



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"COMPARACION DE LAS COMUNIDADES DE ANFIBIOS Y REPTILES ENTRE ZONAS ALTAS Y BAJAS DENTRO DE LA RESERVA EN LA ESTACION DE BIOLOGIA, UNAM, LOS TUXTLAS, VERACRUZ."

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

OMAR HERNANDEZ ORDOÑEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. VICTOR HUGO REYNOSO ROSALES

2005



FACULTAD DE CIENCIAS UNAM

m. 345951



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

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

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: "Comparación de las comunidades de anfibios y reptiles entre zonas altas y bajas dentro de la reserva en la Estación de Biología, UNAM, Los Tuxtlas, Veracruz."

realizado por Omar Hernández Ordóñez

con número de cuenta 09610894-9 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario Dr. Víctor Hugo Reynoso Rosales

Propietario Dr. Luis Zambrano González

Propietario M. en C. Irene Sánchez Gallén

Suplente M. en C. Georgina Santos Barrera

Suplente Ecol. José Nicolás Urbina Cardona

Consejo Departamental de Biología FACULTAD DE CIENCIAS

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



UNIDAD DE ENSEÑANZA  
DE BIOLOGÍA

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Noe, Oscar, Henry, Nicolás, Wendy, Marcela, Adriana, Elisa, Wendoli, Georgina, Alejandro, Ana y demás compañeros de la CNAR por su ayuda en el trabajo de campo y por su asesoría en la realización de esta tesis.

Al Doctor Víctor Hugo Reynoso Rosales, por su apoyo y confianza que ha depositado en mí para la realización de este trabajo.

A mis sinodales M. en C. Irene Sánchez Gallén, M. en C. Georgina Santos Barrera, Dr. Luis Zambrano González y Ecol. José Nicolás Urbina por sus valiosos comentarios para mejorar este trabajo.

A las familias Organista y Ramos por la ayuda brindada en Los Tuxtlas.

A mis amigos Elia, América, Aline, Vania, Karina, Beatriz, Angélica, Marcela, Wendy, Javier, Ernesto, José Barrera y José León.

A toda mi familia por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida.

Agradezco el apoyo financiero del PAPIIT, UNAM, por la beca de licenciatura otorgada dentro del proyecto "Diversidad y ecología de anfibios y reptiles en ambientes fraccionados en selva tropical perennifolia en la región norte del Istmo de Tehuantepec" (Convenio No. IN233602-3).

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.  
NOMBRE: Omar Hernández  
FECNA: 27/ Junio / 2005  
FIRMA: [Firma]

***A todos los estudiantes, profesores, trabajadores y padres de familia que formaron parte del movimiento universitario CGH (1999-2000) y a todos aquellos que luchan o lucharon en contra de la injusticia y desigualdad.***

***A mis padres y hermana gracias por su cariño, apoyo, paciencia, solidaridad, ejemplo de dignidad, humanidad, humildad y profesionalismo.***

***Al M.V.Z. Rafael Ordóñez Medina por todo el apoyo que me ha brindado a lo largo de mi vida.***

***Al “Los Tuxtlas”, “Los Chimalapas” y “Selva Lacandona,” y toda su gente. “La belleza será convulsiva o no será” A. Bretón.***



## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	1
ÍNDICE .....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE CUADROS.....	7
Resumen.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Abundancia.....	10
1.2. Riqueza.....	11
1.3. Diversidad y Dominancia .....	11
1.4. Factores que determinan la estructura de una comunidad.....	12
1.5. Modificación de comunidades.....	12
1.5.1. Disturbios naturales .....	12
1.5.2. Disturbios antropogénicos.....	12
1.6. Comunidades herpetofaunísticas.....	13
2. OBJETIVOS .....	15
2.1. General.....	15
2.2. Particulares.....	15
3. ANTECEDENTES.....	16
3.1 Comunidades de anfibios y reptiles en zonas tropicales .....	16
3.2 Comunidades de anfibios y reptiles en zonas tropicales en México .....	17
3.3. Herpetofauna en la región de Los Tuxtlas.....	18
3.4. Comunidades de anfibios y reptiles en la región de Los Tuxtlas .....	19
4. AREA DE ESTUDIO .....	20
4.1. Generalidades .....	20
4.2. La Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, UNAM.....	21
4.3. Clima .....	22
4.4. Suelo .....	22
4.5. Vegetación.....	22
4.6. Descripción del lote 67 (Zona baja).....	24
4.7. Descripción de los Lotes 72 y 73 (Zona alta) .....	24
5. MÉTODO.....	26
5.1. Revisión de las colecciones de anfibios y reptiles.....	26
5.2. Trabajo de Campo .....	26
5.2.1. Elección de Trayectos .....	26
5.2.2. Muestreo e identificación de especies.....	28
5.3. Análisis de los datos .....	29

5.4. Riqueza y estimadores.....	29
5.5. Estructura de la comunidad.....	30
5.5.1. Abundancia relativa.....	31
5.5.2. Diversidad y dominancia.....	31
5.5.3. Dinámica temporal.....	32
6. RESULTADOS.....	34
6.1. Esfuerzo y éxito de captura.....	34
6.2. Composición y riqueza.....	34
6.3. Curvas de acumulación, rarefacción y estimadores.....	37
6.4. Diversidad y abundancia total.....	39
6.5. Abundancia, riqueza, diversidad y dominancia para anfibios en el año.....	42
6.6. Abundancia, riqueza, diversidad y dominancia para reptiles en el año.....	45
6.7. Dinámica Temporal.....	48
6.7.1. Similitud entre los muestreos.....	48
6.7.2. Temperatura y precipitación.....	52
6.8. Comparación con otras zonas.....	55
7. DISCUSIÓN.....	58
7.1. Muestreo, esfuerzo y éxito de captura.....	58
7.2. Estructura de las comunidades de anfibios y reptiles.....	59
7.2.1. Composición y abundancia.....	59
7.2.2. Diversidad.....	65
7.2.3. Variación temporal.....	66
7.3. Comparación entre dos zonas.....	68
7.3.1. Composición y riqueza.....	68
7.3.3. Abundancia.....	69
7.3.4. Diversidad.....	71
7.4. Importancia de estos estudios.....	73
8. CONCLUSIONES.....	75
9. BILIOGRAFÍA.....	77
10. APÉNDICES.....	85
Apéndice 1.....	85
Apéndice 2.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Región de los Tuxtlas. ....	21
Figura 2. Ubicación de los Lotes 67, 72, y 73 dentro de los terrenos de la .....	23
Figura 3. Trayectos realizados en la Zona baja (lote 67). Las líneas oscuras con números .....	26
Figura 4. Trayectos realizados en la Zona alta (lotes 72 y 73). Las líneas oscuras con números .....	27
Figura 5. Variación temporal de la riqueza de especies (S) por grupo biológico para cada una de las dos zonas y el total. ....	36
Figura 6. Estimador Chao2 aplicados para el total de los anfibios. ....	37
Figura 7. Estimador Chao2 aplicados para el total de los reptiles. ....	38
Figura 8. Rarefacción Mao Tao y sus intervalos de confianza (95%) en las.....	39
Figura 9. Rarefacción Mao Tao y sus intervalos de confianza (95%) en las.....	39
Figura 10. Distribución de la comunidad de anfibios y reptiles.....	42
Figura 11. Variación de las abundancias de anfibios de la Estación de Biología a lo largo de cinco muestreos. ....	43
Figura 12. Distribución de la media total de individuos de reptiles por muestreo. ....	43
Figura 13. Variación de $H'$ y dominancia $d$ para los anfibios. Las líneas punteadas representan la diversidad y las continuas la dominancia. ....	45
Figura 14. Variación de la abundancia de reptiles en la Estación de Biología de Los Tuxtlas, Veracruz. ....	46
Figura 15. Distribución de la media total de individuos de reptiles por muestreo. ....	46
Figura 16. Variación de $H'$ y $d$ para los reptiles. Las líneas punteadas representan .....	48
Figura 17. Dendograma de similitud del cuantitativo de Sørensen para los anfibios en las épocas del año. ....	49
Figura 18. Dendograma de similitud del cuantitativo de Sørensen para los reptiles en las épocas del año. ....	49
Figura 19. Variación de las especies más dominantes de anfibios y reptiles .....	50
Figura 20. Variación de las especies más dominantes de anfibios y reptiles .....	51
Figura 21. Variación de los estadios de anfibios y reptiles. ....	51
Figura 22. Variación de la riqueza con respecto a la precipitación y temperatura. ....	52
Figura 23. Variación de la abundancia de anfibios y reptiles con respecto a la precipitación. ....	53

