urbina, M. Elisa Cabrera, M. Oswaldo Nuñez y Biol. Adriana González.

Mi Familia por su apoyo total a lo largo de este trabajo, por su orientación y amor incondicional de toda la vida.

Mi Familia Villar: Arturo, Lety, Lourdes, Lucha, Toño y todos mis primos

Y mi Familia Rodríguez; tío Beto y todos mis primos

A los futuros Biólogos; Gina Villar y Rosaura Cuevas y Roberto C. Vázquez.

A Serch... Gracias por tu apoyo, amor y las porras para terminar este proyecto e ir por esta vida ahora juntos.

A Leonor, mi madrina por su cariño y alegría a lo largo ya de tantos años en mi Familia.

A los Tuxtlos:

Omar Hernández además por su amistad, Henry Carmona, Oscar Salvatore, Arturo Romo,

Nicolás Urbina y Elisa Cabrera, que hicieron muy enriquecedor el trabajo en campo, en

laboratorio y aportaron ideas a esta tesis,

y las Tuxtlitas Wendy Machuca y Ana Mena igualmente por la gran amistad, compañerismo a lo largo de los muestreos y ánimos brindados para la culminación de este trabajo.

A mis compañeros de la CNAR, Hunab, Adriana, Gina, Wendoly, y el Sr. Armando Borgonio

A Fabiola Galindo por siempre su amistad incondicional y gran apoyo.

Mis Gürús: Rafael Gallegos y Anita Scarfo.

De la carrera: Mario, Ana, Oscar, Laura, Ari, Chayito, Abraham. Los Warriors: Hiram, Anidia,

Edgar, Leonardo, Arturo, Aldo, Cheques.

"Todas las teorías son legítimas y ninguna tiene importancia. Lo que importa es lo que se hace con ellas".

Jorge Luis Borges

INDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Los remanentes lineales y su uso como corredores biológicos	4
1.2. Factores que afectan la distribución de los anfibios y reptiles en los remanentes lineales.....	6
1.3. Objetivos de los estudios de diversidad ecológica	8
2. OBJETIVOS.....	9
3. HIPOTESIS.....	11
4. JUSTIFICACIÓN.....	12
5. ANTECEDENTES	
5.1. Remanentes lineales y corredores biológicos	13
5.2. Herpetofauna para la región de los Tuxtlas	14
6. ÁREA DE ESTUDIO	
6.1. Ubicación de la Estación Tropical de Biología “Los Tuxtlas	15
6.2. Características físicas.....	15
6.3. Vegetación.....	16
6.4. Caracterización biótica y abiótica de los trayectos	17
7. MATERIAL Y MÉTODO	
7.1. Trabajo de Campo	22
7.2. Análisis de datos.....	23
8. RESULTADOS	
8.1. Análisis de las comunidades de anfibios y reptiles totales	31
8.2. Análisis de anfibios y reptiles por remanentes lineales	47
8.3. Comparación con otro estudio en la Reserva de “Los Tuxtlas” en zona núcleo	65
9. DISCUSIÓN	

9.1. Composición y riqueza de la herpetofauna de estudio.....	71
9.2. Estructura herpetofaunística en remanentes lineales tipo ríos.....	74
9.3. Estructura herpetofaunística de remanentes lineales tipo caminos	76
9.4. Estructura herpetofaunística en remanentes lineales de composición vegetal heterogénea	78
9.5. Efecto de los remanentes lineales como corredores biológicos.....	80
9.6. Funcionamiento de remanentes lineales como corredores biológicos	80
10. CONCLUSIONES	82
LITERATURA CITADA	87
APÉNDICES	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos del corredor biológico	5
Figura 2. Localización de la zona de estudio.....	15
Figura 3. Área de estudio y remanentes	21
Figura 4. Número de especies de anfibios y reptiles por temporada	34
Figura 5. Curva de acumulación total de especies de anfibios	36
Figura 6. Curva de acumulación total de especies de reptiles	37
Figura 7. Estimadores de riqueza en anfibios	37
Figura 8. Estimadores de riqueza en reptiles	38
Figura 9. Distribución de las abundancias en anfibios	39
Figura 10. Distribución de las abundancias en reptiles	40
Figura 11. Análisis de SHE en anfibios	41
Figura 12. Análisis de SHE en reptiles	42
Figura 13. Análisis de microhábitat en anfibios en los ocho remanentes lineales.....	43
Figura 14. Análisis de microhábitat en reptiles en los ocho remanentes.....	44
Figura 15. Abundancia en anfibios con respecto a la temperatura promedio	46
Figura 16. Abundancia en anfibios con respecto a la precipitación promedio.....	45
Figura 17. Abundancia en reptiles con respecto a la temperatura promedio	46
Figura 18. Abundancia en reptiles con respecto a la precipitación	47
Figura 19. Rarefacción de Mao Tau en anfibios.....	51
Figura 20. Rarefacción de Mao Tau en reptiles.....	52
Figura 21. Modelos de abundancia de anfibios en los ocho remanentes lineales	56
Figura 22. Modelos de abundancia de reptiles en los ocho remanentes lineales.	57
Figura 23. Distribución de juveniles y adultos en anfibios	58
Figura 24. Distribución de juveniles y adultos en reptiles.....	60
Figura 25. Diagrama de caja con las medidas de tendencia central para anfibios	65

Figura 26. Diagrama de caja con las medidas de tendencia central para reptiles	66
Figura 27. Diagrama de similitud de Jaccard para herpetofauna	69
Figura 28. Diagrama de similitud de Jaccard para anfibios.....	69
Figura 29. Diagrama de similitud de Jaccard para reptiles.....	70
Figura 30. Uso de los remanentes.....	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Claves utilizadas para identificar a los trayectos	17
Cuadro 2. Número de familias, géneros y especies de anfibios y reptiles registrados en los remanentes de vegetación lineal.....	31
Cuadro 3. Familias, géneros y especies de anfibios presentes en el área de	32
Cuadro 4. Composición de especies de reptiles presentes en el área de estudios	33
Cuadro 5. Número de especies de anfibios por muestreo	35
Cuadro 6. Número de especies de reptiles por muestreo	35
Cuadro 7. Valores de diversidad de Shannon H' (\ln) y equidad de Pielou (J') registradas en cada corredor.....	40
Cuadro 8. Distribución y abundancia de anfibios en remanentes lineales	48
Cuadro 9. Distribución y abundancia de reptiles en remanentes lineales	49
Cuadro 10. Especies únicas de anfibios y reptiles en los ocho remanentes lineales.....	50
Cuadro 11. Estimadores de riqueza por remanente lineal en anfibios	53
Cuadro 12. Estimadores de riqueza por remanente lineal en reptiles.....	53
Cuadro 13. Abundancia total y éxito de captura de anfibios y reptiles	54
Cuadro 14. Proporción de la abundancia de anfibios y reptiles en cada uno de los ocho remanentes de vegetación lineal	54
Cuadro 15. Distribución de adultos y juveniles de la especies de anfibios en remanentes lineales.....	59
Cuadro 16. Distribución de adultos y juveniles de la especies de reptiles en remanentes lineales.....	61
Cuadro 17. Matriz de complementariedad para la composición de especies de anfibios en los ocho remanentes de vegetación lineal.....	62
Cuadro 18. Matriz de complementariedad para la composición de especies de reptiles en los ocho remanentes de vegetación lineal	62

Cuadro 19. Matriz de complementariedad de Margules en anfibios	63
Cuadro 20. Matriz de complementariedad de Margules en reptiles	64
Cuadro 21. Riqueza, Shannon ($H' \log \text{ nat}$), equidad de Pielou (J') y dominancia de Berger de la herpetofauna en remanentes lineales y zona núcleo.....	67
Cuadro 22. Riqueza, abundancia, Shannon ($H' \log \text{ nat.}$), equidad de Pielou (J') y dominancia de Berger de anfibios en remanentes lineales y zona núcleo	67
Cuadro 23. Riqueza, abundancia, Shannon ($H' \log \text{ nat.}$), equidad de Pielou (J') y dominancia de Berger de anfibios en remanentes lineales y zona núcleo	68
Cuadro 24. Número de especies de herpetofauna registrados en otros estudios realizados en la selva alta perennifolia de la región de “Los Tuxtlas”, Veracruz	71

RESUMEN

En el presente trabajo se analizó la composición y diversidad de las comunidades de anfibios y reptiles en ocho remanentes de vegetación lineal seleccionados bajo el criterio de corredores biológicos, determinando la importancia de la conservación de las comunidades herpetofaunísticas en la región de “Los Tuxtlas”, Veracruz. Se analizaron remanentes de vegetación riparia (R1, R2), remanentes de vegetación en caminos (C3, C4, C5, C6), un remanente de vegetación en potrero (P7) y un remanente de vegetación en una cima (M8).

Se realizaron 5 salidas de campo con muestreos diurnos y nocturnos, de marzo del 2002 a enero del 2003, abarcando las temporadas de secas, lluvias y nortes de la región (con un total de 720 horas hombre).

Se censaron 476 individuos de anfibios pertenecientes a 18 especies, la mayor parte especies de anuros. Para los reptiles se obtuvieron 647 individuos y 28 especies, siendo mayor la cantidad de especies de serpientes. La mayor riqueza de anfibios se dio en los meses de octubre-noviembre (lluvias) y para reptiles fue durante marzo-abril (secas). Las curvas de acumulación, estimadores y *completeness* indican que no fueron encontradas la totalidad de especies siendo mayor el faltante de especies de reptiles por la cantidad de especies únicas de serpientes.

Los factores ambientales temperatura y precipitación no tuvieron efectos significativos sobre las comunidades de anfibios, mientras que para reptiles hubo una correlación positiva entre abundancia y temperatura.

Para anfibios se encontró una mayor abundancia proporcional, riqueza y diversidad en un remanente tipo río (R1). *Craugastor loki* fue la especie dominante en cuatro remanentes lineales y *Chaunus marinus* en los otros cuatro remanentes lineales. Para reptiles se encontró mayor abundancia proporcional en un camino cerca de la fuente de especies (C4), mayor riqueza en un camino lejano a la fuente (C6) y mayor diversidad en un río (R1); dominaron las especies *Sceloporus variabilis* en 4 zonas y *Ameiva undulata* en los de los remanentes. Los anfibios

tuvieron preferencia por remanentes de vegetación riparia y los reptiles por remanentes con fragmentos con áreas focales cercanas sin encontrar en ambos casos influencia por la cercanía de la zona núcleo.

Se encontró mayor diversidad en el conjunto de los remanentes estudiados que en un área de selva alta perennifolia conservada estudiada previamente. Sin embargo, algunas de las especies dominantes están asociadas a zonas perturbadas por lo cual la implementación de remanentes como corredores biológicos necesita contemplar las distintas características biológicas de las especies y ofrecer alta calidad en la cobertura vegetal.

Palabras clave: Comunidades, remanente de vegetación lineal, corredores biológicos, *Craugastor loki*, *Sceloporus variabilis*.

1. INTRODUCCIÓN

La selva alta perennifolia de los Tuxtlas se encuentra en la región sureste del estado de Veracruz, México y representa el límite más septentrional de este tipo de vegetación en las tierras bajas del continente Americano (Estrada y Coates-Estrada, 2001). El estado actual de las selvas ubicadas en la región de los Tuxtlas, indica que se encuentran profundamente fragmentadas: un 75% ha sido transformada a pastizales, 20% existe como fragmentos aislados en tierras bajas, y solo el 5% es aún preservada como áreas que conservan el tipo de vegetación original (Estrada *et al.*, 1993). La fragmentación genera aislamiento de las poblaciones y se considera una de las causas principales de la presente crisis de extinciones locales (Wilcox y Murphy, 1985). Representa una fuerte problemática para la diversidad biológica, en particular en las zonas de selvas donde la ausencia de la cobertura vegetal altera las condiciones del medio limitando la distribución de los organismos.

En estas selvas se da un cambio del uso del suelo hacia campos agrícolas y potreros implicando la tala de las mismas, lo cual de acuerdo a Wilcove *et al.* (1986) puede llegar a afectar a las poblaciones de especies silvestres en dos formas: 1) reduciendo el área total del hábitat, limitando drásticamente el tamaño poblacional e incrementando la tasa de extinción local; y 2) los remanentes quedan distribuidos en parches o fragmentos separados decreciendo el flujo genético de las poblaciones por poca dispersión y por tanto decreciendo las tasas de inmigración. Esto ha llevado a buscar estrategias que incrementen el tamaño efectivo de las poblaciones naturales. Una forma es mediante los remanentes de vegetación lineal formados naturalmente, como la vegetación riparia, o artificialmente, como cercas vivas de vegetación, permitiendo cierta conectividad entre fragmentos aislados. Cuando el objetivo de conectividad se cumple, puede definirse a estos remanentes lineales como un corredor biológico los cuales aumentan las densidades poblacionales debido a la inmigración y recolonización que estos permiten (Burbrink *et al.*, 1998; Gilbert *et al.*, 1998; De Lima y Gascon 1999; Laurance y Laurance, 1999; Mönkkönen y Mutanen, 2003).

1.1 Los remanentes lineales y su uso como corredores biológicos

La transformación de las selvas altas para un uso agrícola o como potrero compromete la subsistencia de muchas especies nativas. En el caso de los Tuxtlas permanecen fragmentos como conjunto de selvas desintegradas, en donde existe un aislamiento total de las subpoblaciones animales y vegetales subsistentes. En algunos casos los fragmentos de selva se mantienen unidos por la presencia de elementos de conectividad como vegetación ribereña, cercas vivas y plantaciones forestales que facilitan la accesibilidad y el intercambio de individuos entre las poblaciones de distintas especies, funcionando como corredores biológicos (Estrada y Coates-Estrada, 2001).

El concepto de corredor biológico tiene sus bases en la teoría de Biogeografía de Islas de MacArthur y Wilson (1963) y MacArthur (1967). Se definen como un remanente de vegetación lineal, bidimensional y continuo que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitats modificados, que han estado conectados en un tiempo histórico (Soulé y Gilpin 1991; Beier y Lowe 1992) y que permite que la fauna pueda dispersarse a través de ellos. La teoría de corredores biológicos sugiere que hay una relación entre la riqueza y el área con respecto al equilibrio insular, resultando en un equilibrio dinámico por intercambio de especies. De acuerdo con Beeby (1994) al aplicar esta teoría en fragmentos de selva y corredores ocurriría que:

- a) Fragmentos conectados que tienen altas tasas de colonización tienden a acumular especies; en ellos la tasa de extinción es muy baja y aumenta la riqueza con respecto a fragmentos aislados.
- b) Remanentes de selva cercanos al remanente fuente de recurso de especies inmigrantes tienden a ser colonizadas en mayor proporción.
- c) El tiempo de arribo de una especie a un fragmento conectado es importante. Al principio se puede facilitar el establecimiento de otras especies que pueden ser las especies representativas en los remanentes; y posteriormente la tasa de colonización por otras especies decrece con el tiempo.

d) Las tasas de colonización y extinción dentro de un fragmento conectado pueden depender de la presencia de otras especies. El arribo posterior es menor por la dificultad para encontrar un nicho vacante que pueda ayudar a su establecimiento.

Un corredor biológico asegura el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos al interior de las comunidades gracias a sus componentes. El ejemplo de corredor que se presenta (Figura 1) está compuesto por un remanente mayor de selva alta perennifolia que funciona como fuente de especies (A) y uno menor donde se establecerán algunas especies (B); las zonas focales o de amortiguamiento que son remanentes de selva y acahuales muy pequeños que funcionan como hábitats temporales y permanentes de los individuos con un cierto efecto de borde (F); y un remanente lineal bordeado por vegetación (C) que permite el establecimiento de poblaciones no tan aleatoriamente en especies con poca tolerancia a la perturbación a lo largo del remanente, en algunos casos siendo un corredor cuando permite la dispersión (New, 2000). Finalmente se presenta la vegetación dominante denominada matriz con una vegetación de tipo potrero (M).

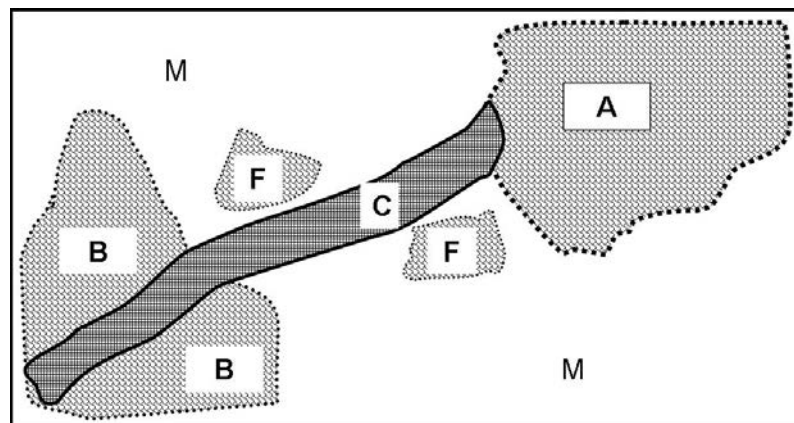


Figura 1. Elementos del corredor biológico; remanente mayor (A), remanente menor (B), remanente lineal conector (C), áreas focales o de amortiguamiento (F), matriz de vegetación (M).

De esta forma, el cambio de uso de suelo de selvas a potreros (M) deja un grupo de fragmentos (A, B, F), que pueden estar conectados o unidos por una serie de remanentes de vegetación lineal (C), que permiten la dispersión de muchos individuos. No obstante, los fragmentos aislados tienden a limitar la dispersión de las especies actuando como una barrera

para la dispersión normal o natural de las mismas. Así, en una escala local las especies pueden llegar a extinguirse, mientras que a escala del paisaje las especies pueden llegar a exhibir un patrón de extinción y recolonización referido en ocasiones como una metapoblación (Primack, 1993).

Las funciones atribuidas a los corredores para movimiento son: (1) disminuir la tasa de extinción definida en términos de la teoría de equilibrio, (2) disminuir la estocasticidad demográfica, (3) contrarrestar la depresión endogámica y (4) satisfacer una necesidad de movimiento (Simberloff *et al.*, 1992).

Dependiendo de la especie, los remanentes pueden funcionar exitosamente como un hábitat que provee los recursos para la sobrevivencia, el crecimiento, la reproducción y la generación de emigrantes. De manera contraria, cuando el fragmento es un hábitat que depende de sus inmigrantes este es un fragmento-hábitat que puede llegar a desaparecer (Pulliam, 1988).

1.2. Factores que afectan la distribución de los anfibios y reptiles en los remanentes lineales

Los anfibios y reptiles presentan una serie de características biológicas variables de forma que algunas especies pueden utilizar los fragmentos de vegetación como corredores dispersores, mientras que otras pueden usarlos como remanentes lineales con función de hábitat de sobrevivencia donde lleven a cabo toda su historia de vida (Beier y Noss, 1998). Los anfibios generalmente presentan menor tolerancia a los cambios ambientales, lo cual hace sumamente restringidas las condiciones para su permanencia en un hábitat (Lips, 1998). Además presentan una historia de vida que incluye en la mayoría de las especies, una etapa larvaria acuática y una etapa adulta de vida terrestre, tienen una piel altamente permeable y huevos sin cascarón, lo cual los hace muy vulnerables a cambios drásticos del ambiente (Alford y Richards, 1999). Estas características los convierten en buenos indicadores de la calidad ambiental. Por su parte, los reptiles a diferencia de los anfibios, son menos susceptibles a cambios ambientales, entre otras cosas, debido a que su piel es relativamente impermeable y a que sus huevos disponen de un

cascarón. En cambio, son altamente sensibles a cambios sutiles de las comunidades biológicas de las que forman parte, pues están íntimamente ligados a biomas particulares. Dentro de cada bioma los escamados (serpientes y lagartijas) están vinculados con microambientes específicos, con las presas y con los depredadores con los cuales han coexistido por muy largo tiempo. Precisamente por la complejidad de las múltiples interacciones ecológicas que establecen, numerosas especies de reptiles asociadas con vegetación nativa original suelen ser muy sensibles a la perturbación, razón por la cual pueden ser realmente útiles como indicadores ambientales (Sánchez, 2000).

El movimiento de las especies entre los fragmentos también está influenciado por la conectividad que exista entre ellos. La conectividad se refiere a mantener la unión de los elementos del paisaje que facilitan el movimiento de las especies entre fragmentos que funcionan como hábitat (Merriam, 1991). Algunas especies llevan a cabo movimientos “triviales” de pequeña escala, en sus actividades de cada día tanto en la búsqueda de alimento dentro de su ámbito hogareño o en menor grado porque están restringidas por condiciones específicas de su ambiente. En contraste, otras llevan a cabo migraciones de cientos de metros a miles de kilómetros (New, 2000).

Finalmente New (2000) cita tres factores que pueden influenciar la efectividad de un corredor para la fauna silvestre. El primero es la distancia presente del remanente fuente de especies hacia los remanentes de vegetación lineal que beneficia a las especies vágiles. Un segundo factor es el ancho del remanente determinando, el efecto de borde que se va a presentar sobre las especies, en razón a su talla y siendo en ocasiones un impedimento al movimiento entre los fragmentos hábitat. El tercer factor es el tipo de hábitat y la calidad del mismo, ya que la efectividad de un corredor puede depender de la heterogeneidad en los sentidos físico y biológico. Algunos aspectos relevantes en los corredores incluyen la seguridad que puedan proporcionar para moverse a través de ellos y la disponibilidad de alimento que puedan proveer.

1.3. Objetivos de los estudios de diversidad biológica

Analizar la diversidad biológica resulta muy conveniente en el contexto actual ante la acelerada transformación de los ecosistemas naturales, ya que un listado faunístico o florístico de especies para una región dada no es suficiente. Para monitorear el efecto ecológico de los cambios en el ambiente es necesario contar con información de la diversidad alfa en comunidades naturales (Moreno, 2000).

La diversidad alfa evalúa la riqueza y las abundancias de las especies dentro de las comunidades y cuenta con los parámetros que nos permiten tomar decisiones, emitir recomendaciones a favor de la conservación de taxones o áreas amenazadas y monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente. La cuantificación del número de especies y su representatividad así como las mediciones de abundancia relativa de cada especie permiten identificar aquellas que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies, o en la dominancia, nos indica el nivel de deterioro del ecosistema y su efecto sobre la diversidad animal (Magurran, 1988).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Determinar la importancia de los remanentes lineales, para la conservación de la biodiversidad de anfibios y reptiles en la región de los Tuxtlas, Veracruz.

2.2. Objetivos particulares

- Identificar las especies de anfibios y reptiles que habitan en ocho tipos distintos de remanentes lineales con característica de remanentes en vegetación riparia, caminos cercanos y lejanos a la fuente de especies, en cerca de potrero y en cima.

- Caracterizar la estructura de la comunidad de anfibios y reptiles en remanentes de vegetación lineal, con base en los parámetros de composición, riqueza y abundancia.

- Identificar las especies de anfibios y reptiles que habitan en los remanentes lineales ubicando las especies afines al interior de los mismos.

- Identificar qué tipo de remanentes de vegetación lineal albergan comunidades con mayor diversidad en el área de estudio.

- Determinar la efectividad de los ocho remanentes lineales en el resguardo de las especies que componen la herpetofauna, mediante esfuerzo de captura, acumulación de especies y estimadores de riqueza.

- Contrastar la estructura de las comunidades de anfibios y reptiles de los fragmentos lineales con las comunidades de anfibios y reptiles en fragmentos conservados de selva alta perennifolia de la región de Los Tuxtlas.

-Estimar la influencia de la temperatura y la precipitación como factores determinantes en la abundancia de los anfibios y reptiles.

3. HIPOTESIS

1. La presencia y abundancia de las especies afines al interior de la selva en los remanentes depende de la presencia de fragmentos interconectados por los remanentes lineales y la cercanía a la zona núcleo, siendo menor o nula la abundancia de individuos en remanentes que se encuentren alejados de la zona núcleo y de pequeños fragmentos aislados.
2. Se espera que existan diferencias en riqueza, composición, abundancia y diversidad de herpetofauna entre remanentes lineales por la combinación de factores, como son la cercanía a la zona núcleo de la Reserva de Los Tuxtlas y las características de cada remanente.
3. Habrá mayor diversidad de anfibios y reptiles en los remanentes en que se presente una mayor ocupación de microhábitats.
4. La presencia de especies compartidas entre remanentes lineales y la zona núcleo de la Reserva de Los Tuxtlas, se debe a que algunas poblaciones procedentes de la zona núcleo (fuente de especies), pueden establecerse en los remanentes lineales utilizando su hábitat y/o como corredores biológicos.
5. Debido a las características biológicas de los anfibios y reptiles, la abundancia de reptiles se verá afectada por las fluctuaciones en la temperatura, mientras que el número de anfibios responderá a la precipitación.

4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el decreto de Áreas Naturales Protegidas en México ha generado falta de acuerdos por los conflictos de interés entre el desarrollo social y las metas conservacionistas (Rayn, 2001). Ante esta problemática se hacen necesarias alternativas que hagan frente a la fragmentación del paisaje en las selvas altas perennifolias, particularmente en zonas donde la tasa de deforestación ha sido muy alta. La implementación de más áreas naturales de grandes extensiones en la región de Los Tuxtlas se dificulta y la planeación, uso y manejo de los remanentes de vegetación y corredores biológicos es una estrategia para el mantenimiento de la biodiversidad: Sin embargo, las respuestas de las especies a los corredores biológicos es distinta. En este estudio se explora el papel de los remanentes lineales de vegetación de una selva alta perennifolia en la conservación de anfibios y reptiles. Cabe destacar la importancia de estos dos grupos animales como indicadores de la calidad del ambiente y la presencia de muchas especies que pueden ser consideradas en riesgo debido a su poca vagilidad y alta vulnerabilidad a la extinción de sus poblaciones.

5. ANTECEDENTES

5.1. Remanentes lineales y corredores biológicos

Estrada y Coates-Estrada (2001) realizaron una evaluación de algunas áreas consideradas como corredores biológicos en Los Tuxtlas basando su estudio en la riqueza de murciélagos. Ellos encontraron que; 1) un 50% de las especies de murciélagos son característicos del borde de los fragmentos y del tipo de alimentación frugívora e insectívora y 2) cerca del 80% de las especies de murciélagos de estos corredores comparten distribución con las zonas conservadas.

Particularmente con anfibios y reptiles no se han llevado a cabo estudios ecológicos sobre remanentes lineales en la región, por lo que se ha tomado como referencia el trabajo de Burbrick *et al.* (1998) realizado con anfibios y reptiles en un corredor potencial ripario al sureste de Illinois. En cuanto a la respuesta de una especie a un remanente lineal y su uso como corredor se analizaron algunos trabajos de campo como los de Downes *et al.* (1997); Burbrink *et al.* (1998); Gilbert *et al.* (1998); De Lima y Gascon (1999); Laurance y Laurance (1999); Danielson y Hubbard (2000); Aauri (2001); Estrada y Coates-Estrada (2001); y Mönkkönen y Mutanen (2003), donde mencionan algunas características biológicas que son importantes para la distribución de las especies en los remanentes lineales como son: la preferencia de hábitat, percepción de la heterogeneidad espacial, su capacidad de dispersión y la categoría trófica de las especies. Así mismo se han realizado estudios basados en modelos de crecimiento poblacional (Hudgens y Haddad, 2003) que predicen especies que puedan beneficiarse de los corredores en paisajes fragmentados. También se consideró una compilación de trabajos de Corredores Biológicos en Australia (Saunders y Hobbs, 1991) la cual abarca modelaje, estudios en campo, e implementación de los corredores.

