



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTUDIO DE LA COMUNIDAD DE ANFIBIOS Y REPTILES EN
DOS REMANENTES MEDIANAMENTE ALTERADOS,
ADYACENTES AL MACIZO DE SELVA EN LA RESERVA DE LA
BIOSFERA “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

ANA LILIA MENA CORREA



DIRECTOR DE TESIS: DR. VÍCTOR HUGO REYNOSO ROSALES

MÉXICO, D.F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatoria:

A mis padres y hermanas

A la Selva de Los Tuxtlas y a mi querida UNAM

*Las cosas que no sepas por tí en realidad no las sabes.
B. Brecht*

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirme las puertas al conocimiento y de la vida, por permitirme querer a mi país. Por los profesores y alumnos valientes e invaluable que luchan día a día por ser mejores personas y hacer de esta gran casa de estudios, la mejor.

Agradezco el apoyo financiero del 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”.

AGRADECIMIENTOS:

A mi asesor Víctor Hugo Reynoso, por su paciencia, oportunidad y apoyo para iniciar y terminar este proyecto.

A mis sinodales, por sus acertados comentarios y porque que sin ellos no hubiera sido posible la finalización de este trabajo: Dr. Jaime Vega Zúñiga, Biol. Adriana González, M.C. Eduardo Pérez y Biol. Omar Hernández.

A mi mamá por su fortaleza inagotable, por ser mí guía y darme siempre su apoyo más que incondicional. A Pablo por ser mi alegría más sincera y constante de estos tres años. A Vincent por su cariño y perseverancia en estos largos años.

A mis compañeros de la CNAR: Oscar Salvatore, Elisa Guzmán, al colombiano Dr. Nicolás Urbina por su conocimiento y alegría constantes, a Hunab, Robert, Wendoli, Eugenia, José Ávila, Martín y al Sr. Armando Borgonio por toda su amabilidad.

A Arturo Romo y Henry Carmona quienes me brindaron su valiosa ayuda en los muestreos, a la familia Organista y a la familia Ramos por su inigualable hospitalidad

Muy especialmente a mis entrañables amigos Marchela, Wendy y Omar por este recorrido junto de experiencias inolvidables, por su ayuda constante, por pertenecer a una etapa de mi vida inigualable y por hacer de los Tuxtlas un lugar muy especial.

A Mariluz y Yamel por saberlas siempre a mi lado, por su confianza y apoyo total, su alegría, paciencia, complicidad, comprensión, por sus regaños y consejos siempre tan sinceros. A Edgar Morales y Luis Eduardo por ser mis confidentes más fieles y guías en momentos en donde la duda y la falta de seguridad invadieron mi camino académico, por estar siempre a pesar del tiempo y la distancia que a veces nos separan.

A Enrique, gracias por toda tu comprensión, seguridad y paciencia en este proceso final, por tu entrega y por cada palabra de alivio y apoyo que me diste en el momento justo.

Gracias a Jacsani y Norma Albarrán por ser como son y por regalarme alegrías inesperadas. A Iván Martínez por su sencillez, confianza, apoyo y por estar en momentos difíciles y desesperanzadores que alguna vez tuve, a Alejandro Cisneros por su confianza y comentarios siempre tan precisos y llenos de claridad, a Ahmed por creer siempre en mí. Al inigualable Sr. José León, a Noé Pacheco, Beto, Nubia, Norma Yvette, a Mónica Salmerón por su compromiso constante con la vida y por enseñarme otra visión más humana de la

herpetología. Gracias a cada uno de ustedes por brindarme una parte invaluable de su vida y por regalarme las mejores experiencias.

A todas las personas que olvidé mencionar pero que me apoyaron de una u otra forma a seguir mi camino, de verdad gracias, muchas gracias a todos.

ÍNDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Fragmentación	3
1.2 Comunidades	6
II. ANTECEDENTES	11
2.1 Importancia de Los Tuxtlas	11
2.2 Fragmentación en Los Tuxtlas	12
2.3 Herpetofauna de Los Tuxtlas	13
2.4 Fragmentación en comunidades herpetofaunísticas	16
III. OBJETIVOS	18
3.1 Objetivo general	18
3.2 Objetivos particulares	18
IV. HIPÓTESIS	19
V. ÁREA DE ESTUDIO	20
5.1 Descripción del área de estudio	20
5.1.1 Geología y suelos	21
5.1.2 Clima	21
5.1.3 Vegetación	22
5.2 Sitios de estudio: remanentes y zona conservada	23
VI. MÉTODO	26
6.1 Revisión de especies	26
6.2 Trabajo de campo	26
6.3 Trabajo de laboratorio	27
6.4 Análisis de datos	28
6.4.1 Riqueza	28
6.4.2 Abundancia	30

6.4.3 Diversidad	30
6.4.4 Diversidad beta	32
6.4.5 Estadios de vida	33
6.4.6 Temperatura y precipitación	33
VII. RESULTADOS	35
7.1 Esfuerzo y éxito de captura	35
7.2 Composición	35
7.3 Riqueza	38
7.3.1 Estimadores	39
7.3.2 Análisis de riqueza	42
7.4 Abundancia	46
7.4.1 Variación temporal de la abundancia.....	54
7.5 Diversidad	58
7.6 Diversidad Beta	62
7.6.1 Similitud de zonas.....	62
7.6.2 Complementariedad	66
7.7 Estadios de vida	67
7.8 Temperatura y precipitación	70
VIII. DISCUSIÓN	72
IX. CONCLUSIONES	91
X. LÍTERATURA CITADA	93
XI. APÉNDICES	104
Apéndice 1	104
Apéndice 2	105
Apéndice 3	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Consecuencias a nivel físico y biogeográfico por efecto de la alteración del paisaje	4
Figura 2. Proceso de deforestación en Los Tuxtlas	12
Figura 3. Ubicación geográfica de la región de Los Tuxtlas, Veracruz y de la Estación de Biología de Los Tuxtlas	20
Figura 4. Ubicación de las zonas de estudio en Los Tuxtlas, Veracruz	25
Figura 5. Estimadores ICE y Chao 2 aplicados a las especies de anfibios	39
Figura 6. Estimadores ICE y Chao 2 aplicados a las especies de reptiles	41
Figura 7. Análisis de Mao-Tau para anfibios	42
Figura 8. Análisis de Mao-Tau para reptiles	42
Figura 9. Variación de riqueza en anfibios durante un año de muestreo	45
Figura 10. Variación de riqueza en reptiles durante un año de muestreo	46
Figura 11. Modelo de distribución de abundancia para anfibios y para cada sitio	50
Figura 12. Modelo de distribución de abundancia para reptiles y para cada sitio	51
Figura 13. Acumulación de individuos de anfibios por horas muestreadas	52
Figura 14. Acumulación de individuos de reptiles por horas muestreadas	52
Figura 15. Medidas de tendencia central de la riqueza de anfibios	53
Figura 16. Medidas de tendencia central de la riqueza de reptiles	54
Figura 17. Variación de abundancia en anfibios	55
Figura 18. Variación de abundancia en reptiles	56
Figura 19. Medidas de tendencia central de la abundancia de anfibios	57
Figura 20. Variación anual de los índices de diversidad y dominancia en reptiles	58
Figura 21. Variación temporal de las medidas de tendencia central de la diversidad en anfibios	60
Figura 22. Variación temporal de las medidas de tendencia central de la diversidad en reptiles	62
Figura 23. Cluster de Jaccard para la herpetofauna	63
Figura 24. Cluster de Jaccard para anfibios	63
Figura 25. Cluster de Jaccard para reptiles	64
Figura 26. Variación anual de los estadios de vida de anfibios en Playa Escondida, Rancho el Rocío y Lote 67	68
Figura 27. Variación anual de los estadios de vida de reptiles en Playa Escondida,	69

Rancho el Rocío y Lote 67

Figura 28. Correlación de Spearman de la abundancia y temperatura de reptiles en L67 71

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución total por familia, género y número de especies de anfibios y reptiles	35
Cuadro 2. Familias, géneros y especies de anfibios registradas en las zonas de estudio	36
Cuadro 3. Familias, géneros y especies de reptiles registradas en las zonas de estudio	37
Cuadro 4. Riqueza por grupo taxonómico de anfibios y reptiles	38
Cuadro 5. Análisis de totalidad para anfibios	39
Cuadro 6. Análisis de totalidad para anfibios por sitio	40
Cuadro 7. Análisis de totalidad para reptiles	40
Cuadro 8. Análisis de totalidad para reptiles por sitio	41
Cuadro 9. Especies únicas de anfibios y reptiles de Playa Escondida, “Rancho el Rocío” y Lote 67	43
Cuadro 10. Riqueza de anfibios y reptiles por grupo taxonómico durante un año	44
Cuadro 11. Descripción de valores de abundancia en anfibios y reptiles	47
Cuadro 12. Número de individuos registrados por especie de anfibios en los sitios	48
Cuadro 13. Número de individuos registrados por especie de reptiles en los sitios	49
Cuadro 14. Abundancia de anfibios y reptiles por grupo taxonómico durante un año	54
Cuadro 15. Índices de diversidad (H') y dominancia (d) de anfibios	58
Cuadro 16. Valores anuales de los índices de diversidad (H') y dominancia (d) de anfibios	59
Cuadro 17. Índices de diversidad (H') y dominancia (d) de reptiles	60
Cuadro 18. Valores anuales de los índices de diversidad (H') y dominancia (d) de reptiles	61
Cuadro 19. Reemplazo de especies de anfibios y reptiles	65
Cuadro 20. Valores de complementariedad de anfibios y reptiles	66
Cuadro 21. Especies únicas de anfibios y reptiles	67
Cuadro 22. Estadios de vida de la herpetofauna	67
Cuadro 23. Correlación de Spearman (r_s) entre las abundancias de anfibios y urodelos	70
Cuadro 24. Correlación de Spearman (r_s) en reptiles, lagartijas y serpientes	71

Resumen

En el presente estudio se comparó la estructura de las comunidades de anfibios y reptiles entre dos remanentes contiguos con la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Ver. El muestreo fue realizado en tres zonas de selva alta perennifolia: dos remanentes llamados Playa Escondida (PE) y Rancho "El Rocío" (RR), rodeados por pastizales, potreros, acahuales y una zona control conservada (Lote 67) de la Estación. Las tres zonas se encuentran entre los 0 y 600 msnm.

Se registraron 41 especies, de las cuales 18 pertenecen a anfibios y 23 a reptiles, con un total de 1733 individuos registrados.

La mayor riqueza de anfibios se obtuvo en la zona conservada L67 con 14 especies y en reptiles en el remanente RR con 17 especies. Los análisis de riqueza de especies de Mao-Tau y la prueba no paramétrica de Q de Cochran, demostraron que no existen diferencias entre la riqueza de especies de los remanentes y la zona conservada.

A nivel temporal, los valores más altos de riqueza de anfibios fueron en octubre-noviembre, mientras que en reptiles, fue en agosto; y la menor se presentó en diciembre-enero en ambos grupos. En cada sitio se encontraron de 4 a 6 especies únicas.

Las especies más abundantes fueron *Craugastor loki*, *C. berkenbuschii* y *Anolis uniformis*, tanto en los remanentes como en la zona conservada, con abundancias equiparables. También representaron del 50% al 75% dentro de la comunidad. El análisis de varianza para las abundancias, mostró que no existen diferencias significativas entre los tres sitios. En el caso de los reptiles, la variación anual mostró un patrón de menor a mayor abundancia en el mes de agosto. El índice de Shannon-Wiener más alto fue en la zona conservada (L67), con $H' = 1.36$ para anfibios y $H' = 1.42$ para reptiles. El análisis estadístico de diversidad mostró que no existen diferencias entre el sitio conservado y los dos remanentes. Con respecto a la diversidad beta, el análisis de Jaccard mostró que existe mayor similitud de la comunidad de anfibios entre L67-RR y en el caso de reptiles, la mayor similitud de especies fue entre L67-PE.

Finalmente, los resultados indicaron que a pesar de la fuerte fragmentación que presenta la región de Los Tuxtlas, estos dos remanentes son capaces de mantener la riqueza y diversidad de la herpetofauna en condiciones similares a la zona conservada (L67).

I. INTRODUCCIÓN

Las zonas tropicales albergan gran diversidad de especies a nivel local y regional, la cual es reconocida ampliamente a nivel mundial (Dirzo, 2004). A pesar de que las selvas tropicales húmedas ocupan del 7 al 12% de la superficie global (Dirzo, 1991), su diversidad de especies es quizá uno de los parámetros principales que permiten medir el efecto directo o indirecto de las actividades humanas en estos ecosistemas (Aguilar *et al.*, 2000). Sin embargo, los bosques tropicales están dejando de existir rápidamente por la deforestación.

En la década de los años 90 la pérdida global fue de 21 millones de hectáreas anuales, y una cuarta parte fue exclusivamente por extracción maderera (Dirzo, 2004). En América Latina, la pérdida estimada por deforestación fue de 10 millones de hectáreas anuales (Laurance, 1999; Ortega, 2001; Dirzo, 2004). En México la situación es similar, las zonas tropicales húmedas, que comprenden en su mayor parte los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz son habitadas por casi 6 millones de personas. Haciendo un cálculo, para el año 2020 los bosques tropicales podrían desaparecer y se calcula que para el estado de Veracruz, hasta el año de 1993, las tasas anuales de deforestación fueron de casi 2% con respecto a la cobertura vegetal total del estado (Ortega, 2001). Debido a las altas tasas de deforestación en las últimas décadas se ha incrementado la llamada “crisis de la biodiversidad” (FAO, 1997; Laurance, 1999; Aguilar *et al.*, 2000; Dirzo, 2004), la cual se refiere principalmente a las consecuencias directas e indirectas sobre la diversidad y una de ellas es la fragmentación del hábitat.

1.1 Fragmentación

La teoría de Biogeografía de Islas de MacArthur y Wilson (1967) plantea que la riqueza de especies de una isla es el resultado de dos procesos dinámicos: la inmigración de nuevos individuos y la extinción de poblaciones, la cual antepone un control de organización espacial del medio sobre los procesos ecológicos (Saunders *et al.*, 1991). Con base en ésta, el concepto de fragmentación se ha definido como la modificación del paisaje o división del hábitat continuo, que implica la conversión de grandes áreas de vegetación natural en pequeñas porciones o islas de vegetación natural separadas y aisladas, lo cual afecta de manera negativa la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas (Saunders *et al.*, 1991; Collinge, 2001; Aguilar *et al.*, 2000; Fahring, 2003). Sin embargo, este proceso de fragmentación no es al azar ya que los sitios más vulnerables son los que presentan fácil acceso, topografía poco accidentada, suelos fértiles y con frecuencia, mayor riqueza biológica (Primack, 1993; Dirzo, 2004).

Las actividades humanas han sido y siguen siendo el principal factor que propicia la pérdida del hábitat, debido a la deforestación y al cambio de uso de suelo como: la ganadería, agricultura, el sobrepastoreo y la construcción de viviendas, caminos y carreteras (Lawrence y Bierregaard 1997; Gibbs, 1998; Parris, 1999; Dirzo y Mendoza 1999; Arroyo *et al.*, 2003; Weyrauch y Grubb, 2004,). Estas actividades producen cambios bióticos y abióticos, así como biogeográficos que se resumen en dos factores del paisaje: el microclima y el aislamiento geográfico, respectivamente (Figura 1) (Saunders *et al.*, 1991; Mas y Correa-Sandoval, 2000).

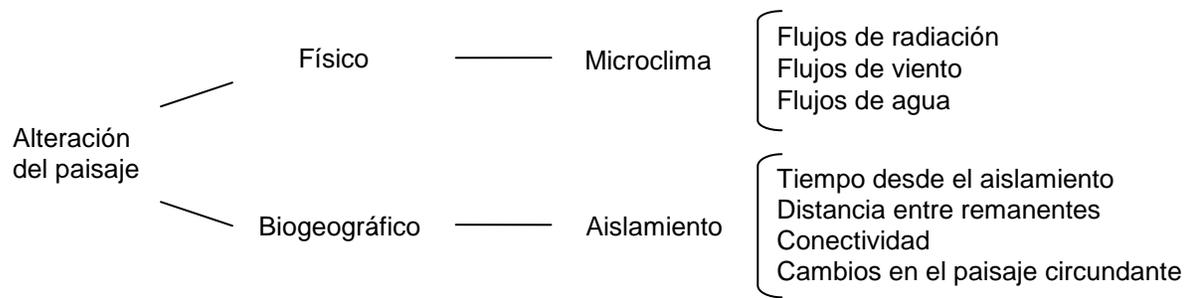


Figura 1. Consecuencias a nivel físico y biogeográfico de la alteración del paisaje (Saunders et al, 1991)

La pérdida del hábitat y la subsecuente modificación del paisaje, tienen efectos importantes sobre las poblaciones y la diversidad de las comunidades vegetales y animales (Alford y Richards, 1999). Algunas de las consecuencias de la fragmentación es su efecto sobre los factores físicos de remanentes como son (Saunders *et al.*, 1991):

- a) Los flujos de radiación que influyen en el balance de energía, especialmente en zonas donde antes de una perturbación la cobertura vegetal era densa (Saunders *et al.*, 1991). Por ejemplo, en los claros de luz de zonas remanentes la radiación solar aumenta la temperatura durante el día, y también influye en la fauna directa e indirectamente a través de la alteración en la disponibilidad de sus recursos.
- b) El cambio en los flujos de vientos puede aumentar la desecación, las barreras de árboles y disminuir la humedad, también puede acarrear otras especies de plantas no nativas y de insectos polinizadores.
- c) Después de la modificación del paisaje se alteran los flujos y captación de agua, lo que promueve el decremento de la humedad y el incremento de la

desecación, se incrementa la erosión del suelo, así como el reemplazo y ausencia de determinadas especies.

Los cambios de tipo biogeográfico que promueven la fragmentación del paisaje, se ven reflejados en el aislamiento de la biota tanto geográfica como genéticamente, así como en la defaunación y la desaparición parcial o total de las comunidades (Estrada y Coates-Estrada, 1994). Este tipo de cambios son (Saunders *et al.*, 1991; Laurance, 1999):

- a) El tiempo de aislamiento que afecta de diferente forma a los taxa, ya sea por su densidad poblacional, vagilidad o dependencia de la vegetación nativa.
- b) La distancia entre remanentes influye en la capacidad de las especies para colonizar, desplazarse o dispersarse a otras áreas o fragmentos, dependiendo de factores físicos y abióticos.
- c) La conectividad que está asociada con la distancia entre sitios y el enlace de los mismos corredores, que promueve el flujo y refugio de especies.
- d) Los cambios en el paisaje circundante son los que a partir de la remoción de la vegetación actúan algunas veces sobre la disponibilidad de recursos y en el aumento de ciertas interacciones como la competencia, depredación y la supersaturación de especies.

En términos generales, la distancia, grado de conectividad, forma y tamaño de un fragmento, son elementos importantes para sostener la viabilidad de las especies a mediano y largo plazo, ya que dependiendo de esto, puede producirse o no el aislamiento, endogamia o extinción local o total de las especies (Burel y Baudry, 2002).

En la selva, el proceso de fragmentación va generando un gran mosaico de fragmentos de diferentes formas y tamaños en el paisaje. En la actualidad, los bosques tropicales están representados por remanentes, más que por extensas áreas continuas; sin embargo, los remanentes de bosque constituyen refugios y reservorios importantes de la diversidad biológica (Shaffer, 1995).

1.2 Comunidades

Definido por Begon *et al.* (2006), una comunidad es el ensamble de poblaciones de especies que se producen juntos en espacio y tiempo. En términos generales, el ensamble de especies que componen a una comunidad está determinado por las limitaciones de la dispersión, las cuales pueden ser barreras físicas o biológicas difíciles o imposibles de superar; por las limitaciones ambientales, que pueden restringir la distribución de la especie al no contar con las características adecuadas para ciertas condiciones físicas del ambiente; y por la dinámica interna, que son las interacciones que se dan entre las especies, principalmente competencia y depredación sugeridas como causa de restricción a ciertos ambientes, (Belyea y Landcaster, 1999, Boot y Sawnton, 2002, citados por Begon *et al.*, 2006).

En este contexto, el enfoque de los estudios en comunidades se basa principalmente en conocer la composición y estructura de una comunidad, establecer y describir los patrones de asociación de especies y los procesos que se generan de estos patrones (Begon *et al.*, 2006). En los últimos años se ha dado una explosión de trabajos sobre comunidades, ya sea de flora o fauna, y muchos de ellos enfocados a los efectos que deja la fragmentación del paisaje. Estos trabajos hacen énfasis en la

capacidad de los organismos a resistir. No obstante, trabajos como los de Gibbs, 1998; Kolozsvary y Swihart, 1999; Swihart *et al.*, 2003, hacen énfasis en que varios grupos biológicos no son capaces de resistir los efectos de la fragmentación, debido a que la diversidad de una comunidad depende de la forma en que los recursos o condiciones ambientales y la energía de los sistemas biológicos son repartidos (Aguilar *et al.*, 2000). En especies animales, como mamíferos de talla intermedia y mayor, que generalmente tienen poblaciones pequeñas, no pueden mantenerse presentes en remanentes de la selva lo que ha provocado extinciones locales y totales (Dirzo y Mendoza, 1999). Los anfibios y reptiles tienen relativamente poca vagilidad, lo que facilita el aislamiento de sus poblaciones (Flores-Villela y Navarro, 1993). La mayoría de los anfibios son muy sensibles y dependientes de los sistemas hídricos (cuencas, lagos, ríos, arroyos) (Kolozsvary y Swihart, 1999; Green *et al.*, 2001), del dosel y estrato herbáceo; y algunas especies dependen de estos sistemas en etapas específicas de sus ciclos de vida. Por ejemplo, muchas especies de urodelos (salamandras) tienen baja movilidad y nichos bien restringidos, tolerancia limitada a factores climáticos y ecológicos extremos y son vulnerables a los cambios ambientales. Los reptiles, a diferencia de los anfibios, son más tolerantes a cambios ambientales, debido entre otras cosas a que su piel es relativamente impermeable y a que sus huevos disponen de un cascarón. Sin embargo, son altamente sensibles a cambios sutiles de las comunidades biológicas de las que forman parte, pues están íntimamente ligados a biomas particulares (Villar-Rodríguez, 2007).

Actualmente los anfibios y reptiles están sufriendo cambios drásticos e irreparables en sus poblaciones y comunidades, dado que dependen en gran medida

de su autoecología, del hábitat que ocupan y de su capacidad de desplazamiento (Green *et al.*, 2001; Laurance *et al.*, 2002; Urbina-Cardona *et al.*, 2006). Sin embargo, se ha observado en los últimos años que hay especies tolerantes a eventos de perturbación del hábitat que mantienen su abundancia o incluso la incrementan (Tocher *et al.*, 1997; Gibbs, 1998; Salvatore-Olivares, 2006). No es mucho lo que se sabe sobre la especificidad de ciertas especies de anfibios y reptiles a ocupar determinados hábitats, ni cómo es el recambio y flujo de especies entre zonas de potrero, borde e interior de bosque en Los Tuxtlas. Sin embargo, trabajos como el de Salvatore-Olivares (2006) y Urbina-Cardona *et al.* (2006) proporcionan información sobre el aumento o la permanencia de riqueza de anfibios y reptiles que se distribuyen preferentemente en zonas abiertas o en potreros. Así encontramos que especies con estas características son los anfibios *Chaunus marius*, *Eleutherodactylus leprus*, *Lithobates berlandieri*, *L. vaillanti*, *Leptodactylus melanonotus* y *L. fragilis*; y los reptiles *Anolis sericeus*, *Sceloporus variabilis*, *Ameiva undulata*, *Ninia sebae*, *Micrurus diastema* y *Tantillita lintoni*; la mayoría de las especies de anfibios que ocupan nichos en potreros, son en estadio adulto, mientras que cuando son crías o juveniles se encuentran en el borde o interior del bosque (Urbina-Cardona *et al.*, 2006).

Otras especies son denominadas generalistas, que toleran hábitats como potreros o borde del bosque y que además habitan en el interior del bosque. Entre ellas están los anfibios *Gastrophryne elegans*, *Smilisca baudini* y *Tlalocohyla loquax* y la lagartija *Anolis petersi*.

Aunque se ha observado que hay un recambio de especies entre distintos hábitats (potreros, borde e interior de bosque) pareciera que determinadas especies se están beneficiando de la fragmentación del hábitat por la diversificación de los nichos y del alimento. Hay especies que solo se encuentran en el interior del bosque, las cuales no saldrán a una zona abierta o bien, no llegan al borde del bosque. Algunos de estas especies son los anfibios *Ollotis valliceps*, *Dendropsophus ebraccatus* y *Craugastor rhodopis* para México; y los reptiles *Anolis rodriguezi*, *Lepidophyma tuxtlae*, *Corythophanes hernandezi*, *Scincella cherriei*, *Plestiodon sumichrasti* y varias especies de colúbridos (Urbina-Cardona *et al.*, 2006). El interior del bosque presenta condiciones específicas a estas especies para su permanencia y al mismo tiempo conforman una estructura compleja de interacciones dentro del bosque.