Figura 24. Variación de las abundancias de anfibios y reptiles con respecto a las temperaturas (a). Excluyendo las especies dominantes <i>E. rhodopis</i> y <i>A. uniformis</i> (b). .....	53
Figura 25. Correlación entre la temperatura y las abundancias de reptiles. ....	54
Figura 26. Correlación entre la precipitación y las abundancias de anfibios. La línea tenue indica la correlación considerando todos los valores. ....	55
Figura 27. Curva de rarefacción comparando la Estación y una zona conservada en Tabasco Reynoso <i>et al.</i> (2005).....	56
Figura 28. Dendograma de Sørensen comparando la estación con el trabajo de .....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición de la herpetofauna de la Estación de Biología de Los Tuxtlas, Ver. ....	34
Cuadro 2. Composición de la herpetofauna para las Zonas Alta y Baja de la .....	35
Cuadro 3. Análisis de <i>Completness</i> para el total de muestreos en anfibios y reptiles. ....	38
Cuadro 4. Riqueza, diversidad y dominancia de la comunidad de anfibios y reptiles en la Estación de Los Tuxtlas, Ver. para cada una de las Zonas, como el total de registros. ....	40
Cuadro 5. Intervalos de abundancia para las especies de anfibios y reptiles. ....	41
Cuadro 6. Valores de riqueza, diversidad y dominancia de la comunidad. ....	44
Cuadro 7. Valores de riqueza, diversidad y dominancia de la Comunidad de reptiles en la Estación de los Tuxtlas. ....	47

## Resumen

Las comunidades de anfibios y reptiles dada su poca movilidad y su dependencia a factores ambientales como humedad, temperatura, dosel, etc., sirven como indicadores del estado en que se encuentran las áreas que aún conservan vegetación primaria. Se determinó la estructura y composición de las comunidades de anfibios y reptiles a lo largo del año en la reserva de la Estación de Biología Tropical en la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Se establecieron las diferencias en los parámetros de riqueza, abundancia y diversidad entre la Zona baja (entre los 150 m s.n.m. y 350 m s.n.m.) y la Zona alta (entre los 350 m s.n.m. y 550 m s.n.m.), con algunas diferencias del suelo, hidrología y estructura de la vegetación.

Se realizaron cinco salidas por zona distribuidas a lo largo del año 2002 y enero del 2003, en las cuales se muestrearon cuatro horas y media de día y cuatro horas y media de noche por tres días, resultando un total de 540 horas hombre. Se obtuvo la riqueza específica, las abundancias por especie y su variación lo largo de las cinco salidas. Se calcularon los índices de Diversidad de Shannon ( $H'$ ), de Dominancia de Berger-Parker ( $d$ ) y la variación de estos índices a lo largo del año de muestreo.