Diversos factores pueden afectar la distribución de los anfibios y reptiles en los corredores biológicos. Murcia (1995) cita que algunas especies son muy susceptibles al efecto de borde pues existe un gradiente en las condiciones microambientales entre zonas conservadas y los pastizales causando variaciones en la estructura de la vegetación, la composición y las

interacciones bióticas. Algunos estudios en Los Tuxtlas sobre efecto de borde son los de Hernández (1996), donde se explora la respuesta de los anfibios y reptiles y el trabajo de Williams-Linera y Domínguez-Gastelú (1998), sobre el efecto de borde que puede presentarse entre zonas bien conservadas, zonas riparias y pastizales. Schlaepfer y Gavin (2001), exploraron el efecto de borde en el caso de dos lagartijas del género *Anolis* y cinco ranas de hojarasca del género *Eleutherodactylus*, encontrando diferentes respuestas con un número ilimitado de combinaciones dependiendo de los componentes bióticos y abióticos e incluso sugiriendo un efecto de borde estacional. Urbina-Cardona y Londoño (2003), igualmente en un estudio del efecto de borde con la herpetofauna en bosques tropicales del pacífico Colombiano encontraron que algunas especies del género *Eleutherodactylus*, como *E. boulengeri* no presentaba alguna distribución preferencial, variando con la época del año; esto contrario a otros estudios donde se han encontrado grandes abundancias en zonas perturbadas. El efecto del tráfico vehicular sobre los remanentes lineales que se encuentran sobre la carretera puede ser otro factor que afecta en la distribución, como en el caso del efecto del tráfico vehicular sobre dos especies de anfibios con diferente vagilidad (Laurie y Fahrig, 2001).

5.2. Herpetofauna de la región de “Los Tuxtlas”, Veracruz.

Como parámetro de comparación del presente trabajo se tomó el estudio de Hernández (2005), realizado en una zona conservada dentro de la Reserva de la Estación de Biología de los Tuxtlas. En este trabajo se analiza a la comunidad de anfibios y reptiles de zonas altas y zonas bajas y se registraron 16 especies de anfibios y 20 de reptiles. Así mismo los resultados se compararon con el estudio de Cabrera (2005), que se enfocó en el análisis de las comunidades de anfibios y reptiles en fragmentos de vegetación de distintos tamaños muy cercanos a los remanentes lineales de este estudio. También son de importancia diversos listados de la herpetofauna en la Reserva de los Tuxtlas, destacando el de Ramírez-Bautista y Nieto Montes de Oca (1997), quienes registraron 45 especies de anfibios y 114 de reptiles en la región de Los Tuxtlas.

6. ÁREA DE ESTUDIO

6.1. Ubicación de la Estación Tropical de Biología “Los Tuxtlas”

La Reserva de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México (Figura 2), se encuentra entre los 18°34´ y 18°36´ de latitud norte y los 95°04´ y 95°09´ de longitud oeste, en la vertiente este del volcán de San Martín Tuxtla. Ocupa un terreno inclinado cuya altitud varía entre los 150 m en su lado este, hasta aproximadamente 650 m en su lado oeste (Dirzo *et al.*,1997).



Figura 2. Localización de la zona de estudio.

6.2. Características físicas

Hidrología. Cercanos a la Estación de Biología Los Tuxtlas se encuentran algunos cuerpos de agua, entre ellos laguna Escondida, laguna Azul y la laguna de temporal del Zacatal, además del Río Maquinas y el arroyo Balzapote que fluyen hacia el Golfo de México (Arriaga *et al.*, 2000).

Clima. El tipo de clima de Los Tuxtlas es cálido húmedo con la variante Am (Cálido con lluvias de verano e influencia de monzón) con mes más húmedo en septiembre y temperatura media

anual entre 24 y 26 °C. Los ciclones tropicales son los responsables de aportes considerables de humedad en forma no violenta. Los nortes provocan una disminución considerable de temperatura promedio hasta de 16 °C (Soto y Gamma, 1997).

6.3. Vegetación

El tipo de vegetación de la reserva de Los Tuxtlas corresponde al de selva alta perennifolia (SAP), de acuerdo con el sistema de Miranda y Hernández (1963). La zona de estudio presenta vegetación de selva alta perennifolia de suelos profundos, cuyas altitudes oscilan entre 160 y 350 msnm, presentando un dosel que va de 30 a 35 m, aunque ocasionalmente algunos árboles llegan hasta los 40 m. Entre estos pueden citarse *Ficus yoponensis*, *F. tecolutensis* y *Ceiba petandra*. La presencia de palmas como *Astrocaryum mexicanum*, *Chamaedorea pinnatifrons*, *C. alternans* imprime una fisonomía característica a la comunidad (Ibarra-Manríquez, 1988).

Alrededor de la Estación de Biología domina el tipo de vegetación de zonas perturbadas, producto de sucesión secundaria y actividades agropecuarias generadoras de la drástica perturbación antropogénica de la selva. Los acahuales llegan a comunidades secundarias en distintas etapas de regeneración. Los pastizales están compuestos de gramíneas exóticas como *Cynodon dactyliferum* que son usadas para mantener actividades ganaderas. Dentro de estos pastizales se encuentran árboles remanentes de la selva y una comunidad de diversas herbáceas, principalmente malezas. La vegetación de zonas perturbadas, domina las zonas aledañas a la Estación y es producto de sucesión secundaria y actividades agropecuarias que inician con la drástica perturbación antropogénica de la selva. De tal manera se puede distinguir vegetación ruderal, pastizales y acahuales (Guevara *et al.*, 1997).

Finalmente los fragmentos lineales de vegetación ribereña están compuestos por hileras de árboles a orillas de los ríos o arroyos. Estos fragmentos se forman intencionalmente al dejar en pie árboles del dosel que están en los bordes de los cauces de agua, ya que los campesinos consideran que si se eliminan estos árboles los ríos pueden llegar a desaparecer (Guevara *et al.*, 1997).

6.4. Caracterización biótica y abiótica de los trayectos

Se muestrearon 8 remanentes lineales elegidos bajo las características de corredores biológicos, es decir remanentes de vegetación lineal que interconectan fragmentos cercanos y lejanos a la fuente de especies hacia otros pequeños remanentes. Estos abarcan tipo de vegetación riparia, vegetación en caminos y cercas de vegetación que delimitan potreros (Figura 3). En el Cuadro 1 se enlistan los símbolos utilizados para estos remanentes lineales, en relación al tipo de remanente lineal.

Cuadro 1. Claves utilizadas para identificar a los trayectos.

Clave	Zona
R1	Remanente tipo río cercano a la zona núcleo
R2	Remanente tipo río lejano a la zona núcleo
C3	Camino sobre rodada hacia Balzapote en contacto con la zona núcleo
C4	Camino sobre rodada hacia Sontecomapan en contacto con la zona núcleo
C5	Camino sobre rodada hacia Sontecomapan sin contacto con la zona núcleo
C6	Camino hacia Playa Icacos sin contacto con la zona núcleo
P7	Remanente y cercas vivas en un potrero en contacto con la zona núcleo
M8	Remanente a través de un acahual y dos potreros en una cima

6.4.1. Remanentes lineales de vegetación riparia

R1. Río Balzapote porción en contacto con fragmento conservado ubicado en parte de la zona conservada de la Estación de Biología, hacia Balzapote en 18°35'16" N, 95°04'34" O a 18°35'734" N, 95°04'975" O, entre las altitudes de 32 a 145 msnm. Presenta los bordes con vegetación de selva conservada mantenida por la topografía, ya que la formación del río ha originado un declive que lo bordea a manera de un pequeño valle. Esta topografía, ha impedido que la zona sea en su totalidad potrero, pero los potreros si rodean casi en su totalidad a los bordes de selva, y en menor cantidad se presentan acahuales. El trayecto estudiado mide de cinco a diez metros de ancho. Las profundidades del arroyo van de 1.50 m a 20 cm.

R2. Río Balzapote sin contacto con fragmento conservado porción que continúa del punto de término del primer remanente R1, hacia Balzapote en 18°35'734'' N, 95°04'975'' O hasta 18°36'292'' N, 95°03'967'' O con altitudes: 26 a 32 msnm. El paisaje está compuesto en mayor parte por potreros bordeados por cercas vivas en un terreno en el que predomina en sus alrededores los pastizales. Las profundidades del arroyo van de 20 cm a 1.60 m.

6.4.2. Remanentes de vegetación lineal en caminos conectados a la zona núcleo.

C3. Camino en contacto con fragmento conservado sobre camino principal Catemaco-Montepío. Parte de la zona conservada de la Estación de Biología hacia Balzapote localizado entre los 18°58'509" N, 95°07'5078" O y 18°60'860" N, 95°07'480" O, con altitudes que van desde los 62 a 145 msnm. En esta zona la vegetación del remanente lineal corresponde una cerca viva la cual presenta abundante vegetación a lo largo de todo el camino encontrándose inmersa en potreros. La vegetación se encuentra compuesta por árboles que llegan a medir 40 m y por gran variedad de arbustos. Presenta aunque en menor cantidad claros ocasionados por un escaso grosor de las cercas vivas. Se presentan dos arroyos que cruzan el camino subterráneamente.

C4. Este camino se encuentra en contacto con el fragmento conservado de la zona núcleo, siendo este su inicio sobre el camino principal Catemaco-Montepío y llega hasta la desviación que lleva a Playa Icacos. El punto de partida se encuentra a los 18°58'509" N, 95°07'5078" O y termina en 18°341'625'' N, 95°03'838" O, variando en altitudes que van desde los 14 hasta los 145 msnm. En esta zona hay un mayor contacto con fragmentos conservados hacia el costado noroeste del camino, seguido por cercas vivas y un segundo contacto con un fragmento menor, registrado hacia la zona de Playa Escondida. Las cercas vivas en su mayor parte están bordeadas por potreros.

6.4.3. Remanentes de vegetación lineal en caminos sin contacto a la zona núcleo.

C5. Camino sin contacto con el fragmento conservado. Parte del punto de término del remanente lineal C4 hacia el Ejido "La Palma", sobre camino principal Catemaco-Montepío comenzando en

los 18°34'62" N, 95°03'83" O hasta los 18°55'99" N, 95°05'92" O en las altitudes 17.7 a 42 msnm. En cuanto a la vegetación hacia la zona más cercana a la desviación a Icacos las cercas vivas llegan a tener una amplitud de cinco metros. Una segunda parte tiene una cerca que provoca una exposición mayor, muy similar a la cerca muestreada de Potrero, es decir en esta segunda parte la composición vegetal es solo una cerca fina de árboles frutales, pastos y en menor cantidad arbustos. A lo largo de este remanente lineal se registraron tres cuerpos de agua (arroyos) que cruzan el camino subterráneamente.

C6. Camino sin contacto con el fragmento conservado en parte a la desviación Playa Icacos hasta la zona de inicio de la Playa Icacos (C6), comenzando en los 18°57'71" N, 95°06'37" O hasta los 18°58'76" N, 95°05'35" O a altitudes de 25.8 a 103 msnm. Este remanente lineal presenta dos contactos con fragmentos conservados y pequeños. En su mayor parte se encuentra una cerca viva con buena dimensión y en su parte final cercana a la Playa de Icacos una exposición solar mayor, ya que la vegetación en esta parte está dada por arbustos.

6.4.4. Remanente de vegetación lineal a lo largo de un potrero.

P7. Este trayecto presenta como remanente lineal una cerca viva muy delgada compuesta en su mayoría por árboles frutales (naranjos y limones), además de estar en contacto con la vegetación del remanente de la reserva de la Estación de Biología, separado ligeramente por un camino hacia la región de Balzapote. Se ubica entre los 18°58'80" N, 95°07'50" O hasta los 18°59'05" N, 95°07'30" O con altitudes que van de los 85 a 150 msnm.

6.4.5. Remanente de vegetación lineal a lo largo de una cima.

M8. La zona de la Cima (M8) se encuentra muy cercana al remanente principal de selva, sin embargo, no está en contacto directo por la presencia del camino principal. Tiene regiones con un camino bien definido cercado con vegetación y otras secciones interrumpidas por la presencia

de dos remanentes de selva, dos acahuales y amplios potreros. Se ubica entre $18^{\circ}59'094''$ N, $95^{\circ}05'962''$ O a $18^{\circ}57'124''$ N, $95^{\circ}06'179''$ O y con altitudes de 145 a 222.4 msnm.

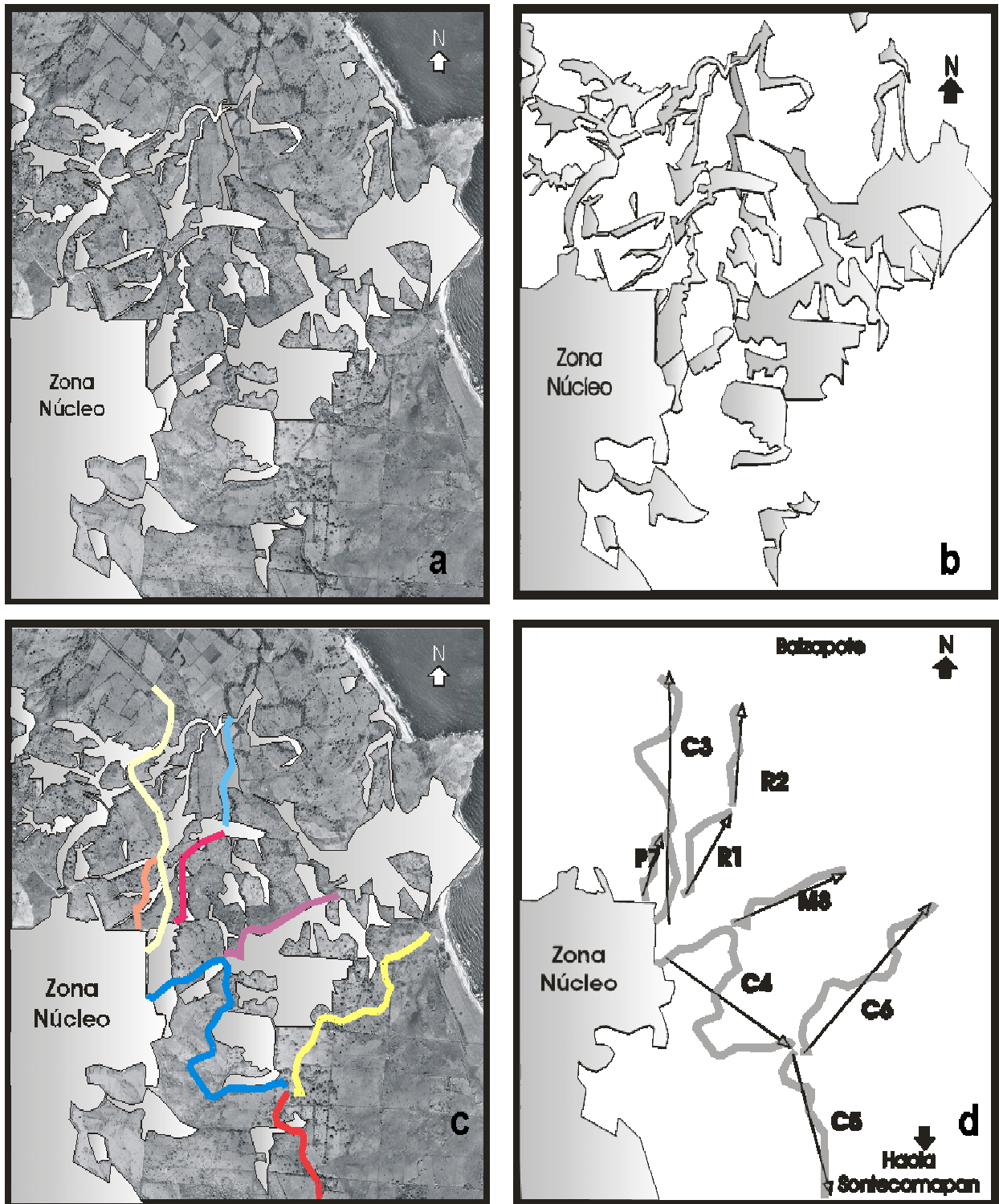


Figura 3. Área de estudio y remanentes. (a) Fotografía aérea de la ubicación del estudio mostrando los remanentes principales de vegetación y la zona núcleo; (b) fragmentos principales de vegetación interconectados por los remanentes lineales de vegetación; (c) ubicación de los ocho remanentes de vegetación analizados en este estudio; (d) remanentes lineales con sus claves de identificación y dirección en que se recorría el trayecto.

7. MATERIAL Y MÉTODO

7.1. Trabajo de campo

La elección de los remanentes lineales se realizó bajo el criterio de la teoría de corredores biológicos, tomando en cuenta remanentes de vegetación lineal que interconectan fragmentos de vegetación conservada. Para la elección de los remanentes también se tomó en cuenta la cercanía a la zona núcleo. Se realizaron cuatro trayectos que se encuentran cercanos a la fuente y cuatro trayectos sin conexión a la misma. Se realizó una salida adicional en abril de 2003 para realizar la caracterización de los remanentes lineales tomando muestras de vegetación.

El censo y la recolecta se realizaron en cinco salidas de campo con nueve días de duración para los muestreos cubriéndose un remanente lineal por día, durante los meses de marzo, mayo, agosto, octubre, diciembre del 2002 a enero del 2003. Los muestreos abarcaron las temporadas de lluvias, nortes y temporadas más cálidas. Los trayectos se realizaron por tiempo, esto basado en la propuesta de muestreo realizada por Reynoso y Barreto (1999), cubriendo así cuatro horas y media en la mañana de 10:00 a 14:30, y de 19:00 a 23:30, realizando el ajuste de horario de verano. El muestreo se realizó cinco metros adentro a partir del camino definido, en el caso de los potreros se muestrearon las cercas vivas definidas por árboles principalmente de *Bursera simaruba* y a partir de la cerca cinco metros hacia cada lado. Para poder estimar la riqueza y la abundancia se realizó un censo de las especies registrando: hora de captura, estadio, hábitat, microhábitat, y si era posible sexo. La captura se realizó de manera directa (anfibios y lagartijas) o mediante ganchos y pinzas herpetológicas (serpientes) y algunos individuos de lagartijas (*Anolis* spp. y *Basiliscus vittatus*) mediante caña de pescar con trampa de nudo.

La mayor parte de los individuos fueron liberados en la zona de captura; sin embargo, los ejemplares de anfibios y reptiles en los cuales se dificultó su identificación en campo se colectaron y transportaron en sacos herpetológicos o bolsas de plástico respectivamente. Los

organismos se sacrificaron con una sobredosis de anestesia y se fijaron en una solución de formol al 10% (Scrocchi y Kretzscmar, 1996).

Los ejemplares fijados, se lavaron en agua corriente y durante un día se les colocó en agua. Posteriormente se depositaron en frascos con alcohol al 70% y se identificaron taxonómicamente mediante diversas claves: Lee (1996); Flores-Villela *et al.* (1995); Pérez-Higareda y Smith (1991); y Oliver (2000). Los ejemplares se ingresaron en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR). Se realizó la actualización de nombres taxonómicos de acuerdo a los trabajos de Flores-Villela y Canseco-Marquez (2004); Faivovich *et al.* (2005); y Frost *et al.* (2006).

7.2. Análisis de datos

Se elaboraron los análisis ecológicos de diversidad, equitatividad y los análisis estadísticos en tres partes: (1) En conjunto las comunidades de anfibios y reptiles; (2) analizando las comunidades de anfibios y reptiles por separado en cada uno de los ocho remanentes lineales; y (3) comparando los remanentes de vegetación lineal con la zona núcleo. Para ello se tomaron en cuenta las siguientes características de las comunidades; composición, riqueza, abundancia y diversidad.

7.2.1. Composición

La composición de la comunidad herpetofaunística se presenta en cuadros de familias, géneros y especies registradas, así como una proporción de su representación. También se llevó a cabo un análisis por cada una de las cinco salidas de muestreo separando a los grupos de anfibios y reptiles, con la finalidad de determinar como es el uso temporal de los remanentes lineales.

7.2.2. Riqueza

Valores de riqueza específica. De acuerdo con Krebs (1989) se define la riqueza como el número de especies observadas en la comunidad o unidad de muestreo definida. Se analizó este valor considerando siempre los dos grupos taxonómicos anfibios y reptiles por separado.

Acumulación de especies. Se calculó graficando el incremento de especies por muestreo hasta no encontrar nuevas especies, esperando alcanzar una asíntota al resultar la colecta total de las especies de la zona.

Estimadores de riqueza no paramétricos. Se estimó la riqueza y estructura mediante estimadores de especies no paramétricos como son Jackknife 1 y Chao 1 respectivamente (Magurran, 2004). Ambos modelos son no paramétricos en el sentido estadístico ya que no asumen el tipo de distribución del grupo de datos y no los ajustan a un modelo determinado. En este caso el índice de Jackknife 1 para la riqueza específica toma únicamente ausencia y presencia de especies y es un estimador que se basa en el número de especies que ocurren en una sola muestra (L). También reduce la subestimación del verdadero número de especies en una comunidad con base en el número representado en una muestra reduciendo el sesgo del orden $1/m$ (m = número de muestras). Otro componente de la ecuación es S que representa el número de especies de una muestra. La ecuación que representa este estimador es:

$$\text{Jackknife 1} = S + L (m-1/m)$$

Chao 1 es un estimador basado en la abundancia. Hay muchas especies que solo están representadas por pocos individuos en una muestra (especies raras), comparadas con las especies comunes. El estimador Chao 1 se basa en la presencia de las especies raras a diferencia de Chao 2 que solo utiliza datos de presencia y ausencia de especies y se basa en la incidencia de las especies dando peso a las especies que aparecen una o dos veces en un conjunto de muestras. Ambos extrapolan en dos formas la riqueza de especies; uno basado en la estructura (Chao 1) y otro basado en incidencias (Chao2) (Magurran, 2004).

En la fórmula de Chao 1, S es el número de especies en una muestra; a , es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo “*singletons*” y b es el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra “*doubletons*” (Moreno, 2000).

$$\text{Chao 1} = S + (a^2/2b)$$

Completeness. Esta prueba tiene la finalidad de mostrar el éxito de muestreo. Evidencia diferencias entre la riqueza obtenida por los muestreos y la estimada, con el propósito de evaluar que tan satisfactorios fueron, o si existe la necesidad de realizar más muestreos en lo consecutivo. El porcentaje mínimo necesario es de un 80% de las especies estimadas. A partir de los valores de la riqueza esperada con los estimadores no paramétricos se obtiene el porcentaje de especies que cubrió el muestreo (Soberón y Llorente, 1993).

Rarefacción. Se realizó un análisis de rarefacción de especies obteniéndose curvas basadas en muestras y recalculadas a individuos mediante la función Mao Tau en el programa Estimates7 (Colwell, 2004) la cual compara el número de especies esperado $[E(S)]$, entre comunidades cuando el tamaño de las muestras no es igual. Para poder detectar diferencias significativas en la riqueza se compararon gráficamente los intervalos de confianza del 95% entre los sitios considerando el mismo número de individuos en cada par comparado (Gotelli y Colwell, 2001; Colwell, 2004).

7.2.3. Abundancia

Esfuerzo y éxito de captura. Se contó el número de encuentros de individuos identificando su especie para evaluar la abundancia relativa de cada especie en cada remanente lineal mediante el esfuerzo global de los muestreos (horas hombre) y considerando que los muestreos fueron realizados por dos personas. Para el cálculo de horas hombre en un remanente se midió lo siguiente: (1) las horas de muestreo de un remanente por día x el número de salidas = horas de

muestreo del remanente, (2) las horas de muestreo del remanente x número de personas = horas hombre de muestreo en un remanente. El cálculo para las horas hombre totales del estudio se realizó tomando: (3) las horas hombre de un remanente x número de remanentes totales = horas hombre totales del estudio.

El éxito de captura se calculó únicamente para cada uno de los ocho remanentes lineales dividiendo el número de individuos del remanente lineal entre el número total de horas de muestreo en el remanente.

Asimismo se realizaron modelos de abundancia utilizando la abundancia relativa de las especies en log₁₀. Este método de rangos por grupos de abundancia coloca en secuencia a las especies de las más abundantes a las menos abundantes, distribuyendo los grupos de abundancia en alguna forma: vara quebrada, logarítmico o serie geométrica. Cuando la inclinación es muy pronunciada significa que los ensamblajes presentan una alta dominancia ya sea geométrica o logarítmica; y si las inclinaciones son llanas representan alta equitatividad consistente con distribución logarítmica o el modelo de vara quebrada. Este es un método ilustrativo de los cambios a lo largo de la sucesión o seguido de un impacto ambiental.

7.2.4. Diversidad

Diversidad de Shannon-Wiener. El índice de Shannon (H') está basado en el concepto de equidad (Moreno, 2000), expresando la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies muestreadas. Combina S (riqueza) con N (abundancias) y estima la diversidad con relación al número de especies y su abundancia relativa. Mide el promedio de incertidumbre al predecir a cuál especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran 1988; Peet 1974). Los valores del índice de diversidad de especies de Shannon se calcularon con logaritmo natural. Para el cálculo de índice se asume que los individuos son muestreados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero cuando hay una sola especie y el logaritmo de S, cuando todas las

especies están representadas por el mismo número de individuos. Los valores fueron calculados mediante el programa BioDiversity Pro (McAleece, 1997) con la fórmula:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde p_i es la abundancia proporcional de la i -ésima especie y se calcula un $p_i = (n_i/N)$ donde n_i es la abundancia relativa de cada una de las especies. Los valores de este índice se encuentran entre 1.5 y 3.5, rara vez sobrepasando este valor (Magurran, 2004).

Equidad de Pielou (J'). Otro valor calculado fue la equidad (Lloyd y Ghelardi, 1964) el cual indica que tan similares son las especies en sus abundancias. En una comunidad donde la mayor parte de las especies tienen abundancias similares se presenta un alto valor de equidad.

Dominancia. El concepto de dominancia refiere a una comunidad, donde una o pocas especies son muy abundantes. Para este caso se calculó el índice de dominancia de Berger-Parker el cual considera al número de individuos de la especie más dominante (N_{max}) entre el número total de individuos (N): $d = (N_{max} / N)$.

Análisis de SHE. Esta prueba utiliza componentes del índice de diversidad de Shannon por separado; relacionando S (riqueza de especies), H (diversidad del índice de Shannon) y E (equitatividad). Se visualiza de forma gráfica haciendo posible el análisis de los patrones entre riqueza, equidad y diversidad. Un patrón lineal y paralelo entre los tres parámetros indica muestras de la misma distribución estadística, e inclinación de la secuencia en cualquiera de los tres parámetros indica cambios estadísticos en la estructura de la comunidad y/o en la composición de especies. La distribución de las abundancias en las especies se utiliza para describir patrones en la organización de la comunidad o distribución de los recursos (Buzas y Hayek, 1996).

7.2.5. Comparaciones entre los ocho remanentes lineales

Similitud de Jaccard. Para evaluar el grado de similitud entre las comunidades de anfibios y reptiles de los remanentes y la zona núcleo se calculó el índice de similitud de Jaccard y se realizó la representación gráfica del análisis de similitud de Jaccard con ligamiento promedio. Este tipo de análisis toma en cuenta las ausencias y presencias de especies en cada corredor. Este índice se calcula mediante la fórmula:

$$I_j = \frac{c}{a+b-c}$$

Donde el índice de Jaccard (I_j) se obtiene del número de especies presentes en el sitio A (a), el número de especies en el sitio B (b), y las especies compartidas en el sitio A y B (c).

Complementariedad. Con la finalidad de determinar áreas prioritarias y como es que complementan unas a otras en términos de las especies que contienen se realizaron dos análisis de complementariedad. El primer análisis que se realizó fue el de complementariedad (C) de Colwell que evaluó la complementariedad con respecto a la composición.

$$C = \frac{S_j + S_k - 2V_{jk} \times 100}{S_j + S_k - V_{jk}}$$

Donde S_j y S_k es el número de especies registradas para cada una de las zonas y V_{jk} son las especies en común para ambas zonas. La complementariedad (C) es de 0% cuando la composición de especies es idéntica y 100% cuando son totalmente diferentes.

El segundo análisis de complementariedad es el de Margules *et al.* (2002) en el que la complementariedad es una propiedad de las áreas comprendida en una matriz de áreas por especies. Es una medida que se realiza para saber cual o cuales áreas contribuyen a representar todas las especies que se pueden presentar en todas las áreas existentes.

Para determinar un área prioritaria para ser conservada, es necesario realizar categorías con varios procedimientos, por ejemplo la subselección de las áreas con mayor riqueza, áreas

que contengan alguna especie bandera, endémica, etc. y dependiendo de la importancia según el factor subseleccionado es posible que las áreas puedan ser irremplazables o ser flexibilizadas. Un área puede ser irremplazable por tres razones: (1) porque el área contiene una o más especies únicas; (2) porque el área agrupa la mayor parte de especies de la zona; y (3) por que es un área grande tratándose por ejemplo de una zona núcleo (Margules *et al.*, 2002).