Por tal motivo, el presente trabajo se llevó a cabo en una de las tres regiones del país que aún mantienen vegetación con selva alta perennifolia continua dentro de la reserva de la Biosfera en los Tuxtlas en el estado de Veracruz. Los Tuxtlas se destaca por su notable diversidad, dada por su posición altitudinal, lo que implica que la biota no sólo es importante en cuanto a su riqueza, sino también cualitativamente por su conjunción de especies de origen neotropical, neártico y algunas endémicas (Dirzo *et al.*, 1997). Los anfibios y reptiles juegan un papel muy importante dentro de la cadena trófica y cumplen funciones y ciclos importantes del ecosistema. De esta manera, es elemental conocer y enfatizar la importancia de la biodiversidad de anfibios y reptiles en las contadas regiones tropicales conservadas de nuestro país y

mediante su estudio, obtener información sobre el estado de conservación de los remanentes aledaños de selva a la reserva de Los Tuxtlas.

II. ANTECEDENTES

2.1 Importancia de Los Tuxtlas

La sierra de Los Tuxtlas es una de las zonas más estudiadas en el país en cuanto a su diversidad y ecología. Es conocida por poseer gran diversidad de formas de vida debido en gran parte a su ubicación geográfica en medio de la planicie costera y cerca del mar, la posición que tiene con respecto a los vientos húmedos que provienen del Golfo de México, la amplitud del gradiente altitudinal y su compleja fisiografía, la cual incluye una gran heterogeneidad topográfica con numerosos hábitats (Sousa, 1968). Además, es el límite más norteño de distribución de la selva alta perennifolia en el continente. Es una zona de contacto biogeográfico y mantiene nueve tipos de vegetación que están asociados al gradiente altitudinal con procesos ecológicos especiales.

Conjuntamente, se tiene registrado en estudios de flora que hay al menos 2,695 especies de plantas (Ramírez, 1999). Con respecto a la fauna se han reportado más de 50 especies de insectos acuáticos, 164 escarabajos, 118 coleópteros cerambícidos, 133 libélulas, 23 especies y 10 géneros de abejas sin aguijón y 531 de mariposas (Raguso y Llorente 1997). Entre los vertebrados mayores, se han registrado 561 especies de aves (Estrada *et al.*, 2000), 139 de mamíferos (Martínez-Gallardo y Sánchez-Cordero, 1997), 117 reptiles y 45 de anfibios (Ramírez-Bautista y Nieto-Montes de Oca, 1997).

2.2 Fragmentación en Los Tuxtlas

La deforestación ha sido uno de los principales problemas de la región de “Los Tuxtlas”, provocada principalmente por actividades agrícolas, ganaderas, forestales y de asentamientos humanos. En las últimas cuatro décadas, ha sido gravemente deforestado. Las tasas anuales de deforestación para principios de los años 90 fueron de 4.3%, lo cual ha determinado que algunas zonas del área protegida no tengan zonas de amortiguamiento, los potreros están en contacto directo con los bordes de la reserva (Dirzo y García 1992). La deforestación ha causado la pérdida de cobertura forestal en más del 85% con respecto a la original (Figura 2). Solo permanecen un macizo montañoso y cerca de 1000 fragmentos de bosque esparcidos, con formas y tamaños diversos, algunos notablemente perturbados (Dirzo, 2004 y Guevara *et al.*, 2004).



Figura 2. Proceso de deforestación en Los Tuxtlas. En estas cuatro imágenes se observa la disminución de la cobertura forestal (en verde) desde 1967, 1976, 1986 y 1992 respectivamente (Dirzo y García 1992).

En el paisaje de la región se puede distinguir a algunos árboles remanentes o el conjunto de ellos, se encuentran inmersos en una zona abierta, por lo general potreros. El paisaje tiene una fisonomía peculiar y con diferentes características que se clasifican de la siguiente manera (Guevara *et al.*, 1997):

- a) Remanentes de selva: áreas de bosque original que no han sido taladas y se encuentran rodeadas de potreros o zonas de cultivos; además, sus características topográficas no permiten el uso del suelo en actividades agropecuarias.
- b) Acahuals: manchones de selva abandonadas o en periodo de descanso de distinto desarrollo sucesional.
- c) Corredores de vegetación ribereña: líneas o hileras de árboles que se encuentran a orillas de ríos y arroyos, denominados también bosque de galería.
- d) Cercas vivas: árboles que se dejan en una sola hilera con la finalidad de usarlos como postes para sostener alambre de púas.
- e) Árboles aislados o remanentes: árboles en pie que permanecen después de la tala de la selva para uso agrícola o ganadero, mismos que quedan aislados en el interior del predio.

2.3 Herpetofauna de Los Tuxtlas

La herpetofauna de México está representada principalmente por géneros neotropicales y debido a su diversidad de especies y formas endémicas, tiene una posición relevante desde el punto de vista taxonómico, zoogeográfico y de diversidad (González-Soriano *et al.*, 1997). En México, el número total de especies de anfibios y reptiles registrados es de 1165 (Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004). En los Tuxtlas, la herpetofauna se encuentra distribuida en nueve tipos de vegetación; en las cuales la predominante es la selva alta perennifolia, que es por naturaleza un albergue de gran diversidad de flora y fauna en regiones tropicales de México

(González-Soriano *et al*, 1997). Pelcastre-Villafuerte (1991) estimó la riqueza de anfibios y reptiles para el estado de Veracruz, la cual está integrada por 87 especies de anfibios y 214 de reptiles. Este mismo autor afirma que la riqueza principal de reptiles se localiza en regiones cálido-húmedas y subhúmedas.

Los primeros estudios herpetofaunísticos en Los Tuxtlas los realizó Ruthven en 1910 (Ruthven, 1913), quien registró 32 especies de anfibios y reptiles. Posteriormente Smith y Taylor (1966) hicieron varios trabajos herpetofaunísticos en México, y entre ellos incluyeron a la región de Los Tuxtlas. Ramírez-Bautista (1977) describió las características y hábitos de 17 especies de anfibios y 45 de reptiles registradas en la Estación de Biología y en zonas adyacentes. Pérez-Higareda *et al.* (1987) hicieron un listado completo de anfibios y reptiles de la región, donde registraron 43 y 106 especies, respectivamente. Actualmente se tiene registro de 117 especies de reptiles y 45 de anfibios en la zona (Ramírez-Bautista y Nieto-Montes de Oca, 1997), lo que representa el 16.5% y 14.8% respectivamente, del total de las especies en México (Flores-Villela y Navarro, 1993).

En cuanto a especies endémicas, ésta región alberga 4 de anfibios y 11 de reptiles, valor relativamente alto, puesto que representa el 9.4% del total de la región (Ramírez-Bautista y Nieto-Montes de Oca, 1997). Vogt *et al.*, (1997) realizaron una lista anotada de especies de anfibios y reptiles, que incluyó características y hábitos generales de las especies. En la zona de estudio, que abarca parte de la Estación y de la zona baja del volcán de San Martín, se tiene registro de 29 especies de anfibios y 64 de reptiles (Pérez-Higareda, com pers).

López-González *et al.*, (1993) hicieron muestreos en Santa Marta en 1989 y dentro de la Estación de Biología hasta las Laguna el Zacatal y Escondida en 1991, en los que encontraron que la lagartija *Anolis uniformis* y la rana *Craugastor loki* son más abundantes y afines a zonas de selva conservada, mientras que los anfibios *Dendropsophus ebraccatus* y *Lithobates vaillanti* son más abundantes en la Laguna Zacatal.

En últimas fechas se han realizado estudios de comunidades herpetofaunísticas. Hernández-Ordóñez (2005) comparó comunidades de anfibios y reptiles en zonas altas y bajas de selva conservada dentro de la reserva de la Estación de Biología, y reportó que no existen diferencias significativas de riqueza de especies, pero si en la diversidad. Cabrera-Guzmán (2005) trabajó con comunidades de anfibios y reptiles en pequeños remanentes de selva, los cuales comparó con la zona conservada de la Estación de Biología. Urbina-Cardona y Reynoso-Rosales (2005) analizaron la importancia del recambio de estos grupos en un gradiente de potrero-borde-interior, y reportaron que existe un número mayor de anfibios y reptiles en el borde de la selva, seguido por el interior. Urbina-Cardona *et al.* (2006) indicaron que el efecto de borde afecta fuertemente en la distribución de los anfibios y reptiles, haciendo énfasis en la conservación de los sitios remanentes de selva. Salvatore-Olivares (2006) realizó un diagnóstico en la estructura de las comunidades de anfibios y reptiles en la selva fragmentada de Los Tuxtlas y encontró que las zonas de potrero, acahuals y algunos remanentes de selva tienen igual o mayor diversidad que la fuente de especies.

2.4 Fragmentación en comunidades herpetofaunísticas

Existe una gran cantidad de estudios que se enfocan a entender la declinación de las poblaciones de anfibios y reptiles, entre los que pueden mencionarse los de Pechmann *et al.*, (1991), Pechmann y Wilbur (1994), Laurance y Bierregaard (1997), Alford y Richards (1999), Young *et al.*, (2001), Skelly *et al.*, (2002) y Funk y Mills (2003). Sin embargo, son pocos los estudios sobre los efectos de la fragmentación del hábitat que están relacionados con cambios en las comunidades de anfibios y reptiles. Por ejemplo en 2001, de 1228 citas de trabajos sobre el impacto de la fragmentación de hábitats en fauna, solo 22 corresponden a anfibios y 34 a reptiles (Mac Nally y Brown, 2001). Entre éstos destacan el de Tocher *et al.* (1997) que después de 10 años de trabajo en el Amazonas encontraron que en algunos fragmentos de selva, la riqueza de anuros aumentó después del aislamiento debido a la invasión de especies asociadas a la matriz. Por su parte, Gibbs (1998) comprobó el efecto negativo de la fragmentación sobre la dispersión y viabilidad de poblaciones de anfibios en Connecticut, USA. Finalmente, Duellman (1989) realizó una comparación de comunidades herpetofaunísticas en sitios de bosque tropical de la península de Yucatán. Obtuvo que los parámetros de heterogeneidad de la vegetación están correlacionados con la diversidad de especies de lagartijas y serpientes y que la estacionalidad y cantidad de la precipitación están mayormente relacionados con los anfibios.

Urbina-Cardona y Londoño (2003) encontraron que la herpetofauna está asociada a diferentes grados de perturbación en cuatro áreas de la Isla Gorgona del Pacífico Colombiano, donde la mayor riqueza de especies se encontró en el interior del bosque. Urbina-Cardona *et al.* (2006) encontraron que anfibios y reptiles tienen

tolerancia a cambios climáticos y diferentes niveles de respuesta ante el efecto de borde.

En México, se han hecho trabajos que miden el efecto de zonas perturbadas sobre la diversidad en las comunidades de anfibios y reptiles. Entre ellos se encuentra el de Barreto (2000) en Nizanda, Oaxaca, que encontró que la distribución de los anfibios está relacionada fuertemente con los cuerpos de agua y la de los reptiles con la altitud. Mata (2002) comparó anfibios y reptiles en dos localidades de Zapotitlán, Puebla y concluyó que la mayor riqueza de especies de anfibios y reptiles se encuentra en lugares poco alterados y que la riqueza está dada por la heterogeneidad espacial.

Moreno y Muñoz (2002) y Martínez (2003) trabajaron en la zona de influencias de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas y demostraron que en zonas de cafetal de sombra con varias especies de árboles, la diversidad de lagartijas y anfibios se incrementa y la composición de especies es similar al hábitat conservado (bosque mesófilo). En cambio, en cafetal de sombra de una sola especie (*Inga* sp.) la riqueza de especies disminuye y la composición cambia.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Conocer la estructura de la comunidad de anfibios y reptiles de dos remanentes de selva con respecto a una zona conservada.

3.2.1 Objetivos Particulares

- Estimar la riqueza, composición, abundancia, diversidad y dominancia de la comunidad de anfibios y reptiles en dos remanentes y la zona conservada.
- Describir y analizar las diferencias de la riqueza, abundancia, diversidad y dominancia, entre sitios en un ciclo anual.
- Determinar las diferencias y similitudes de la comunidad de anfibios y reptiles entre los remanentes y la zona conservada.
- Describir la estructura poblacional de las especies con base en los diferentes estadios de vida y la abundancia de estos.
- Establecer la relación de los parámetros de temperatura y precipitación con la abundancia.

IV. HIPÓTESIS

1. Los remanentes tienen diferente grado de perturbación, donde la conectividad y el tamaño de los sitios influyen en las interacciones de las especies. Debido a esto se espera que haya diferencias estructurales en la comunidad de anfibios y reptiles.
2. Se espera que la composición de especies, riqueza y abundancia por especie cambie conforme los fragmentos se alejan de la zona conservada.
3. Se espera que la temperatura y precipitación influyan sobre la riqueza y abundancias de anfibios y reptiles durante el año.
4. Se espera que los ciclos de vida de los anfibios y reptiles sean similares en los tres sitios independientemente de su distancia a la zona conservada y su conectividad.

V. ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Generalidades

El presente estudio se realizó en el estado de Veracruz, en las faldas del volcán San Martín, que pertenece a la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas al SE del estado, y que se ubica entre los 18°10' y 18°45' N y los 94°42' y 95°27' O (González-Soriano *et al.*, 1997) (Figura 3).

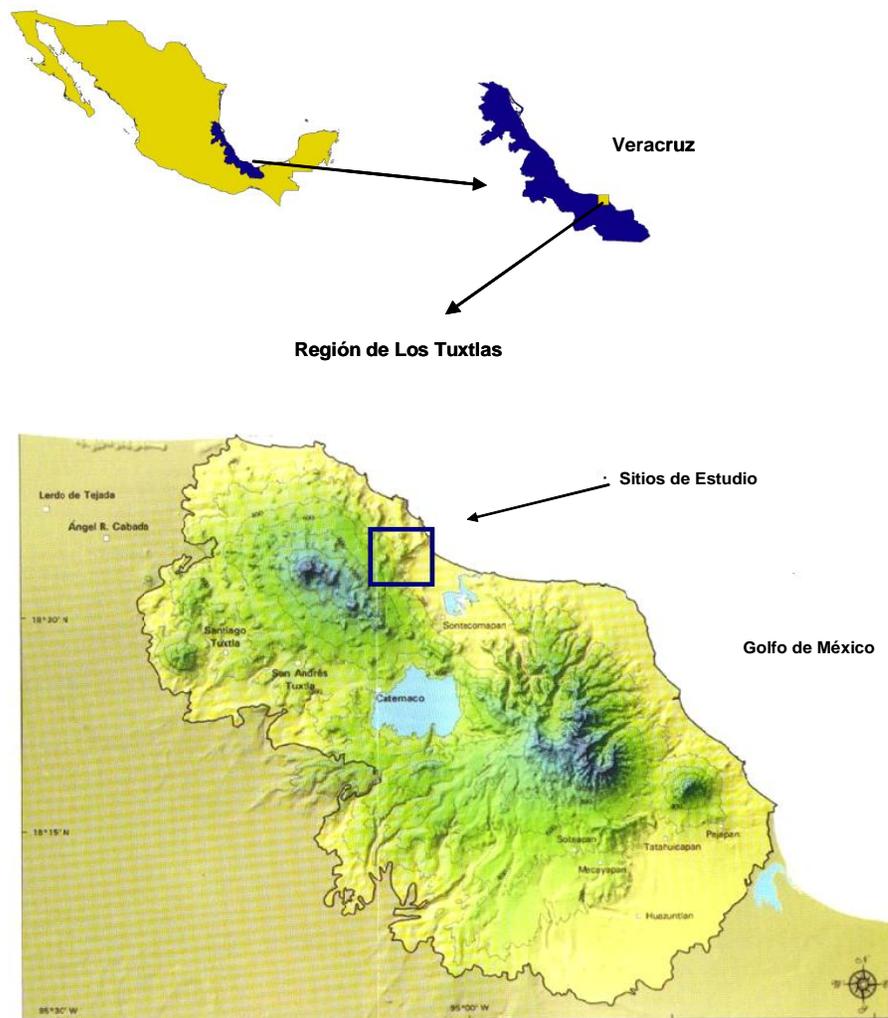


Figura 3. Ubicación geográfica de la región de Los Tuxtlas, Veracruz y de la Estación de Biología de Los Tuxtlas (ELT), (Guevara *et al.*, 2004).

Esta parte de la Reserva, se encuentra a 30 km NE del Poblado Catemaco y cuenta con una superficie de 644 hectáreas localizadas al oriente del Volcán de San Martín Tuxtla. El rango altitudinal es entre 150 m y 700 msnm.

La zona de estudio se localiza en los remanentes de selva “Rancho el Rocío” y Playa Escondida; y la zona conservada del Lote 67 que se encuentra dentro de la Estación de Biología.

5.1.1 Geología y suelos

La zona de Los Tuxtlas es un macizo montañoso compuesto principalmente por rocas basálticas y andesíticas con mezclas de cenizas volcánicas y ocasionales afloramientos de roca sedimentaria como calizas, areniscas y arcillas (Ríos-Macbeth 1952 en Flores-Delgadillo *et al.*, 1999). La unidad edáfica dominante en el área de la Estación es la denominada como Feozem húmico, Regosol eútrico y Feozem lúvico con un 80% (Chizón, 1984; FAO, 1979). Esta zona se caracteriza por poseer pendientes pronunciadas y suelos con gran acumulación de materia orgánica (Ibarra-Manríquez y Sinaca-Colín, 1987).

5.1.2 Clima

La región es cálido-húmedo; la temperatura máxima, media y mínima anual alcanzan valores de 32.18, 24.3 y 16.4 °C, respectivamente (Ibarra-Manríquez y Sinaca-Colín, 1987). De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1981), el subtipo climático es Am (f) que se caracteriza por presentar lluvias de verano con influencia de monzón (Soto, 2004). La precipitación anual va desde los 1500 mm hasta los 4725 mm, en algunas ocasiones alcanza los 5000 mm. Se puede distinguir

una época de lluvias de junio a febrero y una seca entre marzo y mayo (Guevara *et al.*, 2000).

5.1.3 Vegetación

La vegetación que se desarrolla en la zona se categoriza como Selva Alta Perennifolia (SAP) (Miranda y Hernández-X, 1963; Sousa, 1968). La estructura de la vegetación es muy compleja. Presenta una variedad de formas de vida: árboles de diferentes tamaños, que van desde los emergentes hasta el sotobosque, lianas, trepadoras herbáceas, hemiepífitas, epífitas, palmas, arbustos, hierbas umbrófilas y árboles estranguladores.

El dosel de los árboles emergentes es de 30 m de altura o más. Algunas especies de dosel son *Ficus yoponensis*, *F. tecolutensis*, *Nectandra ambigens*, *Ceiba pentandra*, *Brosimum alicastrum*, etc; también encontramos un gran número de especies arbóreas con individuos de menos de 20 m que se reproducen y maduran bajo la sombra de los árboles del dosel (Castillo-Campos y Laborde, 2004). En el sotobosque abundan las palmas, especialmente *Astrocaryum mexicanum*, que forma parte importante de la fisonomía de la comunidad (Ibarra-Manríquez y Sinaca-Colín, 1987) y puede tener una densidad mayor a mil individuos por hectárea. Le sigue en densidad la palma *Chamaedorea tepejilote* (Castillo-Campos y Laborde, 2004).

En los alrededores de la Estación de Biología es característico encontrar zonas perturbadas como acahuals y potreros, originadas por el cambio de uso de suelo para actividades agropecuarias y ganaderas. Se localizan también los remanentes de selva, que conservan la vegetación original de selva y están rodeados generalmente por potreros o zonas de cultivo (Guevara *et al.*, 1997).

5.2 Sitios de estudio: remanentes y zona conservada

Remanente Playa Escondida (PE)

Se localiza en las coordenadas 18° 35' 31.4" N, 95°3'2.8" O a 64 msnm, presenta una área aproximada de 45 ha a una distancia de 1.6 km de la Estación de Biología y a 0.5 km del Remanente "El Rocío". Por el este colinda con el Golfo de México, la parte norte y oeste se encuentra rodeada por potreros y en la parte sur se encuentra el camino de terracería que lleva hacia la Estación. Es una zona accidentada, formada por roca volcánica, con pendientes pronunciadas y tres cuerpos de agua que desembocan hacia el mar, uno de los cuales se mantiene durante todo el año y los dos restantes son temporales. Presenta árboles con un dosel máximo de 30 m, palmas como *Astrocaryum mexicanum*, *Chamaedorea sp.* El efecto de borde y el cambio de vegetación (tular) son notorios por la proximidad de la playa (Figura 4).

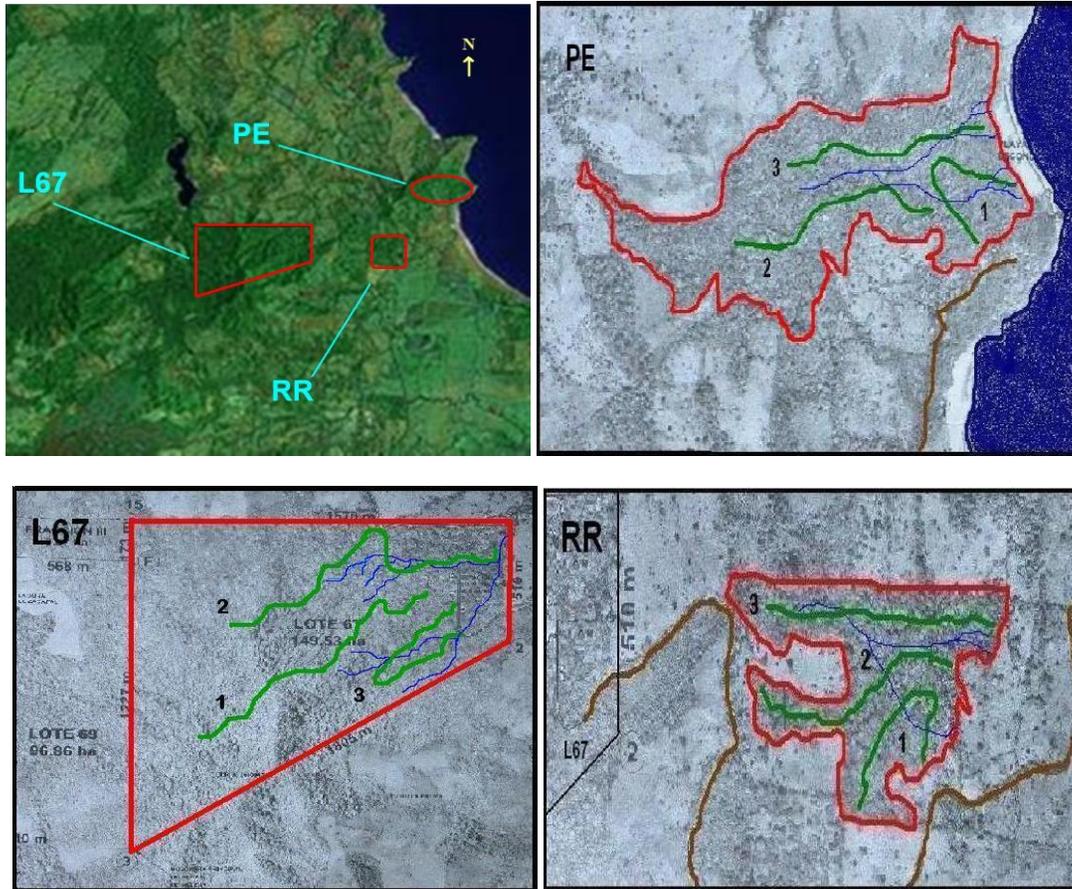
Remanente Rancho "El Rocío" (RR)

Remanente de Selva Alta Perennifolia ubicado a 0.55 km de la Estación de Biología y en dirección al hotel Playa Escondida. Se localiza a 18° 34'44.4" N, 95° 03' 38.6" N con una elevación de 18 msnm. Cuenta con un área aproximada de 30 ha, rodeada de potreros y acahuals, está dividida por cercas de alambre o por cercas vivas. Presenta efecto de borde alto y zonas abiertas a causa de extracción maderera en la parte más alta del remanente. Hacia la parte norte se encuentra el camino de terracería que conduce hacia la Estación de Biología, al oeste limita con el camino principal que va hacia Montepío y al este con el camino que va a Playa Icacos. Esta zona es poco accidentada pero tiene una pendiente pronunciada en la parte norte del remanente. Cuenta con arroyos secundarios, un río que en la parte media del

remanente y al término de éste se vuelve a unir para desembocar hacia el mar pasando por un potrero.

Selva de la Estación de Biología, Lote 67 (L67)

El Lote 67 se ubica al poniente de La Estación a 18° 35' 06.8" N y 95° 04' 29.5" O. Es parte de un continuo con el resto de la reserva de la Estación en la zona núcleo. Esta parte del lote tiene un área de 149.52 ha aproximadamente, con 1850 m de largo y 1227 m de ancho y con una altitud que va de los 150 m a los 530 msnm en el cerro del Vigía. La vegetación es típica de selva alta perennifolia conservada y presenta árboles con dosel de 30 a 35 m de altura. Plantas características son *Ficus yoponensis*, epífitas, heliófilas, lianas, palmas como *Astrocaryum mexicanum* y *Chamaedora sp.* Cuenta con tres arroyos perenes.