Se registraron para ambas zonas 988 individuos de 36 especies: 16 de anfibios y 20 de reptiles. En la Zona baja se registraron 615 individuos de 29 especies: 14 de anfibios y 15 de reptiles, y en la Zona alta, 373 individuos de 25 especies: 10 especies de anfibios y 15 de reptiles. La curva de rarefacción de Mao Tao indica que no existen diferencias significativas entre las dos zonas con respecto a las riquezas de anfibios y reptiles.

La Zona baja obtuvo un índice de diversidad  $H'=2.07$ , mayor que el de la Zona alta con  $H'=1.81$ . Las dos especies más abundantes fueron *Eleutherodactylus rhodopsis* para los anfibios y *Anolis uniformis* para los reptiles. Otras especies como *Eleutherodactylus berkenbuschi* y *Bufo valliceps* en anfibios y *Sphenomorphus cherrieri*, y *Bothrops asper* en reptiles resultaron ser abundantes en comunidad. El índice de dominancia de Berger-Parker para la estación fue  $d=0.3720$ , que indica que el 37% de la abundancia de la comunidad

corresponde a *E. rhodopis*, aun así, *A. uniformis* guarda una importancia similar en el sistema.

La prueba no paramétrica de Wilcoxon que comparó abundancias indicaron que no existen diferencias significativas en abundancia. A pesar de esto, las diferencias numéricas entre las abundancias de las dos zonas pudieron repercutir en la diferencias significativas que se obtuvieron en diversidad ( $p=0.005$ ), de acuerdo con la a prueba de t-de Hutcheson.

El mes en el cual se presentó la mayor diversidad en ambas zonas fue agosto ( $H'=2.17$ ). La mayor diversidad para anfibios se dio en el periodo noviembre ( $H'= 1.29$ ) y en el caso de los reptiles fue en agosto ( $H'= 1.76$ ). La prueba no paramétrica por rangos de Friedman indica que hay diferencias entre las variaciones de las abundancias de reptiles a lo largo del año de muestreo.

Las diferencias con respecto a la diversidad entre las zonas se explican mejor por la presencia de cuerpos de agua en la Zona baja que incrementa la riqueza y abundancia en algunos grupos, en particular anfibios. *Eleutherodactylus*, *Anolis barkeri* y *Eleutherodactylus vulcani* se registraron solamente en la Zona baja al lado de los arroyos, siendo *E. berkenbuski* la tercera especie más abundante. Del mismo modo *Eleutherodactylus rhodopis* y *Anolis uniformis* registraron mayores abundancias dentro de la Zona baja.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los objetivos de la ecología de comunidades son explicar la composición y abundancia de los organismos en cualquier lugar y tiempo (Rougharden y Diamond, 1987). Las comunidades son un conjunto de poblaciones que interactúan entre sí en espacio y tiempo determinado (Begon *et al.*, 1996), generando propiedades particulares y exclusivas como son composición, riqueza, abundancia, dominancia y diversidad, además de tener otros aspectos los niveles tróficos y el flujo de energía (Zug, 1993).

### 1.1. Abundancia

Se puede definir de una manera general como el número total de individuos de todas las especies en una muestra o localidad (Moreno 2001) y en la ecología de comunidades es información básica. La abundancia relativa, es el número de individuos de una localidad cuantificados en un área o tiempo estimado, como una porción del total de la población, la densidad es el número de individuos por unidad de área o volumen (Brower y Zar, 1984). La abundancia estima la importancia de las especies de una comunidad (Pianka, 1982) y el medirla permite en algunos casos identificar especies que con escasa representatividad en la comunidad que podrían ser más sensibles a las perturbaciones ambientales. Las comunidades con un número similar de especies difieren en el número de individuos que tiene cada especie; hay algunas especies que son muy abundantes, otras moderadamente abundantes y la gran mayoría especies tienen poca abundancia (Magurran, 2004). A este patrón se denomina "J" invertida. La abundancia y densidad no sólo implica el número de individuos, además puede valorarse como: frecuencia, cantidad de biomasa y cobertura (Brower y Zar, 1984). Además, la abundancia también es importante ya que es utilizada como una medida más sensible de distorsiones ambientales que la riqueza por sí sola (Magurran, 1988).