Análisis de microhábitat. Se registró la abundancia de las especies de anfibios y reptiles en 7 distintos tipos de microhábitat: suelo, hojarasca, vegetación arbustiva, árbol, rocas, cuerpo de agua, bajo tronco y otros que agrupan llantas, cubetas y materiales de origen antropogénico.

Análisis de temperatura y precipitación. El análisis de la distribución de las abundancias con respecto a las condiciones ambientales temperatura y precipitación se realizó mediante la correlación de Spearman (r_s) para datos no paramétricos definiendo cuatro grupos biológicos: urodelos, anuros, lagartijas y serpientes. Se agruparon los datos de abundancia por rangos así como los datos de temperatura y precipitación, colocándolos según el orden numérico de los datos de la variable. Los valores de r_s oscilan de -1 a 1, bajo la interpretación de que una correlación negativa presenta valores negativos y una correlación positiva se presenta cuando el valor es cercano a 1, cuando el valor es cercano a 0 no hay relación entre las dos variables (Zar, 1996). Se utilizó la expresión:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

en donde d_i = es la diferencia entre los rangos de X e Y: rango de X_i – rangos de Y_i . Para esta prueba se consideraron las ocho zonas con sus cinco salidas resultando en 40 valores de abundancia para cada grupo, 40 de temperatura y 40 de precipitación tomados de la estación meteorológica de Coyame.

Pruebas estadísticas. Los datos de abundancias de este estudio son discretos y se realizaron las pruebas estadísticas de Shapiro & Wilk (Zar, 1996) y una prueba de F (Lindman, 1974) para evaluar la distribución de los datos y detectar desviaciones de la normal y la homogeneidad de varianzas mediante el programa STATISTICA 0.6 (StatSoft, 2001).

Para probar las incidencias de especies entre los remanentes lineales y la zona núcleo, se utilizó la prueba de Q de Cochran (Cochran, 1950) que contiene valores de una variable de incidencia (presencia/ausencia de especies) probando diferencias significativas en la composición de las comunidades. La prueba de Friedman fue utilizada cuando los datos no presentaron una distribución normal en las abundancias de las especies. En ambos casos se consideraron las abundancias y presencia ausencia de especies separando a los anfibios y reptiles.

8. RESULTADOS

8.1 Análisis de las comunidades de anfibios y reptiles totales

8.1.1. Composición

En los ocho remanentes de vegetación lineal se registraron un total de 1123 individuos de anfibios y reptiles comprendidos en 46 especies, 36 géneros y 18 familias (Cuadro 2). El grupo taxonómico mejor representado es el de los reptiles con cerca del 61%, mientras que los anfibios representan el 39% del número de especies.

En el caso de las especies de anfibios el grupo mejor representado son los anuros con el 78% del total. Para el caso de los reptiles, las serpientes se encuentran en mayor proporción con el 49% del total de reptiles.

Cuadro 2. Número de familias, géneros y especies de anfibios y reptiles registrados en los remanentes de vegetación lineal.

Grupos	Familias	Géneros	Especies	% del total
Anfibios				
Anuros	7	10	14	30.4
Urodelos	1	2	4	8.7
Reptiles				
Lagartijas	7	9	13	28.3
Serpientes	3	14	14	30.4
Tortugas	1	1	1	2.2
Total	19	36	46	100

En total se identificaron 476 individuos de anfibios, de 8 familias, 12 géneros y 18 especies (Cuadro 3). La mayor parte de las especies de anfibios pertenecen al grupo de los anuros; de estos las Familias Bufonidae y Brachycephalidae fueron las de mayor proporción de especies. Solo fueron registradas cuatro especies de salamandras de la Familia Plethodontidae.

Cuadro 3. Familias, géneros y especies de anfibios presentes en el área de estudio.

Grupo	Familias	Géneros	Especies	% del total
Anuros	Brachycephalidae	<i>Craugastor</i>	<i>Craugastor vulcani</i> <i>C. loki</i>	16.5%
		<i>Syrrhophus</i>	<i>Syrrhophus leprus</i>	
	Bufonidae	<i>Ollotis</i>	<i>Ollotis cavifrons</i> <i>O. valliceps</i>	16.5%
		<i>Chaunus</i>	<i>Chaunus marinus</i>	
	Centrolenidae	<i>Hyalinobatrachium</i>	<i>Hyalinobatrachium fleishmani</i>	6%
	Hylidae	<i>Dendropsophus</i>	<i>Dendropsophus microcephalus</i>	11%
		<i>Smilisca</i>	<i>Smilisca baudini</i>	
	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus</i>	<i>Leptodactylus fragilis</i> <i>L. melanonotus</i>	11%
	Microhylidae	<i>Gastrophryne</i>	<i>Gastrophryne elegans</i>	6%
	Ranidae	<i>Lithobates</i>	<i>Lithobates berlandieri</i> <i>L. vaillanti</i>	11%
	Urodelos	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa</i>	<i>Bolitoglossa alberchi</i> <i>B. platydactyla</i> <i>B. rufescens</i>
<i>Pseudoeurycea</i>			<i>Pseudoeurycea orchimelas</i>	
Total	8	14	18	100%

En el caso de los reptiles se registraron 647 individuos que representan 28 especies: 7 familias, 9 géneros y 13 especies de lagartijas. En el caso de las serpientes se registraron 3 familias, 14 géneros y 14 especies. En cuanto a las tortugas solo se encontró 1 especie de la familia Kinosternidae. El grupo mejor representado fue el de las serpientes con un 50% de las especies de reptiles (Cuadro 4). Las especies que se presentaron en todas las zonas son *Anolis uniformis*, *Basiliscus vittatus* y *Sceloporus variabilis*.

Cuadro 4. Composición de especies de reptiles presentes en el área estudio.

Grupos	Familias	Géneros	Especies	% del total
Lagartijas	Corytophanidae	<i>Basiliscus</i>	<i>Basiliscus vittatus</i>	7%
		<i>Corytophanes</i>	<i>Corytophanes hernandezi</i>	
	Iguanidae	<i>Ctenosaura</i>	<i>Ctenosaura acanthura</i>	7%
		<i>Iguana</i>	<i>Iguana iguana</i>	
	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus</i>	<i>Sceloporus variabilis</i>	4 %
	Polychrotidae	<i>Anolis</i>	<i>Anolis lemurinus</i>	13%
			<i>Anolis rodriguezi</i>	
			<i>Anolis sericeus</i> <i>Anolis uniformis</i>	
	Scincidae	<i>Scincella</i>	<i>Scincella cherriei</i>	4%
	Teiidae	<i>Ameiva</i>	<i>Ameiva undulata</i>	4%
Xantusiidae	<i>Lepidophyma</i>	<i>Lepidophyma pajapanense</i> <i>Lepidophyma tuxtlae</i>	7%	
Serpientes	Boidae	<i>Boa</i>	<i>Boa constrictor</i>	4%
		<i>Clelia</i>	<i>Clelia scytalina</i>	
	Colubridae	<i>Coniophanes</i>	<i>Coniophanes fissidens</i>	42%
		<i>Dendrophidion</i>	<i>Dendrophidion vinitor</i>	
		<i>Ficimia</i>	<i>Ficimia publia</i>	
		<i>Imantodes</i>	<i>Imantodes cenchoa</i>	
		<i>Lampropeltis</i>	<i>Lampropeltis triangulum</i>	
		<i>Leptodeira</i>	<i>Leptodeira septentrionalis</i>	
		<i>Leptophis</i>	<i>Leptophis ahaetulla</i>	
		<i>Ninia</i>	<i>Ninia sebae</i>	
		<i>Rhadinaea</i>	<i>Rhadinaea decorata</i>	
		<i>Thamnophis</i>	<i>Thamnophis proximus</i>	
	<i>Tropidodipsas</i>	<i>Tropidodipsas sartori</i>		
Viperidae	<i>Bothrops</i>	<i>Bothrops asper</i>	4%	
Tortugas	Kinosternidae	<i>Kinosternon</i>	<i>Kinosternon leucostomun</i>	4%
Total	11	24	28	100%

8.1.2. Análisis de la riqueza

a) **Riqueza por temporada.** El análisis por salida (Figura 4) indica que la riqueza de anuros y lagartijas varía entre ambos grupos. Las especies de anfibios fueron encontrados en mayor cantidad con 14 especies en la salida de octubre-noviembre, a diferencia de diciembre-enero cuando encontraron solo 7 especies. Para el caso de los reptiles la mayor cantidad es de 18 especies en los meses de marzo- abril, en mayo-junio y diciembre-enero se registraron solo 12 especies, siendo las salidas con la menor cifra de especies de reptiles.

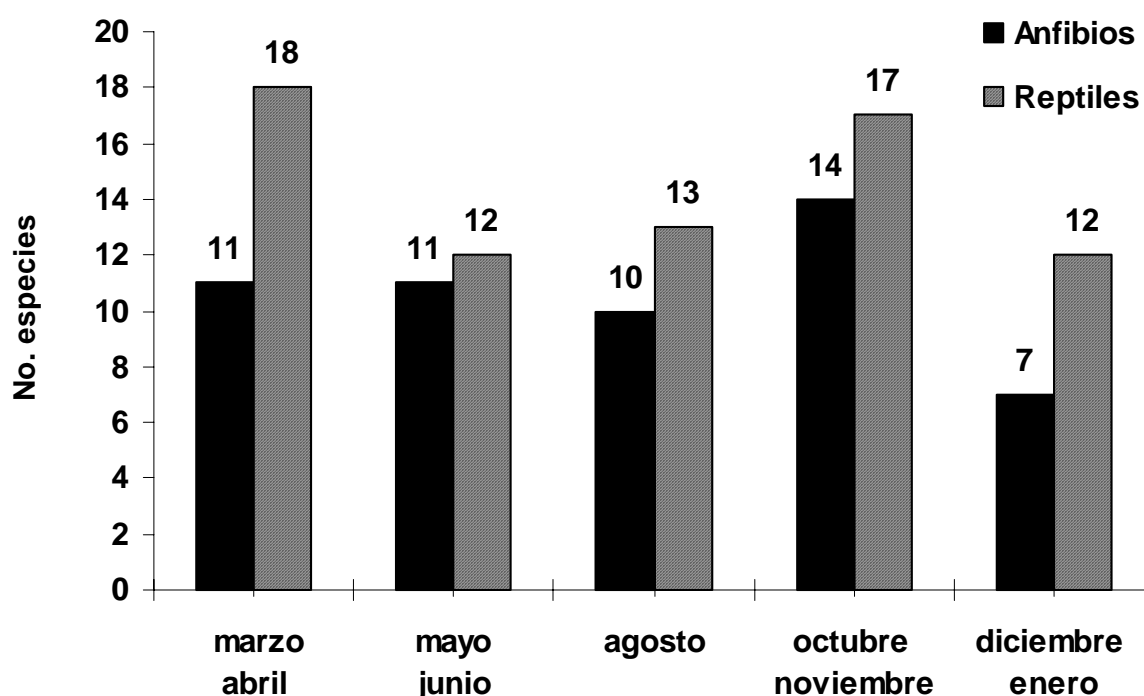


Figura 4. Número de especies de anfibios y reptiles por temporada. Las barras negras representan a los anfibios, las barras rayadas representan a los reptiles.

La riqueza de especies de anuros varió por salidas a lo largo del muestreo (Cuadro 5). Siete especies de anuros se registraron en todas las salidas: *Chaunus marinus*, *Craugastor loki*, *C. vulcani*, *Leptodactylus fragilis*, *Lithobates berlandieri*, *Smilisca baudini* y *Syrhophus leprus*. Por otro lado se observaron algunas especies con registros casuales de un solo individuo como es el caso de *Ollotis cavifrons* e *Hyalinobatrachium fleischmanii*.

Cuadro 5. Número de especies de anfibios por muestreo.

Número de especies presentes por temporada	Secas	Lluvias	Lluvias	Lluvias	Nortes
	marzo-abril	mayo- junio	agosto	octubre-noviembre	diciembre-enero
Anuros	10	11	10	10	7
Urodelos	1		2	4	

En reptiles el análisis por temporada (Cuadro 6), indica que la riqueza de especies de lagartijas permanece con valores constantes a lo largo del muestreo. Siete especies se registraron en los cinco muestreos, de las cuales cinco son lagartijas: *Ameiva undulata*, *Anolis sericeus*, *A. uniformis*, *Basiliscus vittatus* y *Sceloporus variabilis*, y dos son serpientes: *Imantodes cenchoa* y *Ninia sebae*. Diez especies se registraron en una sola temporada, 9 de ellas son las serpientes *Clelia scytalina*, *Coniophanes fissidens*, *Dendrophidion vinitor*, *Ficimia publia*, *Lampropeltis triangulum*, *Leptophis ahaetulla*, *Rhadinaea decorata*, *Tropidodipsas sartori* y *Thamnophis proximus* y la iguana *Ctenosaura acanthura*.

Cuadro 6. Número de especies de reptiles por muestreo.

Especies presentadas por temporada	Secas	Lluvias	Lluvias	Lluvias	Nortes
	marzo-abril	mayo- junio	agosto	octubre-noviembre	diciembre-enero
Lagartijas	11	11	11	12	10
Serpientes	7	5	4	7	3
Tortugas	1		1		
Total	19	16	16	19	13

b) Acumulación de especies de anfibios. En la curva se encuentran representados en total los 40 muestreos. Los 8 primeros muestreos corresponden a marzo-abril del 2002, los siguientes de 9 a 16 a la temporada de mayo- junio del 2002, los 17 a 24 siguientes a julio-agosto-2002, los 25 a 32 siguientes a noviembre-2002 y los 33 a 40 a diciembre-enero del 2003. La curva de

acumulación de especies de anfibios presentes en todos los remanentes lineales presenta una tenue tendencia a una asíntota a las 17 especies (Figura 5).

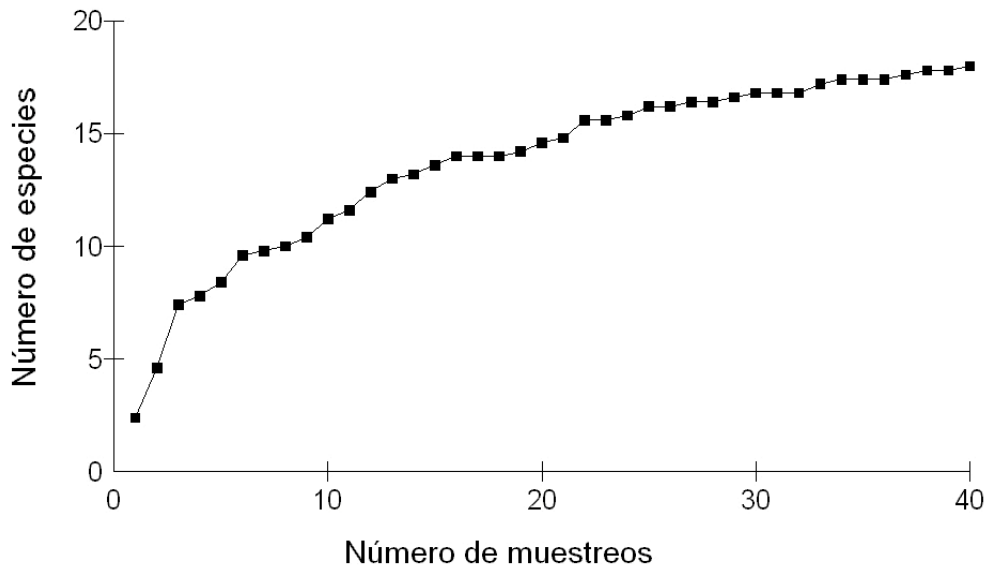


Figura 5. Curva de acumulación total de especies de anfibios.

c) Acumulación de especies de reptiles. En la Figura 6 se observa el incremento de las especies acumuladas de acuerdo a cada muestreo considerando las cinco salidas, siendo en total 40 días de muestreo. Los muestreos corresponden a los mismos indicados para anfibios. Esta curva contempla todos los remanentes lineales tipo corredores. Con el tiempo y el número de muestreos se presenta una muy ligera tendencia a una asíntota en los últimos muestreos, sin presentarse, lo cual indica que si se realizaran muestreos posteriores se podrían seguir acumulando una mayor cantidad de especies.

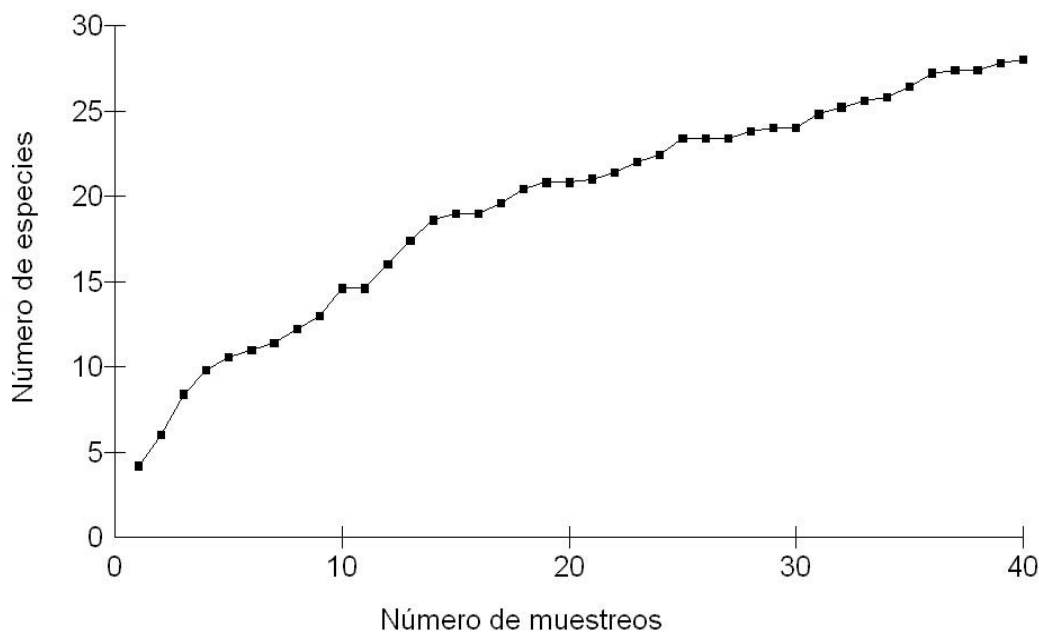


Figura 6. Curva de acumulación total de especies de reptiles.

d) Estimadores no paramétricos de la riqueza de anfibios. El modelo Chao 1 estima un valor de riqueza de 20, mientras que el estimador Jackknife calcula 23 especies de anfibios para los remanentes (Figura 7). De acuerdo con la prueba de completeness para Chao 1 se obtuvo el 90% de los estimados y para Jackknife 1 fue del 78.3% indicando que el esfuerzo de muestreo realizado fue suficiente para representar al grupo de los anfibios.

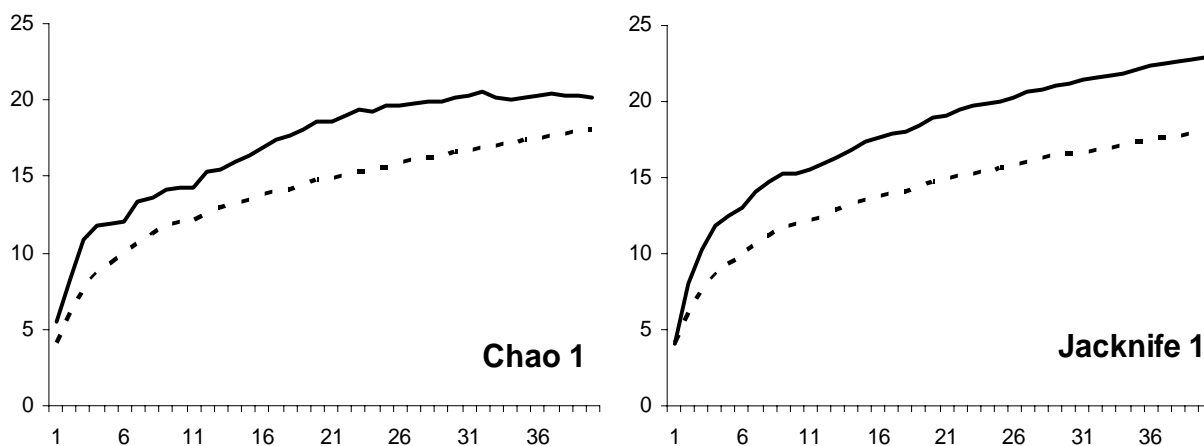


Figura 7. Estimadores de riqueza en anfibios. La línea punteada indica las especies observadas y la línea continua indica las especies estimadas.

e) Estimadores de la riqueza de reptiles. En el caso de los estimadores no paramétricos de la riqueza utilizados para reptiles (Figura 8), el modelo Chao 1 estima un valor de 44 especies, mientras que en el caso de Jackknife 1 se estiman 38 especies. La prueba de completeness determina que para el caso de Chao 1 el porcentaje de especies obtenido por el muestreo es del 60% y para Jackknife es del 68%.

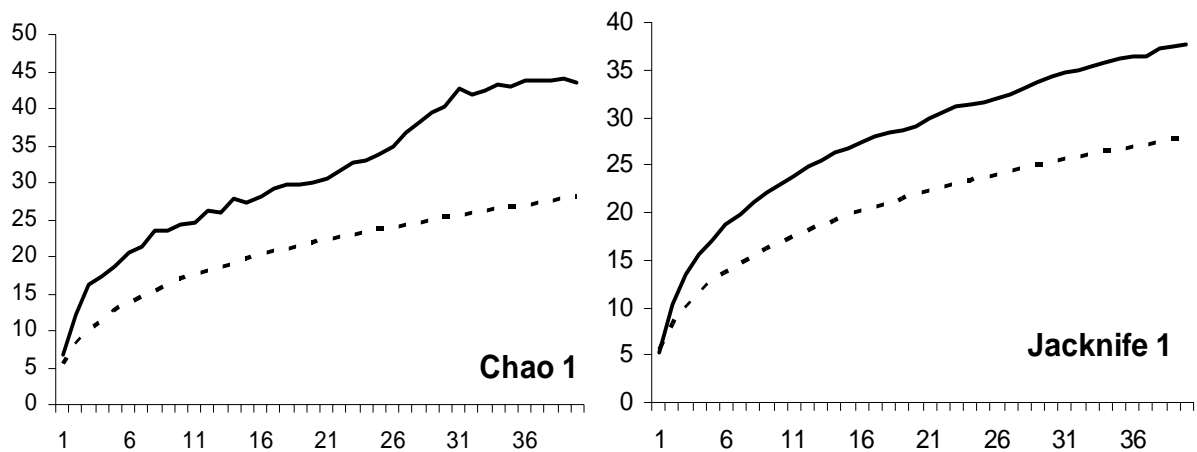


Figura 8. Estimadores de riqueza en reptiles. La línea punteada indica las especies observadas y la línea continua indica las especies estimadas.

8.1.3. Análisis de las abundancias

Para analizar la distribución de los datos de abundancias de anfibios en los remanentes lineales se realizó la prueba estadística de Shapiro Wilk dando el valor $W=0.79225$ con una de $p<0.001$, con diferencia significativa por lo que los datos presentes no se ajustan a una distribución normal.

La misma prueba estadística para el caso de abundancia de reptiles dio un valor de $W=.94440$, con una $p<0.001$, por lo que se determinó que existen diferencias significativas entre las medias de las variables rechazando H_0 , por lo cual los datos presentes no se ajustan a una distribución normal.

De las 18 especies de anfibios dos estuvieron presentes en todas los remanentes de vegetación lineal *Craugastor loki* con un 36.6% del total de individuos colectados siendo la especie más abundante de los anfibios y *Smilisca baudini* representando el 3.6% de la abundancia total de este grupo. Las especies *Bolitoglossa platydactyla*, *Ollotis cavifrons*, *Hyalinobatrachium fleischmanii* y *Pseudoeurycea orchimelas* se localizaron en un solo remanente lineal y estuvieron representadas por un único individuo. Las especies *Gastrophryne elegans* y *Lithobates vaillanti*, se encontraron igualmente en un solo remanente lineal pero con una mayor abundancia (Figura 9).

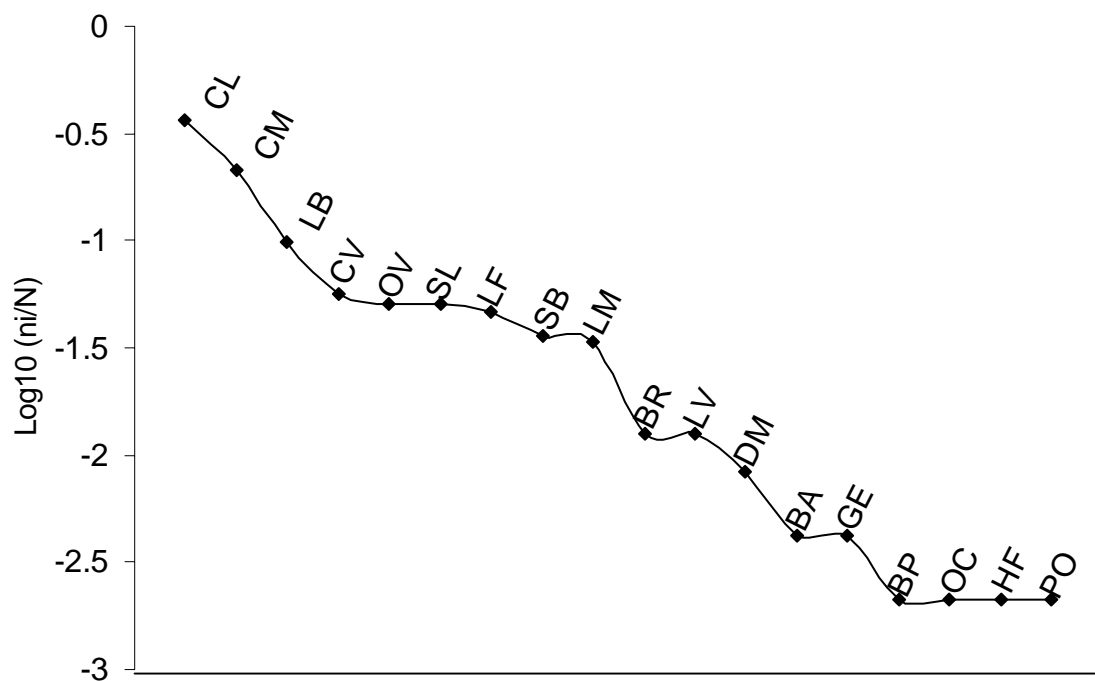


Figura 9. Distribución de las abundancias en anfibios. Abreviaturas de las especies en apéndice 1.

Con relación a los reptiles, se identificaron 28 especies siendo la más abundante *Sceloporus variabilis* con 44.82%. Once especies se registraron con un solo individuo, 10 de estas especies con registro único son de serpientes. Cabe mencionar que *Ninia sebae* fue la especie más abundante de las serpientes. Solo tres especies de reptiles se localizaron en todos

los remanentes lineales y quince especies se ubicaron solo en uno de los remanentes lineales (Figura 10).