— Sitios de estudio
 — Trayecto
 — Cuerpos de agua
 — Camino de terracería

Figura 4. Ubicación de las zonas de estudio en Los Tuxtlas. PE=Playa Escondida, RR=Rancho el Rocío y L67=Lote 67. Los números 1, 2 y 3 corresponden al nombre que se denominó a cada trayecto.

VI. MÉTODO

6.1 Revisión de especies

Se realizó una revisión de especies en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR) del Instituto de Biología de la UNAM y en La Colección de la Estación de Biología de Los Tuxtlas, Veracruz, con el objeto de identificar y conocer las especies que se han registrado en la Estación y en sus inmediaciones. Se integraron los cambios taxonómicos de las especies de anfibios y reptiles que se hicieron por Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004); Faivovich *et al.* (2005) y Frost *et al.* (2006).

6.2 Trabajo de campo

En el campo se ubicaron dos zonas de estudio que correspondieron a dos remanentes de Selva Alta Perennifolia (PE y RR); incluyendo los datos de un tercer sitio de selva conservada (L67), los cuales se obtuvieron de Hernández-Ordóñez (2005) quien realizó muestreos con el mismo método que el presente estudio, durante el mismo periodo de tiempo.

De manera periódica se realizaron cinco salidas de marzo del 2002 a enero del 2003 (marzo, mayo-junio, agosto, octubre-noviembre y diciembre-enero). En cada una fueron muestreadas las zonas antes mencionadas durante tres días, de tal modo que al final se obtuvieron 45 muestreos totales y 15 por zona. El muestreo fue realizado por dos personas en un horario establecido de cuatro horas y media por la mañana y cuatro horas y media por la tarde-noche (9:30 a 14:00 y 18:30 a 23:00 horas). El método de muestreo fue de trayecto en línea calibrado por unidad de tiempo y consistió en censar el número de especies observadas bajo el tiempo de

muestreo y así obtener el éxito de captura. Como regla se estableció no sobrepasar muestreo sobre los 300 msnm.

En cada muestreo se tomaron datos de las condiciones ambientales (caluroso, lluvioso, soleado, etc.), fecha y horario de muestreo. Por cada avistamiento de anfibios o reptiles, se registró nombre de la especie, estadio (cría, juvenil o adulto), microhábitat (hojarasca, sobre tronco, sustrato, etc.), sexo (cuando fue posible su determinación) y hora de avistamiento. El rastreo de individuos estuvo en función de los hábitos de los mismos. En el caso de los anfibios se exploró en charcas, cuerpos de agua, en bromelias, hojarasca, árboles en descomposición, bajo tierra, bajo rocas y entre la misma vegetación. La captura de renacuajos se realizó manualmente o con redes (Casas-Andreu *et al.*, 1991). Los reptiles fueron buscados en hojarasca, troncos podridos, bajo rocas, contrafuertes ramas y troncos de árboles, sobre y entre los arbustos y cerca de cuerpos de agua. La captura y manejo de serpientes se realizó con guantes de carnaza y pinzas o gancho herpetológico como medida preventiva.

En los casos donde se desconocía el nombre de la especie observada, el organismo era colectado para su identificación y posteriormente liberado. Las claves taxonómicas utilizadas fueron: Smith y Taylor (1966), Casas-Andreu y McCoy (1979), Flores-Villela *et al.* (1995), Lee (1996) y Pérez-Higareda y Smith (1991).

6.3 Trabajo de laboratorio

Algunos ejemplares que no pudieron ser determinados en campo, se sacrificaron con sobredosis de anestésico y se fijaron con formol buffer al 10%. Tres días después se enjuagaron con agua durante 24 horas y finalmente se conservaron en alcohol al

70% (Casas-Andreu *et al.* 1991). Las salamandras y las ranas se sacrificaron rociando anestésico directamente en su piel; las especies se determinaron, etiquetaron e incorporaron a la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR) del Instituto de Biología, UNAM.

6.4 Análisis de datos

Los datos obtenidos durante el año de muestreo se analizaron para obtener la diversidad alfa de las especies de cada zona; esto se realizó calculando la riqueza específica (S), por medio de la cuantificación del número de especies presentes (Moreno, 2001), también se estimó el índice de Shannon-Weiner, el índice de dominancia de Berger-Parker (d) y el índice de equidad (E) de Pielou (Magurran, 2004).

6.4.1 Riqueza

a) Riqueza específica

Se estimó la representatividad de las especies con base en el total de las mismas. La riqueza se calculó con la fórmula del índice de Margalef:

$$D_{mg}=(S-1) / \ln N$$

Donde S = número de especie y N = número total de individuos (Moreno, 2001).

b) Estimadores de riqueza

Se obtuvieron curvas de acumulación de especies esperadas de herpetofauna total, así como de anfibios y reptiles por separado para cada zona. Se realizó la prueba de totalidad “completeness”, estimando el número de especies en las comunidades mediante los estimadores no-paramétricos de riqueza ICE y Chao 2 (Colwell, 2004).

El estimador Chao 2 se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra y reduce el sesgo de los valores estimados (Moreno, 2001), por lo que es el estimador más riguroso de los tres empleados en el análisis de datos. Para poder afirmar que los muestreos fueron realizados correctamente y que son representativos, los porcentajes de los estimadores deben estar por arriba del 80% (Soberón y Llorente, 1993). Dichas estimaciones se realizaron con el programa Estimates 7.0 (Colwell, 2004).

c) Análisis de riqueza

Se realizaron curvas de rarefacción, con base en la función Mao Tau obtenida del programa Estimates 7.0 (Colwell, 2004), en donde por principio el número de especies aumenta invariablemente con el tamaño muestral y el número de individuos (Magurran, 1988), lo que permite hacer comparaciones de número de especies entre comunidades cuando el tamaño de la muestra no es igual (Moreno, 2001).

Con el objeto de saber si existían diferencias de riqueza entre los sitios, se realizaron de confianza de 95 % y éstos se compararon gráficamente entre sí (Colwell, 2004).

d) Composición

Para conocer las diferencias de la composición de especies entre salidas se obtuvo la composición de especies de cada zona y se aplicó la prueba Q de Cochran con el programa Statistica 6.0 (Stat Soft, 2001). Dicha prueba proporciona un método para examinar si tres o más conjuntos igualados de frecuencias o proporciones difieren significativamente entre sí (Siegel, 1988). Esta igualación se obtuvo transformando los datos de riqueza en presencia-ausencia de especies.

La Hipótesis nula (H_0) plantea el escenario de que la probabilidad de la presencia de cada especie por zona es la misma en todas las zonas. En esta prueba se emplearon tablas de X^2 con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

6.4.2 Abundancia

Esta variable se obtuvo mediante la cuantificación del número de individuos observados por zona y se graficó la variación de la abundancia de las 3 zonas y a través del año. Para comprobar si existían diferencias significativas de abundancia entre las zonas y las salidas, se aplicó la prueba de rangos de Friedman. En caso de no encontrar diferencias, los datos se normalizaron con la transformación logarítmica $x_{ij}' = \log_{10}(x_{ij})$ y se comprobaron con la prueba de Shapiro-Wilk; posteriormente se aplicó una ANOVA paramétrico y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

También se realizó el modelo de abundancia (J invertida) con la abundancia relativa de cada especie. Los valores se acomodaron en una secuencia de mayor a menor abundancia, mostrando gráficamente la distribución y el valor de importancia que cada especie representa en una comunidad.

6.4.3 Diversidad

La medida de la diversidad consiste en dos factores principales, la riqueza de especies y la abundancia relativa de éstas. Se asume que los individuos son muestreados al azar y que todas las especies están representadas en las muestra (Moreno, 2001). De este modo, la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada adquiere valores de cero cuando hay una sola especie, y

valores del logaritmo de S (número de especies), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 2004).

a) Diversidad de Shannon

Para determinar la estructura de las comunidades se empleó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') que combina el número de especies (S) con el de individuos (N), estimando la diversidad de las especies con relación a la aparición de cada especie (Hutcheson, 1970); se empleó el programa Biodiversity Pro (McAlecece, 1997) y se calculó con la fórmula siguiente

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

Donde H' = diversidad, p_i = es la abundancia proporcional de la especie i calculada con $p_i = (n_i/N)$; donde n_i es la abundancia relativa de cada una de las especies (Magurran, 2004).

En una comunidad los valores del índice de diversidad de (H'), varían entre 1, para comunidades poco abundantes y 3.5 para comunidades muy diversas (Magurran, 2004). Para comprobar si existen diferencias significativas en la variación anual de los índices de diversidad (H') de anfibios y reptiles, se aplicó la prueba estadística no paramétrica F de Friedman.

La Hipótesis nula (H_0) plantea que los índices de diversidad deben ser iguales en todas las salidas (Siegel, 1988), comparando con valores de tablas de X^2 , a un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, para $k-1$, donde k = tamaño muestral y $k-1$ = grados de libertad.

b) Dominancia

El índice de Dominancia es un parámetro inverso de uniformidad o equidad de la comunidad, toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001).

Se utilizó el índice y el inverso de dominancia de Berger- Parker. El primero marca la importancia proporcional de la especie más abundante de la comunidad estudiada, mientras que el inverso, manifiesta el número de individuos que dominan la muestra. Ambos índices se calcularon con el programa Biodiversity Pro (McAlece, 1997).

6.4.4 Diversidad beta

a) Similitud cualitativa

Un método para estimar la diversidad beta consiste en determinar el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies (presencia/ausencia) entre diferentes comunidades dentro de un paisaje (Moreno, 2001).

La diversidad beta se obtuvo con el índice de similitud de Jaccard (C_j). Los valores de este índice van desde cero (cuando no comparten especies entre ambos sitios), hasta 1 (cuando los sitios tienen la misma composición de especies; Moreno, 2001). La fórmula del índice se expresa en la siguiente ecuación:

$$I_j = c / a + b - c$$

Donde: a=número de especies presentes en el sitio A, b=número de especies presentes en el sitio B y c=número de especies presentes en ambos sitios (A y B)

b) Complementariedad.

Se define como el grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de biotas (Colwell y Coddington, 1994) y se calculó de la siguiente manera:

1) Riqueza total para ambos sitios combinados:

$$S_{AB}=a + b - c$$

2) El número de especies únicas a cualquiera de los dos sitios: $U_{AB}=a + b - 2c$

3) La complementariedad de los sitios A y B: $C_{AB}=U_{AB} / S_{AB}$

Donde: S =riqueza total, a =número de especies presentes en el sitio A, b =número de especies presentes en el sitio B, c =número de especies presentes en ambos sitios, C =complementariedad y U =número de especies únicas.

La complementariedad varía desde cero (cuando ambos sitios son idénticos en composición de especies) hasta uno (cuando las especies de ambos sitios son completamente distintas; Colwell y Coddington, 1994).

6.4.5 Estadios de vida

Con el objeto de conocer la variación anual en las estructuras poblacionales de anfibios y reptiles, se graficó la proporción de individuos adultos, juveniles y crías registrados.

6.4.6 Temperatura y precipitación

Con estas variables se calcularon coeficientes de correlación de Spearman (r_s) con el objeto de explorar posibles asociaciones entre las variables con respecto a la distribución de la abundancia de especies. Los datos se analizaron por anfibios y reptiles, por cada uno de los sitios de estudio y por cada día de muestreo. Los

promedios de los registros de temperatura y precipitación se obtuvieron de la Estación Meteorológica de Coyame y las correlaciones se calcularon con ayuda del programa Statistica 6.0 (Stat Soft, 2001).

Los valores para r_s van de -1 a 1, donde la relación entre las variables es positiva cuando el valor se acerca a 1 y negativa cuando el valor se acerca a -1. Cuando los valores de r_s se acercan a 0, la correlación es nula y no hay concordancia entre los rangos. El coeficiente de correlación se calculó con la siguiente expresión:

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

d_i es la diferencia entre los rangos de X y Y: rango de X_i – rangos de Y_i .

VI. RESULTADOS

7.1 Esfuerzo y éxito de captura

En los 45 recorridos, se acumularon 810 horas hombre esfuerzo, con un éxito de captura promedio para las tres zonas de 2.01 individuos por cada hora muestreada. El éxito de captura en los remanentes Playa Escondida (PE) y Rancho el Rocío (RR) fue de 2.1 y 1.9 individuos/hora de muestreo, respectivamente; mientras que en el Lote 67 (L67) (Hernández-Ordóñez, 2005) fue de 2.2 individuos/hora de muestreo.

7.2 Composición

En las zonas de muestreo de la Región de Los Tuxtlas, se encontraron 41 especies en total, de las cuales 18 pertenecen a anfibios y 23 a reptiles, con 1733 individuos registrados. Los anfibios están representados con 10 géneros en 7 familias y los reptiles con 19 géneros en 12 familias (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución total por familia, género y número de especies de anfibios y reptiles.

Grupos	Familias	Géneros	Especies	% del total
Anuros	6	7	14	34.1
Salamandras	1	3	4	9.8
Lagartijas	6	8	12	29.3
Serpientes	5	10	10	24.4
Tortugas	1	1	1	2.4
Total	17	27	41	100

El grupo mejor representado a nivel taxonómico son los reptiles con 56.1%, mientras que los anfibios representaron el 43.9%. Dentro de los anfibios, los anuros son los mejor representados con 14 especies (34.1%), mientras que los urodelos

representaron el 9.8% del total con cuatro especies. En reptiles, se registraron 12 especies de lagartijas (29.3%), 10 de serpientes (24.4%) y una tortuga, que representó el 2.4%.

A nivel de familia, la mejor representada fue Plethodontidae con tres géneros y cuatro especies. Sin embargo, proporcionalmente, el género *Craugastor* presentó cuatro especies, lo que representó el 22.2% del total de anfibios y los géneros restantes estuvieron representados por una o dos especies (Cuadro 2).

Cuadro 2. Familias, géneros y especies de anfibios registradas en las zonas de estudio.

Grupos	Familias	Géneros	Especies	% del total
Anuros				
	Brachycephalidae	<i>Craugastor</i>	<i>C. alfredi</i> <i>C. berkenbuschii</i> <i>C. loki</i> <i>C. vulcani</i>	22.2
	Bufonidae	<i>Ollotis</i>	<i>O. cavifrons</i>	11.1
			<i>O. valliceps</i>	
		<i>Chaunus</i>	<i>C. marinus</i>	5.6
	Hylidae	<i>Smilisca</i>	<i>S. baudini</i>	11.1
			<i>S. cyanosticta</i>	
	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus</i>	<i>L. fragilis</i>	11.1
			<i>L. melanonotus</i>	
	Microhylidae	<i>Gastrophryne</i>	<i>G. elegans</i>	5.6
	Ranidae	<i>Lithobates</i>	<i>L. berlandieri</i>	11.1
			<i>L. vaillanti</i>	
Salamandras				
	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa</i>	<i>B. alberchi</i>	11.1
			<i>B. platydactyla</i>	
		<i>Nanotriton</i>	<i>N. rufescens</i>	5.6
		<i>Pseudoeurycea</i>	<i>P. orchimelas</i>	5.6
Total	7	10	18	100

La composición de especies de reptiles estuvo mejor representada por las lagartijas, con seis familias y 12 especies (Cuadro 3). La familia mejor representada para este grupo taxonómico fue Polychrotidae con el género *Anolis* y cuatro especies

Cuadro 3. Familias, géneros y especies de reptiles registradas en las zonas de estudio.

Grupos	Familias	Géneros	Especies	% de total
Lagartijas				
	Corythophanidae	<i>Basiliscus</i>	<i>B. vittatus</i>	4.35
		<i>Corythophanes</i>	<i>C. hernandezii</i>	4.35
	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus</i>	<i>S. variabilis</i>	4.35
	Polychrotidae	<i>Anolis</i>	<i>A. barkeri</i>	17.4
			<i>A. rodriguezii</i>	
			<i>A. sericeus</i>	
			<i>A. uniformis</i>	
	Scincidae	<i>Scincella</i>	<i>S. cherriei</i>	4.35
		<i>Plestiodon</i>	<i>P. sumichrasti</i>	4.35
	Teiidae	<i>Ameiva</i>	<i>A. undulata</i>	4.35
	Xantusiidae	<i>Lepidophyma</i>	<i>L. pajapanense</i>	8.7
			<i>L. tuxtlae</i>	
Serpientes				
	Boidae	<i>Boa</i>	<i>B. constrictor</i>	4.35
	Colubridae	<i>Leptophis</i>	<i>L. ahaetulla</i>	4.35
	Dipsadidae	<i>Adelphicos</i>	<i>A. quadrivirgatus</i>	26.08
		<i>Coniophanes</i>	<i>C. fissidens</i>	
		<i>Imantodes</i>	<i>I. cenchoa</i>	
		<i>Leptodeira</i>	<i>L. septentrionalis</i>	
		<i>Ninia</i>	<i>N. sebae</i>	
		<i>Rhadinaea</i>	<i>R. decorata</i>	
	Elapidae	<i>Micrurus</i>	<i>M. diastema</i>	4.35
	Viperidae	<i>Bothrops</i>	<i>B. asper</i>	4.35
Tortugas				
	Kinosternidae	<i>Kinosternon</i>	<i>K. leucostomum</i>	4.35
Total	11	19	23	

equivalentes al 17.4% del total de las especies. En serpientes hubo 5 familias y 10 especies, de las cuales, la familia Dipsadidae fue la mejor representada con seis, equivalentes al 26.08%. Los géneros restantes estuvieron representados por una o dos especies.

7.3 Riqueza

Los anfibios, en PE se obtuvieron 11 especies en total, de las cuales 9 son anuros y 2 salamandras. El sitio RR tiene los menores registros con 6 anuros y 2 salamandras (Cuadro 4). La riqueza específica del L67 es de 14 especies (10 anuros y 4 salamandras), con lo que tiene el registro más alto de los tres sitios de estudio.

En el caso de los reptiles, se obtuvieron 17 especies de reptiles en RR, distribuidas en nueve especies de lagartijas, siete de serpientes y una de tortuga. En PE se registraron 15 especies, tanto de lagartijas y serpientes, con nueve y seis especies respectivamente; en el L67 se obtuvieron 15 especies, de las cuales 12 son lagartijas y tres serpientes.

Cuadro 4. Riqueza por grupo taxonómico de anfibios y reptiles.

Sitos Riqueza	PE	RR	L67	Total de especies
Anuros	9	6	10	14
Salamandras	2	2	4	4
Total anfibios	11	8	14	18
Lagartijas	9	9	12	12
Serpientes	6	7	3	10
Tortugas	0	1	0	1
Total reptiles	15	17	15	23

7.3.1 Estimadores

El cuadro 5 muestra el análisis de totalidad en anfibios con respecto a las especies esperadas mediante las medias de los estimadores ICE y Chao 2. Los porcentajes de los estimadores son mayores al 80%, por lo que podemos afirmar que el muestreo fue representativo.

Cuadro 5. Análisis de totalidad para anfibios.

	Riqueza	Totalidad (%)
Especies observadas	18	
Esperada por ICE	21.91	82.15
Esperada por Chao 2	22.17	81.19

La curva de acumulación de especies observadas (Figura 5) se muestra que a partir de las 108 horas aproximadamente, la curva se estabiliza, pero a las 270 horas, que corresponde al tercer muestreo, hay un incremento en el registro de especies de anfibios que tiende a estabilizarse hasta el final de la curva. Las curvas de los estimadores se estabilizan a las 350 horas de muestreo y llegan a la asíntota.

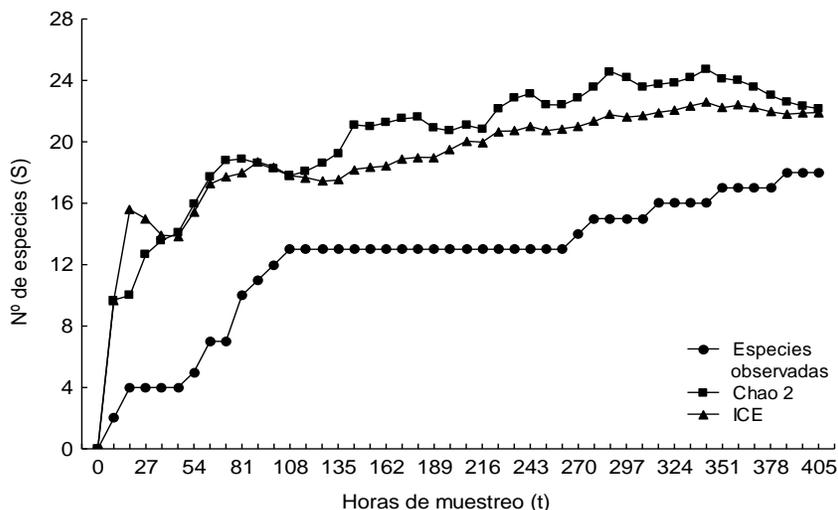


Figura 5. Estimadores ICE y Chao 2 para anfibios a lo largo de los muestreos.

La predicción de especies de anfibios esperadas mediante el estimador Chao 2, fue de más del 80% de las observadas en PE y RR (Cuadro 6). En el caso del estimador ICE, sólo PE sobrepasa los valores de 80%; mientras que L67 es el sitio que menos se acerca al valor estimado por ICE y Chao 2, lo que demuestra que en este último sitio se podrían registrar más especies si se aumentara el número de muestreos.

Cuadro 6. Análisis de totalidad para anfibios por sitio.

Estimador \ Sitios	PE	RR	L67
Riqueza observada	11	8	14
Esperada por ICE	12.8	8.8	22
Esperada por Chao 2	12.1	8.3	32
Totalidad de ICE	86.1	78.4	63
Totalidad de Chao 2	90.6	88.8	43.8

En reptiles, los estimadores ICE y Chao 2 mostraron valores observados superiores al 80% de especies, por lo que podemos afirmar que el muestreo fue representativo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de totalidad para reptiles.

	Riqueza	Totalidad (%)
Especies observadas	23	
Esperadas por ICE	25	92
Esperadas por Chao 2	27	85.2

La curva de acumulación de especies observadas de la figura 6, mostró que hasta las 270 horas de muestreo hubo un notorio incremento en el registro de especies, lo que corresponde aproximadamente al tercer muestreo. Después, la

curva se estabiliza y se mantiene así hasta el final, la cual confluye con los valores finales de los estimadores ICE y Chao 2.

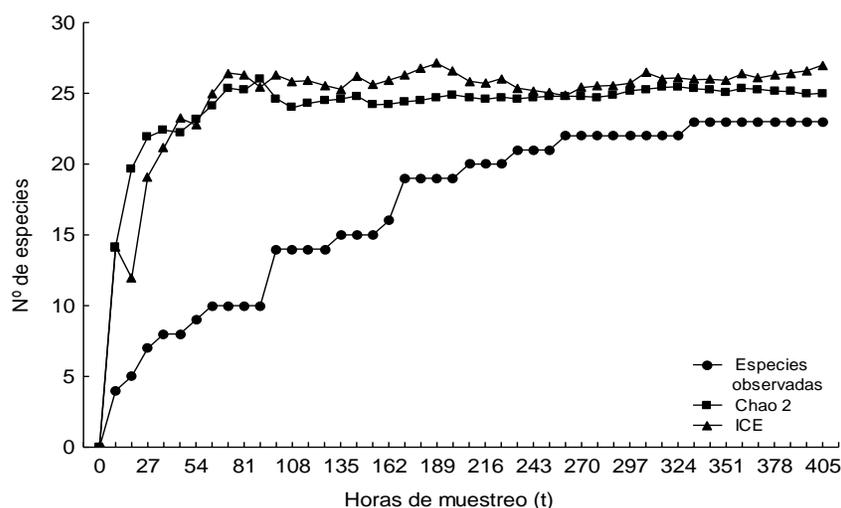


Figura 6. Estimadores ICE y Chao 2 aplicados a las especies de reptiles.

En el cuadro 8 se muestran los valores de las especies observadas y de las estimadas a partir de ICE y Chao 2. Los dos estimadores presentaron más del 80% de las esperadas tanto en PE como en L67. En el caso particular de RR los dos estimadores no alcanzaron el valor mínimo del 80% (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de totalidad para reptiles por sitio.

Estimador	Sitios		
	PE	RR	L67
Riqueza observada	15	17	15
Esperada por ICE	17.4	23.5	16
Esperada por Chao 2	16	25.2	15.5
Totalidad de ICE	86.3	70.1	94
Totalidad de Chao 2	94.3	67.5	96.7

7.3.2 Análisis de Riqueza

El análisis de riqueza de Mao Tau en anfibios mostró que no existen diferencias de riqueza entre las zonas (Figura 7), a pesar de que L67 tuvo cuantitativamente mayor riqueza y abundancia en comparación con los remanentes PE y RR.