## **1.2. Riqueza**

La riqueza de una comunidad es el número de especies dentro de una zona o muestra (Huston, 2000) la cual puede variar de acuerdo al tipo del hábitat y área. Hábitats muy heterogéneos con un área mayor tenderán a soportar un mayor número de especies que hábitats homogéneos y con un área pequeña. Sin embargo, la distancia entre hábitats favorables para el desarrollo de las especies de nuestro interés puede tener una gran importancia ya que hábitats homogéneos, alejados de una matriz y pequeños tendrán una menor riqueza (MacArthur y Wilson, 1967).

## **1.3. Diversidad y Dominancia**

La diversidad es la relación que existe entre la riqueza y abundancia relativa de cada especie (Magurran, 1988); es una medida fundamental de la estructura de la comunidad. Sus valores frecuentemente se utilizan como un indicador del estado de las comunidades (Magurran, 1988) ya que permiten comparar zonas sin perturbaciones con zonas con alguna perturbación (Reynoso *et al.*, 2005) o remanentes de selva de diferentes tamaños.

La dominancia es el inverso de la diversidad y se refiere a la amplitud para una o varias especies que son más abundantes en la comunidad (Magurran, 2004). Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad y toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia, sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001).

La estructura de la comunidad se define a partir de la medida de riqueza, diversidad, abundancia relativa y dominancia e incluye relaciones de abundancia, correlaciones entre el tamaño del cuerpo y la abundancia por especie, patrones de red alimenticia, distribución de las especies en el ecosistema y relaciones entre la diversidad  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ , entre diferentes tipos de gradientes (Zug, 1993).

#### **1.4. Factores que determinan la estructura de una comunidad**

Dentro de los factores que determinan la estructura de una comunidad son los patrones estacionales de temperatura, precipitación, luz solar y viento, altitud, textura del suelo, cobertura vegetal y disposición de nutrientes orgánicos e inorgánicos (Roughgarden y Diamond, 1987). También son importantes las interacciones que existen entre las especies y generan una serie de atributos como son función, diversidad, composición y estructura (Lockwood *et al.*, 1998). Una comunidad es el campo dentro del cual, la competencia, depredación, parasitismo y mutualismo son realizados (Zug, 1993), y por lo tanto, el resultado de todas las interacciones.

#### **1.5. Modificación de comunidades**

La estructura de las comunidades puede ser modificada por disturbios naturales y antropogénicos. Durante el disturbio se alteran las condiciones ambientales y las interacciones entre las especies que integran a una comunidad.

##### **1.5.1. Disturbios naturales**

Los disturbios naturales son eventos discretos e inusuales que alteran los ecosistemas, comunidades y las poblaciones, además de generar un cambio en la estructura de los recursos. Estos generan cambios espaciales y temporales sobre las poblaciones o especies (Wilds y White, 2001).

##### **1.5.2. Disturbios antropogénicos**

Disturbios antropogénicos son la destrucción, degradación y fragmentación de los hábitats (Green *et al.*, 2001). La sobreexplotación de algunas especies y la introducción de especies exóticas son algunas causas que pueden modificar a las comunidades (Pimm y Gilpin, 1989).

La deforestación y la subsiguiente fragmentación del hábitat son considerados como una de las principales causas contemporáneas de la pérdida de biodiversidad en zonas tropicales en donde la diversidad es alta y las selvas están siendo transformadas rápidamente (Dirzo, 2001; Pineda y Halfpeter, 2004). La tala de la vegetación natural no solamente destruye los hábitats para las especies, además, fracciona y aísla los bosques en pequeñas unidades escasamente interconectadas que pierden la capacidad para mantener poblaciones viables (Soulé *et al.* 1998).