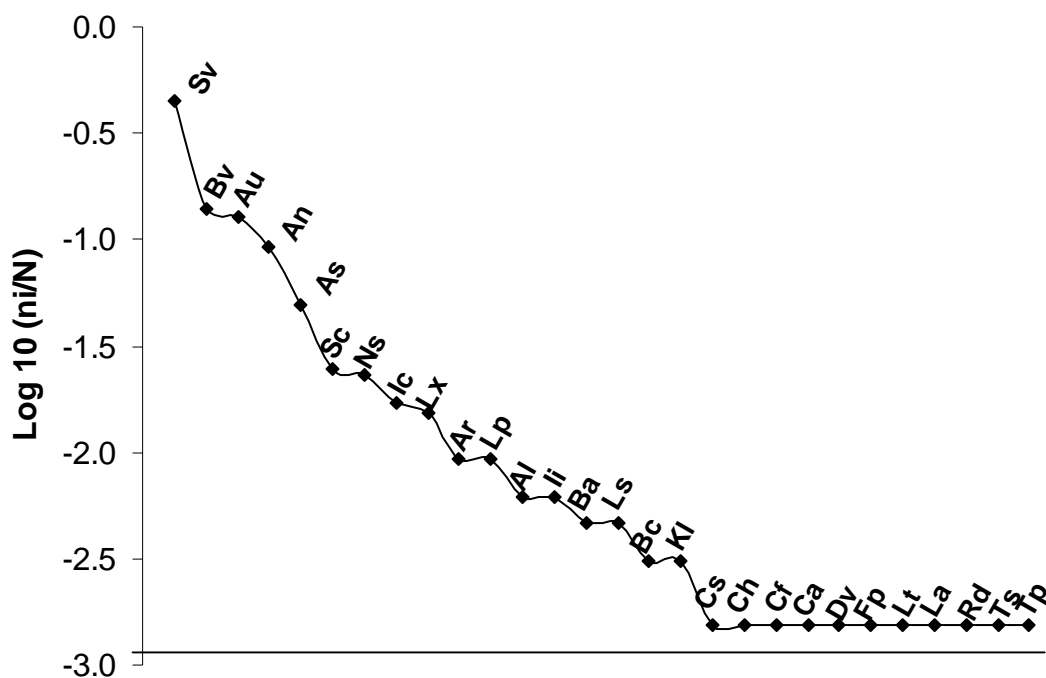


Figura 10. Distribución de las abundancias en reptiles. Abreviaturas de las especies en apéndice 1-

8.1.4. Análisis de la diversidad

Los valores del índice de Shannon para las comunidades son mayores en R1 y R2, para anfibios y R1 para reptiles. La menor diversidad se encuentra en C4 para anfibios y R1 en reptiles. Las comunidades más equitativas de anfibios son las de R2 y C5, para reptiles las comunidades más equitativas son C3 y P7 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valores de diversidad de Shannon $H'(\ln)$ y equidad de Pielou (J') registradas en cada corredor.

Especie por grupo / Corredor		R1	R2	C3	C4	C5	C6	P7	M8
Anfibios	H'	1.9	1.9	1.4	1.0	1.8	1.8	1.4	1.3
	J'	0.7	0.8	0.6	0.6	0.8	0.7	0.7	0.7
Reptiles	H'	1.9	1.1	1.8	1.3	1.8	1.4	1.5	1.8
	J'	0.7	0.6	0.8	0.6	0.7	0.5	0.8	0.7

Análisis de SHE. Se analizaron conjuntamente los valores de diversidad (H') equitabilidad (E) y sus logaritmos en base 10 de los ocho remanentes lineales para el caso de los anfibios. El patrón obtenido (Figura 11), es muy parecido al esperado para una distribución de serie logarítmica. La distribución de las abundancias en cuanto a la riqueza va disminuyendo en su equitabilidad, indicando que hay un predominio de especies con poca abundancia pero más estable que en el caso de los reptiles (Figura 12).

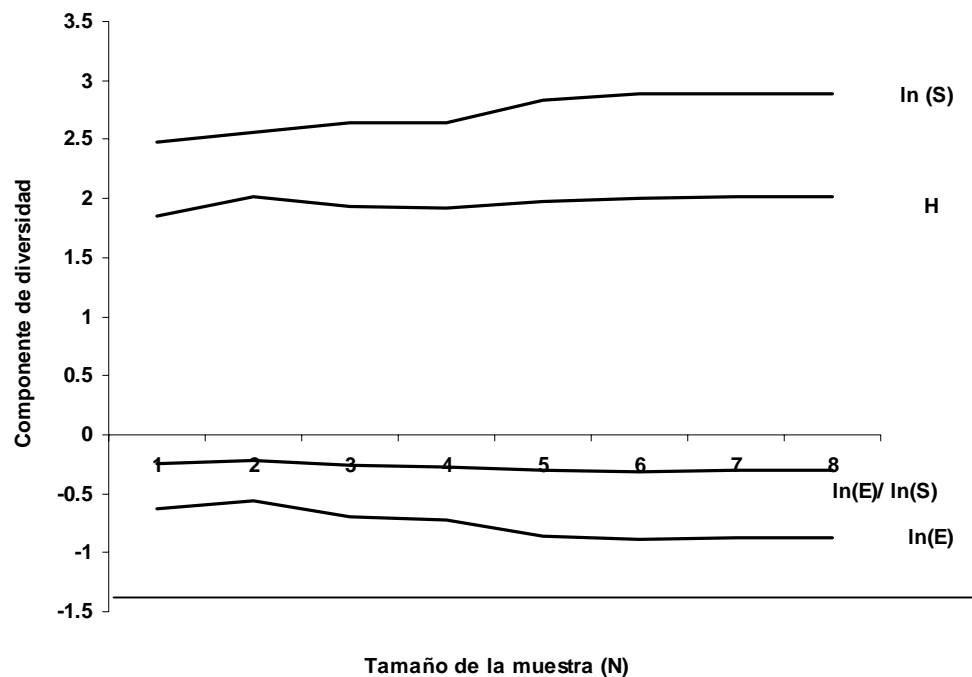


Figura 11. Análisis de SHE en anfibios.

Los reptiles presentan un patrón (Figura 12) de distribución de tipo serie logarítmica. La distribución de las abundancias en cuanto a la riqueza va disminuyendo en su equitabilidad, indicando que hay una comunidad dominada sobre una baja riqueza de especies a diferencia de los anfibios con especies poco abundantes.

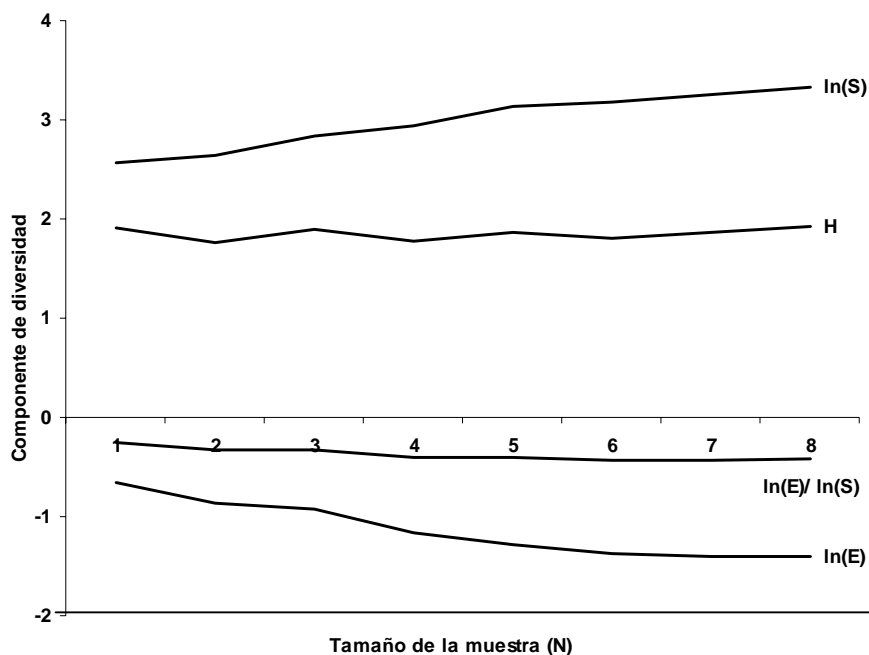


Figura 12. Análisis de SHE en reptiles.

8.1.5. Preferencia de microhábitat

Análisis de microhábitat. El nicho que más prefieren los anfibios (Figura 13) es la hojarasca seguida por suelo, rocas y por último los cuerpos de agua. La especie encontrada predominantemente sobre la hojarasca es *Craugastor loki*. En suelo fueron encontrados mas individuos de la especie *C. loki* y en rocas se encontraron mas individuos de los géneros *Craugastor* y *Chaunus*. El remanente lineal con un mayor número de individuos con preferencia a los cuerpos de agua es C5 en el cual dominan anfibios en estado larvario. Los reptiles (Figura 14) predominan cuatro a uno en nichos de hojarasca con especies de lagartijas del género *Sceloporus*, *Ameiva* y serpientes del género *Bothrops*. Otros nichos frecuentemente utilizados son suelo y las rocas, donde predominan especies de *Sceloporus variabilis* y *Ameiva undulata*. Las serpientes fueron frecuentemente encontradas bajo rocas como en el caso de *Ninia sebae*, *Coniophanes fissidens*, *Clelia scytalina* y *Lampropeltis triangulum*, sobre hojarasca como *Boa constrictor* y *Bothrops asper*, o en arbustos como *Imantodes cenchoa* y *Leptodeira septentrionalis*.

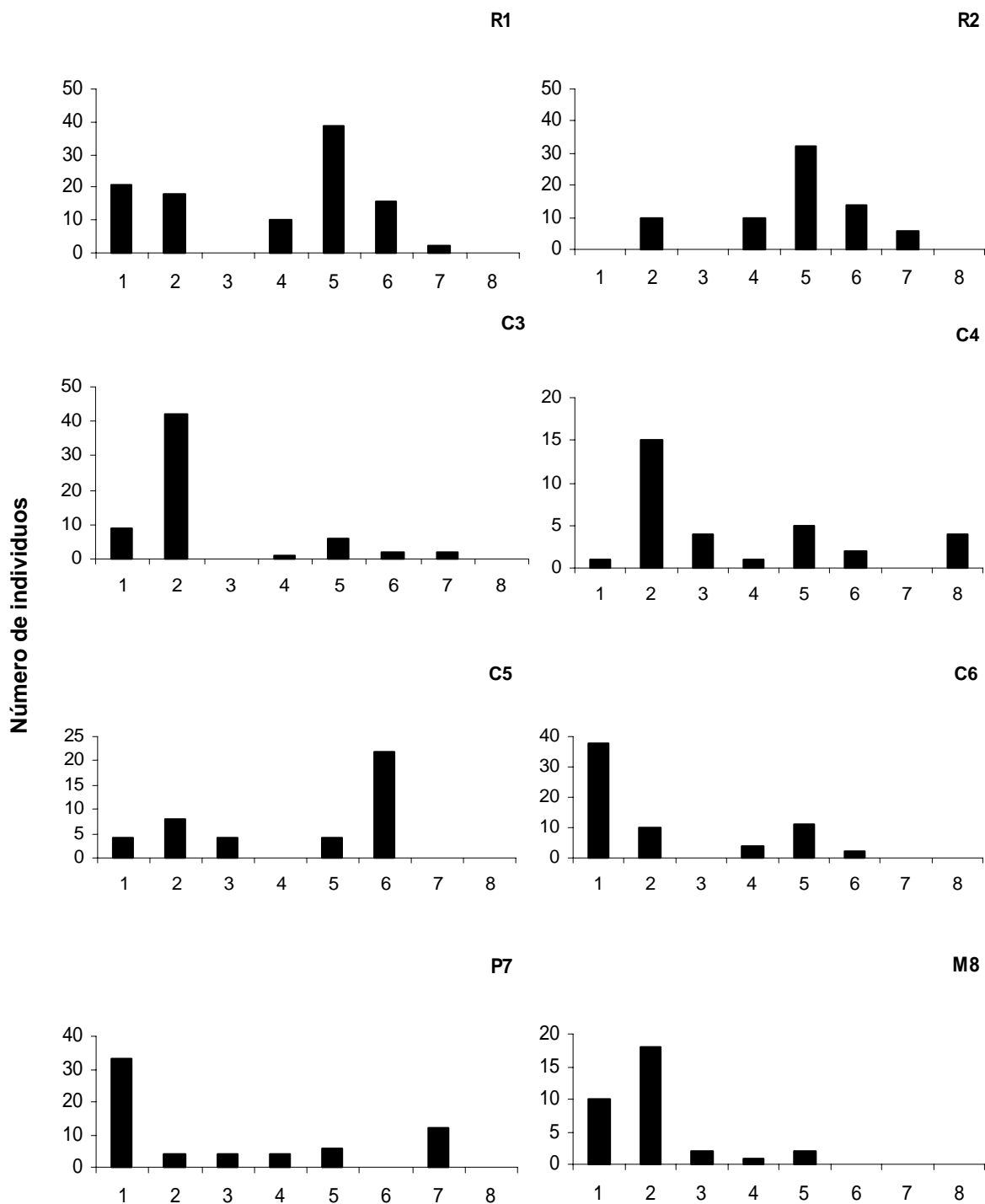


Figura 13. Análisis de microhábitat en anfibios en los ocho remanentes lineales. Número y microhábitat: 1) suelo; 2) hojarasca; 3) vegetación arbustiva; 4) árbol; 5) rocas; 6) cuerpo de agua; 7) bajo tronco; 8) otro.

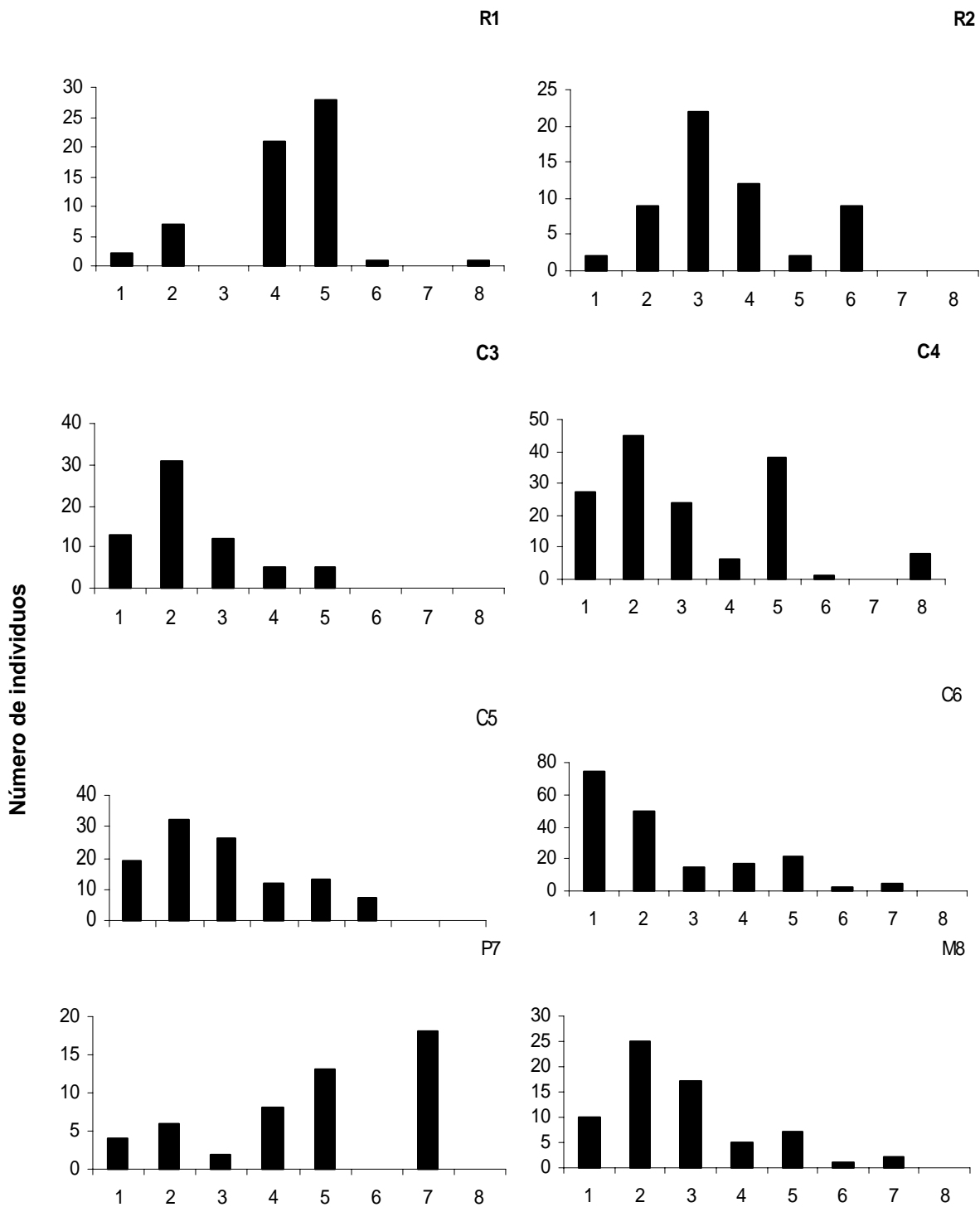


Figura 14. Análisis de microhábitat en reptiles en los ocho remanentes lineales. Número y microhábitat: 1) suelo; 2) hojarasca; 3) vegetación arbustiva; 4) árbol; 5) rocas; 6) cuerpo de agua; 7) bajo tronco; 8) otro.

8.1.6. Temperatura y precipitación

Temperatura y abundancia en anfibios. Se presentaron mayores temperaturas (Figura 15) en el mes de agosto con un promedio de 29°C y la mínima en diciembre-enero con una temperatura promedio de 23°C. La abundancia más baja de anfibios coincide en el muestreo realizado en diciembre-enero de más baja temperatura. La mayor abundancia se registró en los meses de mayo-junio con 148 individuos. La prueba de correlación de Spearman para anuros indica una correlación negativa entre ambas variables con un valor de $r_s = -0.054$ y una $p = 0.74$. Para el caso de los urodelos no se puede realizar una correlación ya que solo se cuenta valores en tres puntos de temperatura.

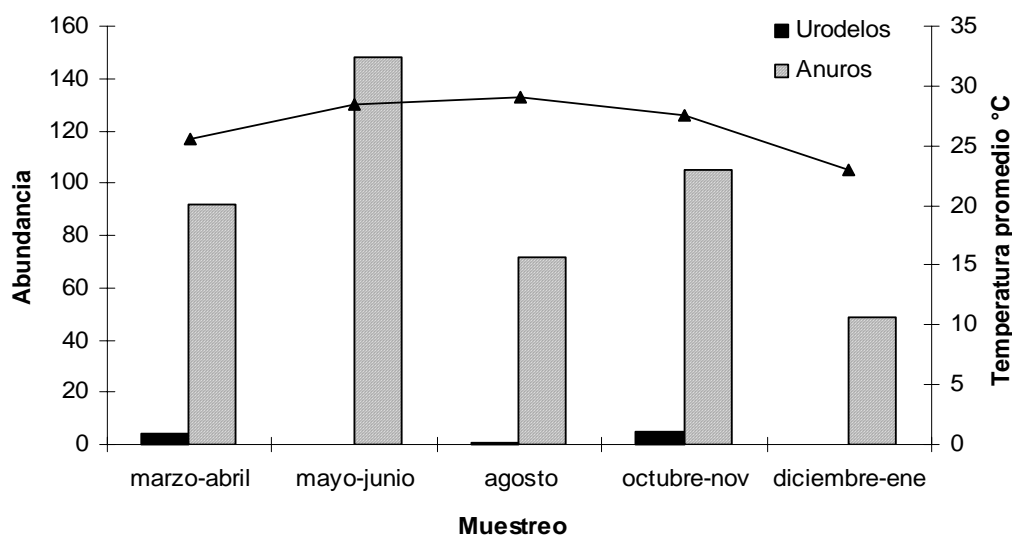


Figura 15. Abundancia en anfibios con respecto a la temperatura promedio.

Precipitación y abundancia en anfibios. La mayor precipitación (Figura 16) se presentó durante la salida realizada entre los meses de octubre-noviembre y la menor precipitación se presentó durante los meses de marzo-abril. El pico de precipitación coincide con la mayor abundancia de urodelos, sin ser así para los anuros. La prueba de correlación de Spearman para los anuros presentó un valor de $r_s = 0.22$, y un valor no significativo de $p = 0.17$ indicando que no hay correlación entre la abundancia y precipitación. En urodelos no es posible hacer la correlación ya que solo hay tres puntos de referencia de precipitación.

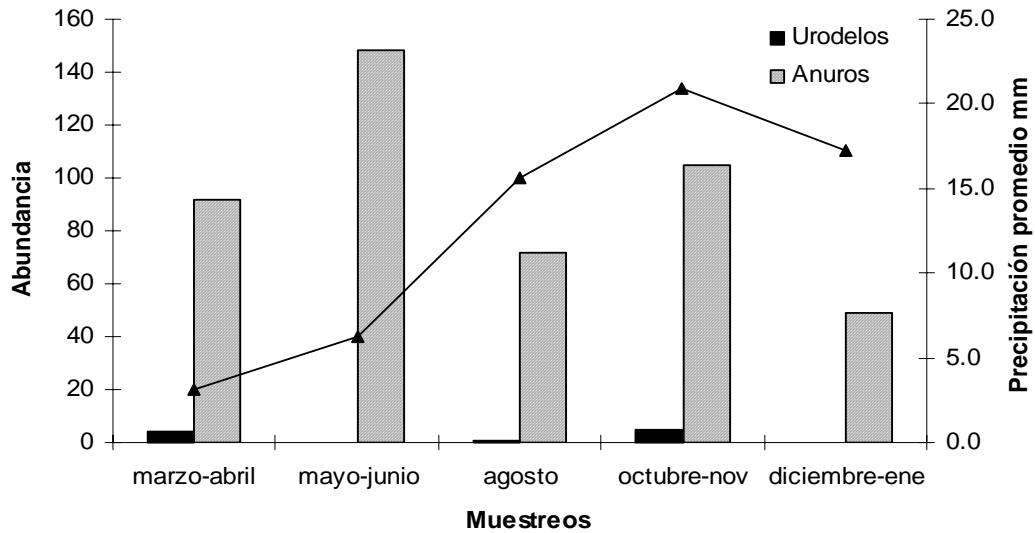


Figura 16. Abundancia en anfibios con respecto a la precipitación promedio.

Temperatura y abundancia en reptiles. El pico de temperatura (Figura 17) en el mes de agosto no coincide con los picos de abundancias de los reptiles. En el caso de lagartijas la mayor abundancia se presentó en los meses de mayo-junio y para serpientes en octubre-noviembre. El valor de correlación de Spearman para lagartijas $r_s = 0.34$ y con $p = 0.031$ fue significativo indicando correlación entre la temperatura y abundancia de lagartijas. Los valores para las serpientes no fueron significativos ($r_s = 0.17$, $p = 0.29$), es decir, no hay correlación entre temperatura y abundancia.

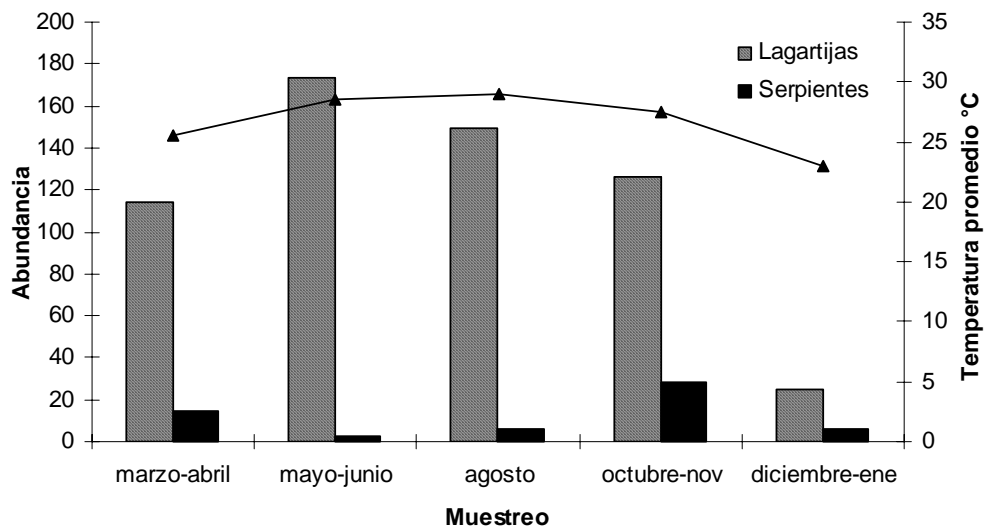


Figura 17. Abundancia en reptiles con respecto a la temperatura promedio.

Precipitación y abundancia en reptiles. El pico de precipitación (Figura 18) fue durante los meses de octubre-noviembre, sin coincidir con la mayor abundancia de lagartijas que resultó durante los meses de mayo-junio. Sin embargo, el pico de precipitación coincide con la mayor valor de abundancia de serpientes. La correlación de Spearman en lagartijas no fue significativa ($r_s = 0.03$ y $p = 0.84$) indicando que no hay correlación entre abundancia y precipitación, Para el caso de las serpientes la correlación de Spearman tampoco fue significativa ($r_s = 0.02$ y $p = 0.89$) indicando que no hay correlación entre precipitación y la abundancia.

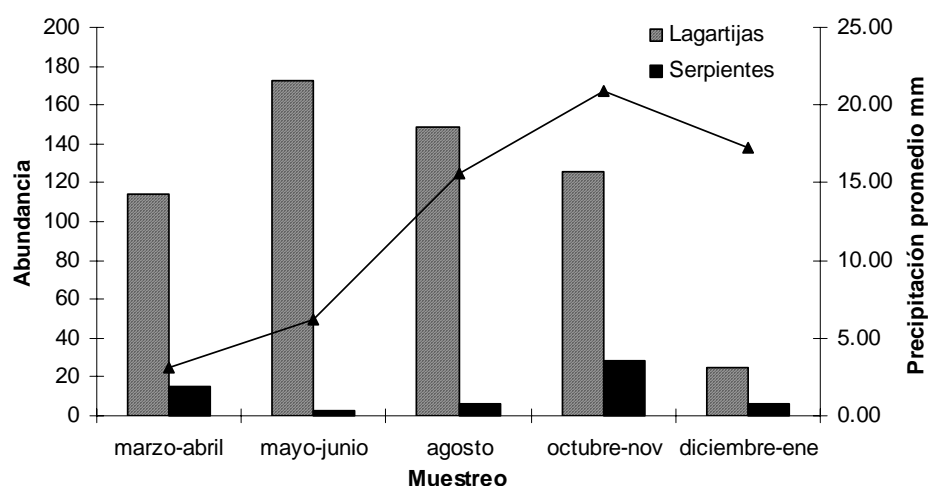


Figura 18. Abundancia en reptiles con respecto a la precipitación promedio.

8.2. Análisis de anfibios y reptiles por remanentes lineales

8.2.1. Composición

Considerando los ocho remanentes lineales se encontraron en total 18 especies de anfibios (Cuadro 8). El remanente C5 agrupa dos especies únicas que es la mayor cantidad de especies únicas de anfibios agrupado en un corredor. Las especies de anuros *Craugastor loki* y *Smilisca baudini* fueron encontrados en los ocho remanentes lineales. Las dominancias en los remanentes son dadas entre dos especies *Craugastor loki* y *Chaunus marinus*.

Solo seis remanentes lineales presentaron especies distintas de urodelos, ningún remanente albergó las cuatro especies y solo el remanente lineal C5 agrupa a dos especies de urodelos *Bolitoglossa platydactyla* y *Bolitoglossa rufescens*.

Cuadro 8. Distribución y abundancia de anfibios en remanentes lineales.

Anfibios	R1	R2	C3	C4	C5	C6	P7	M8
Anuros								
<i>Craugastor loki</i>	43	12	34	22	7	8	32	16
<i>Craugastor vulcani</i>	12	3	2			5	1	4
<i>Syrhophus leprus</i>	2	1	4				17	
<i>Ollotis cavifrons</i>	1							
<i>Ollotis valliceps</i>	6	10	1		2	4		1
<i>Chaunus marinus</i>	9	25	14	1	21	30		1
<i>Hyalinobatrachium fleishmani</i>					1			
<i>Dendropsophus microcephalus</i>	2					1	1	
<i>Smilisca baudini</i>	2	1	2	5	2	1	3	1
<i>Leptodactylus fragilis</i>	4	3	3	2	3	3	4	
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	4	3		1	4	1	2	1
<i>Gastrophryne elegans</i>						2		
<i>Lithobates berlandieri</i>	23	8	1		7	4	4	
<i>Lithobates vaillanti</i>		6						
Urodelos								
<i>Bolitoglossa alberchi</i>	1			1				
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>					1			
<i>Bolitoglossa rufescens</i>					1	3		2
<i>Pseudoeurycea orchimelas</i>			1					

Para los reptiles en total se registraron 28 especies (13 de lagartijas, 14 serpientes y una especie de tortuga) (Cuadro 9). La mayor cantidad de especies de serpientes se encuentran en el corredor C5, agrupando cinco especies. El remanente M8, agrupa la mayor cantidad de especies de lagartijas, con 10 especies.