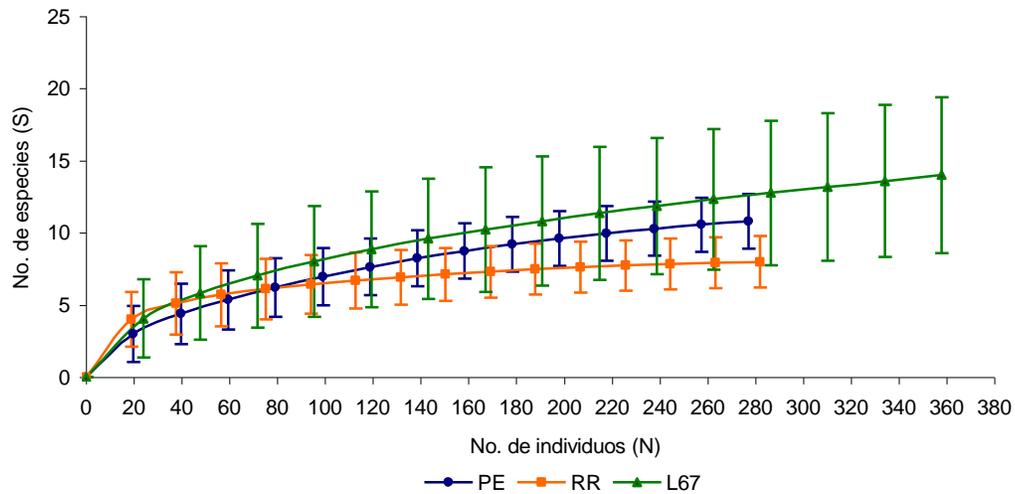


Figura 7. Análisis de Mao-Tau para anfibios.

El análisis de riqueza en reptiles de Mao Tau, mostró que los intervalos de confianza entre los tres sitios se superponen entre sí; por lo que no existen diferencias de riqueza entre los remanentes y el L67 (Figura 8).

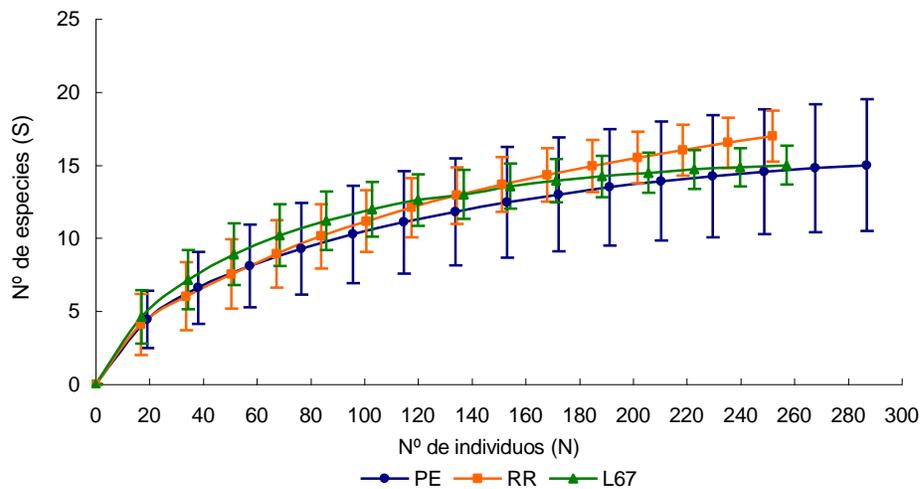


Figura 8. Análisis de Mao-Tau para reptiles.

Composición de especies

Con el estadístico Q de Cochran para anfibios, se obtuvo una $Q=3.857$, $p=0.145$, se acepta H y no existen diferencias significativas en la composición de especies entre los dos remanentes y el L67. Para reptiles se presentó el mismo caso, ya que se obtuvo una $Q=5$, $p=0.778$, por lo que también se acepta H_0 y no hay diferencias significativas en la composición de especies entre los sitios de estudio.

Especies únicas

En los remanentes y en L67 encontramos especies únicas, en el caso de los anfibios fueron siete y en reptiles seis. En PE se registraron tres especies de anuros y dos de serpientes, en RR se registraron cuatro de reptiles, de las cuales tres son serpientes y una es tortuga. En el L67 se encontraron cuatro anfibios, que corresponden a tres anuros y un urodelo (Cuadro 9). Ninguna lagartija fue especie única dentro de los sitios de muestreo.

Cuadro 9. Especies únicas de anfibios y reptiles de Playa Escondida, “Rancho el Rocío” y Lote 67.

PE	RR	L67
<i>Chaunus marinus</i>	<i>Coniophanes fissidens</i>	<i>Ollotis cavifrons</i>
<i>Leptodactylus fragilis</i>	<i>Leptophis ahaetulla</i>	<i>Gastrophryne elegans</i>
<i>L. melanonotus</i>	<i>Micrurus diastema</i>	<i>Lithobates vaillanti</i>
<i>Adelphicos quadrivirgatus</i>	<i>Kinosternon leucostomum</i>	<i>Pseudoeurycea orchimelas</i>
<i>Boa constrictor</i>		

Riqueza temporal

A nivel temporal (5 muestreos) la mayor riqueza de anfibios se registró en octubre-noviembre con 12 especies y la menor en mayo-junio y agosto con nueve especies por igual. Inversamente, en reptiles agosto registró la mayor riqueza con 17 especies, y la menor en marzo y diciembre-enero con 10. A nivel taxonómico, los anuros y urodelos registraron mayor riqueza en octubre-noviembre y la menor se presentó en agosto para anuros y en mayo para urodelos (Cuadro 10).

En reptiles, el mes de mayor riqueza para lagartijas se registró en agosto con 11 especies y la menor en diciembre-enero con cinco. En serpientes, el mayor número se encontró en agosto y en octubre-noviembre con seis registros y la menor riqueza en marzo con una especie de serpiente (*Bothrops asper*) en L67 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Riqueza de anfibios y reptiles por grupo taxonómico durante un año.

Grupos	marzo	may-jun	agosto	oct-nov	dic-ene
Anuros	8	8	7	9	8
Salamandras	2	1	2	3	2
Total anfibios	10	9	9	12	10
Lagartijas	9	10	11	9	5
Serpientes	1	3	6	6	5
Tortugas	0	1	0	0	0
Total reptiles	10	14	17	15	10

Variación temporal de la riqueza

La variación de la riqueza de anfibios en los tres sitios de estudio a lo largo del año (Figura 9), mostró que hay un comportamiento similar entre L67 y RR, ya que los picos más altos se presentaron en octubre-noviembre y los más bajos en agosto. Sin

embargo, en RR se obtuvieron consistentemente valores de riqueza más bajos. En PE la riqueza se mantuvo constante con cinco especies durante las tres salidas intermedias y en la última salida aumenta por encima de los otros dos sitios con ocho.

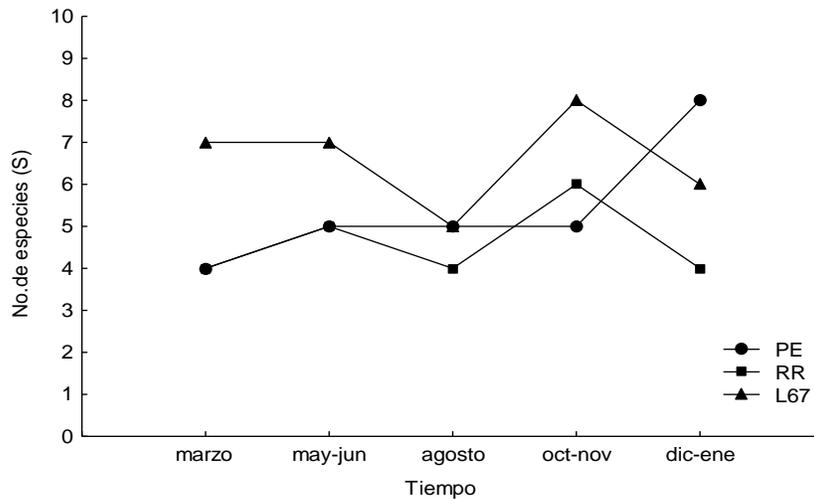


Figura 9. Variación de riqueza en anfibios durante un año de muestreo.

En reptiles, la variación temporal de riqueza (Figura 10) mostró un patrón muy similar entre los tres sitios de estudio. En las tres zonas el pico máximo de especies fue en el mes de agosto y descendió notoriamente en los meses de los siguientes muestreos. En el remanente PE octubre-noviembre mantuvo el mismo número de especies del muestreo anterior.

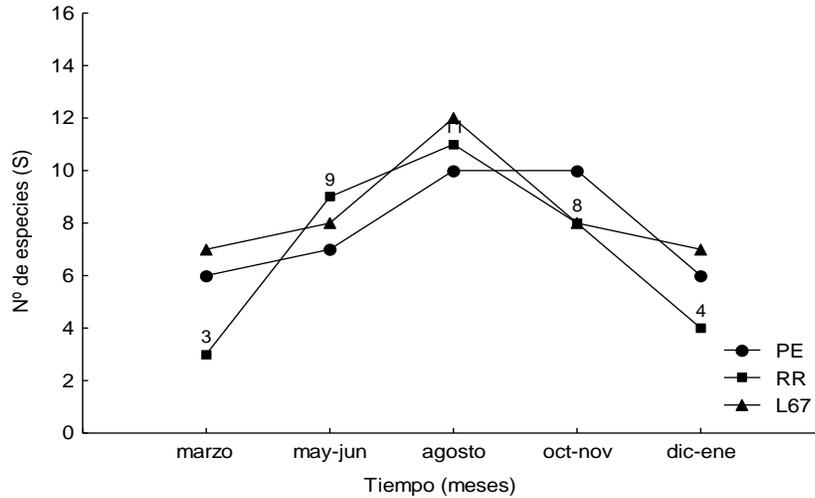


Figura 10. Variación de riqueza en reptiles durante un año de muestreo.

En RR el aumento y disminución de riqueza entre cada muestreo fue más evidente que en L67. Los registros más bajos de riqueza temporal se obtuvieron en RR, que fue de tres y cuatro especies en marzo y diciembre-enero respectivamente.

Composición de especies en el tiempo

En los anfibios la prueba de Q de Cochran dio como resultado una $Q=2$, $p=0.735$ y en reptiles una $Q=6$, $p=0.199$; en ambos grupos se acepta H_0 y no parecen existir diferencias significativas en la composición de especies a través del tiempo.

7.4 Abundancia

El número total de individuos fueron 1733, de los cuales 579 corresponden a PE, 536 a RR y 615 a L67 (Cuadro 11). En el caso particular de los anfibios, se obtuvo la abundancia más alta en L67 con 358 individuos, dando una proporción de 39% con respecto a los dos sitios restantes. En PE y RR se registraron 297 (31%) y 282 (30%)

individuos respectivamente. En reptiles, la mayor abundancia fue en PE con 287 individuos, equivalente al 36%, mientras que en L67 y RR se registraron 257 y 252 individuos respectivamente y con la misma proporción de 32%. En general, las abundancias de los reptiles fueron menores y más similares entre sí, que en los anfibios en los diferentes sitios.

Cuadro 11. Descripción de valores de abundancia en anfibios y reptiles.

Abundancia	PE	RR	L67
Abundancia de anfibios	297	282	358
Abundancia proporcional de anfibios	31%	30%	39%
Abundancia de reptiles	287	252	257
Abundancia proporcional de reptiles	36%	32%	32%
Total	584	534	615

En el cuadro 12 se muestran las especies de anfibios con sus respectivas abundancias totales de PE, RR y L67. Se puede observar que dos especies de anuros, *Craugastor loki* y *C. berkenbuschii*, son las más abundantes en todos los sitios, en comparación con el resto de las otras especies. En L67, de las 14 especies registradas, seis se encontraron una vez, mientras que en los dos remanentes sólo dos fueron registradas una sola vez.

Cuadro 12. Número de individuos registrados por especie de anfibios en los sitios.

Especies	PE	RR	L67	Total
Anuros				
<i>Chaunus marinus</i>	2	-	-	2
<i>Craugastor alfredi</i>	1	-	1	2
<i>Craugastor berkenbuschii</i>	58	62	114	234
<i>Craugastor loki</i>	210	176	180	566
<i>Craugastor vulcani</i>	-	25	3	28
<i>Gastrophryne elegans</i>	-	-	1	1
<i>Leptodactylus fragilis</i>	7	-	-	7
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	1	-	-	1
<i>Lithobates berlandieri</i>	4	4	-	8
<i>Lithobates vaillanti</i>	-	-	1	1
<i>Ollotis cavifrons</i>	-	-	1	1
<i>Ollotis valliceps</i>	-	11	19	30
<i>Smilisca baudini</i>	7	1	18	26
<i>Smilisca cyanosticta</i>	3	-	6	9
Salamandras				
<i>Bolitoglossa alberchi</i>	2	2	8	12
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>	-	1	1	2
<i>Nanotriton rufescens</i>	2	-	4	6
<i>Pseudoeurycea orchimelas</i>	-	-	1	1

La mayor abundancia de reptiles en los tres sitios estuvo dada por la lagartija, *Anolis uniformis* con 541 individuos; el resto de las especies presentaron abundancias menores. En L67 la abundancia total es similar con RR. Siete especies de RR se registraron una sola vez a diferencia de L67, donde solo dos de las 15 se registraron una vez. En el caso específico de PE, la especie *Scincella cherriei* tuvo una abundancia alta, con 87 individuos en total, pero no equiparable con *Anolis uniformis*. Este fragmento presentó además la mayor abundancia total con cuatro especies registradas una sola vez (Cuadro 13).

Cuadro 13. Número de individuos registrados por especie de reptiles en los sitios.

Especies	PE	RR	L67	Total
Lagartijas				
<i>Ameiva undulata</i>	10	2	8	20
<i>Anolis barkeri</i>	-	1	6	7
<i>Anolis rodriguezi</i>	-	7	2	9
<i>Anolis sericeus</i>	2	-	1	3
<i>Anolis uniformis</i>	180	189	172	541
<i>Basiliscus vitattus</i>	2	5	3	10
<i>Corythophanes hernandezi</i>	2	-	4	6
<i>Lepidophyma pajapanense</i>	-	1	3	4
<i>Lepidophyma tuxtlae</i>	13	3	12	28
<i>Plestiodon sumichrasti</i>	1	-	2	3
<i>Sceloporus variabilis</i>	10	7	7	24
<i>Scincella cherriei</i>	54	16	17	87
Serpientes				
<i>Adelphicos quadrivirgatus</i>	3	-	-	3
<i>Boa constrictor</i>	1	-	-	1
<i>Bothrops asper</i>	-	6	11	17
<i>Coniophanes fissidens</i>	-	3	-	1
<i>Imantodes cenchoa</i>	4	7	8	19
<i>Leptophis ahaetulla</i>	-	1	-	1
<i>Leptodeira septentrionalis</i>	2	1	-	3
<i>Micrurus diastema</i>	-	1	-	1
<i>Ninia sebae</i>	1	-	1	2
<i>Rhadinaea decorata</i>	2	1	-	3
Tortugas				
<i>Kinosternon leucostomum</i>	-	1	-	1

Modelos de abundancia

El modelo de abundancia (“J” invertida) explica gráficamente el comportamiento típico de una comunidad. En anfibios, los intervalos de abundancia (Figura 11) presentan pocas especies muy abundantes y muchas especies poco abundantes.

Dos especies son las que presentan la mayor abundancia en los tres sitios, *Craugastor loki* y *C. berkenbuschii*. En L67 las dos especies que siguieron en abundancia fueron *Ollotis valliceps* y *Smilisca baudini* con 19 y 18 individuos respectivamente. En PE la tercer especie mas abundante fue *Leptodactylus fragilis* con 7 individuos y en RR *Craugastor vulcani* con 25. En PE las especies restantes caen abruptamente con respecto a las dominantes y no tuvieron más de 10 individuos y en RR el descenso en la abundancia por especie es paulatino. Más de la mitad de las especies se registraron solo de uno a tres individuos.

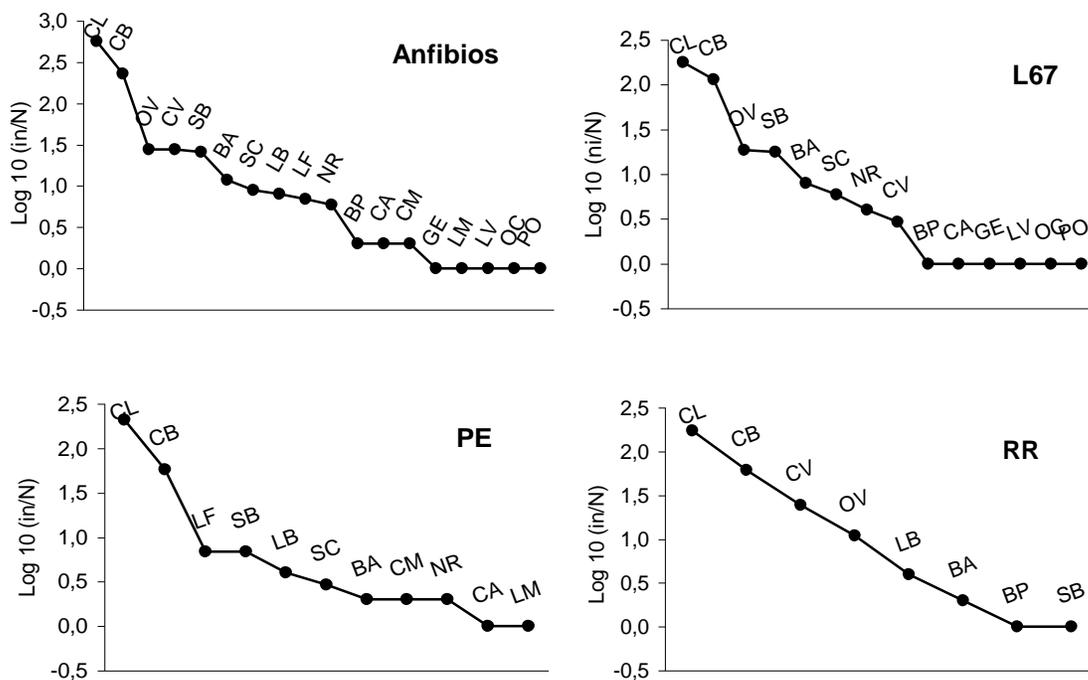


Figura 11. Modelo de distribución de abundancia para anfibios y para cada sitio. Ver abreviaturas en Apéndice 2.

El modelo de abundancia en reptiles indicó que *Anolis uniformis* fue la especie más abundante en los tres sitios de estudio (Figura 12). El L67 presentó tres especies medianamente abundantes que son: *Scincella cherriei*, *Lepidophyma tuxtlae* y

Bothrops asper (Figura 12). En PE, la segunda especie abundante fue *Scincella cherriei* con 54 individuos. Otras tres especies con menor abundancia se registraron al menos 10 veces y fueron *Lepidophyma tuxtlae*, *Sceloporus variabilis* y *Ameiva undulata*. En RR, *Scincella cherriei* fue la segunda especie más abundante pero en muy baja proporción en comparación con *Anolis uniformis*. En más de la mitad de las especies registradas se tuvieron observaciones de uno a tres individuos (Figura 12).

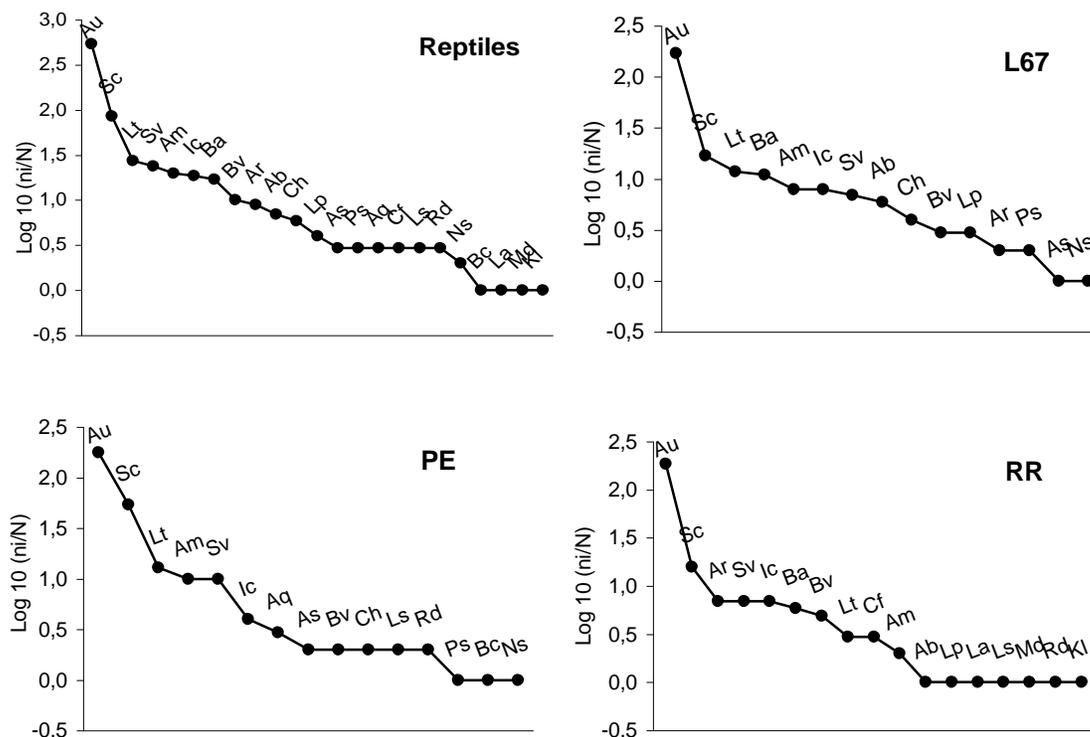


Figura 12. Modelo de distribución de abundancia para reptiles y para cada sitio. Ver abreviaturas en Apéndice 3.

Acumulación de individuos

La aproximación de acumulación de individuos de anfibios se realizó con relación al esfuerzo de horas hombre (270 horas). A partir de las 18 horas con el mismo número de horas invertidas, L67 tuvo más individuos que los fragmentos (Figura 13). Los

fragmentos PE y RR presentaron el mismo patrón en el número de individuos con el mismo esfuerzo de muestreo.

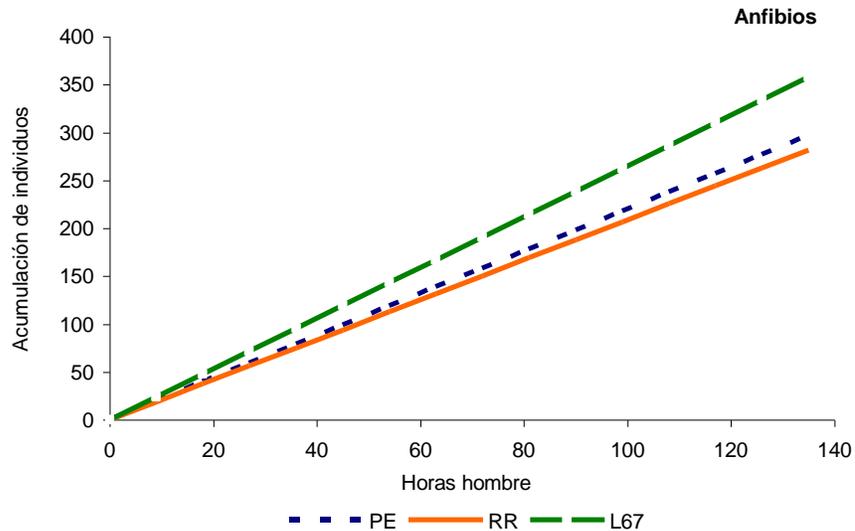


Figura 13. Acumulación de individuos de anfibios por horas muestreadas.

La acumulación de individuos para reptiles (Figura 14), el remanente PE registró mayor número de individuos conforme aumentaron las horas; mientras que RR y L67 mantuvieron la misma relación de número de individuos encontrados por hora de muestreo.

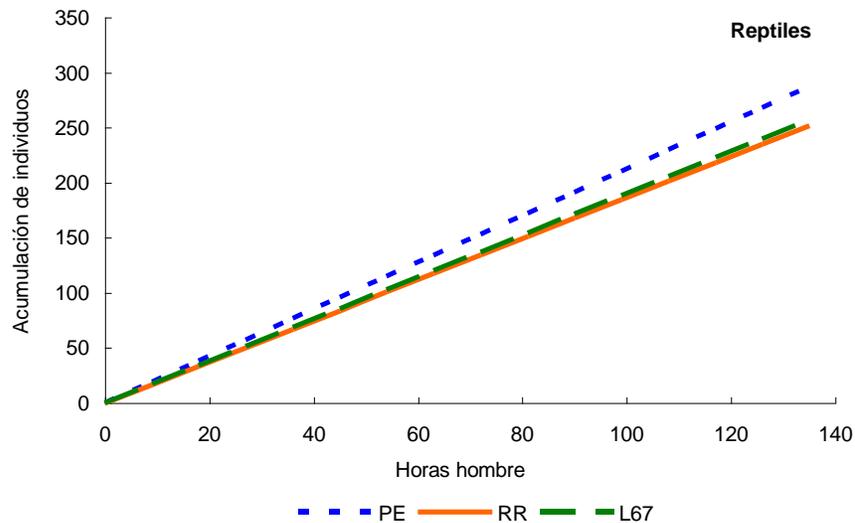


Figura 14. Acumulación de individuos de reptiles por horas muestreadas.