#### **1.6. Comunidades herpetofaunísticas**

La importancia ecológica de las comunidades de anfibios y reptiles, radica en que la mayoría de las veces son carnívoros o consumidores primarios y se ha sugerido que juegan un papel importante en los niveles tróficos (Pianka, 1975). Los anfibios y reptiles son controladores de plagas (insectos y roedores principalmente), y en el caso de especies muy abundantes, sirven de alimento para otros vertebrados además de aportar una gran cantidad de biomasa al ecosistema. Los anfibios y reptiles pueden responder a las alteraciones ambientales de una manera distinta a la de los animales endotérmicos y a los que tienen una alta movilidad, como las aves y mamíferos (Green *et al.* 2001; Vitt, 1994).

Los anfibios presentan una muy baja movilidad, tienen la piel desnuda y requerimientos ecofisiológicos puntuales (Semlitsch, 2003). Además, son particularmente sensibles al deterioro ambiental por lo que pueden ser utilizados como bioindicadores de las actividades humanas (Pechmann y Wilbur, 1994). Su plasticidad en respuesta a los cambios ambientales sus ciclos de vida relativamente cortos (en muchos casos) y su alta fecundidad (en algunos casos), facilitan el estudio sobre la dinámica de sus comunidades (García y Ceballos, 1994).

En los últimos 30 años la tasa de deforestación en Los Tuxtlas ha sido muy alta. De 1976 a 1986 la tasa fue de 4.3% por año (Ibarra *et al.*, 1997) y para 1986, quedaba tan solo entre

15% y 16% del bosque original (Dirzo y García, 1992). Se calculó que para el año 2000 con la misma tasa de deforestación, el área estaría reducida a ~9% (Ibarra *et al.*, 1997). A pesar de los datos anteriores, la región de los Tuxtlas representa una de las últimas zonas con selva alta perennifolia del país en donde se asume existen algunas extensiones de selva grandes, con condiciones de un ambiente conservado. En esta región se han realizado muchos estudios de anfibios y reptiles, por lo que se conoce la gran mayoría de las especies; sin embargo, se desconocen datos sobre la estructura de la comunidad de estos grupos en terrenos conservados como los de la Estación de Biología. Un hecho muy importante es que en esta zona se garantiza la conservación de estas especies a largo plazo.

Este trabajo podrá fundamentar propuestas de conservación y restauración de zonas degradadas ya que, con datos sobre la estructura de las comunidades, será posible la evaluación, monitoreo y diseño de estrategias de conservación, manejo y restauración ambiental de zonas que se encuentran sujetas a diferentes presiones (Gibbons *et al.*, 1997). Se ha propuesto homogeneizar los esfuerzos de colecta para que puedan ser comparables con otras selvas o remanentes de selvas a nivel nacional (Reynoso y Barreto, 1999).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. General**

Determinar y comparar la estructura y composición de la comunidad herpetofaunística, en dos zonas con características ambientales distintas en la Reserva de la Estación de Biología en Los Tuxtlas, Veracruz.

### **2.2. Particulares**

- Describir la abundancia, riqueza, composición y diversidad de anfibios y reptiles en zonas altas y bajas de la Estación de Biología de “Los Tuxtlas” Veracruz.
- Caracterizar la variación de riqueza, composición y abundancia de la herpetofauna las zonas altas y bajas a lo largo de un año.
- Determinar la relación entre composición y abundancia de anfibios y reptiles con respecto la precipitación y la temperatura.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 Comunidades de anfibios y reptiles en zonas tropicales

La mayoría de los trabajos sobre anfibios y reptiles en zonas tropicales, se enfocan en comparar los efectos de la fragmentación y la perturbación humana sobre las comunidades. También se estudian las cadenas tróficas, estrategias de reproducción, principalmente en anfibios y la distribución de las especies en los gradientes, microhábitats y estratos.