Cuadro 9. Distribución y abundancia de reptiles en remanentes lineales.

Reptiles	R1	R2	C3	C4	C5	C6	P7	M8
Lagartijas								
<i>Basiliscus vittatus</i>	8	35	10	7	25	2	2	1
<i>Corytophanes hernandezi</i>								1
<i>Ctenosaura acanthura</i>								1
<i>Iguana iguana</i>			1		2	1		
<i>Sceloporus variabilis</i>	23	11	21	86	28	78	23	20
<i>Anolis lemurinus</i>				1	1	2		
<i>Anolis rodriguezi</i>	1	2						3
<i>Anolis sericeus</i>			2	3	11	6		10
<i>Anolis uniformis</i>	12	1	10	14	1	5	11	28
<i>Scincella cherriei</i>	5		4	1		1	2	3
<i>Ameiva undulata</i>	2		11	25	7	12		3
<i>Lepidophyma pajapanense</i>							6	
<i>Lepidophyma tuxtlae</i>	3	1					5	1
Serpientes								
<i>Boa constrictor</i>			1			1		
<i>Bothrops asper</i>	1					1		1
<i>Clelia scytalina</i>							1	
<i>Coniophanes fissidens</i>					1			
<i>Dendrophidion vinitor</i>	1							
<i>Ficimia publia</i>				1				
<i>Imantodes cenchoa</i>		1	1	5		1		3
<i>Lampropeltis triangulum</i>	1							
<i>Leptodeira septentrionalis</i>	1					2		
<i>Leptophis ahaetulla</i>					1			
<i>Ninia sebae</i>	1	3	1	2	2	6		
<i>Rhadinaea decorata</i>						1		
<i>Thamnophis proximus</i>					1			
<i>Tropidodipsas sartori</i>					1			

8.2.2. Riqueza

Especies únicas por corredor biológico. El Cuadro 10 indica las 18 especies únicas en cada remanente de vegetación lineal. El remanente lineal con mayor cantidad de anfibios y reptiles únicos es C5. Además cuatro corredores más presentan especies únicas de anfibios; R1, R2, C3 y C6. Los corredores que no presentan especies únicas de reptiles son; R2 y C3.

Cuadro 10. Especies únicas de anfibios y reptiles en los ocho remanentes lineales.

Remanente Lineal	Especies únicas
R1	Anfibios <i>Ollotis cavifrons</i> Reptiles <i>Dendrophidion vinitor</i> <i>Lampropeltis triangulum</i>
R2	Anfibios <i>Lithobates vaillanti</i>
C3	Anfibios <i>Pseudoeurycea orchimelas</i>
C4	Reptiles <i>Ficimia publia</i>
C5	Anfibios <i>Bolitoglossa platydactyla</i> <i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i> Reptiles <i>Coniophanes fissidens</i> <i>Leptophis ahaetulla</i> <i>Tropidodipsas sartori</i> <i>Thamnophis proximus</i>
C6	Anfibios <i>Gastrophryne elegans</i> Reptiles <i>Rhadinaea decorata</i>
P7	Reptiles <i>Clelia scytalina</i> <i>Lepidophyma pajapanense</i>
M8	Reptiles <i>Corytophanes hernandezi</i> <i>Ctenosaura acanthura</i>

8.2.3. Comparaciones de la riqueza

Rarefacción en anfibios. La rarefacción Mao Tau realizado para los 8 remanentes lineales (Figura 19), mostró con mayor riqueza lo remanentes C5 y C6. No se presentó diferencia significativa entre las riquezas, sobrelapando los intervalos de confianza.

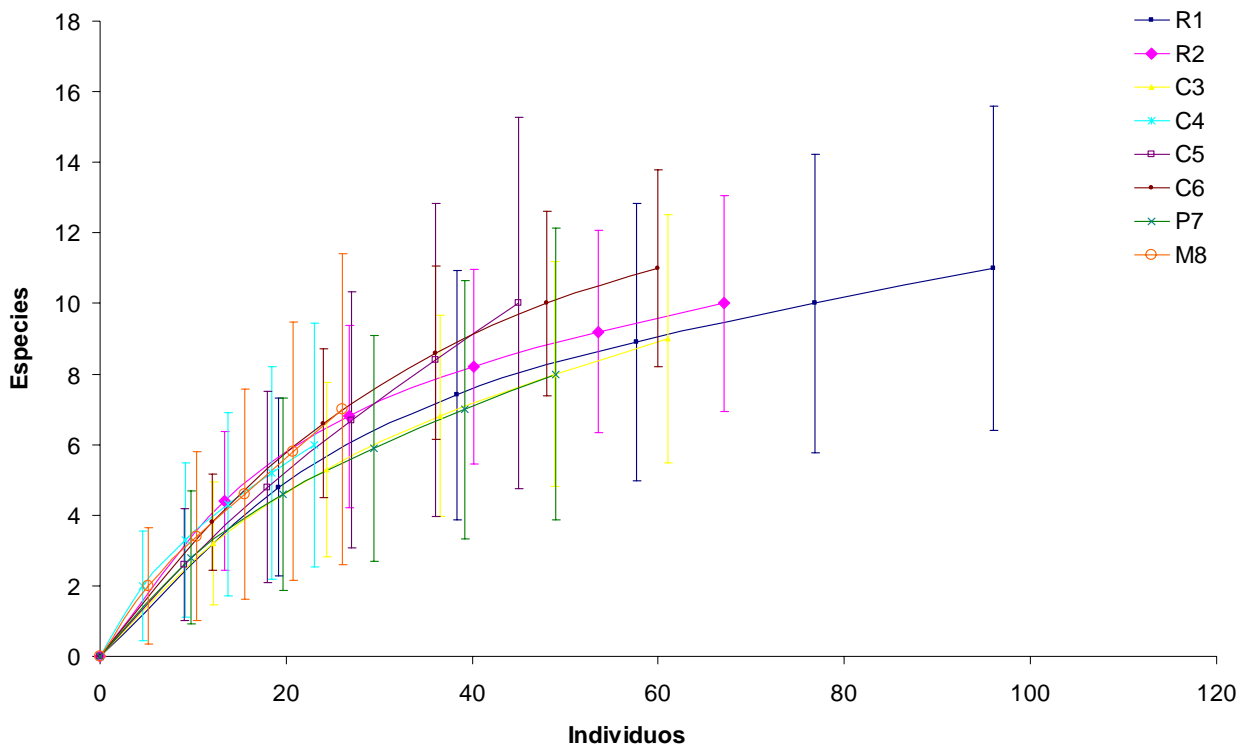


Figura 19. Rarefacción de Mao Tau en anfibios. Las líneas verticales indican los intervalos de 95% de confianza.

Rarefacción en reptiles. Los valores de rarefacción (Figura 20) muestran una mayor cantidad de especies en R1, M8 y C5. Los trayectos R2, C4 y P7, presentan la menor cantidad de especies. Existe un solapamiento entre los intervalos de confianza indicando que no hay diferencia significativa entre las riquezas de especies.

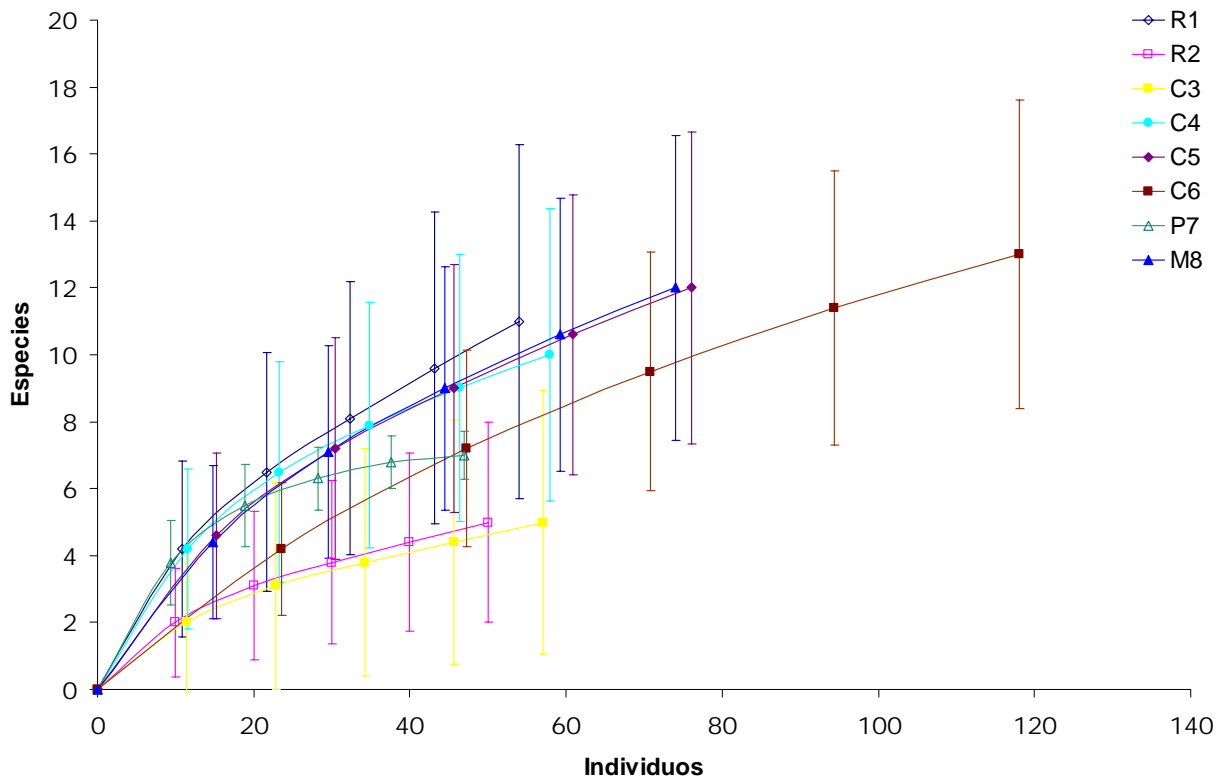


Figura 20. Rarefacción de Mao Tau en reptiles. Las líneas verticales indican los intervalos de 95% de confianza.

Estimadores y *Completeness* en anfibios. Considerando las estimaciones de riqueza acumulada por Chao 1 y Jacknife 1 (Cuadro 11), la riqueza observada se aproxima al número de especies que predice Jacknife 1, siendo los remanentes con valores cercanos al 80% de lo esperado R2, C3 y C6. No obstante M8 tuvo una representatividad considerablemente menor en relación a la riqueza estimada. El número de especies calculado para Chao 1 es mayor, y en relación al estimador, los remanentes lineales con mejor muestreo son C5 y P7. El estimador predice que la lista de especies para C3 y C4 se incrementaría considerablemente con un mayor número de muestreos.

Cuadro 11. Estimadores de riqueza por remanente lineal en anfibios.

Corredor / Estimador	R1	R2	C3	C4	C5	C6	P7	M8
Riqueza observada	12	10	9	6	10	11	8	7
Chao 1	18.4	22.5	22.5	15	14.9	19	12	16
Jackknife 1	16.8	13.2	12.2	9.2	14.8	15	11.2	11.8
Completeness Chao 1	65%	44%	40%	40%	67%	58%	67%	44%
Completeness Jackknife 1	71%	76%	74%	65.2%	67%	73%	71%	59%

Estimadores y completeness en reptiles. En el Cuadro 12 se observan los valores de riqueza obtenidos y los valores de riqueza estimados. El estimador que más se acerca a los valores de riqueza obtenidos es Jackknife 1. De acuerdo con este estimador los remanentes lineales bien cubiertos en el muestreo son P7 y M8. El remanente que menos se acerca al valor estimado con el obtenido de riqueza es R1. Para Chao 1 el único remanente muestreado que se acerca más al observado con el estimado es R2. El remanente P7 es el remanente con menor valor obtenido en Completeness, para Chao 1.

Cuadro 12. Estimadores de riqueza por remanente lineal en reptiles.

Corredor / Estimador	R1	R2	C3	C4	C5	C6	P7	M8
Riqueza	13	7	10	10	13	14	7	12
Chao 1	27.4	7	13.5	31.13	29.8	30.67	56	30.25
Jackknife 1	20.2	10.2	14	12.4	18.6	21.2	7.8	17.6
Completeness Chao 1	47%	100%	74%	32%	43.6	46%	12.5%	40%
Completeness Jackknife 1	64%	68%	71%	81%	70%	66%	90%	68%

8.2.4. Abundancia

Las horas hombre de muestreo para un remanente implicaron nueve horas de muestreo por día en cinco salidas y dos personas dando un total de 90 horas hombre por remanente lineal muestreado. Las horas hombre en total del estudio tomando en cuenta los ocho remanentes lineales fueron 720 horas hombre (45 horas x 2 personas x 8 remanentes lineales). La mayor abundancia se encontró en C6, así mismo, el éxito de captura fue mayor en este sitio con 2 ind/hora, el sitio con un menor éxito de captura fue M8 (Cuadro 13).

Cuadro 13. Abundancia total y éxito de captura de anfibios y reptiles.

	R1	R2	C3	C4	C5	C6	P7	M8
No. de individuos	168	131	124	177	131	181	114	101
Éxito de captura (animales/ hora)	1.86	1.45	1.37	1.96	1.45	2	1.26	1.12

La proporción de abundancia por grupo (Cuadro 14) varía por sitio dominando los remanentes de vegetación lineal R1, R2 y P7. En el sitio C3 se dio la misma proporción de anfibios y reptiles mientras que en los sitios C4, C5, C6 y M8 se dio una mayor abundancia de reptiles.

Cuadro 14. Proporción de la abundancia de anfibios y reptiles en cada uno de los ocho remanentes de vegetación lineal.

	R1	R2	C3	C4	C5	C6	P7	M8
Abundancia Proporcional de Anfibios	64%	59%	50%	18%	37%	34%	56%	26%
Abundancia Proporcional de Reptiles	36%	41%	50%	82%	63%	66%	44%	74%

Distribución de las abundancias en anfibios. La distribución de las abundancias de las 8 zonas para el caso de los reptiles es logarítmica (Figura 21), donde los remanentes lineales C4 y M8 con menor cantidad de especies presentan una distribución de las abundancias con mayor dominancia- El remanente R1 presenta la distribución de sus dominancias de manera más equitativa que el resto de los remanentes lineales. Para el caso de los reptiles (Figura 22) hay una distribución de abundancias más equitativa en el remanente lineal R1 que en el resto de los remanentes lineales, a diferencia de los remanentes C6 y R2 que presenta mayor dominancia en proporción al resto de sus especies.

Anfibios

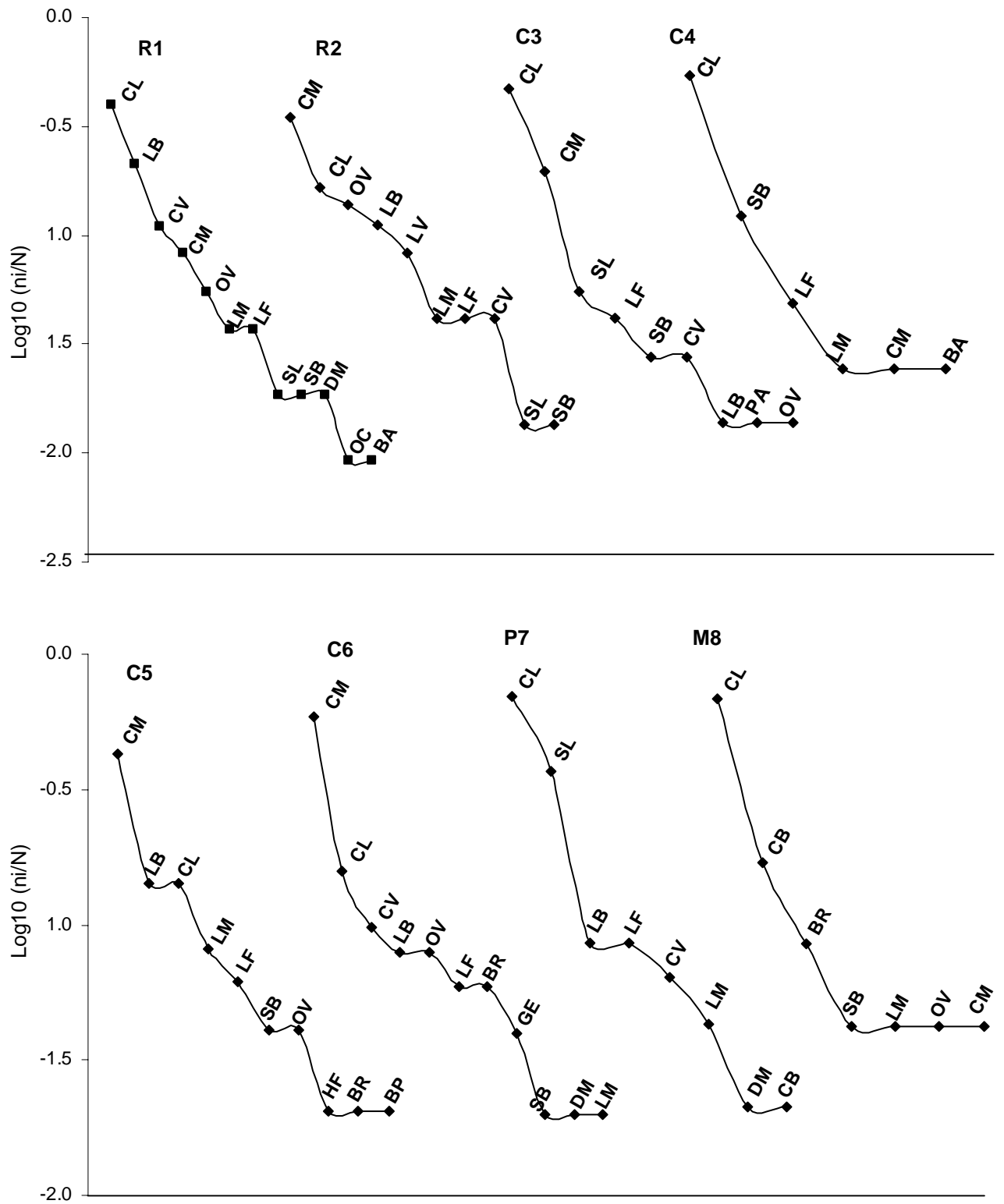


Figura 21. Modelos de abundancia de anfibios en los ocho remanentes lineales. Ver abreviaturas en Apéndice 1.

Reptiles

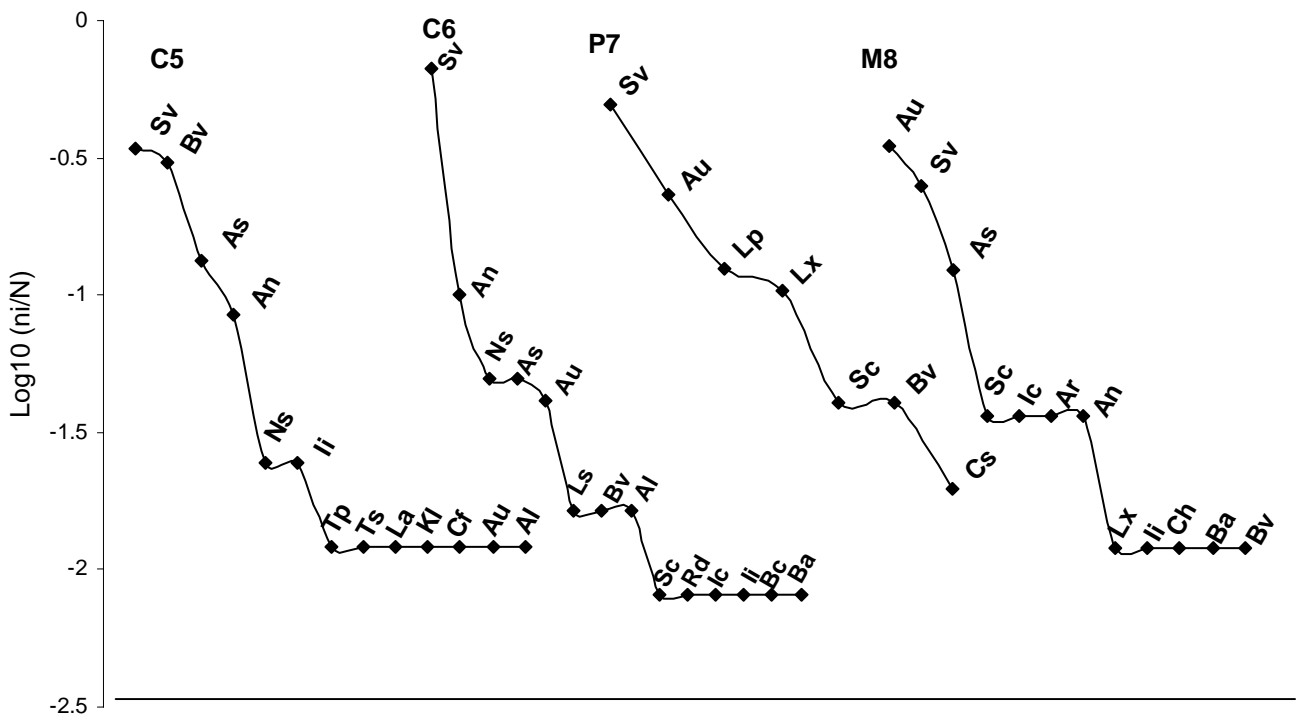
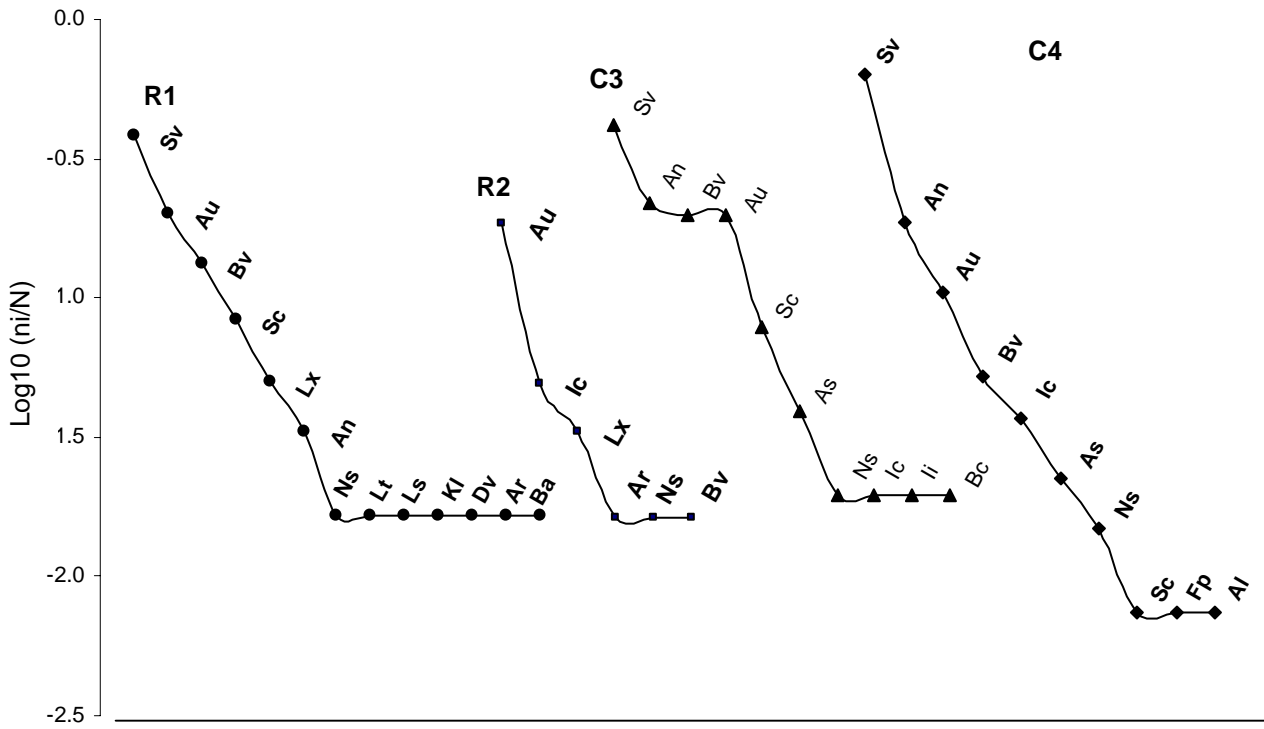


Figura 22. Modelos de abundancia de reptiles en los ocho remanentes lineales. Ver abreviaturas en Apéndice 2.

8.2.5. Comparaciones

Análisis de juveniles y adultos en remanentes de vegetación lineal

Anfibios. En general se presentó una mayor dominancia de adultos en todos los remanentes lineales (Figura 23). El remanente que presentó una mayor proporción de juveniles en relación a la de adultos fue R1, mientras que el remanente M8 presenta menor cantidad de juveniles en relación al número de adultos encontrados y C4 es el remanente con menor proporción de adultos.

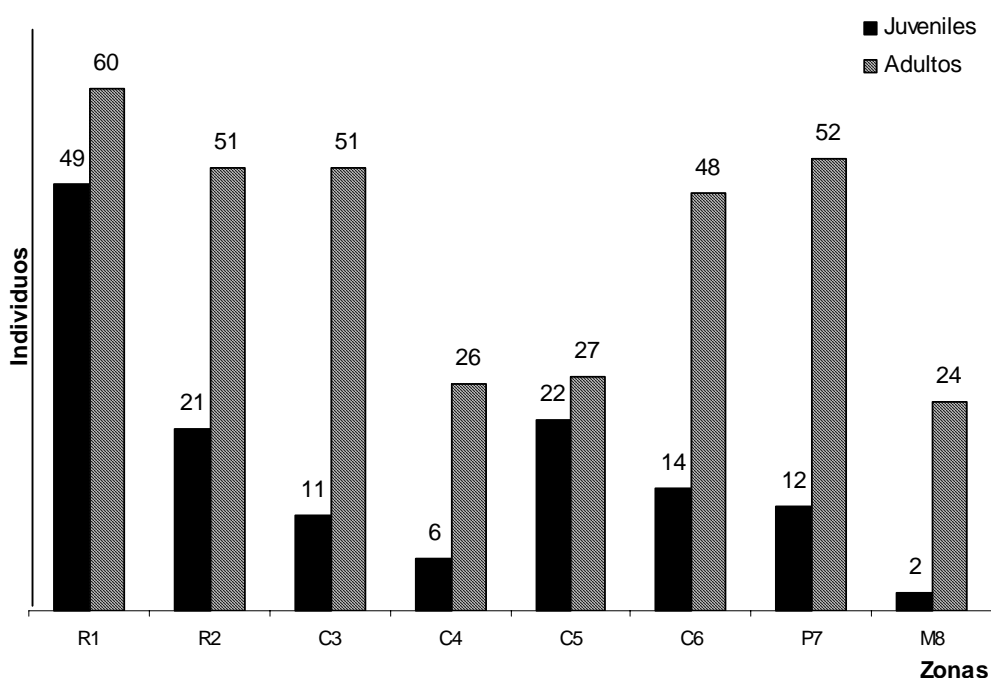


Figura 23. Distribución de juveniles y adultos en anfibios. Los individuos juveniles se encuentran representados por las barras negras y los adultos por las barras rayadas.

La especie *Craugastor loki* presentó individuos en estadio juvenil y adulto en todos los remanentes lineales, exceptuando C5 en el cual solo hay individuos adultos. Otras especies que están representadas por ambos estadios son *Chaunus marinus*, *Ollotis valliceps*, *Craugastor vulcani*, *Lithobates berlandieri* y *Syrrhophus leprus*. El resto de las especies presentan en su mayor parte individuos en estadio adulto, algunas especies con marcadas abundancias en

estadio adulto son *Chaunus marinus* y *Craugastor loki*. En general la presencia de juveniles no predomina en comparación a la de adultos (Cuadro 15).

Cuadro 15. Distribución de adultos (A) y juveniles (J) de las especies de anfibios en remanentes lineales. Abreviaturas en Anexo 1.