Diferencias entre las abundancias por sitio

Los datos para anfibios y reptiles se normalizaron y se comprobaron con la prueba de Shapiro Wilk ($p > 0.05$). El ANOVA para anfibios indicó que no hay diferencias significativas de abundancia entre los sitios ($F=1.016$, $p=0.369$). La figura 15 muestra las medidas en la tendencia central (media, desviación estándar y error estándar).

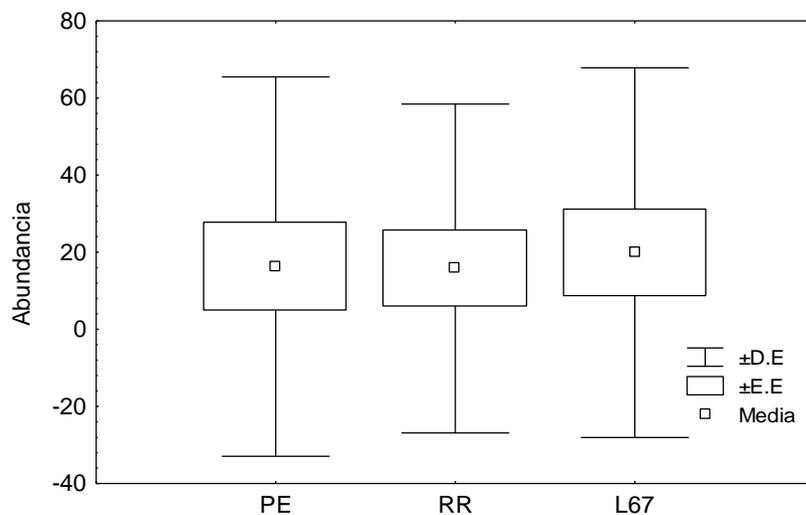


Figura 15. Medidas de tendencia central de la abundancia de anfibios.
 $\pm D.E$ = Desviación estándar y $\pm E.E$ = Error estándar.

En reptiles el ANOVA dio como resultado una $F=0.033$ $p=0.966$, por lo que tampoco existen diferencias significativas de abundancia entre los sitios. La figura 16 muestra las medidas de tendencia central (media, desviación estándar y error estándar).

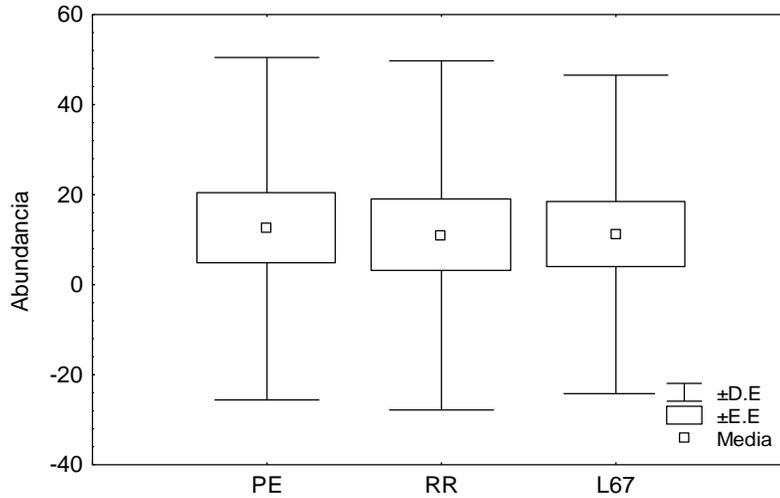


Figura 16. Medidas de tendencia central de la riqueza de reptiles.
 \pm D.E= Desviación estándar y \pm E.E= Error estándar.

7.4.1 Variación temporal de la abundancia.

A nivel temporal, la variación en la abundancia de anuros y salamandras fue mayor en octubre-noviembre con 250 y 11 individuos respectivamente. En el caso de los reptiles los muestreos de agosto y octubre-noviembre fueron muy similares en proporción, los registros más altos para lagartijas y serpientes se dieron en las mismas fechas (Cuadro 14).

Cuadro 14. Abundancia de anfibios y reptiles por grupo taxonómico durante un año.

Grupos	marzo	may-jun	agosto	oct-nov	dic-ene
Anuros	98	170	205	250	193
Salamandras	3	1	2	11	4
Total anfibios	101	171	207	261	197
Lagartijas	126	137	215	184	80
Serpientes	2	7	16	19	9
Tortugas	-	1	-	-	-
Total reptiles	128	145	231	230	89

La variación total de abundancia de anfibios (Figura 17) indicó que el pico más alto fue en octubre-noviembre con 261 individuos y la menor fue en marzo con 101 individuos. La abundancia por sitios no presentó un patrón similar, los valores más altos de abundancia fueron en L67 con 141 individuos (octubre-noviembre), seguido por RR con 73 individuos (diciembre-enero) y en PE el valor más alto fue de 86 individuos en agosto. En el primer muestreo se registraron los valores más bajos de abundancia.

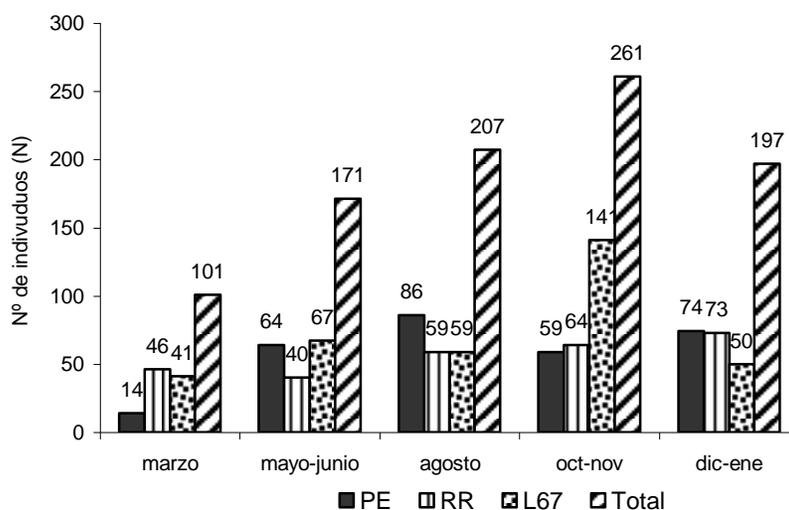


Figura 17. Variación de abundancia en anfibios.

En la figura 18 se observa la variación de la abundancia total en reptiles, en la que el pico de abundancia se presentó en agosto con 231 individuos y el menor en diciembre-enero con 89 individuos.

Con respecto a la abundancia de cada sitio, el pico máximo en PE y RR fue en agosto con 73 y 92 individuos respectivamente, mientras que en L67 fue en octubre-noviembre con 91 individuos. La menor abundancia se registró en el mes de diciembre en L67 con 18 individuos. Se puede observar que en PE y L67 el patrón de

abundancia va de menor a mayor y desciende nuevamente en diciembre-enero; sin embargo, la abundancia en PE es más uniforme y no varía como en L67.

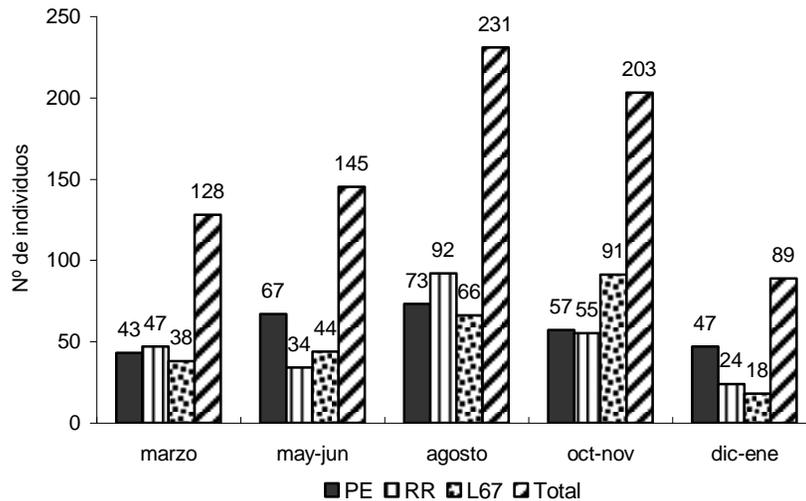


Figura 18. Variación de abundancia en reptiles.

Los datos de abundancia por temporada para anfibios y reptiles, se normalizaron por rangos y se comprobaron con la prueba de Shapiro-Wilk ($p > 0.05$). En anfibios el ANOVA dio como resultado una $F = 5.19708$, $p = 0.268$, por lo que no existen diferencias significativas entre las abundancias de los sitios a nivel temporal (Figura 19).

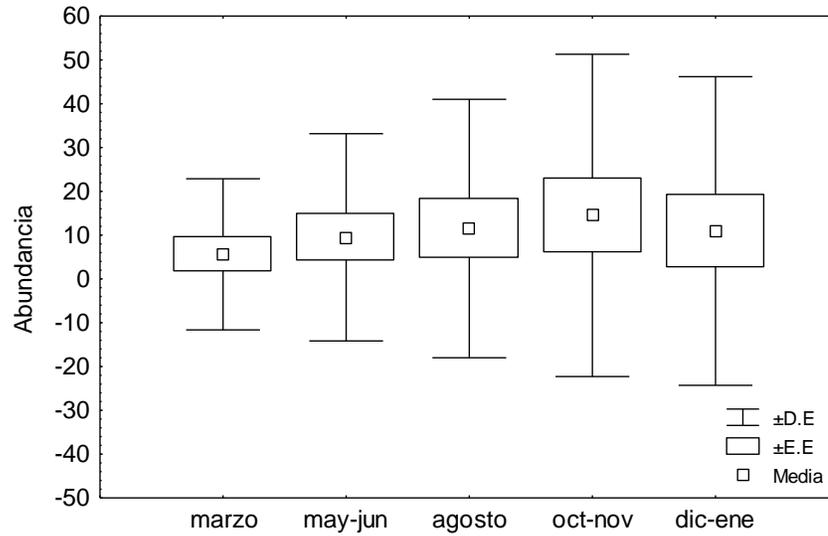


Figura 19. Medidas de tendencia central de la abundancia de anfibios.
 \pm D.E= Desviación estándar y \pm E.E= Error estándar.

Para reptiles, en el ANOVA sí existen diferencias entre las abundancias a lo largo de una año ($F=3.507$, $p=0.0079$), y la prueba posterior de comparaciones de Tukey indicó que la abundancia de marzo es significativamente menor que la obtenida en agosto ($p=0.014$) y, entre el muestreo de diciembre-enero las abundancias fueron menores que en agosto ($p=0.021$). La figura 20 muestra las medidas de tendencia central y las diferencias entre los meses de marzo con el muestreo de agosto.

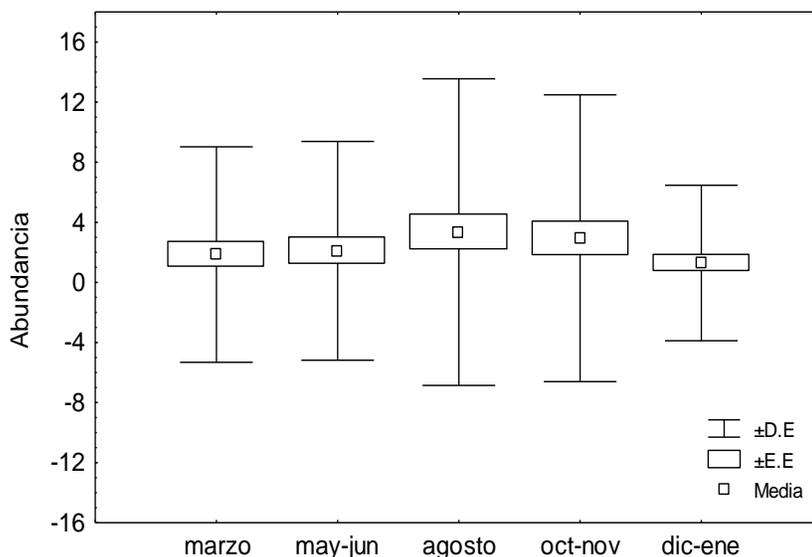


Figura 20. Medidas de tendencia central de la abundancia de reptiles.
 \pm D.E= Desviación estándar y \pm E.E= Error estándar.

7.5 Diversidad

En anfibios, El índice de diversidad de Shannon-Wiener más alto fue en L67 con un valor de $H' = 1.36$, (Cuadro 15) y en dominancia ocupó el valor más bajo de las tres zonas con $d = 0.50$. En general, la diversidad de las tres zonas fue baja y más en el fragmento PE con $H' = 0.993$. La especie dominante (d) *Craugastor loki* ocupó el 70% de la comunidad de anfibios. En el inverso de dominancia ($1/d$), fueron de 1.5 a 2 especies de anfibios las que dominaron las tres zonas y estas son *Craugastor loki* y *C. berkenbuschii*.

Cuadro 15. Índices de diversidad (H') y dominancia (d) de anfibios

	PE	RR	L67
H'	0.99	1.11	1.36
d	0.70	0.61	0.50
$1/d$	1.42	1.64	1.98

Los valores de la variación intra-anual se observan en el cuadro 16 en el cual el valor más alto fue en L67 en octubre-noviembre con $H'=1.361$; mientras que el menor fue de 0.64 y se observó en PE. En cuanto a dominancia, PE presentó la mayor dominancia en diciembre con $d=0.838$ y mantuvo proporcionalmente mayor dominancia en todas los muestreos con respecto a RR y L67.

Cuadro 16 Valores anuales de los índices de diversidad (H') y dominancia (d) de anfibios.

Índices	marzo	may-jun	agosto	oct-nov	dic-ene
(H') PE	0.755	0.941	0.954	0.64	0.745
(H') RR	0.845	1.289	1.095	1.195	0.696
(H') L67	1.068	1.262	1.217	1.361	0.882
(d) PE	0.786	0.688	0.512	0.831	0.838
(d) RR	0.739	0.5	0.525	0.563	0.753
(d) L67	0.707	0.448	0.525	0.411	0.64

En la figura 21 se observa el comportamiento de los índices de diversidad y dominancia de anfibios. Entre L67 y RR, el comportamiento de la diversidad fue muy similar pero con valores menores en RR. En PE se obtuvieron los valores más bajos de diversidad y los más altos de dominancia; en agosto, los tres sitios presentaron la misma proporción de la especie dominante con $d=0.52$ aproximadamente.

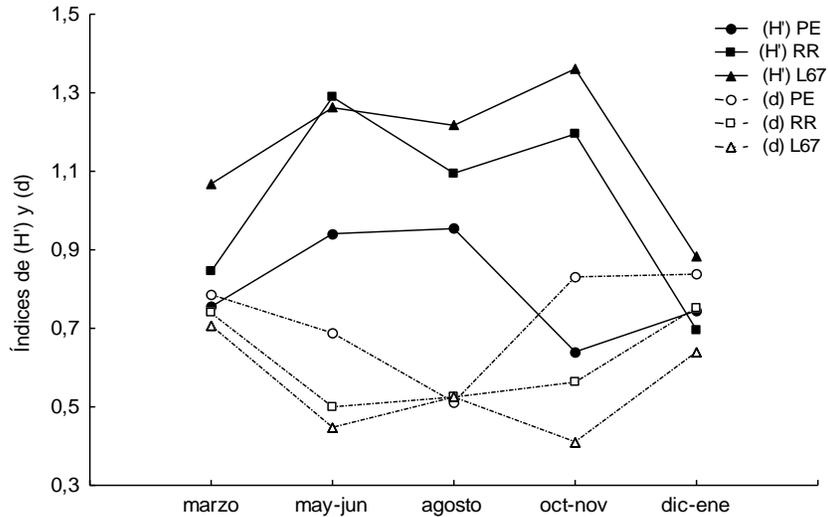


Figura 21. Variación anual de los índices de diversidad (H') y dominancia (d) en anfibios.

En reptiles, el índice de diversidad total (H') de la comunidad de reptiles es de $H'=1.31$ y la dominancia de Berger-Parker $d=0.68$, lo que indica que la especie dominante de las tres zonas ocupa el 68% del total de las demás especies dentro de la comunidad. La especie dominante es *Anolis uniformis*. En L67 se registró el mayor índice de diversidad $H'=1.42$ y el menor en RR con $H'=1.17$. La mayor dominancia se registró en RR ($d=0.75$), lo que indica que el 75% lo ocupa la especie dominante de la zona y el menor índice se obtuvo en PE con $d=0.63$. El inverso de dominancia total de Berger-Parker ($1/d$) indicó que en promedio hay $d=1.47$ especies dominantes en las zonas de estudio (Cuadro 17).

Cuadro 17 Índices de diversidad (H') y dominancia (d) de reptiles.

	PE	RR	L67
H	1.32	1.17	1.42
D	0.63	0.75	0.67
1/d	1.59	1.34	1.49

La variación temporal de los índices de diversidad (H') de Shannon-Wiener (Cuadro 18 y Figura 22) indicaron que el muestreo de octubre-noviembre PE presentó la mayor diversidad con $H'=1.676$, en L67 y RR los picos de diversidad se dieron en agosto con $H'=1.674$ y $H'=1.22$ respectivamente. La menor diversidad se dio en marzo tanto para L67 con $H'=0.945$ como para PE con $H'=0.697$ y en RR fue en diciembre con una $H'=0.514$.

Cuadro 18 Valores anuales de los índices de diversidad (H') y Dominancia (d) de reptiles.

Índices	marzo	may-jun	agosto	oct-nov	dic-ene
(H') PE	0.697	1.114	1.273	1.676	0.831
(H') RR	0.52	1.119	1.22	1.077	0.514
(H') L67	0.945	1.024	1.674	1.103	1.532
(d) PE	0.837	0.672	0.548	0.386	0.787
(d) RR	0.83	0.735	0.707	0.709	0.875
(d) L67	0.763	0.75	0.545	0.714	0.5

Los valores de dominancia (d) más altos fueron en RR, particularmente en diciembre-enero con $d=0.875$, esto indica que la especie dominante (*Anolis uniformis*) ocupó el 87% del total de los individuos registrados. La dominancia más alta en PE ($d=0.837$) y L67 ($d=0.763$) se obtuvo en marzo. El valor más bajo de dominancia se registró en PE en octubre-noviembre con $d=0.386$ (Figura 22).

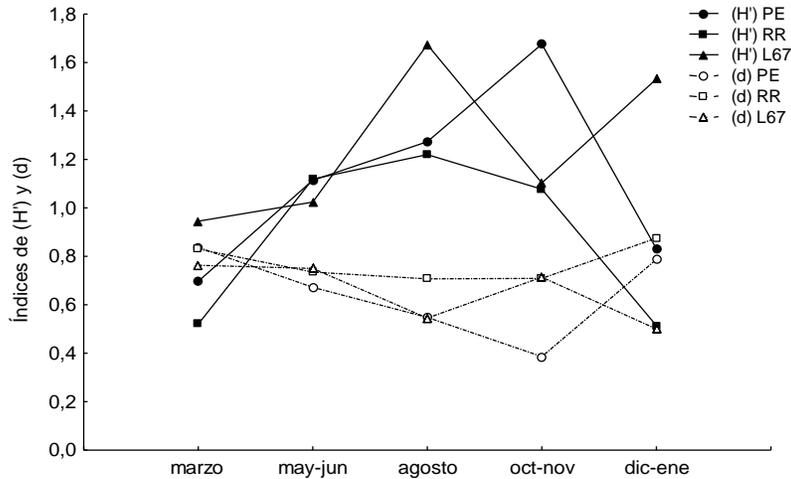


Figura 22. Variación anual de los índices de diversidad (H') y dominancia (d) en reptiles.

Comparación de diversidad entre zonas

En anfibios se realizó la prueba de F de Friedman con la variación temporal de diversidad (H') y se obtuvo una $F=0.666$, $p=0.15462$, y no hay diferencias significativas. En la variación temporal de diversidad (H') de reptiles se obtuvo una $F=7.7333$, $p=0.10188$, por lo que tampoco existen diferencias significativas.

7.6 Diversidad Beta

7.6.1 Similitud entre zonas

El índice de similitud de Jaccard para la herpetofauna presentó un grupo a un corte de 48.7%, que incluye al fragmento RR y L67, porcentaje relativamente bajo. El fragmento PE presentó 50% de similitud con los otros dos sitios (Figura 23).

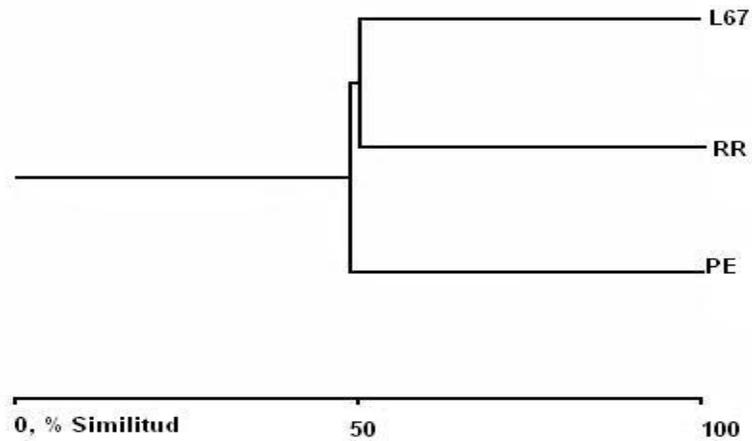


Figura 23. Cluster de similitud para la herpetofauna.

El análisis de Jaccard en anfibios agrupó a RR y L67 con 46.6 % de similitud, mientras que PE no pasa de 40 % de similitud con RR y L67 (Figura 24). En anfibios, se registraron 18 especies en total, de las cuales cuatro se encuentran en los tres sitios de estudio, tres anuros y un urodelo, y son: *Craugastor berkenbuschii*, *C. loki*, *Smilisca baudini* y *Bolitoglossa alberchi*. *C. berkenbuschii* y *C. loki* son las especies dominantes.

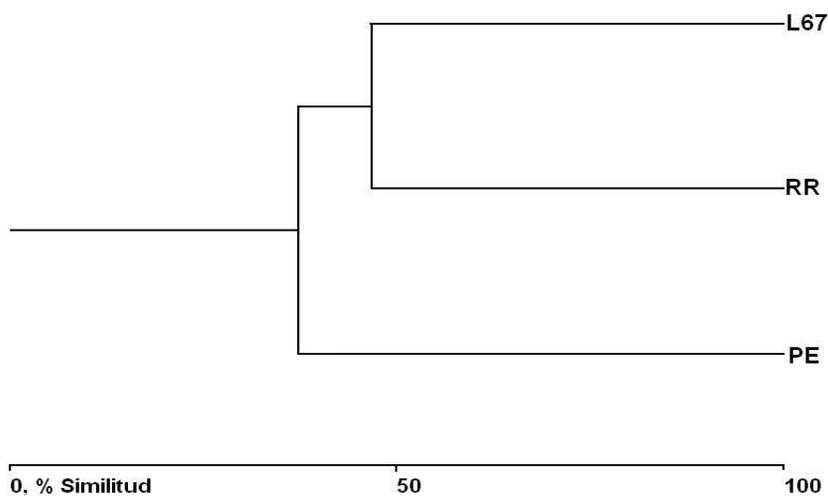


Figura 24. Cluster de Jaccard para anfibios.

Entre L67 y RR se encontró el porcentaje de similitud de especies mayor (46.6%). Las especies que comparten exclusivamente estos dos sitios son: *Craugastor alfredi*, *Ollotis valliceps* y *Bolitoglossa platydactyla* (Cuadro 19).

El índice de similitud de Jaccard en reptiles presentó un grupo entre L67 y PE con similitud de 57%, mientras que la similitud de RR con L67 fue de 53% y entre RR y PE de 40% (Figura 25).

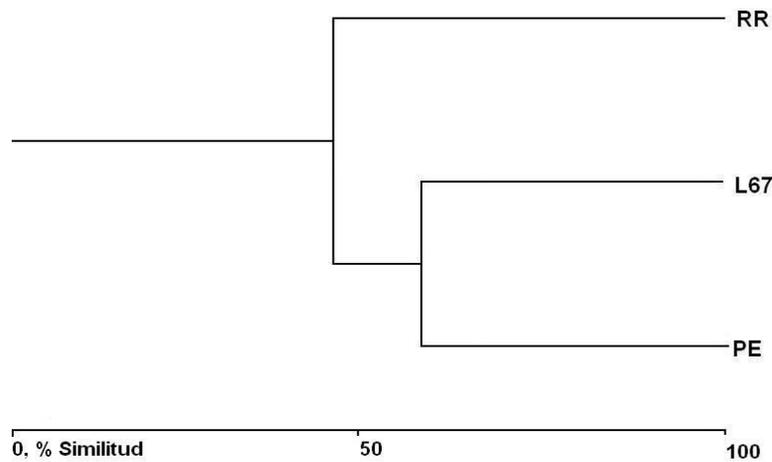


Figura 25. Cluster de Jaccard para reptiles.

En reptiles, de las 23 especies registradas siete son las especies que comparten los tres sitios (seis lagartijas y una serpiente) estas especies son: *Ameiva undulata*, *Anolis uniformis*, *Basiliscus vittatus*, *Lepidophyma tuxtlae*, *Sceloporus variabilis*, *Scincella cherriei* e *Imantodes cenchoa*.