Uno de los primeros trabajos en los cuales se trabajó la estructura de la comunidad de anfibios y reptiles fue el de Lloyd, *et al.* (1968) en Borneo, donde se concluyó que existen algunos géneros con pocas especies abundantes y familias con un gran número de especies (sobre todo Colubridae) pero con pocos individuos. Duellman (1989) encontró que en la península de Yucatán, que incluye selva alta, los parámetros de la heterogeneidad de la vegetación están relacionados con la diversidad de serpientes y lagartijas, y la estacionalidad de la precipitación está más relacionada con la diversidad de anfibios.

Akani *et al.*, (1999) estudió a las comunidades de serpientes en las selvas monsoónicas y sabana en Nigeria, en donde observó un mayor número de especies de serpientes dentro de la selva que en zonas de sabana y, por lo tanto una mayor dominancia en la sabana.

Laurance *et al.* (2002) evaluaron la influencia de fragmentos en biotas del Amazonas, concluyendo que los anfibios aumentan su riqueza a causa de la fragmentación ya que el efecto de borde permite la invasión de especies que antes no habitaban el interior de la selva. Estupian y Gallati (1999) comparó la riqueza de anuros en diferentes tipos de vegetación con gradientes distintos de perturbación, clasificando a las especies de los géneros *Hyla*, *Bufo* y *Leptodactylus* como indicadoras de hábitats perturbados. Pawar (1999) estudió los efectos de la alteración del hábitat sobre la herpetofauna en la India y comparó diferentes gradientes de perturbación, concluyendo que algunas especies de anuros y "lacertilios" están restringidas a zonas de vegetación primaria sin perturbación, dado que

necesitan requerimientos puntuales tales como cobertura, humedad y cuerpos de agua. También indicó que la noche es cuando se presenta una mayor actividad de anfibios y reptiles, además de existir un recambio de especies entre época de secas y lluvias. Urbina y Londoño (2003) encontraron en selva tropical en el Pacífico colombiano que dos especies, *Eleutherodactylus* y *Bothrops* tienen preferencia por áreas boscosas con mucho dosel. Schlaepfer y Gavin (2001) al estudiar el efecto de borde en remanentes de selva alta en Costa Rica hallaron que el 69% de los individuos capturados fueron ranas del género *Eleutherodactylus*, mientras que el 28% fueron lagartijas del género *Anolis*. Concluyeron que la distribución de las especies no puede ser definida por la distancia al borde donde son detectados, sino que su distribución se debe entender como procesos dinámicos en espacio y tiempo, ya que cada taxón responde a diferentes componentes en función de sus requerimientos biológicos.

### **3.2 Comunidades de anfibios y reptiles en zonas tropicales en México**

Los trabajos sobre comunidades de anfibios y reptiles en México se han dedicado a comparar las comunidades entre diferentes tipos de vegetación, gradientes de perturbación y el efecto de la fragmentación sobre las comunidades de anfibios y reptiles. Barreto (2000) en la región del Istmo de Tehuantepec en Nizanda indica una relación de dependencia en la distribución de anfibios y reptiles de acuerdo al tipo de vegetación, pero esta distribución está más influenciada por cuerpos de agua en anfibios y altitud en reptiles. Martínez y Muñoz (1998) en la reserva de la Biosfera Ocoate en selva mediana Subperennifolia concluyeron que en zonas perturbadas en conjunto (pastizales, potreros, cultivos y acahuales) se encuentra el mayor número de especies que en zonas conservadas y en ambos grupos de vegetación se registraron especies indicadoras de calidad de hábitat. Finalmente indican que el factor que influye en la distribución de los anfibios fue la disponibilidad de los cuerpos de agua y en el caso de los reptiles los tipos de vegetación. Luna (1997) trabajó en el bosque mesófilo de