Zona	R1		R2		C3		C4		C5		C6		P7		M8	
Especie/ Estadio	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J
BA	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BP	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
BR	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	-	-	-	2	-
OC	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CM	1	8	14	11	7	7	-	1	-	21	24	6	-	-	1	-
OV	1	5	6	14	-	1	-	-	2	-	3	1	-	-	1	-
CV	4	8	3	-	1	1	-	-	-	-	5	-	1	-	4	-
CL	23	20	8	4	33	1	18	4	7	-	6	2	23	9	14	2
GE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
HF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
DM	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-
LF	4	-	3	-	3	-	2	-	3	-	2	1	4	-	-	-
LM	-	4	3	-	-	-	1	-	4	-	1	-	2	-	1	-
PO	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LB	20	3	7	1	-	1	-	-	7	-	1	3	4	-	-	-
LV	-	-	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB	2	-	1	-	2	-	4	1	2	-	1	-	3	-	1	-
SL	1	1	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	14	3	-	-

Reptiles. Todos los remanentes lineales presentan un mayor número de adultos. La mayor cantidad de adultos se encuentra en C4, La menor cantidad de adultos en R2. El remanente que presenta un mayor número de juveniles es C4, el de menor cantidad de juveniles es P7 (Figura 24).

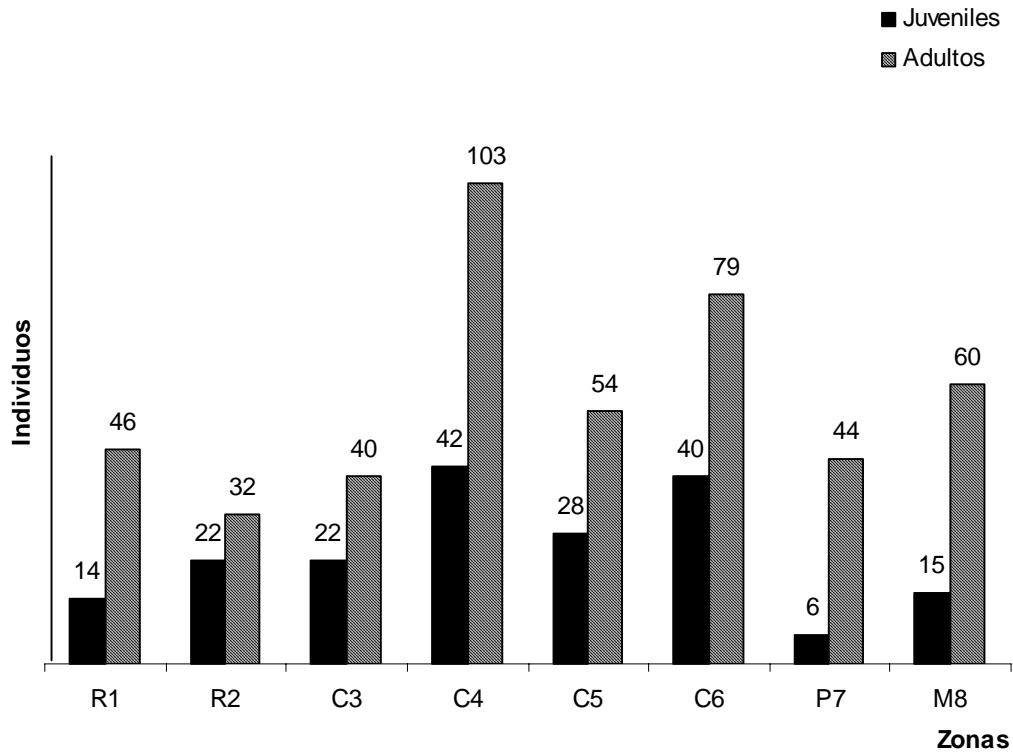


Figura 24. Distribución de juveniles y adultos en reptiles. Los individuos juveniles se encuentran representados por las barras negras y los adultos por las barras rayadas.

En dos especies de reptiles se registraron juveniles a lo largo de todo el estudio, *Basiliscus vittatus* y *Sceloporus variabilis*. La lagartija *Ameiva undulata* registró ambos estadios en tres de los cinco muestreos y *Anolis sericeus* presentó los estadios juveniles y adultos en dos salidas. Las serpientes *Imantodes cenchoa* y *Ninia sebae* registraron juveniles y adultos en uno de los muestreos. En la mayor parte de las especies de reptiles se registraron solo adultos (Cuadro 16).

Cuadro 16. Distribución de adultos (A) y juveniles (J) de las especies de reptiles en remanentes lineales. Abreviaturas en Anexo 1.

Zona	R1		R2		C3		C4		C5		C6		P7		M8	
	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J
An	2	-	-	-	8	3	21	4	2	5	12	-	-	-	3	-
Al	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-	-	-	-
Ar	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
As	-	-	-	-	2	-	2	1	8	3	6	-	-	-	10	-
Au	10	2	1	-	8	2	12	2	1	-	5	-	10	1	19	9
Bv	3	5	19	16	6	4	6	1	20	5	1	1	1	1	-	1
Bc	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Ba	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-
Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Cf	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Ch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Dv	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fp	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
li	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-
Ic	-	-	1	-	1	-	2	3	-	-	1	-	-	-	3	-
Kl	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0	-	-	-	-	-	-
Lt	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1	-	-
Lx	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-
Ls	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Ns	1	-	3	-	-	1	-	2	2	-	1	5	-	-	-	-
Rd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Sv	18	5	7	4	10	11	57	29	14	14	47	31	22	1	16	4
Sc	3	2	-	-	3	1	1	-	-	-	1	-	1	1	3	-
Tp	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Ts	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-

Complementariedad de Colwell en anfibios. La mayor complementariedad entre sitios para anfibios (Cuadro 17), está dada entre los remanentes de vegetación lineal C3-C4, P7-M8 en ambos casos con un valor de 63.64 (%) de complementariedad.

Cuadro 17. Matriz de complementariedad para la composición de especies de anfibios en los ocho remanentes de vegetación lineal.

	R1	R2	C3	C4	C5	C6	P7
R1							
R2	30.77						
C3	38.46	27.27					
C4	50.00	54.55	63.64				
C5	53.33	46.15	53.85	54.55			
C6	35.71	38.46	46.15	58.33	38.46		
P7	33.33	36.36	45.45	60.00	61.54	41.67	
M8	53.85	45.45	54.55	55.56	45.45	36.36	63.64

Complementariedad de Colwell en reptiles. La mayor complementariedad entre zonas (Cuadro 18) se da entre los remanentes C5-P7 con un 82.35%. Las zonas menos similares son C3-C6 con un 28.57%.

Cuadro 18. Matriz de complementariedad para la composición de especies de reptiles en los ocho remanentes de vegetación lineal.

	R1	R2	C3	C4	C5	C6	P7
R1							
R2	57.14						
C3	64.71	58.33					
C4	64.71	58.33	33.33				
C5	70.00	75.00	56.25	56.25			
C6	57.89	68.75	28.57	40.00	57.89		
P7	66.67	60.00	69.23	69.23	82.35	76.47	
M8	52.94	53.85	53.33	53.33	75.00	81.82	64.29

Complementariedad de Margules en anfibios. En el Cuadro 19 se encuentran distribuidos los ocho remanentes lineales de acuerdo a sus valores de riqueza de mayor a la izquierda a menor a la derecha. Solo cinco remanentes son de categoría irremplazables ya que contienen todas las especies de anfibios, incluyendo seis especies únicas. Los remanentes lineales M8, C4, P7,

presentan categoría de prescindibles ya que son trayectos que no aportan especies únicas y con especies con distribución compartida en el resto de los remanentes.

Cuadro 19. Matriz de complementariedad de Margules en anfibios. Categoría irremplazables (Irr), categoría prescindible (Pre).

Fragmento Lineal	R1	C5	C6	R2	C3	M8	C4	P7
<i>Craugastor loki</i>	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
<i>Smilisca baudini</i>	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
<i>Chaunus marinus</i>	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣	
<i>Leptodactylus fragilis</i>	♣	♣	♣	♣	♣		♣	♣
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	♣	♣	♣	♣		♣	♣	♣
<i>Ollotis valliceps</i>	♣	♣	♣	♣	♣	♣		
<i>Craugator vulcani</i>	♣		♣	♣	♣	♣		♣
<i>Lithobates berlandieri</i>	♣	♣	♣	♣	♣			♣
<i>Syrrophus leprus</i>	♣			♣	♣			♣
<i>Bolitoglossa rufescens</i>		♣	♣			♣		
<i>Dendropsophus microcephala</i>	♣		♣					♣
<i>Bolitoglossa alberchi</i>	♣						♣	
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>		♣						
<i>Ollotis cavifrons</i>	♣							
<i>Gastrophrine elegans</i>			♣					
<i>Hyalinobatrachium fleishmani</i>		♣						
<i>Pseudoeurycea orchimelas</i>					♣			
<i>Lithobates vaillanti</i>				♣				
CATEGORIA	Irr	Irr	Irr	Irr	Irr	Pr	Pr	Pr

Complementariedad de Margules en reptiles. Para el caso de los reptiles (Cuadro 20), los remanentes de vegetación lineal C6 y R1 agrupan la mayor parte de las especies con el 67.85%. Estos corredores están catalogados como irremplazables ya que aportan la mayor parte de las especies. El 32.15% restante está incluido por los corredores C5, M8, P7 y C4, corredores que por aportar 9 especies únicas en los respectivos remanentes son catalogadas como zonas irremplazables. Los remanentes de vegetación lineal C3 y R2 son catalogados como zonas prescindibles ya que no aportan especies únicas, aunque en conjunto ambas zonas representan el 42.85% del total de las especies.

Cuadro 20. Matriz de complementariedad de Margules en reptiles. Categoría irremplazables (Irr), categoría prescindible (Pre).

Fragmento lineal	C6	C5	R1	M8	P7	C4	C3	R2
<i>Anolis uniformis</i>	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
<i>Basiliscus vittatus</i>	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
<i>Sceloporus variabilis</i>	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
<i>Ameiva undulata</i>	♣	♣	♣	♣		♣	♣	
<i>Ninia sebae</i>	♣	♣	♣			♣	♣	♣
<i>Scincella cherriei</i>	♣		♣	♣	♣	♣	♣	
<i>Anolis sericeus</i>	♣	♣		♣		♣	♣	
<i>Imantodes cenchoa</i>	♣			♣		♣	♣	♣
<i>Lepidophyma tuxtlae</i>			♣	♣	♣			♣
<i>Anolis lemurinus</i>	♣	♣				♣		
<i>Anolis rodriguezi</i>			♣	♣				♣
<i>Bothrops asper</i>	♣		♣	♣				
<i>Iguana iguana</i>	♣	♣					♣	
<i>Boa constrictor</i>	♣						♣	
<i>Kinosternon leucostomun</i>		♣	♣					
<i>Leptodeira septentrionalis</i>	♣		♣					
<i>Clelia scytalina</i>					♣			
<i>Coniophanes fissidens</i>		♣						
<i>Corytophanes hernandezi</i>				♣				
<i>Dendrophidion vinitor</i>			♣					
<i>Ficimia publia</i>						♣		
<i>Ctenosaura acanthura</i>				♣				
<i>Lampropeltis triangulum</i>			♣					
<i>Lepidophyma pajapanense</i>					♣			
<i>Leptophis ahaetulla</i>		♣						
<i>Rhadinaea decorata</i>	♣							
<i>Tropidodipsas sartori</i>		♣						
<i>Thamnophis proximus</i>		♣						
CATEGORIA	Irr	Irr	Irr	Irr	Irr	Irr	Pre	Pre

8.3. Comparaciones con otro estudio en la Reserva de “Los Tuxtlas”, en zona núcleo

8.3.1. Pruebas estadísticas

Anfibios. De acuerdo a los valores de incidencia (presencia- ausencia), tomando en cuenta 21 especies la prueba de Q Cochran indica un valor de $Q = 9.858491$, con 10 grados de libertad y un valor de $p < .452998$ donde H_0 se acepta. Esto significa que no hay diferencia significativa en la presencia de especies de los valores de los tipos de corredores y tres trayectos de zona núcleo con esfuerzo de captura equivalente. En el caso de la Prueba de Friedman se obtuvo un valor de $p < 0.133$, donde H_0 se acepta, interpretando de este resultado que los ocho tipos de remanentes lineales y zona núcleo provienen de una misma comunidad de anfibios. En cuanto a los valores de tendencia central: media, desviación estándar y error estándar, se observan variaciones en la media, lo cual es más evidente en M8 (Figura 25).

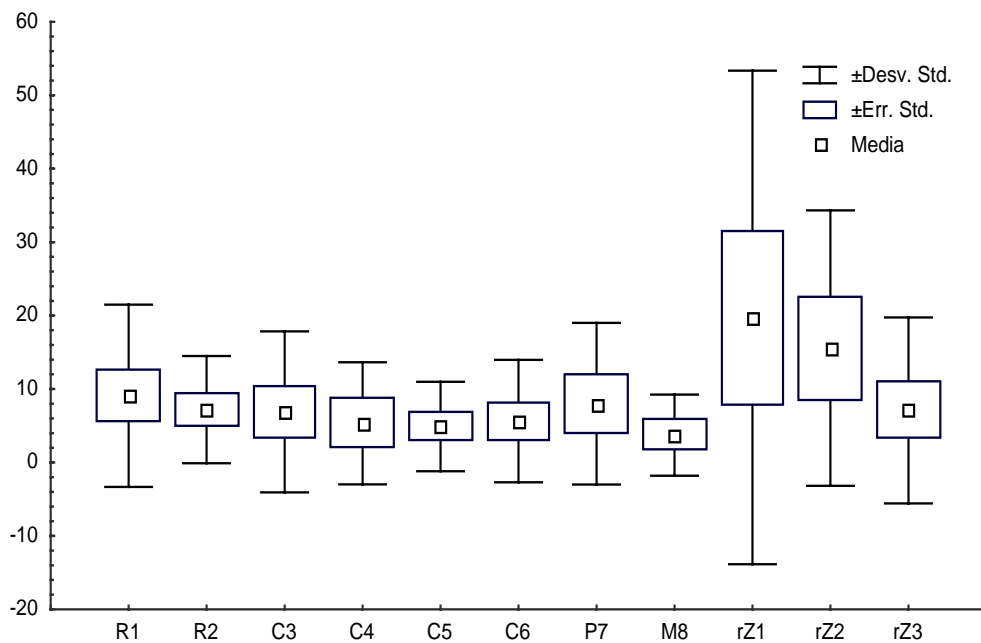


Figura 25. Diagrama de caja con las medidas de tendencia central para anfibios.

Reptiles. De acuerdo al valor de la prueba de Q de Cochran para 30 especies, Q es igual a 12.52, con 10 grados de libertad y un valor de $p < 0.25$ donde H_0 es aceptada, es decir, no hay

diferencia significativa entre los valores de los tipos de remanentes lineales y zona núcleo. La prueba de Friedman ($N = 29$, $gl = 10$) = 8.597211 $p < 0.41$, donde se acepta la H_0 que indica que todas las zonas son una misma comunidad.

Los valores de tendencia central (media, desviación estándar, error estándar) que se encuentran en la Figura 26, muestran medias muy cercanas salvo en el caso de C4, donde la media queda con valores por encima de 10.

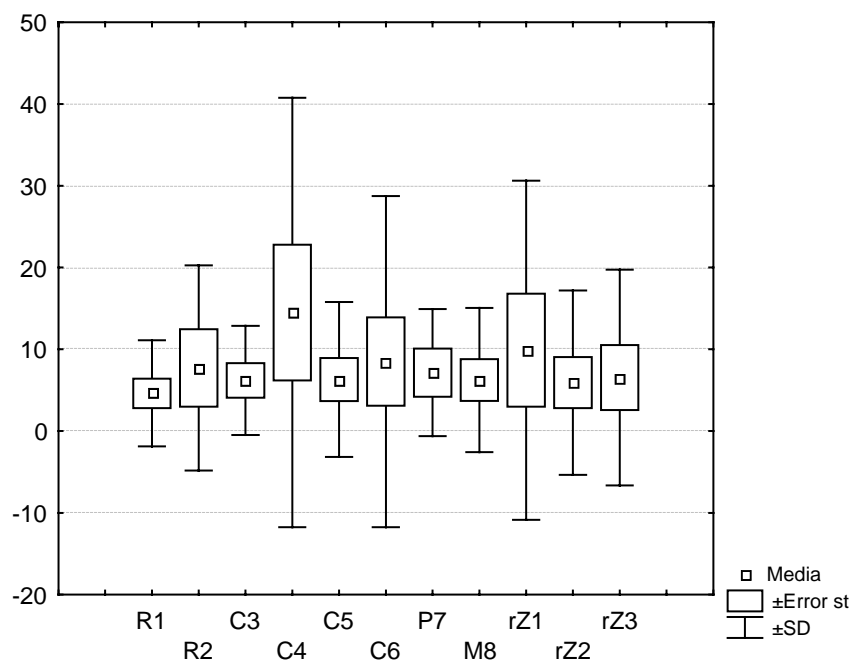


Figura 26. Diagrama de caja con las medidas de tendencia central para reptiles.

8.3.2. Comparación de abundancia, riqueza y diversidad en anfibios y reptiles

Los valores de riqueza, abundancia, diversidad H' y dominancia de Berger-Parker pueden observarse en el Cuadro 21. El remanente lineal R1 presenta la mayor cantidad de especies, así también presenta el mayor valor de diversidad ($H' = 2.5$). Los valores de equidad (J') varían en las zonas de remanentes lineales y zona núcleo, siendo la referencia zona núcleo 1 rZ1, la de valor más bajo con un índice de 0.61. El remanente P7 presenta el valor más alto de equitatividad con un valor de 0.79.

Cuadro 21. Riqueza, diversidad de Shannon (H'), equidad de Pielou (J') y dominancia de Berger-Parker de la herpetofauna en remanentes lineales y zona núcleo.

Índices y valores	R1	R2	C3	C4	C5	C6	P7	M8	rZ1	rZ2	rZ3
Riqueza	28	17	19	16	23	26	15	19	17	20	22
H' log nat.	2.5	2.2	2.3	1.8	2.4	2.1	2.1	2.2	1.7	2.2	2.1
J'	0.78	0.78	0.78	0.64	0.78	0.67	0.79	0.76	0.61	0.73	0.69
Dominancia de Berger-Parker	0.256	0.267	0.274	0.486	0.214	0.433	0.281	0.277	0.372	0.251	0.307

En el Cuadro 22, se muestran los valores de riqueza, abundancia, diversidad de Shannon (H') y equidad (J') en anfibios. Los valores de diversidad son mayores en los trayectos R1 y C3, los valores de diversidad presentan una distribución normal por lo cual se realizó una ANOVA de una vía con medidas repetidas sin presentarse diferencia significativa entre las diversidades ($p = 0.080$). Los valores de equidad igualmente presentan una distribución normal y la prueba ANOVA de una vía no presenta diferencia significativa con $p = 0.119$; sin embargo, las equidades son mayores en los trayectos R2 y C5. El corredor más dominado de acuerdo con el índice de Berger-Parker es el camino sin contacto a la zona núcleo C6.

Cuadro 22. Riqueza, abundancia, diversidad de Shannon (H' log nat.), equidad de Pielou (J') y dominancia de Berger-Parker de anfibios en remanentes lineales y zona núcleo.

Índices y Valores	R1	R2	C3	C4	C5	C6	P7	M8	rZ1	rZ2	rZ3
Riqueza	12	10	9	6	10	11	8	7	8	8	11
Abundancia	109	72	62	32	49	62	64	26	158	109	78
H' log nat.	1.90	1.10	1.81	1.34	1.76	1.39	1.51	1.79	1.09	1.70	1.40
Shannon J'	0.745	0.828	0.642	0.584	0.779	0.741	0.686	0.661	0.513	0.706	0.613
Dominancia de Berger- Parker	0.38	0.64	0.33	0.59	0.34	0.65	0.46	0.37	0.73	0.55	0.63

En el Cuadro 23, pueden observarse los valores de riqueza, abundancia, diversidad, dominancia y de especies únicas de reptiles por zona. En general la proporción de especies de lagartijas es mayor que la de serpientes, salvo en el caso de R2, el cual fue el trayecto con la mayor proporción de serpientes. El trayecto que tuvo la mayor cantidad de especies de lagartijas fue

dentro de la zona núcleo. Solo se registraron dos individuos de tortugas en dos trayectos: R1 y C5. La mayor riqueza absoluta fue en el camino C6, el cual se encuentra en contacto con remanentes menores. La zona que tuvo una mayor abundancia fue C4, dado por la alta dominancia de *Sceloporus variabilis*. Igualmente C6 presentó también una alta abundancia, dado también por la misma especie; sin embargo, la dominancia es proporcionalmente mayor por lo cual el índice de dominancia de Berger-Parker es mayor en esta zona. La diversidad de Shannon presenta una distribución normal y la prueba ANOVA de una vía con medidas repetidas no presenta diferencia significativa a $p = 0.312$, el valor más alto de diversidad de Shannon se encuentra en R1, con una alta equidad. Los valores de equitatividad presentan una distribución normal y la prueba ANOVA de una vía con medidas repetidas no presenta diferencia significativa con una $p = 0.312$, la zonas más equitativas son C3 y P7, la zona con menor equitatividad es rZ1.

Cuadro 23. Riqueza, abundancia, diversidad de Shannon ($H' \log \text{ nat.}$), equidad de Pielou (J') y dominancia de Berger-Parker de reptiles en remanentes lineales y zona núcleo.

Indices y valores	R1	R2	C3	C4	C5	C6	P7	M8	rZ1	rZ2	rZ3
Riqueza	13	7	10	10	13	14	7	12	7	12	9
Abundancia	60	54	62	145	82	119	50	75	89	77	72
$H' \log \text{ nat}$	1.91	1.11	1.82	1.34	1.77	1.39	1.51	1.79	1.09	1.70	1.41
J'	0.74	0.57	0.78	0.58	0.68	0.52	0.77	0.72	0.49	0.66	0.58
Dominancia de Berger- Parker	0.38	0.65	0.34	0.59	0.34	0.66	0.46	0.37	0.73	0.56	0.64

Análisis de Jaccard como herpetofauna. Agrupando a los taxones de anfibios y reptiles considerando 51 casos de ausencia presencia de especies, el análisis de Jaccard indica dos grupos principales. Se agrupan los trayectos de la zona núcleo y en un segundo grupo se encuentran los remanentes lineales caminos, potrero y ríos (Figura 27).

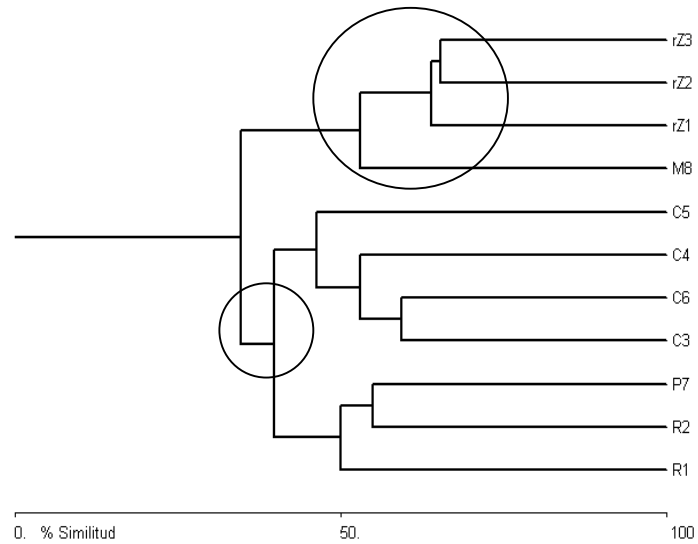


Figura 27. Diagrama de similitud de Jaccard para herpetofauna.

Análisis de Jaccard para anfibios. De acuerdo a las especies de anfibios presentes en cada zona es posible agrupar mediante el análisis de Jaccard de similitud a las 11 zonas (Figura 28). Se distingue un grupo principal formado por las zonas de referencia de la zona núcleo (rZ1, rZ2, rZ3). Un segundo grupo une a los ocho remanentes lineales, que en grupos secundarios separa a C4 del resto de los remanentes.

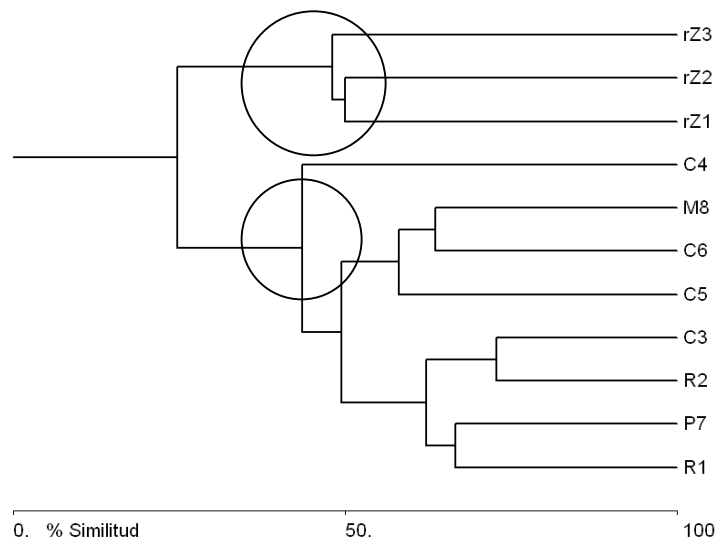


Figura 28. Diagrama de similitud de Jaccard para anfibios.

Análisis de Jaccard para reptiles. En el caso del análisis por similitud de Jaccard (Figura 29), se agrupan las zonas básicamente en tres grupos: El primero reúne a las Zonas P7 con rZ1, rZ2, rZ3, M8 y con R1 y R2, el segundo grupo reúne C3-C6 con C4 y C5.

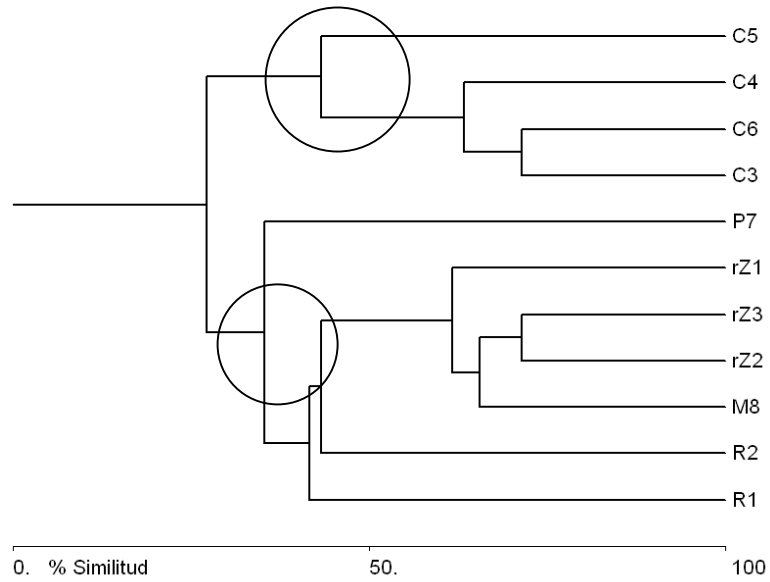


Figura 29. Diagrama de similitud de Jaccard para reptiles.

9. DISCUSIÓN

9.1 Composición y riqueza de la herpetofauna del estudio

Para la región de los Tuxtlas se cuenta con un registro de 135 especies de anfibios y reptiles en vegetación de selva alta perennifolia de acuerdo con una recopilación de trabajos anteriores realizado por Ramírez-Bautista y Nieto-Montes de Oca (1997). Para el presente estudio el esfuerzo de captura total representó 720 horas-hombre realizando 40 muestreos, y se registraron en los remanentes lineales un total de 1123 individuos de 46 especies (34% de las totales registradas), 18 de anfibios y 28 de reptiles, siendo esta una alta riqueza ya que se presenta una tercera parte de las 135 especies reportadas. Cabe mencionar que en su mayor parte la composición de especies en los remanentes lineales estudiados está conformada por especies de anuros, lagartijas y serpientes. Esta riqueza es mayor que la registrada para el lote 67 (zona baja) de la Estación de Biología, donde Hernández (2005) registró un total de 29 especies (26.6%) con un esfuerzo de captura de 540 horas hombre en 30 trayectos, registrando principalmente especies de lagartijas seguidas por anuros. Comparativamente este estudio presentó una menor cantidad de especies que las encontradas por Urbina-Cardona *et al.* (2006) el cual identificó 21 especies de anfibios y 33 especies de reptiles con un esfuerzo de captura de 672 horas hombre en un área cercana a la de este estudio en “Los Tuxtlas”, Veracruz (Cuadro 22).