La correspondencia de reemplazo de especies entre los sitio de estudio se muestra en el cuadro 19. En anfibios, son cuatro el número de especies compartidas exclusivamente entre L67 y RR y entre L67 y PE. Sin embargo, la preferencia de hábitat a partir del trabajo de Urbina-Cardona *et al.* (2006) indica que dos de las

especies de L67 y RR pertenecen a interior de selva (*Craugastor vulcani* y *Ollotis valliceps*) y una que mayormente se encuentra en borde de selva (*Bolitoglossa platydactyla*).

Las especies compartidas entre L67 y PE son *Nanotriton rufescens* clasificada como especie de borde, *Smilisca cyanosticta* generalista y *Craugastor alfredi* de selva. Entre PE y RR, la especie compartida (*Lithobates berlandieri*) se le encuentra principalmente en zonas perturbadas.

Cuadro 19. Reemplazo de especies de anfibios y reptiles.

Anfibios				
		PE	RR	L67
Reptiles				
PE	X	<i>Lithobates berlandieri</i>	<i>Craugastor alfredi</i> <i>Nanotriton rufescens</i> <i>Smilisca cyanosticta</i>	
RR	<i>Leptodeira septentrionalis</i> <i>Rhadinaea decorata</i>	X	<i>Bolitoglossa platydactyla</i> <i>Craugastor vulcani</i> <i>Ollotis valliceps</i>	
L67	<i>Anolis sericeus</i> <i>Corythophanes hernandezi</i> <i>Plestiodon sumichrasti</i> <i>Ninia sebae</i>	<i>Anolis barkeri</i> <i>A. rodriguezi</i> <i>Lepidophyma pajapanense</i> <i>Bothrops asper</i>	X	

En reptiles la mayor similitud se obtuvo entre PE y L67, y tres de las cuatro especies que comparten estos sitios son de selva y una de zona perturbada. L67 y RR tienen el mismo número de especies compartidas que entre PE y L67. Sin embargo, las especies que comparten se encuentran solo en selva.

7.6.2 Complementariedad

El grado de disimilitud en la composición de especies de anfibios entre L67 y RR fue de 0.533, lo que coincide con los resultados del análisis de Jaccard, donde hay mayor similitud entre estos dos sitios; mientras que entre PE y RR el grado de disimilitud es alto y es de 0.785, lo cual sugiere que estos dos sitios difieren más entre sí en la composición de especies (Cuadro 20).

En reptiles, los sitios que difieren más entre sí en la composición de especies es entre PE y RR ($C=0.608$) y el valor más bajo fue entre L67 y PE ($C=0.421$) es decir, esta última relación confirma que la composición de especies es más similar entre estos dos sitios. (Cuadro 20).

Cuadro 20. Valores de complementariedad de anfibios y reptiles.

Anfibios	PE	RR	Reptiles	PE	RR
PE			PE		
RR	0.785		RR	0.608	
L67	0.611	0.533	L67	0.421	0.476

En anfibios y reptiles, PE y RR tienen los valores más altos de disimilitud. En el cuadro 21 las especies únicas de cada sitio para anfibios y reptiles. En anfibios, RR no presentó especies únicas, mientras que PE y L67 tienen tres y cuatro especies únicas, respectivamente. Sin embargo, las especies de PE corresponden a hábitats de sitios perturbados. En reptiles, RR presentó el mayor número de especies únicas, es el sitio que más difiere con PE y el que más similitud tiene con L67, a pesar de que L67 no presentó especies únicas en reptiles.

Cuadro 21. Especies únicas de anfibios y reptiles.

	Anfibios	Reptiles
PE	<i>Chaunus marinus</i> <i>Leptodactylus fragilis</i> <i>L. melanonotus</i>	<i>Adelphicos quadrivirgatus</i> <i>Boa constrictor</i>
RR	X	<i>Coniophanes fissidens</i> <i>Leptophis ahaetulla</i> <i>Micrurus diastema</i> <i>Kinosternon leucostomum</i>
L67	<i>Ollotis cavifrons</i> <i>Gastrophryne elegans</i> <i>Lithobates vaillanti</i> <i>Pseudoeurycea orchimelas</i>	X

7.7 Estadios de vida

Para anfibios, en L67 se encontraron 132 individuos juveniles y 167 de adultos, valores mayores que en los dos remanentes. En RR los valores de los estadios no variaron mucho entre sí, ya que oscilaron entre los 67 y 81 individuos por estadio y en PE hay más juveniles (127) que crías y adultos. En reptiles, las crías tienen los valores más bajos, particularmente PE con 20 crías; los juveniles oscilan entre los 52 y 67 individuos para cada zona. En L67 se registraron 141 adultos, casi igual que PE (137).

Cuadro 22. Estadios de vida de la herpetofauna.

	Anfibios			Reptiles		
	Cría	Juvenil	Adulto	Cría	Juvenil	Adulto
PE	74	127	81	20	47	97
RR	68	67	81	50	52	137
L67	59	132	167	43	67	141

Los estadios de vida en anfibios, mostraron que en PE la abundancia de juveniles dominó durante los muestreos, especialmente en agosto; y en el muestreo de diciembre-enero hubo igualdad de representatividad de estadios. En RR los adultos tuvieron la mayor abundancia en octubre-noviembre y las crías fueron muy abundantes durante marzo y diciembre-enero. En L67 la proporción de adultos fue mayor en tres de los cinco muestreos y el valor más alto alcanzado fue en octubre-noviembre. Los juveniles fueron más abundantes durante mayo-junio y agosto, mientras que en marzo las abundancias de los tres estadios fue similar. En cuanto a las crías, éstas se presentaron en menor número en comparación con los juveniles y adultos. (Figura 26).

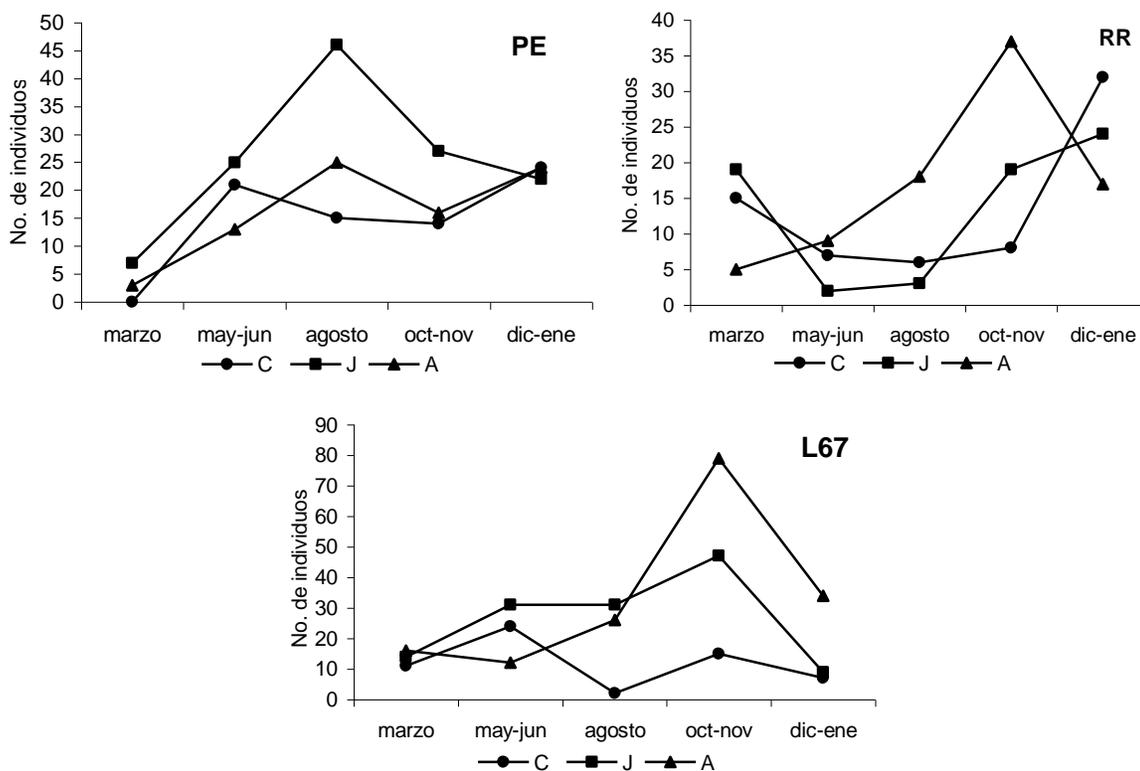


Figura 26. Variación anual de las abundancias en los estadios de vida de anfibios en PE, RR y L67. Los estadios de vida son C=Cría, J=Juvenil y A=Adulto.

En reptiles, la abundancia de adultos fue siempre mayor en todos los sitios. En el caso de PE, la abundancia de crías y juveniles no variaron durante los muestreos; mientras que los adultos presentaron mayor abundancia en mayo-junio. En RR, los adultos presentaron un comportamiento similar con L67 pero en menor abundancia; los juveniles y crías se comportaron similares, pero las crías en menor abundancia. En L67, a excepción de agosto, dominó el estadio adulto y el valor más alto se obtuvo en octubre-noviembre con 79 individuos; en diciembre-enero las abundancias de todos los estadios disminuyeron notoriamente. En mayo-junio no se registró ninguna cría y en el siguiente muestreo de agosto, la abundancia fue la más alta de este estadio; los juveniles se mantuvieron con los mismos valores de mayo-junio hasta octubre-noviembre (Figura 27).

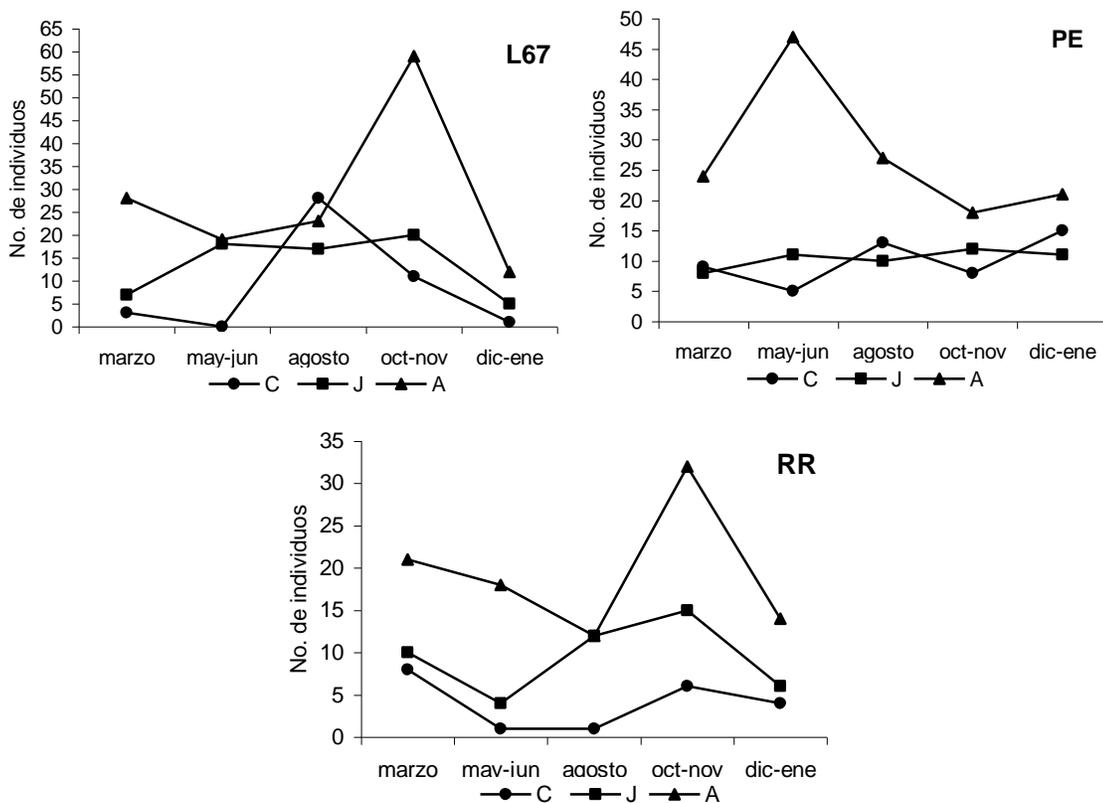


Figura 27. Variación anual de las abundancias en estadios de vida de reptiles en PE, RR y L67. Los estadios son C=Cría, J=Juvenil y A=Adulto.

7.8 Temperatura y precipitación

Las abundancias de anfibios y anuros específicamente, no están correlacionadas con la temperatura y precipitación. Por lo tanto, estas variables no están influyendo directamente sobre la abundancia de los anfibios y de los anuros. (Cuadro 23).

Cuadro 23. Correlación de Spearman (r_s) y el valor de p , entre las abundancias de anfibios y anuros con las variables temperatura y precipitación.

Temperatura		PE	RR	L67
Anfibios	r_s	0.004	-0.071	0.304
	p	0.984	0.799	0.269
Anuros	r_s	0.005	-0.061	0.309
	p	0.974	0.822	0.252
Precipitación				
Anfibios	r_s	0.330	0.155	0.037
	p	0.228	0.580	0.893
Anuros	r_s	0.299	-0.172	-0.079
	p	0.269	0.532	0.773

Las abundancias de reptiles, lagartijas y serpientes en los tres sitios, no están correlacionadas con la precipitación; en cambio, se obtuvieron correlaciones positivas con la temperatura y las abundancias de reptiles ($r_s=0.612$, $p=0.0151$) y lagartijas ($r_s=0.516$, $p=0.046$) en L67 (Figura 28). En los remanentes PE y RR no se encontraron correlaciones positivas ni negativas entre la temperatura y las abundancias de lagartijas y serpientes (Cuadro 24).

Cuadro 24. Correlación de Spearman (r_s) y el valor de p , entre las abundancias de reptiles, lagartijas y serpientes con las variables temperatura y precipitación.

Temperatura		PE	RR	L67
Reptiles	r_s	0.209	0.327	0.612
	p	0.454	0.233	0.015
Lagartijas	r_s	0.191	0.241	0.516
	p	0.489	0.374	0.046
Serpientes	r_s	-0.150	0.334	-0.018
	p	0.584	0.214	0.944
Precipitación				
Reptiles	r_s	0.329	0.345	0.154
	p	0.230	0.207	0.581
Lagartijas	r_s	-0.314	-0.410	-0.173
	p	0.209	0.124	0.532
Serpientes	r_s	0.098	0.0812	-0.329
	p	0.714	0.763	0.224

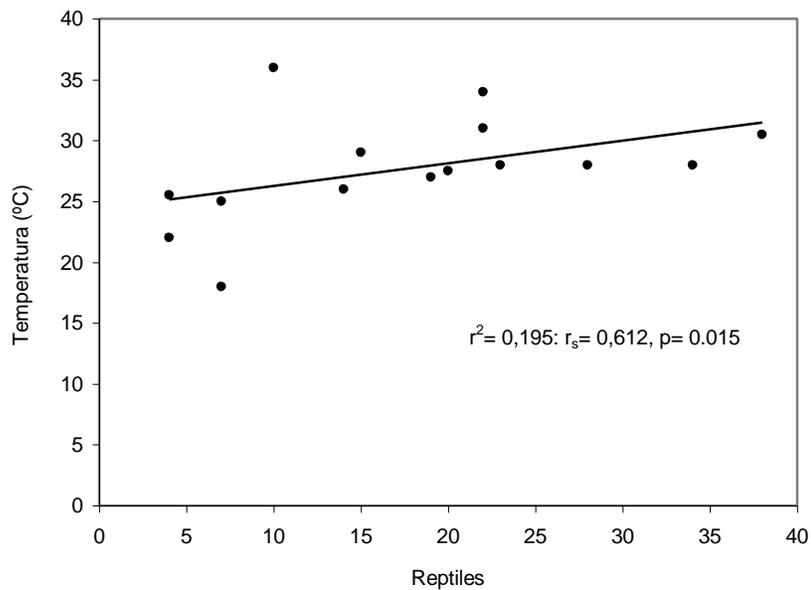


Figura 28. Correlación de Spearman de la abundancia y temperatura de reptiles en L67.

VIII. DISCUSIÓN

El método usado para este estudio fue estandarizado con el tiempo invertido lo que tiene ventajas al permitir estandarizar y comparar resultados con otros estudios (Reynoso *et al.*, 2005), como lo fue con el de Hernández-Ordóñez (2005). Este estudio acumuló 810 horas hombre, con un esfuerzo de captura promedio de 2.10 individuos por hora muestreada. Existen estudios que han utilizado otros sistemas de muestreo para anfibios y reptiles, como la búsqueda en dosel para especies arborícolas, en parcelas y cercas de desvío (Greenburg *et al.*, 1994; Friend, 1984; Jaeger, 1994; Mitchell *et al.*, 1993; Luna, 1997). Las cercas de desvío se usan especialmente para especies fosoriales que normalmente no se pueden detectar a simple vista o bien para especies que difícilmente se podrían interceptar. Este método tiene muchas desventajas como perturbar el lugar de muestreo, su esfuerzo para la colocación y la inducción de la mortandad de las presas ya sea por el tiempo que permanecen en la trampa o por ser presas fáciles de otros organismos. Trabajos como el de Pawar (1999) indican que las cercas de desvío no tuvieron ventajas significativas sobre otros muestreos de colecta manual, utilizado en nuestro estudio.

Con base en la revisión de trabajos herpetofaunísticos y colectas realizados en Los Tuxtlas, Pérez-Higareda (com. pers. 2003) menciona que las especies registradas de anfibios y reptiles en un rango altitudinal no mayor a los 600 msnm, es de 29 especies de anfibios y 64 especies de reptiles. Así, en términos de representatividad, los datos obtenidos nos indicaron que las 18 especies de anfibios y 23 especies de reptiles obtenidas en el presente estudio, constituyeron el 62 y 35% respectivamente del total esperado. Haciendo una comparación con los trabajos de Urbina-Cardona *et al.* (2006), Salvatore-Olivares (2006), Cabrera-Guzmán (2005),

Hernández-Ordóñez (2005), Villar-Rodríguez (2007), el número de especies encontradas para anfibios varió de 12 hasta 21 especies y en reptiles de 20 a 38 especies. Los trabajos con mayor número de especies encontradas a nivel de herpetofauna fueron los de Salvatore-Olivares (2006) con 58 especies y Urbina-Cardona (2006) con 54 especies, los cuales invirtieron un esfuerzo de captura de 2160 y 672 horas-hombre respectivamente durante año. Con estos datos, se puede observar que en ningún trabajo se alcanzó el número total de especies mencionadas por Pérez-Higareda. En anfibios faltaron 11 especies más para obtener el registro completo de las especies y en reptiles la mayoría de las especies que no se encontraron fueron serpientes. Esto podría indicar que a pesar de que hay especies de difícil avistamiento por sus hábitos de vida, otras especies son altamente sensibles a las modificaciones de su hábitat y que a través del tiempo, las abundancias de sus poblaciones han disminuido; lo cual repercute en los pocos o nulos avistamientos de estas especies, o bien, ya no se encuentran en estos sitios.

Composición. La mayor riqueza de especies de anfibios se obtuvo en anuros, con 14 especies, lo que representó el 34% del total de la herpetofauna. A nivel de géneros el mejor representado fue *Craugastor* con 4 especies, entre las que se encuentra *Craugastor loki*. Este pequeño anuro fue el más abundante en todos los sitios de estudio similar a lo reportado por Hernández-Ordóñez (2005), Cabrera-Guzmán (2005) y Urbina-Cardona *et al.* (2006). Otra especie abundante fue *Craugastor berkenbuschii*, la cual es muy común en el Lote 67, aunque en menor proporción que *Craugastor loki*.

Las salamandras representaron el 9.8% de la herpetofauna; sin embargo, las 4 especies encontradas constituyeron el 100% dentro de los registros de la zona de estudio. En cada uno de los remanentes se hallaron dos especies de salamandras y en L67 se encontraron las cuatro especies, una de ellas, *Pseudoeurycea orchimelas* considerada como exclusiva de sitios conservados. No obstante Villar-Rodríguez (2007) encontró un individuo de esta especie en un remanente de vegetación lineal conectado con la Estación de Los Tuxtlas.

En reptiles, se encontraron 12 especies de lagartijas que representan el 29% de la herpetofauna. El género *Anolis* está representado por la especie *Anolis uniformis* que fue la más abundante de los reptiles en los tres sitios de estudio. Se sabe que esta lagartija habita en el sotobosque de la selva (Vogt *et al.*, 1997) y que si bien es muy abundante, no es capaz de permanecer en potreros o zonas abiertas (Urbina-Cardona *et al.*, 2006), a diferencia de las especies generalistas *Anolis sericeus* y *Ameiva undulata* que se han encontrado en selva, en zonas de borde y en potrero. *Anolis uniformis* difícilmente permanecería si la selva o los remanentes desaparecieran.

La segunda especie más abundante fue *Scincella cherriei*, la cual compite potencialmente por el alimento con *A. uniformis* (Vogt *et al.*, 1997). *Sceloporus variabilis* se encontró igualmente en los tres sitios pero en muy baja abundancia. Es característica de zonas perturbadas (claros o pastizales), de borde o de zonas abiertas y muy ocasionalmente se encuentra en selva.

El grupo de las serpientes ocupó el 24% de la herpetofauna, con 10 especies, valor relativamente bajo si consideramos las 46 que se distribuyen en la zona de estudio. En conjunto tuvieron abundancias muy bajas, exceptuando a *Imantodes*

cenchoa y *Bothrops asper* que presentaron en total 19 y 17 individuos respectivamente. Estas dos especies son consideradas comunes desde el nivel del mar hasta los 1000 m, para *Imantodes cenchoa*, y hasta 1300 m para *Bothrops asper* (Vogt *et al.*, 1997). El resto de las especies detectadas en los remanentes se registraron de una a tres veces como máximo. Estas especies son *Boa constrictor*, *Adelphicos quadrivirgatus*, *Coniophanes fissidens*, *Leptophis ahaetulla*, *Leptophis septentrionalis*, *Micrurus diastema*, *Ninia sebae* y *Rhadinaea decorata*, comunes en la zona de la Estación. Sin embargo, debido a sus hábitos fosoriales o arborícolas es difícil detectarlas.

El número de especies de tortugas que se han reportado para la zona es de tres y la representatividad de este grupo es muy baja en las zonas muestreadas, usualmente alejadas de pozas. En el penúltimo muestreo (octubre-noviembre) se registró sólo una tortuga en el remanente RR y representa el 2.4% de los reptiles.

Riqueza

Con respecto a la riqueza total de anfibios, la zona conservada (L67) mostró ser el sitio con mayor riqueza (14 especies), mientras que de RR se obtuvieron ocho especies y en PE 11. En el caso de reptiles fue lo contrario; en RR se registró la mayor riqueza con 17 especies, siete de las cuales pertenecen a serpientes, mientras que en L67 y PE se registraron 15 en cada sitio. A nivel global, las curvas de acumulación para anfibios mostraron que después de agosto hasta diciembre-enero, se registraron de una a dos especies nuevas y que la asíntota no se estabilizó. Sin embargo, los análisis de totalidad indicaron que los muestreos fueron óptimos, ya que fueron observadas más del 80% de las especies esperadas. De

igual forma, la curva de acumulación en reptiles parece estabilizarse y los resultados del análisis de totalidad dieron un alto porcentaje de especies observadas contra las esperadas, de 85 a 92%.

Al realizar los análisis específicos en cada zona, los resultados mostraron que los anfibios en L67 y los reptiles en RR no alcanzaron el porcentaje óptimo de 80% para poder afirmar que los muestreos fueron suficientes según parámetros propuestos por Colwell (2004). Esto puede sugerir que a pesar de haber sido el sitio con mayor riqueza de anfibios faltaron más muestreos para obtener una curva de acumulación estable. El análisis de riqueza de Mao Tau demostró que tanto en anfibios como en reptiles estas diferencias no fueron significativas y que las comunidades herpetofaunísticas son iguales con respecto a su riqueza, en los fragmentos y en la zona conservada.

Este comportamiento en las curvas de acumulación pudo deberse a que hasta la última salida se continuaron registrando nuevas especies, principalmente del grupo de las serpientes. Esto no indica necesariamente que los sitios estuvieron mal muestreados; sino que los hábitos de las especies influyen notablemente en la frecuencia de sus avistamientos y que en ningún trabajo se ha encontrado la totalidad de especies registradas en remanentes de selva o en selva conservada, como son el de Urbina-Cardona *et al.* (2006) y Hernández-Ordóñez (2005).

Variación temporal de riqueza

La variación anual de la riqueza de anfibios en los sitios L67 y RR mostró un mismo patrón donde la menor riqueza se obtuvo en agosto (época de lluvias) y la mayor en octubre-noviembre (finales de lluvias y comienzo de nortes). En el remanente PE el

número de especies en cada muestreo fue constante tanto en época de secas como en lluvias por lo que la riqueza fue uniforme durante todo el año. Este sitio se encuentra rodeado por potreros, acahuales y una playa, lo que deja a este remanente en mayor aislamiento en comparación con RR. En el caso de RR, a pesar de tener un fuerte efecto de borde y menor área que PE, se encuentra más cerca de la matriz (L67), lo que puede estar ayudando al recambio de las mismas. En reptiles la variación de riqueza de los tres sitios mostró un patrón en el que el pico máximo de riqueza fue en agosto y el menor en marzo y diciembre-enero. Cabe señalar que los dos remanentes se mantuvieron por debajo de los valores de riqueza de L67.

En la región de Los Tuxtlas hay una fuerte presión ambiental por diversos factores iniciados principalmente por la deforestación. Ésta ha originado cambios estructurales en el paisaje, dejando vastas extensiones abiertas con potreros, pequeños remanentes de selva con diferente tamaño, forma y distancia entre uno y otro remanente o con la zona conservada (Guevara *et al.*, 2000), acahuales integrados a elementos de conectividad como los árboles aislados, vegetación ribereña, cercas vivas y plantaciones forestales y frutales (Guevara *et al.*, 1997).

El proceso de fragmentación repercute de distintas maneras y niveles en los sitios de bosque tropical, modificándose las interacciones de los organismos que ahí se albergan. En gran medida, el mantenimiento de la diversidad local de especies en estos paisajes depende de la vagilidad de las mismas, determinada por la capacidad de los individuos a moverse entre hábitats aislados y de su adaptabilidad y resistencia a los cambios de su hábitat (Guevara *et al.*, 2004).

Todo esto se traduce en tres puntos importantes para las poblaciones de especies que viven en la selva: a) se reduce su área de distribución; b) el tamaño de

las poblaciones disminuye; y c) la tasa de extinción local aumenta, restringiendo varios procesos como dispersión de semillas y tasa de migración (Guevara *et al.*, 2004). De esta forma, las especies reaccionan a las presiones del ambiente naturales o inducidas y todas son afectadas en distinto grado por la transformación del paisaje (Pineda y Halffter, 2004).

Los anfibios llegan a ser muy susceptibles a los cambios sutiles de su ecosistema, por tal motivo se les considera organismos bioindicadores (Gibbs, 1998). Muchas especies presentan ciclos de vida complejos que incluyen una fase larvaria en el agua y otra adulta en la tierra. Estas condiciones los hacen altamente vulnerables a que sean afectados por contaminantes, por la desecación de los cuerpos de agua, por hongos, parásitos, por la invasión de otras especies y radiaciones UV propiciando la disminución de sus poblaciones o la extinción local (Beebeea y Griffithsb, 2005). Los reptiles suelen resistir un poco más dadas las características de su biología, como lo es su piel cubierta por escamas, el desarrollo del huevo amniótico en la reproducción y no son dependientes de cuerpos de agua; no obstante, son dependientes del sustrato y microhábitat que ocupan (Pough *et al.*, 2004).

La complejidad de las interacciones entre las especies, sus ciclos de vida, preferencias alimenticias y tolerancia a las perturbaciones de su hábitat, son factores que regulan la permanencia de determinadas especies. Por ejemplo, la pérdida de la cobertura vegetal es uno de los factores que afecta fuertemente, ya que la temperatura aumenta del interior del bosque a la zona de potreros y decrece la humedad (Murcia 1995). En el caso de los anfibios registrados en los sitios de estudio, muchas de estas especies tienen hábitos arborícolas y fosoriales, parcial o

totalmente durante su ciclo de vida, como lo son las salamandras, *Bolitoglossa alberchi*, *B. platydactyla* y *Nanotriton rufescens*, y las ranas *Smilisca baudini* y *S. cyanosticta* que son arborícolas, en ocasiones se les encuentra en arbustos o junto a cuerpos de agua después de una fuerte lluvia o en época reproductiva (Vogt *et al.*, 1997). Todas estas especies se encontraron en L67 y con la mayor abundancia en comparación con los remanentes; en PE se encontraron cuatro especies y en RR tres. Estos datos sugieren que los remanentes no están albergando la misma calidad de especies que la zona conservada (L67) y que la riqueza de especies si se ve afectada en estos dos sitios por la distancia a la zona conservada y por el efecto del tamaño del fragmento.

Aunque los remanentes no están en igualdad de condiciones que la zona conservada, los resultados a nivel total y temporal de riqueza no se encontraron diferencias significativas entre los sitios, lo que sugiere que la comunidad herpetofaunística sea una sola, dado que permiten la permanencia de muchas especies tanto de hábitats perturbados como de interior de bosque (Urbina *et al.* 2006).

Trabajos como el de Laurance *et al.* (2002) sugieren que algunos animales de talla menor como mamíferos pequeños, anfibios y reptiles, se están adaptando a las presiones de sitios perturbados, que después de fuertes presiones ambientales la riqueza se mantiene o aumenta y que algunas especies se vuelven muy abundantes. Salvatore-Olivares (2006) reporta que los potreros presentaron mayor riqueza que el mismo sitio conservado; sin embargo, muchas de estas especies presentaron baja abundancia y han sido caracterizadas como especies tolerantes. Algunas especies llamadas generalistas se ven favorecidas hasta cierto punto por estas condiciones.

Son capaces de ocupar nuevos nichos, permanecer temporalmente en potreros, borde o en interior de bosque dependiendo de su ciclo de vida, como *Gastrophryne elegans* y *Smilisca baudini* (Urbina-Cardona *et al.*, 2006). Con base en éste último trabajo, se consideró que la mayoría de las especies de anfibios en PE son de zonas perturbadas o abiertas, seguida por generalistas, de borde y solo tres de las once especies registradas son consideradas de bosque o interior de bosque (*Craugastor alfredi*, *C. loki* y *C. berkenbuschii*). En el caso de RR, cuatro especies de las ocho registradas en este sitio, se consideran de bosque e interior de bosque (*Craugastor berkenbuschii*, *C. loki*, *C. vulcani* y *Ollotis valliceps*). En L67, siete de las 14 especies, se consideran de bosque e interior de bosque (*Craugastor alfredi*, *C. berkenbuschii*, *C. loki*, *C. vulcani*, *Ollotis cavifrons*, *O. valliceps* y *Pseudoeurycea orchimelas*). Estos resultados permiten reafirmar que RR es más similar a L67 que a PE.

En reptiles la mayor parte de las especies registradas en los tres sitios de estudio son consideradas de bosque o de interior, excepto las especies *Sceloporus variabilis* y *Anolis sericeus*, las cuales fueron poco abundantes. Esta condición de poca similitud en la composición de especies con RR y L67, puede deberse a su cercanía con el mar, los fuertes vientos provenientes del Golfo producen un efecto negativo sobre el dosel del lugar, como la desecación de cuerpos de agua, un efecto de borde mayor, pérdida de dosel, etc., y algunas especies pueden ser poco resistentes a estas condiciones, especialmente los anfibios. En reptiles, la mayoría de las especies que habitan este remanente son consideradas tolerantes a la perturbación.

En las especies únicas de cada sitio se observó que PE es un sitio que alberga especies tolerantes a las presiones ambientales, debido a que es común

encontrar en bosque, borde o potrero cuatro de sus cinco especies (*Chaunus marinus*, *Leptodactylus fragilis*, *L. melanonotus*, *Boa constrictor*). En L67 las especies que se encontraron son consideradas de bosque y generalistas, y en RR todas las especies fueron serpientes y son consideradas de bosque.

Abundancia

El sitio L67 presentó la mayor abundancia de anfibios con 358 individuos, mientras que en los remanentes las abundancias van de los 282 (RR) a 297 (PE) individuos. La abundancia no es muy diferente entre remanentes pero varía hasta más de 70 individuos con la zona conservada. El modelo de abundancia que se aplicó a cada sitio mostró que hay dos especies muy abundantes y muchas especies con baja abundancia. Las dos especies de anfibios abundantes en los tres sitios fueron *Craugastor loki* y *C. berkenbuschii*. Ambas especies son comunes en las zonas bajas de la selva tropical de Los Tuxtlas (Vogt *et al.*, 1997) y al parecer no están compitiendo directamente entre sí. *Craugastor berkenbuschii* habita junto a cuerpos de agua en hojarasca o rocas, mientras que *Craugastor loki* es usualmente terrestre y habita en hojarasca, junto a herbáceas y árboles.

En reptiles, la especie *Anolis uniformis* es la que dominó la comunidad de los tres sitios. Entre L67 y RR la abundancia total es casi igual; sin embargo, la distribución de las abundancias en las especies es diferente. RR presentó mayor número de especies pero con abundancias mínimas, puesto que de 17 especies ocho se registraron una vez; mientras que entre L67 y PE la distribución de las abundancias es similar, hay especies con abundancia media y muy baja. En estudios como el de Machuca-Barbosa (2007), Salvatore-Olivares (2006), Cabrera-Guzmán

(2005) y Hernández-Ordóñez (2005), se observó que en la comunidad de reptiles hay de una a tres especies dominantes, otras especies tuvieron abundancia alta pero sin llegar a ser dominantes y la mayoría presentaron abundancias muy bajas por lo que son consideradas como especies raras.

En hábitats alterados por la fragmentación se producen áreas dominadas por una o pocas especies a diferencia de hábitats bien conservados que tienen mayor complejidad estructural y que favorecen la presencia de más especies especialistas distribuidas en patrones homogéneos (Salvatore-Olivares, 2006). Vallan (2002) sugiere que los anfibios son menos sensibles al tamaño del remanente y que el aumento de temperatura por la incidencia de más rayos solares a partir de la pérdida de dosel, la falta de cuerpos de agua y las grandes barreras biogeográficas son factores que afectan directamente sus poblaciones. En cambio, en reptiles es más importante que el tamaño del remanente proporcione una estructura heterogénea para la distribución de las especies. Los sitios pequeños presentan una vegetación más homogénea y con menos nichos para albergarlas.

En el remanente RR se está albergando y manteniendo en mejores condiciones la riqueza y abundancia de los anfibios; mientras que en PE, la distribución de la abundancia es más heterogénea por lo que hay diferencias entre las especies dominantes y raras.

La abundancia relativa de anfibios y reptiles no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los sitios. Al analizar la variación anual de anfibios tampoco se encontraron diferencias y no hubo un patrón claro entre los tres sitios a lo largo de un año de muestreo. No obstante, L67 mantiene sus abundancias sin muchas fluctuaciones de marzo a agosto, pero en octubre-noviembre aumentó

hasta 141 individuos y disminuyó a 50 en diciembre-enero, lo que denota la influencia de la estacionalidad época de norte y bajas temperaturas) sobre las abundancia de las especies. En RR no hay fluctuaciones notables de abundancia y en PE la abundancia registrada en marzo fue muy baja en comparación con los otros dos sitios, mientras que en agosto se registró el pico máximo. En reptiles, L67 hubo una drástica disminución de individuos entre octubre-noviembre y diciembre-enero, pasando de 91 individuos a 18 debido a los nortes que son épocas en las que las temperaturas bajan significativamente, por lo que pudo influir en encontrar diferencias significativas entre la variación de la abundancia. Las diferencias fueron por la alta abundancia que se registró en agosto y el bajo registro de individuos en marzo y diciembre-enero. La alta abundancia en el mes de agosto puede estar influenciada por ser época de lluvias y de reproducción en muchos reptiles. Tanto en marzo como en diciembre-enero la disminución de la temperatura ambiental y las características propias de los reptiles (termorregulación) pueden influir en la disminución de los avistamientos.

Diversidad

El índice de diversidad más alto en anfibios ($H'=1.36$) se obtuvo en la zona conservada (L67), siendo este sitio más diverso que los dos remanentes. Esto quiere decir que además de ser la zona más rica en anfibios, la abundancia de sus especies se distribuye de manera más equitativa. El sitio menos diverso en anfibios fue PE con $H'=0.99$, considerado un valor bajo dentro de los rangos de diversidad de Shannon. Esto podría indicar que este remanente es el más afectado por el efecto de la fragmentación, ya que a pesar de ser segundo en riqueza, existe dominancia clara

de algunas especies. El remanente PE tiene mayor distancia con la fuente de especies que el remanente RR, lo que reduce el reemplazamiento de especies entre L67 y PE. Machuca-Barbosa (2007) obtuvo valores de $H' = 0.5$ aún más bajos para anfibios en el remanente de Montepío. Este fragmento tiene las mismas proporciones que el fragmento de PE, pero se encuentra mucho más alejado de la zona núcleo (L67) lo que posiblemente afecte la baja diversidad. Por otro lado, Cabrera-Guzmán (2005) reportó valores de H' entre 0.2 y 0.8 en fragmentos muy pequeños (de 1 a 9.25 ha), habiendo una disminución de la diversidad aun mayor en fragmentos muy pequeños.

La variación en la diversidad de anfibios durante un año mostró que L67 siempre tuvo los valores más altos con respecto a los remanentes, seguido de RR y finalmente de PE, pero los picos de mayor diversidad no están distribuidos de manera similar en las tres zonas. L67 tuvo el índice más alto en octubre-noviembre con $H' = 1.361$ y en el mismo mes PE registró su menor diversidad ($H' = 0.64$); y en RR el mayor índice fue en mayo-junio ($H' = 1.289$). Índices con alta diversidad indican que las especies de la comunidad de anfibios están repartidas homogéneamente. Aparentemente la perturbación está afectando de manera distinta a cada zona dependiendo de sus características. En este caso, la diversidad de anfibios disminuye más por efecto de la distancia a la fuente que por el tamaño del fragmento. También es posible que la cercanía de PE a la costa esté incidiendo sobre la baja diversidad.

Comunidades dominadas por una sola especie denotan una mayor perturbación, ya que la heterogeneidad ambiental del sitio puede ser baja y el forrajeo de las especies dominantes sobre otros anfibios con el mismo tipo de

requerimientos, desplaza a las otras especies. Vogt et al. (1997) mencionan que *C. loki* es una especie común en la Región de la Reserva de Los Tuxtlas y al parecer ésta especie no le afecta tanto la fragmentación. La especie usa la selva en su totalidad y se encuentra tanto cerca del borde como en el interior de la selva (Urbina et al., 2006). Los remanentes más perturbados conservan a *C. loki* mientras otras especies de anfibios desaparecen.

Igual que en anfibios, los valores de diversidad más altos en reptiles fueron en L67 ($H'=1.42$), indicando una comunidad más homogénea que los remanentes. Contrario a la tendencia anual de diversidad en anfibios, los reptiles tienen valores mayores de H' en PE que en RR. Temporalmente la diversidad de los tres sitios tiene patrones diferentes ya que los picos de mayor diversidad se observaron en agosto para L67 y en octubre-noviembre para PE. A pesar de que RR tienen la diversidad más baja, su tendencia anual es muy similar a la de la zona conservada del L67. Los valores de diversidad totales entre los tres sitios no difieren mucho entre sí, lo que puede estar indicando que a pesar de haber una fuerte perturbación en los remanentes, las especies están resistiendo las presiones a su microhábitat por efectos de la fragmentación.

La lagartija *Anolis uniformis* dominó por mucho en toda la comunidad de reptiles representando valores muy similares entre todos los sitios, aunque en RR, los valores fueron mayores. Al contrario de *C. loki*, la dominancia de *A. uniformis* en el sistema no aporta información sobre su estatus de conservación.

Diversidad Beta

El índice de Jaccard en anfibios reflejó que L67 y RR comparten mayor número de especies con poco más del 50% y que PE con L67 y RR comparte el 40% de especies aproximadamente. Esto permite afirmar que el recambio de especies no es muy alto y que más de la mitad de las especies están distribuidas entre los tres sitios.

Si la similitud fue mayor entre L67 y RR, se puede sugerir que RR mantiene mejores condiciones para especies de zona conservada que PE, debido a su cercanía con la zona conservada. Sin embargo, la comparación entre L67-PE y L67-RR indicó que comparten el mismo número de especies (siete). Esto se puede deber a que en RR se registraron ocho especies, de las cuales la mayoría se comparten con L67; mientras que entre PE y L67 se comparten menos especies con respecto a la riqueza total de cada sitio (11 y 14 respectivamente).

A nivel específico, de las tres especies que se comparten exclusivamente entre L67 y RR, dos son catalogadas de interior de selva (*Craugastor vulcani* y *Ollotis valliceptis*), mientras que entre PE y L67, una de las tres especies (*Craugastor alfredi*) es considerada de selva. La única especie que comparten PE y RR es el anuro *Lithobates berlandieri*, considerado de hábitat perturbado (pasto), por lo que la similitud de especies entre los remanentes es muy baja.

Los anfibios de PE en su mayoría son especies dominantes, de zonas perturbadas o bien que no corresponden a interior de selva. Esto sugiere que los anfibios de RR o de L67 no alcanzan a desplazarse hasta PE, o bien que PE no presenta las condiciones de microhábitat y el recurso alimento óptimos o suficientes para determinadas especies de sitios conservados.

En reptiles, los resultados son similares a los de anfibios en cuanto a porcentaje de similitud; sin embargo, la similitud más alta se obtuvo entre L67 y PE con 57%. Los resultados de mayor similitud entre L67 y PE se deben a que los dos sitios tienen la misma riqueza (15 especies), mientras que la riqueza de RR es de 17, compartiéndose relativamente un mayor porcentaje de especies entre L67 y PE. RR registró la mayor riqueza de serpientes y L67 la menor, y las especies compartidas entre los tres sitios fueron principalmente lagartijas.

Las especies únicas que hacen a cada sitio diferente uno del otro, tienen características específicas. Para anfibios, las especies únicas de PE son *Chaunus marinus*, *Leptodactylus fragilis*, *L. melanonotus*, especies consideradas con preferencia de hábitat perturbado. El remanente RR no presentó especies únicas de anfibios y en L67, tres de las cuatro especies son exclusivas de zona conservada (*Ollotis cavifrons*, *Gastrophryne elegans* y *Pseudoeurycea orchimelas*). En lo que respecta a reptiles, PE presentó cuatro especies únicas de serpientes, RR dos y una tortuga y L67 no registró una sola especie única de reptiles.

El análisis de complementariedad confirmó que la comunidad herpetofaunística entre PE y RR son complementarias y que hay un importante recambio de especies. Además, la conectividad regula la diversidad entre los pequeños y grandes remanentes. Al parecer, en anfibios L67 regula al remanente RR y en reptiles al remanente PE.

Si bien no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la composición de especies, los remanentes mantienen especies que resisten la perturbación del hábitat y las fuertes presiones de la fragmentación, por lo que RR y PE son vitales para la permanencia de ciertas especies.

Estadios de vida

Las estructuras poblacionales de anfibios mostraron que L67 está manteniendo una comunidad conformada por muchos adultos, menos juveniles y pocas crías. En PE la mayoría de los estadios registrados durante todo el año fueron juveniles, seguido por adultos y por último crías. En RR la mayoría fueron adultos y los juveniles y crías tuvieron la misma proporción. Remanentes conservados deben presentar características de hábitat suficientes para preservar a todos los estadios en una proporción similar al sitio conservado L67.

La variación temporal del estadio adulto presentó el mismo comportamiento en L67 y RR, pero la proporción de individuos fue menor en RR. Los juveniles y crías de estos dos sitios no tuvieron un comportamiento similar entre sí a través de tiempo. RR presentó un comportamiento congruente en la temporada de lluvias (octubre) donde hay muchos adultos y pocas crías, y en secas (marzo) disminuyeron los adultos y aumentaron las crías. Lo cual sugiere que en L67 y RR la cercanía de estos dos, influye y beneficia más a la comunidad de anfibios que el tamaño del remanente.

PE no tiene este comportamiento, ya que el estadio juvenil siempre fue más abundante durante todos los muestreos y estos resultados resultan contrarios a lo reportado por Pough *et al.* (2004), quien menciona que los estadios adultos de anfibios responden a las variaciones temporales del ambiente, y en época de lluvias la abundancia de este estadio aumenta notoriamente. Por lo que PE no está proporcionando las mejores condiciones para que las poblaciones de anfibios se mantengan y la fragmentación (aislamiento) sí repercute sobre estos organismos.

En reptiles, el estadio adulto dominó en todos los sitios y durante todas las temporadas. La zona conservada de L67 y el remanente RR la proporción de adultos se comportaron de la misma manera, aun cuando en RR en menor número. En cambio, PE tuvo un patrón inverso en comparación con L67 y RR en adultos mostrando su pico en mayo-junio, en vez de octubre-noviembre. Esto puede indicar que las especies de reptiles responden a las condiciones y recursos del remanente más que los ciclos anuales de lluvia y secas. En el caso L67 existe un claro reclutamiento de nuevos individuos en agosto con un pico máximo de crías muy alto, no observado en los remanentes RR y PE, por lo que la perturbación podría estar afectando significativamente la reproducción de las especies de reptiles.

Es importante mencionar que tanto en anfibios como en reptiles, no se encontraron patrones similares en el comportamiento de los estadios a través del tiempo y entre sitios, por lo que no se puede afirmar que las especies de anfibios y reptiles cumplan sus ciclos de vida en igualdad de tiempo, ya que las dos remanentes y la zona conservada no presentan las mismas condiciones en términos de recursos, como son: microhábitat, mayor número de cuerpos de agua (que en el caso de anfibios algunas especies requieren forzosamente para su desarrollo) y alimento. Todos estos factores pueden afectar los ciclos de los anfibios y reptiles, y determinar la permanencia de especies de zonas conservadas y ser desplazadas por especies más tolerantes a la perturbación del hábitat.

Temperatura y precipitación

La única correlación positiva que se encontró entre las abundancias y las variables de temperatura y precipitación, fue en los reptiles de L67 con la temperatura,

específicamente en el grupo de las lagartijas. En Hernández-Ordóñez (2005), Machuca-Barbosa (2007) y Villar-Rodríguez (2007) se encontró igualmente una correlación positiva entre las abundancias de lagartijas y la temperatura. A pesar de que en el trabajo de Hernández-Ordóñez (2005) se utilizó un coeficiente de correlación diferente.

Las condiciones térmicas pueden restringir los periodos diarios y estacionales de actividad en las lagartijas y regular su presencia en los sitios de estudio. De igual forma, se puede afirmar que la temperatura no influye directamente ni determina la presencia de anuros en los remanentes y en la zona conservada; a pesar de que se sabe del impacto de la temperatura sobre el ciclo de vida de los anfibios (Zug *et al.*, 2002).

En la variable precipitación no se encontró correlación positiva ni negativa con anfibios y reptiles. La ventaja de estos sitios es que, todos sin excepción, cuentan con cuerpos de agua permanentes y de temporal, que en el caso de anfibios les infiere ventajas sobre sus requerimientos en la reproducción y evita la desecación de los mismos. Las características de cada sitio están regulando la presencia y permanencia de las especies.

IX. CONCLUSIONES

1. Este estudio mostró que los dos remanentes (PE y RR) y la zona conservada (L67) pertenecen a una misma comunidad, dado que no se encontraron diferencias significativas en su riqueza y diversidad, tal como se esperaba. Sin embargo, se observó que en el comportamiento de la variabilidad temporal de riqueza, abundancia y diversidad, L67 regula la presencia de anfibios y reptiles en los dos fragmentos.
2. Las especies de anfibios de RR están reguladas por la conectividad con L67; en reptiles, L67 y PE son más parecidas entre si, y la presencia de especies está regulada por el tamaño del remanente PE.
3. Los remanentes PE y RR presentaron alta complementariedad de especies, tanto en anfibios como en reptiles.
4. La mayor riqueza de anfibios se presentó en la zona conservada y en reptiles en el remanente RR. EL remanente PE es hasta cierto grado, diferente de los otros dos sitios, y tiende a albergar especies tolerantes al disturbio.
5. El mes de agosto fue donde se presentó la mayor riqueza, tanto en anfibios y reptiles.
6. Se encontraron tres especies que dominaron en la comunidad de anfibios y reptiles en las tres zonas de estudio: *Anolis uniformis*, *Craugastor loki* y *C. berkenbuschii*.
7. Las variables ambientales de precipitación y temperatura no están regulando directamente la abundancia de anfibios y reptiles de los remanentes PE y RR, no así en la zona conservada, donde la variable temperatura influye directamente en la abundancia del grupo de las lagartijas.

8. Los dos remanentes se ven afectados por la fuerte modificación del paisaje; sin embargo, estos sitios son capaces de mantener condiciones similares de riqueza y diversidad con la zona conservada.