Cuadro 24. Número de especies de herpetofauna registrados en otros estudios realizados en la selva alta perennifolia de la región de “Los Tuxtlas”, Veracruz.

Estudio herpetofaunístico (Autor y Año)	Número de especies registradas (Herpetofauna)
Salvatore y Reynoso-Rosales (2004)	59
Machuca-Barbosa y Reynoso-Rosales (2004)	30
Mena Correa y Reynoso-Rosales (2004)	41
Hernández (2005)	29
Cabrera (2005)	38
Urbina-Cardona <i>et al.</i> (2006)	54
Este trabajo	46

En el caso particular de los anfibios la curva de acumulación de especies es buen indicador del muestreo realizado y se pueden observar algunos trayectos lineales con una estimación de especies de anfibios cercana a los observados. Los estimadores Chao 1 y Jackknife 1 indican que una mayor cantidad de salidas hubiera acumulado tan solo un par de especies más en el caso de los anfibios. En el caso de los reptiles la mayor parte de las especies estuvo representada por las lagartijas, seguido por el grupo de las serpientes, que además tuvieron una gran cantidad de registros únicos, generando una curva de acumulación de especies poco inclinada y una estimación de hasta 10 especies más.

De acuerdo con Pawar (1999), el muestreo por encuentro visual de especies resulta efectivo comparativamente con otros estudios que realizan los muestreos por cuadrantes o únicamente basados en trampas de captura. El método de colectas manuales en trayectos por tiempo suele permitir el registro del grueso de las especies presentes en un área (Pawar, 1999).

La composición taxonómica concuerda con el estudio realizado por Urbina-Cardona y Reynoso (2005) en Los Tuxtlas, en el cual se encontró un ensamble de especies en su mayor parte dominado por las lagartijas, y como especies raras las serpientes. En general en las 11 zonas se encuentran representadas las especies *Craugastor loki* del grupo de los anfibios y *Sceloporus variabilis* de los reptiles, indicando que son especies que presentan una amplia tolerancia a cambios ambientales y microambientales. Stuart (1948) mencionó que *Craugastor loki* es una especie indicadora de bosque vírgenes de tierras bajas en Alta Verapaz, Guatemala. Voght *et al.* (1997) señaló que esta especie es la más común del grupo para la región, siendo abundante dentro de la selva en todas las elevaciones. Urbina-Cardona *et al.* (2006), encontraron en selva alta perennifolia en Los Tuxtlas, que *Craugastor loki* es una especie de bosque que se encuentra en abundancias elevadas, tanto al interior como en el borde de la selva y presente pero en poca densidad en las zonas de pastizal. Hernández (2005) en su estudio de zonas altas y bajas de selva en Los Tuxtlas, encontró igual abundancia de *Craugastor loki* en zonas de altitud que va de los 60 a 350 msnm y zonas altas donde las altitudes oscilan de los 350 a 550 msnm donde los suelos son diferentes. En este estudio se encontró que *Craugastor*

Ioki fue muy abundante en los cinco remanentes más cercanos a la estación: R1, C3, C4, P7 y M8. Dos de tres remanentes lejanos R2 y C5 estaban inmersos en la matriz de pastizal, R2 presentó dos contactos a remanentes pequeños conservados uno al inicio del trayecto y otro al finalizar el mismo, en el caso de C5 se presentó solo un fragmento pequeño conservado cruzando al remanente lineal, únicamente interrumpido por el camino. El remanente lineal C6 tiene grandes fragmentos conservados al noreste. Estos remanentes (R2, C5 y C6) presentan mayor abundancia de *Chaunus marinus*. Este sapo según Voght *et al.* (1997) se encuentra muy comúnmente alrededor de los edificios de la Estación de Biología, a lo largo de bordes de selva y en la vegetación secundaria.

Voght *et al.* (1997), citaron que la especie *Sceloporus variabilis* es una de las más comunes de la región, siendo más común en zonas perturbadas, en vegetación secundaria y en cultivos abandonados, que en bosque no perturbado. Morales-Mávila *et al.* (2001), reportaron que esta especie tiene preferencia de hábitat por la selva alta perennifolia, subcaducifolia y caducifolia. Urbina *et al.* (2006) encontraron que *Sceloporus variabilis* es una especie dominante en la matriz dominada por pastizal. En este estudio dominó en 6 remanentes (R1, C3, C4, C6, P7, M8) en R2 la especie dominante fue *Basiliscus vittatus* la cual según Voght (1997) es una especie abundante cerca de cuerpos de agua y presente sobre el suelo en el bosque secundario y selva madura o en áreas abiertas a altitudes bajas. Según Morales-Mavil *et al.* (2001) esta especie se encuentra en vegetación de tipo bosque tropical perennifolio, subcaducifolio y caducifolio, bosque espinoso, palmar, pastizal, vegetación acuática y vegetación halófila. Urbina-Cardona *et al.* (2006) presentaron pocos registros de esta especie en borde e interior de bosque respectivamente y ningún registro en pastizal. La especie *Basiliscus vittatus* presenta una codominancia en C6 con *Sceloporus variabilis*. Estas especies presentan diferentes preferencias tróficas ya que *Basiliscus vittatus* es omnívora y *Sceloporus variabilis* es insectívora (Morales-Mavil *et al.*, 2001). Sin embargo, el gradiente con distintos grados de perturbación de la vegetación que va desde zonas de pastizal más abiertas donde se encuentra predominantemente a *Sceloporus variabilis* hasta el contacto de este remanente con un borde

conservado y zonas de acahual podría estar influyendo en la codominancia de estas dos especies de lagartijas.

Algunos casos particulares presentan variación en las abundancias en cuanto al sitio de muestreo como el caso de *Corytophanes hernandezii*, que Ramírez-Bautista y Nieto Montes de Oca (1997) reportaron como una especie muy abundante. Únicamente se encontraron individuos de esta especie en M8 en las zonas que se encuentran en contacto con remanentes de selva muy conservados de aproximadamente tres hectáreas. Esta especie no se registró en el resto del remanente lineal que se encuentran inmerso en la matriz de pastizal.

Otra especie que presentó altos valores de abundancia pero que no fue dominante en los ocho remanentes de vegetación lineal es *Anolis uniformis* cuya mayor abundancia (28 individuos) se registró en M8 en las zonas del remanente lineal en contacto con los grandes remanentes de selva conservados. Según Voght *et al.* (1997), Morales-Mávil *et al.* (2001) y Urbina-Cardona *et al.* (2006), las grandes poblaciones de *Anolis uniformis* se encuentran en la selva alta perennifolia de la región en mayor proporción al interior de los bosques que en los bordes.

9.2. Estructura herpetofaunística en remanentes lineales tipo ríos

Una primera alternativa como corredores, es la vegetación que bordea los ríos, ya que brinda conectividad entre remanentes de manchones conservados, permitiendo el movimiento de la fauna de un fragmento a otro (Watson, 1991).

En su estudio Burbrink *et al.* (1998), indicaron que la riqueza encontrada en los sitios depende de la proximidad al área continua y de la heterogeneidad ambiental local. Por ello, se puede explicar la mayor diversidad encontrada en R1 que en R2. R1 presenta mayor proximidad a la fuente de especies que R2, además de una aparente mayor heterogeneidad de su ambiental en su interior.

Comunidad de R1. Este remanente es muy cercano a la zona núcleo y más conservado, siendo un factor que favoreció la presencia de los cinco grupos de herpetofauna. La comunidad herpetofaunística representativa en este remanente lineal presenta alta diversidad en el caso de anfibios. El ensamble de anfibios estuvo dominada por *Craugastor loki* especie principalmente encontrada en interior y borde de selvas de la región (Urbina-Cardona *et al.*, 2006). Un 50% de los anfibios representados por los anuros fueron abundantes en las tres salidas considerándolas como especies frecuentes. Ninguna de las especies de urodelos fueron muy abundantes para considerar alguna como especie frecuente, a diferencia de la zona núcleo (Hernández, 2005), que comparativamente presenta mayores abundancias para este grupo.

En cuanto a la estructura de edades de anfibios en el remanente R1 se encontró una mayoría de adultos de todas las especies salvo en los casos de *Chaunus marinus* y *Craugastor vulcani* que fueron mayores los registros de juveniles evidenciando cierto éxito reproductivo (Begon *et al.*, 2006) para estas especies en esta zona. La especie dominante *Craugastor loki*, está representada en un 53% por individuos adultos y en un 47% por individuos juveniles. Las especies *Ollotis valliceps*, *Leptodactylus melanotus*, *Lithobates berlandieri* y *Syrrhophus leprus* también presentaron individuos juveniles pero en menor proporción. En general en la segunda salida se presentó una mayor proporción de juveniles. Solo se encontró una salamandra de la especie *Bolitoglossa alberchi* adulta.

En el caso de los reptiles la comunidad estuvo dominada en general por la especie *Sceloporus variabilis*. El éxito reproductivo (Begon *et al.*, 2006) para esta zona, se infiere por la presencia de juveniles en las especies: *Anolis uniformis*, *Basiliscus vittatus*, *Sceloporus variabilis* y *Scincella cherriei*. La mayor parte de registros de reptiles para este corredor fueron adultos, salvo *Basiliscus vittatus* que presentó mayor cantidad de juveniles. En la tercera salida se presentó una mayor proporción de juveniles.

Comunidad de R2. Este segundo trayecto se encuentra en mayor contacto con zonas de potrero y su vegetación está más expuesta siendo factores clave para determinar a esta

comunidad mas sensible al área (Hager, 1998) y por baja diversidad con menor éxito como corredor biológico. No presenta mayor abundancia de anfibios que en la zona núcleo aunque comparativamente en dos de sus trayectos R2 si presenta mayor riqueza. La comunidad de anfibios tuvo a la especie *Chaunus marinus* como la más abundante, seguida por *Craugastor loki*. En general la proporción de adultos es mucho mayor que la de juveniles. Las especies que presentaron juveniles permitiendo inferir éxito reproductivo (Begon *et al.*, 2006) en esta zona fueron *Lithobates berlandieri*, *Lithobates vaillanti*, *Craugastor vulcani*, *Craugastor loki* y en mayor proporción *Chaunus marinus*. Se determina a esta zona muy perturbada por la dominancia de *Chaunus marinus* la cual indican Voght *et al.* (1997) como muy abundante en sitios perturbados. La ausencia de salamandras en este remanente lineal es otro indicador de perturbación. En reptiles se registraron 7 especies, donde la especie más abundante fue *Basiliscus vittatus* la cual es especie característica de cuerpos de agua (Voght *et al.*, 1997). Solo en cuatro especies se infiere por la presencia de juveniles éxito reproductivo para esta zona: *Anolis rodriguezi*, *Basiliscus vittatus*, *Lepidophyma tuxtlae* y *Sceloporus variabilis*.

9.3. Estructura herpetofaunística de remanentes lineales tipo caminos

En general los corredores tipo camino pueden funcionar bien pese a que los caminos pueden representar barreras para el movimiento de algunas especies, creando fragmentos aislados y un gran riesgo de extinción para poblaciones pequeñas dada la probabilidad de eventos estocásticos demográficos, genéticos y ambientales (Wilcox y Murphy 1985; Schoener y Spiller 1992).

En los caminos las abundancias no fueron las más bajas, aunque existen reportes en donde la mortandad en carreteras puede tener efecto en dos niveles: reduciendo los tamaños de las poblaciones y reduciendo los movimientos entre recursos complementarios y poblaciones (Carr, 1999). Carr *et al.* (2001) encontró en Canadá que las especies con mayor vagilidad podrían verse más afectadas al ser arrolladas por vehículos, reflejándose en la tasa de crecimiento de la población. Si bien en este estudio no se ha estimado este efecto en las

especies vágiles, los fragmentos C3 y C5 por las diversidades, abundancias y proporción de juveniles y adultos que presentan, sustentan que la vegetación que bordea a los caminos pueden mantener poblaciones de anfibios y reptiles viables.

Comunidades cercanas a la fuente de especies: C3 y C4. En este estudio de acuerdo con la teoría de Biogeografía de Islas definida por MacArthur y Wilson (1963) y MacArthur (1967) se rechaza que las diversidades de anfibios y reptiles en caminos varían en función a la cercanía a los fragmentos fuente de especies, ya que ambos casos no fueron los más diversos.

La comunidad de C3 para el caso de anfibios presenta la misma proporción de especies frecuentes y poco frecuentes aunque permite el establecimiento de especies raras y en categoría de riesgo como *Pseudoeurycea orchimelas*, mientras que los reptiles tienen la misma proporción de especies frecuentes y de raras. La especie *Anolis uniformis* se encuentra presente todo el año. Esta especie es reportada por Urbina-Cardona *et al.* (2006), como dominante al interior y borde de selva, caracterizando su presencia y abundancia cierta conservación de este fragmento lineal. También se encuentran especies de reptiles en categoría de riesgo como *Iguana iguana* o *Boa constrictor*.

La comunidad del remanente C4, presenta en anfibios mayor proporción de especies raras y es el más dominado de acuerdo al índice de Berger–Parker, no presenta especies únicas de anfibios por lo que según el índice de Margules es categorizado como prescindible. Tiene características de remanente conservado por la presencia de la especie *Craugastor loki* aunque es seguida en abundancia por la especie *Chaunus marinus* que es característica de zonas perturbadas. En el caso de reptiles hay mayor proporción de especies frecuentes. Este remanente lineal es de los más dominados en reptiles, dominando por *Sceloporus variabilis* especie indicadora de perturbación (Voght *et al.*, 1997). La serpiente *Ficimia publia* característica de selva alta perennifolia en elevaciones bajas (Voght *et al.*, 1997), solo se encontró en este remanente por lo cual de acuerdo al índice de Margules es un área irremplazable.

Comunidades lejanas a la fuente de especies: C5 y C6. De los corredores tipo caminos lejanos a la fuente de especies, C5 presenta mayor proporción de anfibios poco frecuentes. De los corredores tipo caminos C5 es el segundo de mayor diversidad. Esto puede ser explicado porque pese a la lejanía de la fuente este corredor tiene secciones de vegetación cerrada, conservada y mayor contacto con remanentes de selva. La especie registrada para todas las salidas fue *Basiliscus vittatus*, encontrada cercana a los pequeños cuerpos de agua localizados en este remanente y que por sus altas abundancias puede estar compitiendo por espacio con la especie dominante *Sceloporus variabilis*. El análisis de Margules muestra a este corredor irremplazable en los casos de anfibios reptiles ya que fue el remanente que más especies únicas presentó. En este remanente se encontró la especie de salamandra *Bolitoglossa platydactyla* y la especie *Hyalinobatrachium fleischmanni* considerada rara en la región de Los Tuxtlas (Voght *et al.* 1997).

En el caso de C6 hay secciones de vegetación más abiertas como potreros. Presenta más especies frecuentes de anfibios y más especies raras de reptiles. La especie establecida, *Sceloporus variabilis*, que también es la especie dominante, puede ejercer una presión compitiendo por recursos con otras especies. La presencia de las especies *Gastrophryne elegans* y *Rhadinaea decorata* categoriza según análisis de Margules a este remanente lineal como irremplazable.

9.4. Estructura herpetofaunística en remanentes lineales de composición vegetal heterogénea.

En general todos los corredores presentan cierto grado de heterogeneidad vegetal. Se ha observado que la diversidad del hábitat tiene una importante influencia sobre las comunidades permitiendo que las especies se especialicen a los diferentes tipos de hábitats (McArthur, 1972). En el caso de los corredores P7 (inmerso en un potrero) y M8 (corredor de mayor altitud y que cruza zonas de acahual) los trayectos cruzan por fragmentos conservados de selva. En el caso de M8 no hay un contacto directo con la Reserva, ya que existe una carretera como barrera

física. Las zonas heterogéneas en ocasiones presentan mayor diversidad de anfibios y reptiles. Una mayor cantidad de ambientes brindan mayor cobertura de los requerimientos que tienen los anfibios y reptiles en cuanto a su ciclo de vida. El valor de diversidad de M8 es mayor que de P7 en el caso de reptiles, pero P7 es más diverso en el caso de anfibios; sin embargo, en ninguno de los dos casos representan los valores de mayor diversidad de las zonas.

En un estudio previo con anfibios y reptiles en corredores biológicos en Illinois (Burbrink *et al.*, 1998) encontró que la heterogeneidad del corredor no estaba asociada con una mayor diversidad.

Comunidad en remanente lineal en potrero: (P7). El ensamblaje de anfibios está compuesto por 8 especies de los cuales todos fueron anuros, la especie dominante fue *Craugastor loki*. La especie en las que se infiere por la presencia de juveniles un éxito reproductivo (Begon *et al.*, 2006) en esta zona son *Craugastor loki* (abundante en interior y borde de selva) y *Syrrhophus leprus* que Voght *et al.* (1997) reportan en sitios abiertos. De reptiles se encontraron 7 especies y seis individuos con baja abundancia de juveniles: *Anolis uniformis*, *Basiliscus vittatus*, *Lepidophyma pajapanense*, *Lepidophyma tuxtlae*, *Sceloporus variabilis* y *Scincella cherriei*. La serpiente *Clelia scytalina* y la lagartija *Lepidophyma pajapanense* (especie característica de interior de selva según Voght *et al.* 1997), presentan registro único en este corredor haciéndola zona irremplazable según el análisis de Margules.

Remanente de vegetación lineal a lo largo de una cima: M8. Este ensamblaje de especies de anfibios se caracteriza por 7 especies; 6 de anuros y 1 salamandra. La especie dominante fue *Craugastor loki* (abundante en interior y borde de selva). La mayor parte de los individuos fueron adultos y solo en el caso de *Craugastor loki* se encontraron 2 individuos juveniles. El ensamblaje de especies de reptiles fue de 12 especies y la especie dominante fue *Anolis uniformis* (característica de zonas conservadas) aunque también hubo altos valores de abundancia de *Sceloporus variabilis* (característica de zonas perturbadas). Las especies con éxito reproductivo en esta zona (Begon *et al.*, 2006) fueron: *Anolis uniformis*, *Basiliscus vittatus*, y *Sceloporus*

variabilis. Las especies con registro único para este corredor fueron *Ctenosaura acanthura* y *Corytophanes hernandesi*, convirtiendo según análisis de Margules zona irremplazable para reptiles.

9.5. Efecto de los remanentes lineales como corredores biológicos

Existe cierta heterogeneidad en los hábitats de los remanentes lineales en conjunto, característica que permite que ocurra una mayor riqueza de anuros, serpientes y lagartijas a diferencia de zonas homogéneas como la zona núcleo de selva tropical perennifolia conservada. Sin embargo, es de mayor importancia para el grupo de los urodelos, que la zona se encuentre bien conservada (Hernández, 2005), por lo que su presencia es escasa en corredores.

Analizando la composición de las comunidades de los ocho remanentes lineales, se encuentran variaciones en la composición temporal. Algunas especies presentan poblaciones asentadas presentes todo el año, algunas otras poblaciones asentadas que no se encontraron en todas las salidas ya que podría haber un uso temporal del remanente de acuerdo a la fenología de la especie. Asimismo los registros únicos de especies podrían deberse a encuentros por una dispersión altamente estocástica (Brown, 2003), como los casos ocurridos por mamíferos no voladores arrastrados por ríos o deshielos (Lomolino, 1989) ya sea por ejemplo que la especie se desplace o sea desplazada al remanente, por nortes o huracanes. Otro factor que influye en la distribución en remanentes lineales es la respuesta a la fragmentación. Por ejemplo, en anfibios, la capacidad de dispersión es inversamente proporcional a la resistencia a la fragmentación. Esto se observó en un estudio realizado en Bosques de Connecticut E.U.A. (Gibbs, 1998).

Se encontraron variaciones en los corredores cercanos a la zona núcleo, R1, C3, C4 y P7, en cuanto a sus diversidades y abundancias entre si y con la zona núcleo. Con base en el análisis de similitud de Jaccard para la herpetofauna total, la composición de especies de M8 se agrupa con zn1, zn2, zn3. Este corredor es un continuo de la zona núcleo pero separado por la carretera que representa una barrera física. La similitud puede deberse a la presencia de

especies registradas dentro pequeños fragmentos de selva que cruzan los remanentes sin ser una fuerte influencia la cercanía a la zona núcleo.

Las diversidades son mayores en al menos cuatro de los corredores con respecto a la zona núcleo. Es por ello que si puede ocurrir un efecto positivo de los corredores albergando una mayor riqueza. Igualmente de manera global, los corredores albergan una mayor diversidad de anuros. Los corredores tipo ríos, caminos con contacto a la fuente de especies (zona núcleo) y los caminos sin contacto a la fuente de especies presentan mayor riqueza de serpientes.

Algunas especies bien distribuidas tanto en las zonas núcleo como en corredores podrían denominarse especies núcleo. Hanski y Gilpin (1991) han realizado modelos con base a la dispersión y la resultante dinámica de dichas especies. Estas especies son abundantes dentro de los sitios y están distribuidos entre muchos de ellos, tienen probabilidad de producir emigrantes tanto a las zonas donde ya están presentes (y por lo tanto incrementar su abundancia), como a los sitios donde por lo menos temporalmente están ausentes (por lo tanto colonizando nuevos sitios o recolonizando aquellos donde hubo una extinción local). Esto podría ocurrir con las especies que están presentes en todos los sitios, como es el caso de las especies *Anolis uniformis*, *Craugastor loki*, *Sceloporus variabilis* y *Smilisca baudini*.

Las especies *Anolis barkeri*, *Craugastor alfredi*, *Pleistodon sumichrasti* y *Smilisca cyanosticta*, son las especies encontradas únicamente en las zona núcleo (Hernández, 2005). Estas especies podrían ser no tolerantes a zonas perturbadas ya sea por tener una fuerte presión de otras especies o por requerimientos ambientales muy específicos, siendo especies con sensibilidad al área (Hager, 1998).

Planteamientos que datan desde hace más de 165 años (Watson, 1885) han establecido que a una mayor área conservada corresponde un mayor número de especies. Sin embargo, los análisis de rarefacción indican que las zonas núcleo 9, 10 y 11 no son mucho más ricas en especies que los corredores R1, C5, C6 o M8, debido posiblemente, a que en los remanentes lineales hay un aporte de especies de zonas perturbadas y de zonas conservadas.

9.6. Funcionamiento de remanentes lineales como corredores biológicos

Finalmente se observó que el funcionamiento de los remanentes lineales como corredores biológicos depende del uso que den los individuos a los remanentes lineales. Se infieren en los casos de anfibios y reptiles, tres grupos distintos de especies: 1) Especies con individuos en estadios juveniles y adultos con posible ciclo de vida completo, 2) Especies en estadio adulto comunes que circulan a través de los remanentes lineales y 3) Especies raras las cuales están restringidas en el trayecto por que tocan un fragmento pequeño (Figura 30).

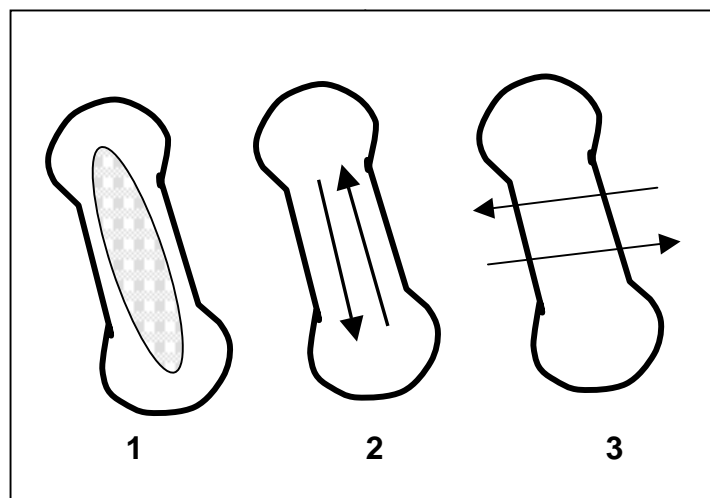


Figura 30. Uso de los remanentes. 1) Especies con ciclo de vida completo en el remanente lineal, 2) Especies que circulan a través del remanente lineal, 3) Especies que tocan una parte del remanente.

Grupo 1. Especies con juveniles y adultos establecidas en el remanente lineal

Hager (1998) indicó que muchas especies requieren de microhábitats específicos para sobrevivir y reproducirse. En algunos casos las especies encuentran en los remanentes lineales las condiciones adecuadas para establecer poblaciones. Se infiere por la presencia de juveniles y adultos que algunas poblaciones utilizan el remanente lineal como un hábitat. En general el caso de los anfibios de la especie *Chaunus marinus* se encontró establecida en los remanentes R1, R2, C3, C5, C6, indicando cierta perturbación del remanente. Las poblaciones de *Craugastor loki*

en los remanentes R1, R2, C4, P7, *Lithobates berlandieri* y *Ollotis valliceps* en R1 y *Ollotis valliceps* en R2, indicarían que las zonas no están aún tan perturbadas.

Para los reptiles el remanente lineal P7 fue el único que no presentó estadios de adultos y juveniles en alta proporción, por lo cual muchas especies de reptiles podrían no utilizarla para establecer poblaciones. El resto de los remanentes presentaron las siguientes especies (R1) *Basiliscus vittatus*, *Sceloporus variabilis*; (R2) *Basiliscus vittatus*, *Sceloporus variabilis*; (C3) *Basiliscus vittatus*, *Sceloporus variabilis*, *Ninia sebae*; (C4) *Ameiva undulata*, *Anolis uniformis*, *Imantodes cenchoa*, *Sceloporus variabilis*; (C5) *Ameiva undulata*, *Anolis sericeus*, *Basiliscus vittatus*, *Sceloporus variabilis*; (C6) *Sceloporus variabilis*; (M8) *Anolis uniformis*, *Sceloporus variabilis*.

Grupo 2. Especies adultas comunes que circulan a través de los remanentes lineales

La dispersión a larga distancia y el cruce de barreras solamente será exitosa si los individuos dispersores son capaces de establecerse en el nuevo sitio, cada especie parece estar caracterizada por sitios favorables donde es extremadamente común (Brown, 2003). En este estudio se consideran a estas especies comunes con densidades de tres a más individuos. En todos los remanentes lineales ocurrió una mayor proporción de anfibios adultos, indicando que posiblemente su reproducción suceda en zonas más conservadas. Esto podría ocurrir con especies con tres o más individuos en remanentes lineales como: (R1) *Leptodactylus fragilis*; (R2) *Craugastor vulcani*, *Leptodactylus fragilis*, *Leptodactylus melanolotus*, *Lithobates berlandieri* y *Lithobates vaillanti*; (C3) *Craugastor loki*, *Leptodactylus fragilis* y *Syrrhophus leprus*; (C4) *Smilisca baudini*; (C5) *Craugastor loki*, *Leptodactylus fragilis*, *Leptodactylus melanolotus* y *Lithobates berlandieri*; (C6) *Bolitoglossa rufescens*, *Ollotis valliceps*, *Craugastor loki*, *Craugastor vulcani* y *Leptodactylus fragilis*; (P7) *Leptodactylus fragilis*, *Lithobates berlandieri* y *Smilisca baudini*; y (M8) *Craugastor loki* y *Craugastor vulcani*.

Se puede distinguir que en mayor parte de los reptiles y por lo general lagartijas presentaron mayor proporción de adultos, sin establecer poblaciones en los remanentes, las

especies en este caso son: (R1) *Anolis uniformis*, *Lepidophyma tuxtlae* y *Sphenomorphus cherriei*; (R2) *Ninia sebae*, *Anolis uniformis* y *Sphenomorphus cherriei*; (C4) *Basiliscus vittatus*; (C6) *Ameiva undulata*, *Anolis sericeus*, *Anolis uniformis* y *Ninia sebae*; (P7) *Anolis uniformis*, *Lepidophyma pajapanensi*, *Lepidophyma tuxtlae* y *Sceloporus variabilis*; y (M8) *Ameiva undulata*, *Anolis rodriguezi*, *Anolis sericeus*, *Imantodes cenchoa* y *Sphenomorphus cherriei*.