X. LITERATURA CITADA

- Aguilar, C., E. Martínez y L. Arriaga. 2000. Deforestación y fragmentación de ecosistemas: ¿Qué tan grave es el problema en México? *Biodiversitas* 30: 10-22.
- Alford. A. R y S J. Richards. 1999. Global amphibian declines: a problem in applied ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30: 133-165.
- Barreto, O. D. 2000. "Análisis ecológico y distribucional de los anfibios y reptiles de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 20 pp.
- Beebeea J. C. T y Griffithsb A. R. 2005. The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology? *Biological Conservation* 125(3): 271-285.
- Begon, M., C. R. Townsed y J. L. Harper. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. Blackwell Publishing, Australia. 738p.
- Burel, F. y J. Baudry. 2002. Ecología del paisaje. Conceptos, métodos y aplicaciones. Munid-Prensa. Barcelona, España. 31-240 pp.
- Cabrera-Guzmán, 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. 134. pp.
- Casas-Andreu, G. y C. J. McCoy. 1979. Anfibios y Reptiles de México. Limusa. México.
- Casas-Andreu, G., G. Valenzuela-López y A. Ramírez-Bautista. 1991. Cómo Hacer una Colección de Anfibios y Reptiles. Cuadernos 10. Instituto de Biología. UNAM. 68 pp.
- Castillo-Campos, G. y J. Laborde. 2004. La Vegetación. Págs. 242-245 en (Guevara, S., J. D. Laborde y G. Sánchez-Ríos, eds.) *Los Tuxtlas, el paisaje de la sierra*. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Xalapa, Veracruz.
- Chizón, S. E. 1984. Relación suelo-vegetación en la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Ver. (Un análisis de la distribución de los diferentes tipos de suelo

- en relación con la cubierta vegetal que soporta) Tesis. ENEP-Zaragoza, UNAM. México. 66p.
- Coates-Estrada, R. y A. Estrada. 1986. Manual de identificación de campo de los mamíferos de la estación de biología "Los Tuxtlas". UNAM. 151 pp.
- Collinge, S. K. 2001. Introduction: spatial ecology and biological conservation. *Biological Conservation* 100(1): 1-2.
- Colwell, R. K. y Coddington. 1994. "Estimates terrestrial biodiversity through extrapolation". *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B.* 345: 101-118.
- Colwell, R. K. 2004. Estimates 7. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Sample.
- Colwell, R. K., C. X. Mao, J. Chang. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85 (10) 2717-2727 pp.
- Dirzo, R. 1991. Rescate y restauración ecológica de la selva de Los Tuxtlas. *Ciencia y desarrollo* 17 (97): 33-46.
- Dirzo, R. 2004. Selvas Tropicales: Epítome de la crisis de la biodiversidad. *Biodiversitas* 56:12-15.
- Dirzo, R. y M. C. García. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in southeast México. *Conservation Biology* 6 (1): 84-90.
- Dirzo, R., E. González-Soriano y R. Vogt. 1997. Introducción general. Págs. 10-14. En (González-Soriano, E., R. Dirzo, R. C. Vogt, eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Dirzo, R. y E. Mendoza. 1999. Deforestation in Lacandonia (southeast Mexico): evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot. *Biodiversity Conservation* 8: 1621–1641.
- Duellman, W. E. 1989. Tropical Herpetofaunal communities: patterns of community structure in neotropical rainforest. Págs. 61-87 en (Hermelin-Viven, M. L. y F. Bourlière, eds.) *Vertebrates in complex tropical systems*. Springer- Verlag (ed.), New York. 200 pp.

- Estrada, A., P. Cammarano y R. Coates-Estrada. 2000. Bird species richness in vegetation fences and in strips of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 9: 1399-1416.
- Estrada, A. y R. Coates-Estrada. 1994. Las selvas húmedas de México: ¿Islas de supervivencia de la fauna silvestre? *CIENCIA Y DESARROLLO. CONACYT.* 116: 50-61.
- Fahrig, I. 2003. Effects of habitat fragmentation on diversity. *Annual Review of Evolution, Evolution and Systematic* 34: 487-515.
- Faivovich J., C. F. B. Haddad, P C. A. García, D. R. Frost, J. A. Campbell y W. C. Wheeler. 2005. Systematic Review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylidae: Phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bulletin American Museum of Natural History.* Nueva York, EUA. 294: 1-240.
- FAO. 1979. Mountain Forest Roads and Harvesting. Roma, FAO Forestry Paper 14-256 pp.
- FAO (Food and Agriculture Organization) 1997, State of the World Forest 1997.
- Flores-Delgadillo. L., C. I. Sommer, M. J. Alcalá y S. J. Álvarez. 1999. Estudio morfológico de algunos suelos de la región de los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 16(1): 81-88.
- Flores-Villela, O. y A. S. Navarro. 1993. Biología y problemática de los vertebrados en México. *Ciencias*, núm. esp. 7: 33-42.
- Flores-Villela, O., F. Mendoza-Quijano y G. González-Porter. 1995. Recopilación de Claves para la Determinación de Anfibios y Reptiles de México. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología, Facultad de Ciencias. UNAM, México 10: 1-285.
- Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la Herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana.* 20 (2): 115-144.
- Friend, G. R. 1984. Relative efficiency of two pitfall-drift fence systems for sampling small vertebrates. *Australian Zoologist.* 21: 423-433.
- Frost, D. R., T. Grant, J. Faivovich, R. H. Bain, A. Hass, C. F. B. Haddad, R. O deSá, A. Channing, M. Wilkinson, S. Donnellan, C. Raxworthy, J. Campbell, B. L. Blotto, P. Moler, R. C. Drewes, R. A. Nussbaum, J. D. Lynch, D. M. Green y W.

- Wheeler. 2006. The Amphibian Tree of Life. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. Nueva York. 297: 1-370.
- Funk, W. C. y L. S. Millis. 2003. Potential causes populations declines in forest fragments in a Amazonian frog. *Biology Conservation* 111: 205-214.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México. 252 pp.
- Gibbs, J. P. 1998. Distribution of woodland amphibians along a forest fragmentation gradient. *Landscape Ecology* 13: 263-268.
- González-Soriano, E., R. Dirzo, R. C. Vogt (Eds.) 1997. Historia Natural de Los Tuxtles. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. México, D. F. 647 pp.
- Green, D., R. L. Carroll y V. H. Reynoso. 2001. Patrones de extinción en anfibios y reptiles: pasado y presente. Págs. 169-200 en (Hernández, H. M., A. N. García Aldrete, F. Álvarez, M. Ulloa, eds.) *Enfoques Contemporáneos para el Estudio de la Biodiversidad*. Instituto de Biología, UNAM, Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
- Greenburg, C. H., D. G. Neary and L. D. Harris. 1994. A comparison of herpetofaunal sampling effectiveness of pitfall, single-ended and double-ended funnel traps used with drift fences. *Journal of Herpetology* 28: 319-324.
- 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 Tuxtles*. UNAM. México, D.F.
- Guevara, S., J. Laborde, G. Sánchez. 2000. La Reserva de la Biosfera de Los Tuxtles.
- Guevara, S., J. D. Laborde y G. Sánchez-Ríos. 2004. La Fragmentación. Págs. 112-121 en (Guevara, S., J. D. Laborde y G. Sánchez-Ríos, eds.) *Los Tuxtles, el paisaje de la sierra*. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Xalapa, Veracruz.
- Hernández-Ordóñez, O. 2005. Comparación de la comunidad de anfibios y reptiles entre zonas altas y bajas dentro de la Reserva de la Estación de Biología,

- UNAM, Los Tuxtlas, Veracruz". Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 90 pp.
- Hutcheson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal Theoretical Biology* 29: 151-154.
- Ibarra-Manríquez, G y S. Sinaca-Colín. 1987. Listados Florísticos de México VII. Estación de Biología de Los Tuxtlas, Veracruz. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. Listados, V. 7. 41 pp.
- Jaeger, R. G. 1994. Patch sampling. Págs. 107-109 en (W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. M. McDiarmid, L. C. Hayek, y M. S. Foster, eds.) *Mesasuring and monitoring biological diversity: Standar methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Kolozsvary, M. B. y R. K. Swihart. 1999. Habitat fragmentation and the distribution of amphibians: patch and lanscapes correlates in farmland. *Canadian Journal of Zoology* 77: 1288-1299.
- Laurance, W. F. and R. O. Bierregaard. 1997. Tropical Forest Remnants. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- Laurance, W. F. 1999. Reflections on the tropical deforestation crisis. *Biological Conservation* 91: 109.
- Laurance, W. F., T. E. Lovenjoy, H. L. Vasconcelos, E. M. Bruna, R. K. Didham, P. C. Stouffer, C. Gascon, R. O. Bierregaard, S. G. Laurence y E. Sampaio. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22 years investigation. *Conservation Biology* 16 (3): 605-618.
- Lee, J. C. 1996. The amphibians and Reptiles of the Yucatan Peninsula. *Comstock Publishing Associates*, Londres. 500 pp.
- López-González, C. A., A. González-Romero, J. M. Castillo. 1993. Organización espacial y temporal de una comunidad de saurios en la sierra de Santa Martha, Veracruz. *Boletín de la Sociedad Veracruzana de Zoología* 3: 65-73.
- Luna, R. R. 1997. Distribución de la herpetofauna por tipos de vegetación en el polígono uno de la reserva "El Triunfo", Chiapas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. 144 p.

- Mac Arthur, R. H. y E. O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.
- Machuca-Barbosa, W. L. 2007. Análisis de la comunidad herpetofaunística en los remanentes de selva y acahual del cerro del Borrego en Montepío, Veracruz. Tesis de Licenciatura, UNAM; México, D.F: 98 pp
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press. USA. 179 pp.
- Magurran A. E. 2004. "Measuring Biological Diversity". USA. Black Well Publishing Company.
- Martínez-Gallardo, R. y V. Sánchez-Cordero. 1997. Lista de mamíferos terrestres. Págs. 625-628 en (González-Soriano, E., R. Dirzo, R. C. Vogt, eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Martínez, M. M. P. 2003. La diversidad de reptiles y sus cambios al transformar bosques nativos en cafetales en la zona de amortiguamiento y de influencia de la reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Escuela de Biología, México, Chiapas. 63 pp.
- Mas J.-F. y J. Correa Sandoval. 2000. Análisis de la fragmentación del paisaje en el área protegida "Los Petenes", Campeche, México. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*. UNAM. 43: 42-59.
- Mata, S. V. 2000. Estudio comparativo del ensamble de anfibios y reptiles en tres localidades de Zapotitlán. Tesis de Licenciatura en Biología, ENEP Iztacala, México. 19-24 pp.
- Mac Nally, R. y G. W. Brown. 2001. Reptiles and habitat fragmentation in the box ironbark forests of central Victoria, Australia: Predictions, compositional change and faunal nestedness. *Oecologia* 128: 116-125.
- McAlece, N. 1997. BioDiversity Professional beta 1. Versión 2. The Natural Museum and The Scottish Association for Marine Science. <http://www.nhm.ac.uk/zoology/bdpro>

- 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.
- Moreno, C. E. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Primera edición. Textos Universitarios, Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 49 pp.
- Moreno, R. M. y A. A. Muñoz. 2002. Efecto de las perturbaciones (cafetales) sobre la diversidad de anfibios en la Reserva de la Biosfera "El Triunfo", Chiapas, México. Memorias de la 7a. Reunión Nacional de Herpetología, Guanajuato, Gto. 3-4 pp.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.
- Ortega, E. F. 2001. Los Bosques, su Valor e Importancia. *Ciencias* 64: 4-9.
- Parris, K. M. 1999. Review: Amphibian surveys in forests and woodlands. *Contemporary Herpetology* 1-16.
- Pawar, S. 1999. Effect of habitat alteration on herpetofaunal assemblages of evergreen forest in Mazoram, Northeast India. Wildlife Institute of Indiana Dehra Dun. 50 pp.
- Pechmann, J. H. K y H. M. Wilbur. 1994. Putting declining amphibian populations in perspective: natural fluctuations and human impacts. *Herpetologica* 50: 65-84
- Pechmann J. H. K., D. E. Scott, R. D. Semlitsch, J. P. Caldwell, L. J. Vitt y W. Gibbons. 1991. Declining amphibian populations: the problem of separating human impacts from natural fluctuations. *Science* 253: 892-895
- Pelcastre-Villafuerte. L. 1991. Anfibios y reptiles de Veracruz: Uso del Sistema de Información Climático-Cartográfico INIREB-IBM. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 2-58 pp.
- Pérez-Higareda, G. 1978. Reptiles and amphibians from de Estación de Biología Tropical "Los Tuxtles" (UNAM), Veracruz, México. *Bulletin Maryland Herpetology. Society* 14: 67-74.
- Pérez-Higareda. 2003. Lista revisada de las especies de los Tuxtles. Comunicación personal.

- Pérez-Higareda, G., R. C. Vogt y O. A. Flores-Villela. 1987. Lista anotada de los anfibios y reptiles de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Instituto de Biología, UNAM, México, D.F. 3-17 pp.
- Pérez-Higareda, G., y H. Smith. 1991. Ofidiofauna de Veracruz. Análisis Taxonómico y Zoogeográfico. Publicaciones especiales 7. Instituto de Biología, UNAM, México. 122 pp.
- Pineda, E. y G. Halffter. 2004. Species diversity and habitat fragmentation: frogs in a tropical montane landscape in Mexico. *Biological Conservation* 117: 499-508.
- Primack, R.B. 1993. Essentials of conservation Biology. Sinauer Associates, Inc. Sunderland Massachusetts. USA.
- Pough, F., Andrews, R., Crump, M., Cadle, J. y Savitsky, A. 2004. Herpetology. Lavosier. USA. .736p.
- Raguso, R. A. y J. Llorente. 1997. Papilionoidea. Págs. 257-291 en (González-Soriano, E., R. Dirzo, R. C. Vogt, eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Ramírez-Bautista, A. 1977. Algunos anfibios y reptiles de la región de “Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Veracruzana, Xalapa. 2-20 pp.
- Ramírez-Bautista, A., Nieto-Montes de Oca, A. 1997. Ecogeografía de anfibios y reptiles. Págs. 533-534 en (González-Soriano, E., R. Dirzo, R. C. Vogt, eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Ramírez, R. F. 1999. Flora y vegetación de la Sierra de Santa Marta, Veracruz. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 409 p.
- Reynoso-Rosales, V. H., F. Mendoza-Quijano, C. S. Valdespino-Torres y X. Sánchez- Hernández. 2005. Anfibios y reptiles. Págs. 241-260 en (Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago, eds.) *Biodiversidad del estado de Tabasco*. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F.
- Ríos-MacBeth, F. 1952. Estudio geológico de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* 4: (9-10) 325-376.

- Ruthven, A. G. 1913. The local distribution of the reptiles-amphibian fauna in southern Veracruz and its bearing on the region of the savanna. *Annals of the Association of American Geographers* 2: 41-48.
- Salvatore-Olivares, O. M. 2006. Diagnóstico de la estructura de las comunidades de anfibios y reptiles en la selva fragmentada de Los Tuxtlas. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Biología, UNAM. 83 pp.
- Saunders, D. A., J. Hobbs y C. R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystems fragmentations. *Conservation Biology* 5(1): 18-32.
- Shaffer, C. L. 1995. Values and shortcomings of small reserves. *Bio-Science* 45: 80-88.
- Siegel, S. 1988. Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. Trillas, México. 344 pp.
- Skelly, D. K., K. L. Yurewicz, E. Werner y R. Relyea. 2002. Estimating decline and distributional change in amphibians. *Conservation Biology* 17 (3): 744-751.
- Smith, H.M. y E.H. Taylor. 1966. Herpetology of Mexico. Annotated Checklist and Keys to the Amphibians and Reptiles. *Erick Lunberg*. U. S. A. 253 pp.
- Soberón, M. J., Llorente, B.J. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7: (3), 480-488
- Soto, M. 2004. El Clima. Págs. 195-197. En: Guevara, S., J. D. Laborde y G. Sánchez-Ríos. *Los Tuxtlas, el paisaje de la sierra*. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Xalapa, Veracruz.
- Sousa, S. M. 1968. Ecología de las leguminosas de Los Tuxtlas, Veracruz. Anales del Instituto de Biología. UNAM, Serie Botánica 1: 21-160.
- StatSoft, 2001. STATISTICA data analysis software system. Versión 6.0.
- Swihart, R. K., T. M. Gehring, M. B. Kolosvary y T. E. Nupp. 2003. Responses of 'resistant' vertebrates to habitat loss and fragmentation: the importance of niche breadth and range boundaries. *Diversity and Distribuions* 9: 1-18.
- Tocher, M., Gascon, C. y Zimmerman, B. 1997. Fragmentation effects on a central amazonian frog community: a ten-year study. Págs. 124-137 en (Laurance, W. F. y Bierregaard, R.O. eds.) *Tropical forest remnants*. University of Chicago Press, USA. 616 pp.

- Urbina-Cardona, J. N. y M. C. Londoño. 2003. Distribución de la comunidad de herpetofauna asociada a cuatro áreas con diferente grado de perturbación en la isla de Gorgona, Pacífico Colombiano. *Revista de la Academia Colombiana Ciencias Exactas. Físicas y Naturales* 27 (102): 105-113.
- Urbina-Cardona, J. N., Reynoso-Rosales, V. H. 2005. Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior en Los Tuxtlas, Veracruz, México. Págs. 191-207 en (Halffter, G., J. Soberón, P. Koleff, A. Meliá, eds.) *Sobre Diversidad Biológica el Significado de la diversidades Alfa, Beta y Gamma*. Editorial Monografías Tercer Milenio, Zaragoza, España.
- Urbina-Cardona, J. N., M. Olivares-Pérez, 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.
- Vargas-S, F y M. E. Bolaños. 1999. Anfibios y reptiles presentes en habitats perturbados de selva lluviosa tropical en el Bajo Anchicayá, Pacífico Colombiano. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 23 (suplemento especial). 499-511.
- Vallan, D. 2002. Effects of anthropogenic environmental changes on amphibian diversity in the rain forest of eastern Madagascar. *Journal of Tropical Ecology* 18: 725-742.
- Villar-Rodríguez, M. 2007. Análisis de la composición y diversidad de anfibios y reptiles, en áreas con características de corredores biológicos en Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 110 pp.
- Vogt, R. C., J. L. Villareal y G. Pérez-Higareda. 1997. Lista anotada de anfibios y reptiles. Págs. 507-522 en (González-Soriano, E., R. Dirzo, R. C. Vogt, eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Weyrauch, S. L. y T. C. Grubb. 2004. Patch and landscape characteristics associated with the distribution of woodland amphibians in an agricultural fragmented

landscape: an information-theoretic approach. *Biological Conservation* 115: 443-450.

Young, B. E., K. R. Lips, J. K. Reaser, R. Ibañes, A. W. Salas, J. R. Cedeño, L. A. Colomna, S. Ron, E. La Marca, J. R. Meyer, A. Muñoz, F. Bolaños, G. Chávez y D. Romo. 2001. Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conservation Biology* 15 (5): 1213-1223.

Zug, G. R., Vitt, L. J y Caldwell, J. P. 2002. Herpetology: An Introductory Biology of Amphibian and Reptiles. Academic Press. USA. 629p.

XI. APENDICES

Apéndice 1

Lista de especies registradas para los remanentes Playa Escondida (PE), Rancho El Rocío (RR) y Lote 67 (L67) zona control de la Estación de Biología Tropical de Los Tuxtlas, Veracruz.

CLASE AMPHIBIA

ORDEN CAUDATA

Familia Plethodontidae

- Bolitoglossa alberchi* (Duméril, Bibron y Duméril, 1954)
- Bolitoglossa platydactyla* (Gray, 1831)
- Nanotriton rufescens* (Cope, 1865)
- Pseudoeurycea orchimelas* (Cope, 1865)

ORDEN ANURA

Familia Bufonidae

- Chaunus marinus* (Linnaeus, 1758)
- Ollotis cavifrons* (Firshein, 1950)
- Ollotis valliceps* (Wiegmann, 1883)

Familia Brachycephalidae

- Craugastor alfredi* (Boulenger, 1898)
- Craugastor berkenbuschii* (Peters, 1970)
- Craugastor loki* (Shannon y Werler, 1955)
- Craugastor vulcani* (Shannon y Werler, 1955)

Familia Hylidae

- Smilisca baudini* (Duméril y Bibron, 1841)
- Smilisca cyanosticta* (Smith, 1953)

Familia Leptodactylidae

- Leptodactylus fragilis* (Brocchi, 1877)
- Leptodactylus melanonotus* (Hallwell, 1860)

Familia Microhylidae

- Gastrophryne elegans* (Boulenger, 1882)

Familia Ranidae

- Lithobates berlandieri* (Baird, 1859)
- Lithobates vaillanti* (Spix, 1824)

CLASE REPTILIA

ORDEN SQUAMATA-SAURIA

Familia Corytophanidae

Basiliscus vittatus (Wiegmann, 1828)

Corytophanes hernandezi (Wiegmann, 1831)

Familia Phrynosomatidae

Sceloporus variabilis (Gunther, 1895)

Familia Polychrotidae

Anolis barkeri (Schmidt, 1939)

Anolis rodriguezi (Bocourt, 1873)

Anolis sericeus (Hallowell, 1856)

Anolis uniformis (Cope, 1885)

Familia Scincidae

Plestiodon sumichrasti (Cope, 1866)

Scincella cherriei (Cope, 1893)

Familia Teiidae

Ameiva undulata (Smith y Laufe, 1946)

Familia Xantusiidae

Lepidophyma pajapanense (Werler, 1957)

Lepidophyma tuxtlae (Werler y Shannon, 1957)

ORDEN SQUAMATA-SERPENTES

Familia Boidae

Boa constrictor (Daudin, 1803)

Familia Colubridae

Leptophis ahaetulla (Duellman, 1958)

Familia Dipsadidae

Adelphicos quadrivirgatum (Jan, 1862)

Coniophanes fissidens (Gunther, 1858)

Imantodes cenchoa (Cope, 1861)

Leptodeira septentrionalis (Gunther, 1895)

Ninia sebae (Duméril, Bibron y Duméril, 1854)

Rhadinaea decorata (Gunther, 1858)

Familia Elapidae

Micrurus diastema (Werner, 1903)

Familia Viperidae

Bothrops asper (Garman, 1883)

ORDEN TESTUDINES

Familia Kinosternidae

Kinosternon leucostomum (Duméril y Bibron, 1851)

Apéndice 2. Clave de las especies de anfibios, hábitat preferente de la especie*: I= interior de selva, S= Selva, B= borde, G= generalista y P= pasto, y nombre científico anterior.

Nombre de la especie	Clave	Hábitat preferente	Nombre anterior
<i>Bolitoglossa alberchi</i>	BA	B	<i>Bolitoglossa mexicana</i>
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>	BP		
<i>Chaunus marinus</i>	CM	P	<i>Bufo marinus</i>
<i>Craugastor alfredi</i>	CA	S	<i>Eleutherodactylus alfredi</i>
<i>Craugastor berkenbuschii</i>	CB	S	<i>E. berkenbuschii</i>
<i>Craugastor loki</i>	CL	S	<i>E. rhodopis</i>
<i>Craugastor vulcani</i>	CV		<i>E. vulcani</i>
<i>Gastrophryne elegans</i>	GE	G	
<i>Leptodactylus fragilis</i>	LF	P	<i>Leptodactylus labialis</i>
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	LM	P	
<i>Lithobates berlandieri</i>	LB	P	<i>Rana berlandieri</i>
<i>Lithobates vaillanti</i>	LV	P	<i>Rana vaillanti</i>
<i>Nanotriton rufescens</i>	NR	S	<i>Bolitoglossa rufescens</i>
<i>Ollotis cavifrons</i>	OC	S	<i>Bufo cavifrons</i>
<i>Ollotis valliceps</i>	OV	S	<i>Bufo valliceps</i>
<i>Pseudoeurycea orchimelas</i>	PO	I	<i>Lineatriton orchimelas</i>
<i>Smilisca baudini</i>	SB	G	
<i>Smilisca cyanosticta</i>	SC	G	

*Datos obtenidos de los trabajos de:

Urbina-Cardona, J. N., M. Olivares-Pérez, 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.

Salvatore-Olivares, O. M. 2006. Diagnóstico de la estructura de las comunidades de anfibios y reptiles en la selva fragmentada de Los Tuxtlas. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Biología, UNAM. 83 pp.

Apéndice 3. Clave de las especies de reptiles, hábitat preferente de la especie*: I= interior de selva, S= Selva, B= borde, G= generalista y P= pasto, y nombre científico anterior.

Nombre de la especie	Clave	Hábitat preferente	Nombre anterior
<i>Adelphicos quadrivirgatus</i>	Aq		
<i>Ameiva undulata</i>	Am	P	
<i>Anolis barkeri</i>	Ab	S	
<i>Anolis rodriguezii</i>	Ar	I	
<i>Anolis sericeus</i>	As	P	
<i>Anolis uniformis</i>	Au	S	
<i>Basiliscus vitattus</i>	Bv	B	
<i>Boa constrictor</i>	Bc		
<i>Bothrops asper</i>	Ba	S	
<i>Coniophanes fissidens</i>	Cf	B	
<i>Corythophanes hernandezi</i>	Ch	S	
<i>Imantodes cenchoa</i>	Ic	I	
<i>Kinosternon leucostomum</i>	Kl	P	
<i>Lepidophyma pajapanense</i>	Lp	S	
<i>Lepidophyma tuxtlae</i>	Lt	S	
<i>Leptodeira septentrionalis</i>	Ls	S	
<i>Leptophis ahaetulla</i>	La		
<i>Micrurus diastema</i>	Md		
<i>Ninia sebae</i>	Ns	P	
<i>Plestiodon sumichrasti</i>	Ps	I	<i>Eumeces sumischrasti</i>
<i>Rhadinaea decorata</i>	Rd	S	
<i>Sceloporus variabilis</i>	Sv	P	
<i>Scincella cherriei</i>	Sc	I	<i>Sphenomorphus cherriei</i>

*Datos obtenidos de los trabajos de:

Urbina-Cardona, J. N., M. Olivares-Pérez, 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.

Salvatore-Olivares, O. M. 2006. Diagnóstico de la estructura de las comunidades de anfibios y reptiles en la selva fragmentada de Los Tuxtlas. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Biología, UNAM. 83 pp.