Grupo 3. Especies raras las cuales están restringidas en el trayecto por que tocan un fragmento pequeño.

Gaston (1994) define a las especies que caen en una baja abundancia como especies raras. Si bien es un concepto que depende del nivel de investigación, para este estudio se consideran como raras las especies con casos de *singletons* y *doubletons* (Magurran 2004, Colwell 2004).

Los anfibios considerados como raros en algunos remanentes son (R1) *Bolitoglossa alberchi*, *Ollotis cavifrons*, *Dendropsophus microcephala*, *Smilisca baudini*, *Syrhophus leprus*; (R2) *Smilisca baudini*, *Syrhophus leprus*; (C3) *Craugastor vulcani*, *Pseudoeurycea orchimelas*, *Smilisca baudini*; (C4) *Bolitoglossa alberchi*, *Leptodactylus fragilis*, *Leptodactylus melanolotus*; (C5) *Bolitoglossa platydactyla*, *Bolitoglossa rufescens*, *Ollotis valliceps*, *Smilisca baudini*; (C6) *Dendropsophus microcephala*, *Leptodactylus labialis*, *Smilisca baudini*; (P7) *Craugastor vulcani*, *Dendropsophus microcephala*, *Leptodactylus melanolotus*; (M8) *Bolitoglossa rufescens*, *Chaunus marinus*, *Ollotis valliceps*, *Leptodactylus melanolotus*, *Smilisca baudini*. Todas estas especies son consideradas importantes en el análisis de Margules para determinar cuando un área es prioritaria para su conservación.

De esta manera algunos remanentes que no abarcaron la mayor cantidad de especies raras como M8, C4 y P7 fueron considerados como prescindibles en el análisis de Margules. Los dos remanentes tipo río y caminos son mas importantes por albergar una mayor parte de especies raras y una mayor cantidad de pequeños remanentes asociados.

En el caso de los reptiles las especies consideradas como raras fueron: (R1) *Ameiva undulata*, *Anolis rodriguezi*, *Bothrops asper*, *Dendrophidion vinitor*, *Kinosternon leucostomun*,

Lampropeltis triangulum, *Leptodeira septentrionalis*, *Ninia sebae*; (R2) *Anolis rodriguezi*, *Anolis uniformis*, *Imantodes cenchoa*; (C3) *Anolis sericeus*, *Boa constrictor*, *Iguana iguana*, *Imantodes cenchoa*; (C4) *Anolis lemurinus*, *Anolis sericeus*, *Ficimia publia*, *Ninia sebae*, *Sincella cherriei*; (C5) *Anolis lemurinus*, *Anolis uniformis*, *Coniophanes fissidens*, *Iguana iguana*, *Kinosternon leucostomun*, *Leptophis ahaetulla*, *Ninia sebae*, *Tropidodipsas sartori*, *Thamnophis proximus*; (C6) *Anolis lemurinus*, *Basiliscus vittatus*, *Imantodes cenchoa*, *Leptodeira septentrionalis*, *Rhadinea decorata*, *Sincella cherriei*; (P7) *Basiliscus vittatus*, *Clelia scytalina*, *Scincella cherriei*; (M8) *Basiliscus vittatus*, *Bothrops asper*, *Corytophanes hernandezii* y *Lepidophyma tuxtlae*.

Pocas especies raras se encontraron en C3 y R2, considerándolos remanentes lineales prescindibles para reptiles. La mayor cantidad de especies raras se encontraron en los remanentes con mayor cantidad de pequeños remanentes asociados como en C5, que es un área irremplazable según el análisis de Margules y muy importante para reptiles por esa característica.

10. CONCLUSIONES

Este estudio muestra un efecto sobre la diversidad por tipo de remanente y cercanía a otros pequeños remanentes. Se confirma que los fragmentos interconectados tanto pequeños como grandes son más importantes que la cercanía a la zona núcleo ya que se encontraron especies afines a la zona núcleo de manera abundante en fragmentos lineales lejanos a ella. Es posible que algunas poblaciones si provengan de la zona núcleo (fuente de especies), pero también es posible que algunas poblaciones se encontraran establecidas en los sitios antes de la fragmentación.

Para poder decidir en cuanto a la implementación de corredores para el mantenimiento de las comunidades herpetofaunísticas en el paisaje fragmentado de “Los Tuxtlas”, en este estudio se encontró importante en anfibios, a los remanentes lineales de tipo ripario con ambientes más conservados y que contenían microhábitats de hojarasca y rocas. En reptiles fue importante la percepción de heterogeneidad encontrada en los remanentes lineales con pequeños fragmentos a lo largo de este, ocupando una mayor ocupación de microhábitats y aumentando la riqueza y diversidad.

En cuanto a las características ambientales en anfibios la precipitación y temperatura no fueron factores que propiciaran mayor abundancia; sin embargo en reptiles se encontró que las altas temperaturas determinan una mayor abundancia.

En general el efecto de los corredores biológicos en los anfibios y reptiles, podría verse a largo plazo dada la poca vagilidad de estas especies, la ocupación de los corredores estaría dada por paulatinos avances de las poblaciones en dichos territorios (corredores pasivos).

Es necesario un muestreo más exhaustivo en los tres grupos: 1) Especies con un posible ciclo de vida completo, 2) Especies comunes que circulan a través de los remanentes lineales y 3) Especies raras restringidas en el trayecto tocando un fragmento pequeño del remanente, que contemple dispersión a través de los remanentes para determinar aquellas especies con uso de los remanentes lineales como corredores biológicos activos.

LITERATURA CITADA

- Alford, R. A. y S. J. Richards. 1999. Global Amphibian Declines: A Problem in Applied Ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 30: 133-165.
- Arriaga, L., L. M. Espinosa, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (Coordinadores). 2000. *Regiones prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 609 p.
- Atauri, J. A. 2001. The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecology*. 16: 147-159.
- Beeby, A. 1994. *Applying Ecology*. Ed. Chapman & May. G. Brit. pp. 200-241.
- Begon M., C.R. Townsend y J.L. Harper. 2006. *Ecology from individuals to Ecosystems*. 4a. Edición. Blackwell Publishing. United Kindom. 738pp.
- Beier, P. y R. F. Noss. 1998. Do habitat corridors provide connectivity?. *Conservation Biology* 12: 1241-1252
- Beier, P. y S. Lowe. 1992. A checklist for evaluating impacts to wildlife movement corridors. *Wildlife Society Bulletin*. 20: 434-440.
- Brown, J.H. 2003. *Macroecología*. Fondo de Cultura Económica. México. 397pp.
- Burbrink, F. T., C. A. Phillips y E. J. Heske. 1998. A riparian zone in southern Illinois as a potential dispersal corridor for reptiles and amphibians. *Biological Conservation*. 86: 107-115.
- Buzas, M.A. y L.A. Hayek 1996. Biodiversity resolution: an integrated approach. *Biodiversity Letters*, 3 (2): 40-43.
- Cabrera G. E. 2005. *Estructura de las comunidades de anfibios y reptiles en fragmentos pequeños de bosque tropical, perennifolio de los Tuxtlas, Veracruz*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Biología. UNAM. pp. 134.

- Carr, L. W. 1999. The impact of vehicular traffic on two frog populations of differing vagility, *Rana pipiens* and *Rana clamitans*. Tesis de Maestría en Ciencias. Faculty of Graduate Studies, Carleton University Ottawa. Ottawa. Canadá. 46pp.
- Carr, L. W. y L. Fahrig. 2001. Effect of Road Traffic on Two Amphibian Species of Differing Vagility. *Conservation Biology* 15 (4): 1071–1078.
- Cochran, W. G. 1950. The comparison of percentages in matched samples. *Biometrika* 37: 256-266.
- Colwell, R. K. 2004. Estimates 7. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Sample. Web site: viceroy.eeb.uconn.edu/estimates.
- Danielson, B. J., M. W. Hubbard. 2000. The influence of corridors on the movement behavior of individual *Peromyscus polionotus* in experimental landscapes. *Landscape Ecology*. 15: 323-331.
- De Lima, M. y C. Gascon. 1999. The conservation value of linear forest remnants in central Amazonia. *Biological Conservation*. 91: 241-247.
- Diario Oficial del 6 de marzo. 2002. NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Dirzo, R, E. González y R. Vogt. 1997. Introducción general. Pág. 3-6. en: (González S. E., R. Dirzo, R. Voght eds.) *Historía natural de los Tuxtlas*. U.N.A.M. México D.F.
- Downes, S. J., K. A. Handasyde y M. A. Elgar. 1997. Variation in the use of corridors by introduced and native rodents in south-eastern Australia. *Biological Conservation*, 82: 379-383.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada y D. Merrit. 1993. Bat species richness and abundance in tropical rain forest fragments and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, México. *Ecography* 16:309-318.
- Estrada, A. y R. Coates-Estrada. 2001. Bat species richness in live fences and in corridors of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, México. *Ecography* 24: 94-102.

- Faivovich J., C. Haddad y P. García., D. Frost, J. Campbell y W. Wheeler. 2005. Systematic Review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: Phylogenetic analysis and taxonomic revision. Bulletin American Museum of Natural History. Nueva York, EUA. No. 294: 1-240.
- Flores-Villela O., F. Mendoza y G. González. 1995. Recopilación de Claves para la determinación de Anfibios y Reptiles de México. Publicación Especial del Museo de Zoología, 10: 1-285. U.N.A.M. México.
- Flores-Villela O. y L. Canseco-Marquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la Herpetofauna de México. Acta Zoológica Mexicana, 20 (2): 115-144.
- Frost, D. R., T. Grant, Faivovich J. *et al.* 2006. Bulletin American Museum of Natural History. Págs. 297-370. Nueva York. EUA
- Gaston, K.J. 1994. Rarity. London: Series 13. Chapman & Hall. 117-124
- Gibbs, J.P. 1998. Genetic structure of redback salamander *Plethodon cinereus* populations in continuous and fragmented forests. Biological Conservation 86 (1): 77-81.
- Gilbert, F., A. González y I. I. Evans-Freke. 1998. Corridors maintain especies richness in the fragmented landscapes of a microecosystem. Proceedings of the Royal Society of London. 265: 577-582.
- Gotelli N.J. y R.K. Collwell 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecology Letters, 4 (4): 379-391.
- Guevara, S., J. Laborde, D. Liesenfeld y O. Barrera. 1997. Potreros y Ganadería. Págs. 43-58 en: (González S. E., R. Dirzo, R. Voght eds.) Historia natural de los Tuxtlas. U.N.A.M. México
- Hager H. A. 1998. Area- sensitivity of reptiles and amphibians: Are there indicator species for habitat fragmentation?. Ecoscience, 5 (2): 139-147.
- Hanski, I. y M. Gilpin. 1991. Metapopulation dynamics: Brief history and conceptual domain. Biological Journal of the Linnean Society, 42 (1-2): 3-16.

- Hernández, G. M. 1996. Comparación entre la diversidad herpetológica del interior y borde de una selva alta perennifolia de la región de los Tuxtlas, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. México.
- Hernández, O. O. 2005. Comparación de las comunidades de anfibios y reptiles entre zonas altas y bajas en la Estación de Biología UNAM, Veracruz. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F. 90 pp.
- Hudgens, B. y N. Haddad. 2003. Predicting which Species will benefit from corridors in Fragmented Landscapes from population growth models. *The American Naturalist* 165 (5): 808-820.
- Ibarra-Manríquez, G. 1988. The palms of a tropical rain forest in Veracruz, México. *Principles*, 32: 147-155.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological Methodology*. University of British Columbia. Harper & Row Publishers, New York. 654 pp.
- Laurance, S.G. y W. F. Laurance. 1999. Tropical wildlife corridors: use of linear rainforest remnants by arboreal mammals. *Biological Conservation*, 91: 231-239.
- Laurie, W. C. y L. Fahrig. 2001. Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. *Conservation Biology*. 15(4): 1071-1078.
- Lee, J. 1996. *The Amphibians and Reptiles of the Yucatán Peninsula*. Comstock Publishing Associates. U.S.A.
- Lindman, H. R. 1974. *Analysis of variance in complex experimental designs*. San Francisco: W. H. Freeman & Co. 531pp.
- Lips, K.R. 1998. Decline of Tropical Montane Amphibian Fauna. *Conservation Biology*. February 1998. 12(1): 106-117.
- Lloyd, M y R. J. Ghelardi. 1964. A table for calculating the "equitability" component of species diversity. *Journal of Animal Ecology*, 33: 217-255.

- Lomolino, M. V. 1989. "Bioenergetics of cross-ice movements by *Microtus pennsylvanicus*, *Peromyscus leucopus*, and *Blarina brevicauda*". *Holarctic Ecology* 12: 213-218.
- Machuca-Barbosa, W.L. y Reynoso-Rosales, V.H. 2004. Estudio sobre la comunidad herpetofaunística de un antiguo fragmento de selva aislado: El Cerro del Borrego en Montepío, Veracruz, México. Resúmenes VIII reunión nacional de herpetología. UJAT, Tabasco, México. Página 29.
- MacArthur, R. H. y E. O. Wilson. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution*. 17: 373- 378
- MacArthur, R.H. 1967. *The theory of island biogeography*, Princeton University Press, Princeton.
- Magurran EA. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Australia: Croom Helm, 179 pp.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing. United Kingdom. 256 pp.
- Margules, C.R., R.L. Pressey y P.H. Williams. 2002. Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation. *Journal of Biosciences*. 27(4): 309-326.
- McAleece, N., 1997. Biodiversity professional beta 1. Version 2. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science. <http://www.nhm.ac.uk/zoology/bdpro>
- Mena-Correa, A.L. y Reynoso-Rosales V.H. 2004. Evaluación de la comunidad herpetofaunística en dos remanentes de selva medianamente alterados, cercanos a la estación de biología de Los Tuxtlas, Veracruz. En: Resúmenes VIII reunión nacional de herpetología. UJAT, Tabasco, México. p. 30
- Merriam G. 1991. Are corridors necessary for the movement of biota? En: Saunders D.A. and Hobbs R.J., *Nature Conservation 2: The Role of Corridors*. Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, Sydney, Australia. pp. 406–407.

- Miranda, F. y E. Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 28: 29-178.
- Mönkkönen, M. y M. Mutanen. 2003. Occurrence of Moths in Boreal Forest Corridors. Conservation Biology, 17: 468-475.
- Morales-Mávil, J., M. Hernández-González y O. Bravo-Mendez. 2001. Biomasa de Reptiles en un borde de selva de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Foresta Veracruzana 3(2): 25-30.
- Moreno, C. E. 2000. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Veracruzana. México. 85 pp.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. Trends in Ecology and evolution. 10:58-62.
- New, T.R. 2000. Conservation Biology. An introduction for Southern Australia. Oxford. Victoria Australia. 422 pp.
- Oliver, L. 2000. Estado actual del género *Bufo* (Familia Bufonidae) en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR). Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. México.
- Pawar, S. 1999. Effect of habitat alteration on herpetofaunal assemblages of evergreen forest in Mizoram, Northeast India. Wildlife Institute of India Dehra Dun. 50 pp
- Peet, R.K. 1974. The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics. 5: 285-307, Annuals Reviews, Palo Alto, Ca., U.S.A.
- Pérez-Higareda, G. y Smith H. 1991. Ofidiofauna de Veracruz. Análisis Taxonómico y Zoogeográfico. Publicación Especial del Instituto de Biología, Vol. 7. U.N.A.M.
- Primack, R.B. 1993. Essentials of conservation Biology. Sinauer Associates, Inc. Sunderland Massachusetts. USA. 548pp.
- Pulliam, H.R. 1988. Sources, sinks, and population regulation. American Naturalist 132: 652-661.

- Ramirez-Bautista, A. y A. Nieto-Montes de Oca. 1997. Ecogeografía de anfibios y reptiles. En: (González S. E., R. Dirzo, R. Voght eds.) Historia natural de los Tuxtlas. U.N.A.M. México D.F. Págs. 523- 532
- Rayn, D. 2001. Qué tan frágiles son nuestras Áreas Naturales Protegidas. Especies: Revista sobre Conservación y Biodiversidad. 10 (6): 19-23.
- Reynoso, R. y O. Barreto 1999. Propuesta de lineamientos para el desarrollo de estudios de diversidad herpetofaunística comparables. Memorias XV Congreso Nacional de Zoología y VII Reunión nacional de malacología y conquiliología. Tepic, Nayarit, México. p.147
- Salvatore, O.O. y V.H. Reynoso Rosales. 2004. Diagnóstico de las comunidades de Anfibios y Reptiles en la selva fragmentada de Los Tuxtlas. Resúmenes VIII reunión nacional de herpetología. UJAT, Tabasco, México. Página 31.
- Sánchez, O. 2000. Conservación y manejo de anfibios y reptiles: métodos técnicas. En: (Sánchez, O., M. del C. Donovarros-Aguilar y J. E. Sosa-Escalante, eds.) Conservación y Manejo de Vertebrados en el Trópico de México: Diplomado en conservación, manejo y aprovechamiento de vida silvestre. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Saunders, D. y R. Hobbs. 1991. Nature conservation 2: The role of corridors. Surrey Beaty & Sons. Australia: 421-427.
- Schlaepfer, M. A. y T. A. Gavin. 2001. Edge effects on lizards and frogs in tropical forest fragments. Conservation Biology, 15(4): 1079-1090.
- Schoener, T., y D. Spiller. 1992. Is extinction rate related to temporal variability in population size? An empirical answer for orb spiders. American Naturalist 139:1176-1207.
- Scrocchi, G. y S. Kretzscmar. 1996. Guía de métodos de captura y preparación de anfibios y reptiles para estudios científicos y manejo de colecciones herpetológicas. Miscelánea 102. Ulrich´s Internacional Periodicals Directory. Fundación Miguel Lillo. Argentina. 44pp.
- Simberloff, D., J. Cox y D. Mehlman. 1992. Movement Corridors: Conservation Bargains or Poor Investments? Conservation Biology, 6: 493-504.

- Soberón, M.J. y B.J. Llorente, 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*. 7: (3), pp. 480-488.
- Soto, M. y Gama L. 1997. Climas. En: (González, E., R. Dirzo, R. Vogt, eds.) *Historia Natural de los Tuxtlas*. UNAM. México D.F Pp. 7-23.
- Soulé, M. y Gilpin M. 1991. The theory of wildlife corridor capability. *Nature Conservation 2: The role of corridors*. Surrey Beaty & Sons. Australia. pp 3-8.
- StatSoft, 2001. STATISTICA data analysis software system. Versión 6.0.
- Stuart, L.C., 1948. The amphibians and reptiles of Alta Verapaz, Guatemala. *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan* 69: 1-109.
- Urbina-Cardona, J. N. y M. C. Londoño-M. 2003. Distribución de la Comunidad de Herpetofauna asociada a cuatro áreas con diferente grado de perturbación en la Isla Gorgona, Pacífico Colombiano. *Revista Académica Colombiana de Ciencias* 27 (102): 105-113.
- Urbina-Cardona, J.N., V.H. Reynoso-R. 2005. Capítulo 15: Recambio de Anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior en Los Tuxtlas, Veracruz, México. En: *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Editores Halffter G., Soberón J., et. al. CONABIO.
- Urbina-Cardona J.N., M. Olivares-P y V.H. Reynoso-Rosales. 2006. Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture-edge-interior ecotone in tropical rainforest fragments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, Mexico. *Biological Conservation* 132: 61-75.
- Voght R. C., J.L. Villareal Benitez y G. Perez-H. 1997. Lista Anotada de Anfibios y Reptiles. En: *Historia Natural de los Tuxtlas*. Editores: González, E., R. Dirzo, R. Vogt. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 647pp.
- Watson, J. 1991. The Seychelles Paradise Flycatcher *Terpsiphone corvina*: population size, habitat requirements and management options. *Bird Conservation International*. 1: 107-122.

- Wilcove, D.S., P.D. Doerr y A.P. Dodson. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. En: Soulé M.E. Editor: Conservation Biology: the science of scarcity and diversity. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts: 237-256.
- Wilcox, B. A. y D. D. Murphy. 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. The American Naturalist. 125; 879-887.
- Williams-Linera, G. y V. Domínguez-Gastelu. 1998. Microenvironmental and Floristics of different edges in a fragmented tropical rainforest. Conservation Biology. 12 (5): 1091-1102 pp.
- Zar, J. H. 1996. Biostatistical analysis. Prentice Hall. USA. 662 pp.

APÉNDICES

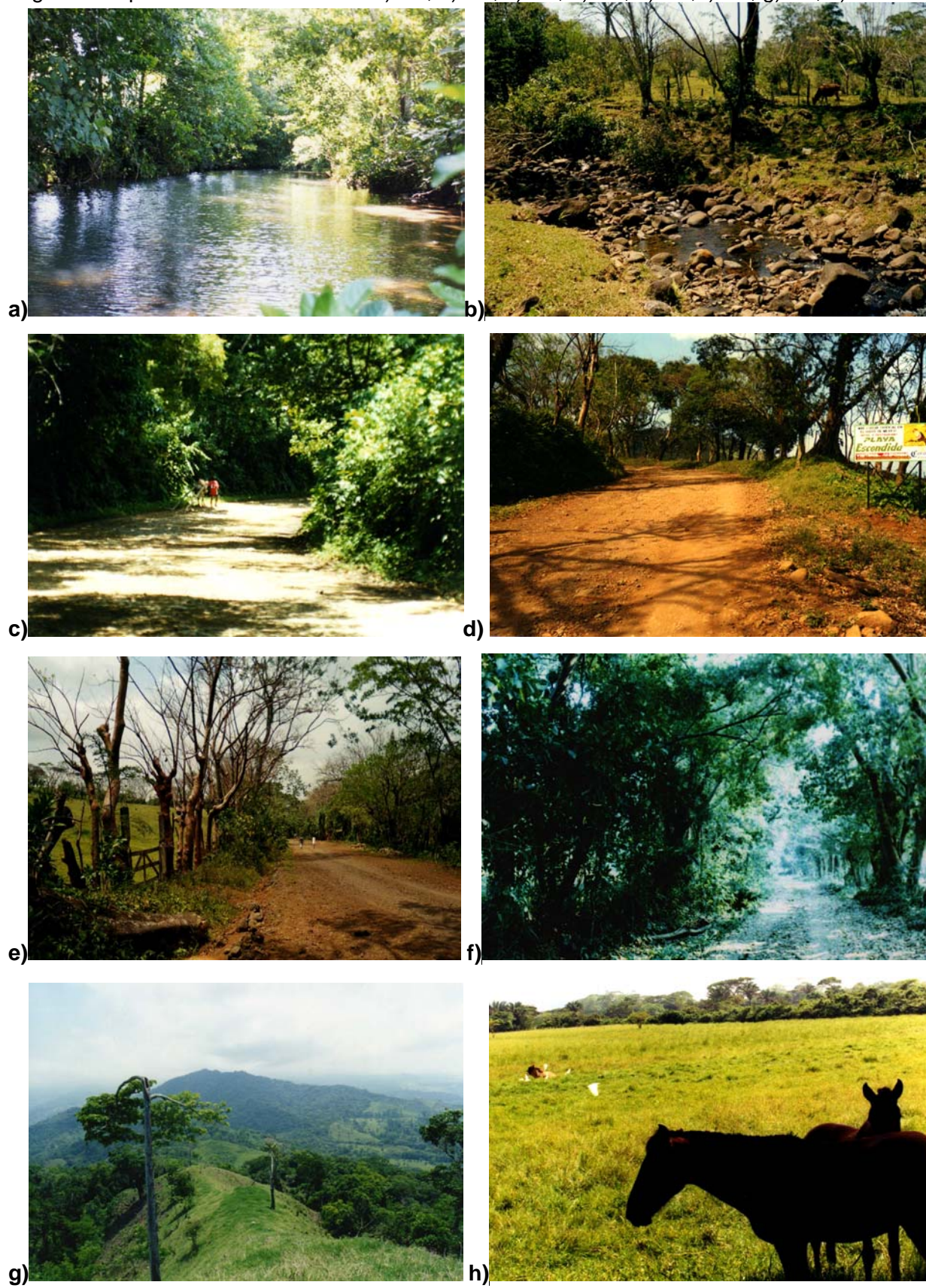
Apéndice 1. Claves de las especies de anfibios. Categorías de riesgo NOM 059: Pr= Protección especial; Categorías de riesgo UICN EN= en peligro; VU= vulnerable; NT= casi amenazado; LC= preocupación menor Nombre anterior de la especie.

	Clave	NOM 059	IUCN	Endémica	Nombre anterior
<i>Bolitoglossa alberchi</i>	BA				
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>	BP	Pr	NT		
<i>Bolitoglossa rufescens</i>	BR		LC		
<i>Chaunus marinus</i>	CM				<i>Bufo marinus</i>
<i>Craugastor loki</i>	CL		LC		<i>Eleutherodactylus rhodopis</i>
<i>Craugastor vulcani</i>	CV		EN		<i>E. vulcani</i>
<i>Dendropsophus microcephalus</i>	DM				<i>Hyla microcephala</i>
<i>Gastrophryne elegans</i>	GE				
<i>Hyalinobatrachium fleischmani</i>	HF				<i>Centrolenella fleischmani</i>
<i>Leptodactylus fragilis</i>	LF		LC		<i>Leptodactylus labialis</i>
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	LM				
<i>Lithobates berlandieri</i>	LB	Pr	LC		<i>Rana berlandieri</i>
<i>Lithobates vaillanti</i>	LV		LC		<i>Rana vaillanti</i>
<i>Ollotis cavifrons</i>	OC	Pr	EN	X	<i>Bufo cavifrons</i>
<i>Ollotis valliceps</i>	OV		LC		<i>Bufo valliceps</i>
<i>Pseudoeurycea orchimelas</i>	PO	Pr	EN		
<i>Smilisca baudini</i>	SB				
<i>Syrrhophus leprus</i>	SL				

Apéndice 2. Claves de las especies de reptiles. Categorías de riesgo NOM 059: A= Amenazada Pr= Protección especial; Categorías de riesgo UICN EN= en peligro; VU= vulnerable; NT= casi amenazado; LC= preocupación menor; Nombre anterior de la especie.

	Clave	NOM 059	IUCN	Endémica	Nombre anterior
<i>Ameiva undulata</i>	An				
<i>Anolis lemurinus</i>	Al				
<i>Anolis rodriguezii</i>	Ar				
<i>Anolis sericeus</i>	As				
<i>Anolis uniformis</i>	Au				
<i>Basiliscus vittatus</i>	Bv				
<i>Boa constrictor</i>	Bc	A			
<i>Bothrops asper</i>	Ba				
<i>Clelia scytalina</i>	Cs				
<i>Coniophanes fissidens</i>	Cf				
<i>Corytophanes hernandezii</i>	Ch				
<i>Ctenosaura acanthura</i>	Ca			X	
<i>Dendrophidion vinitor</i>	Dv				
<i>Fiscimia publia</i>	Fp				
<i>Iguana iguana</i>	Ii	Pr			
<i>Imantodes cenchoa</i>	Ic				
<i>Kinosternon leucostomum</i>	Kl	Pr			
<i>Lampropeltis triangulum</i>	Lt	A			
<i>Lepidophyma pajapanensis</i>	Lp	Pr		X	
<i>Lepidophyma tuxtlae</i>	Lx	Pr		X	
<i>Leptodeira septentrionales</i>	Ls				
<i>Leptophis ahaetulla</i>	La				
<i>Ninia sebae</i>	Ns				
<i>Rhadinea decorata</i>	Rd				
<i>Sceloporus variabilis</i>	Sv				
<i>Sphenomorphus cherriei</i>	Sc				
<i>Thamnophis proximus</i>	Tp	A			
<i>Tropidodipsas sartori</i>	Ts	Pr			<i>Sibon sartori</i>

Apéndice 3. Fotografías de los remanentes lineales donde se muestran los tipos de cercos de vegetación que fueron muestreados: a) R1, b) R2, c) C3, d) C4, e) C5, f) C6, g) P7, h) M8.



Fotografías: Marcela Villar-Rodríguez