montaña en la Reserva de la Biosfera del Ocote, donde las especies del género *Anolis* y una del género *Eleutherodactylus* fueron las especies más abundantes dentro de las zonas conservadas en este caso bosque mesófilo. Pineda y Halffter (2004) al evaluar la diversidad  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  de anuros entre fragmentos de bosque mesófilo, cafetales y pastizales, encontraron que estos hábitats tienen diferentes efectos en la dinámica de las especies y que dos especies de anuros se vieron más influenciados por la presencia de cuerpos de agua que por el dosel. Martínez (2003) en bosque mesófilo de montaña determinó los cambios en la diversidad de reptiles al transformar bosque mesófilos en cafetales en la Reserva de la Biosfera El Triunfo, encontrando que el cafetal con sombra diversificada puede permitir mejores beneficios para la diversidad a pesar de que este presenta un cambio de composición de reptiles respecto al bosque primario. Reynoso *et al.* (2005) determinaron la influencia de la industria petrolera y agropecuaria en las comunidades de anfibios y reptiles en Tabasco encontrando que significativamente mayores índices de diversidad se dieron en zonas de bajo y nulo impacto.

### **3.3. Herpetofauna en la región de Los Tuxtlas**

En la región de Los Tuxtlas se han realizado muchos estudios de anfibios y reptiles, por lo que se conoce la gran mayoría de sus especies, en especial dentro de la Estación de Biología y sus alrededores. El número de especies reportado para toda la región de los Tuxtlas son 45 anfibios y 117 reptiles (Ramírez-Bautista y Nieto-Montes de Oca, 1997). De éstas, 29 anfibios y 64 reptiles han sido registradas en los terrenos de la Estación y zonas bajas del volcán San Martín (Pérez-Higareda, *com pers.*). La herpetofauna de Los Tuxtlas abarca un 14.8 % de anfibios y 16.5 % de reptiles, del número total de especies en México (Ramírez-Bautista y Nieto-Montes de Oca, 1997).

En la Estación de Biología y sus alrededores Ramírez (1977) registró 17 especies de anfibios y de 45 de reptiles de las cuales 27 eran serpientes; y Pérez-Higareda *et al.* (1987)



publicaron una lista anotada de los anfibios y reptiles de la región de Los Tuxtlas Veracruz. Heras-Villarreal (2000) realizaron un trabajo sobre la historia natural del género *Anolis* y elaboraron una clave para la identificación de estas especies, también menciona que *Anolis uniformis* es una especie muy abundante en el sotobosque dentro de la selva. Ramírez-Bautista y Nieto-Montes de Oca (1997), realizaron un trabajo de Ecogeografía en el que elaboraron una lista de especies especificando el tipo de vegetación en el cual se pueden localizar y los estratos o micro hábitats. Finalmente Vogt *et al.*, (1997) realizaron una lista anotada de anfibios y reptiles indicando el intervalo altitudinal, abundancia, y zonas y micro hábitats en donde se les localiza dentro de la región de Los Tuxtlas.

#### **3.4. Comunidades de anfibios y reptiles en la región de Los Tuxtlas**

En la región de los Tuxtlas, Castillo y López (no publicado) realizó recorridos en la sierra de Santa Marta en 1989 (864 horas hombre), y de la Estación de Biología a Laguna Escondida y a Laguna Zacatal en 1991 (704 horas hombre de muestreo), también colocando líneas de desvío en selva madura dentro de la Estación de Biología y en el pastizal de Laguna Zacatal. Determinó que las mayores abundancias dentro de la selva fueron de la lagartija *Anolis uniformis* y la rana *Eleutherodactylus rhodopis*; y de *Hyla ebracata* y *Rana vallanti* en Laguna Zacatal. Estas especies son características de zonas en donde la vegetación no es muy abierta como acahuals, remanentes y selva. López- González *et al.* (1993) caracterizaron la estructura de la comunidad de lagartijas, determinando el nivel de especialización y temporalidad en la Sierra de Santa Martha. Las especies del género *Lepidophyma* y *Sceloporus* resultaron ser las más abundantes y *Anolis barkeri* resultó ser especialista en cuanto al hábitat. Hernández (1996) comparó la herpetofauna en el interior de la selva alta perennifolia con borde en regeneración en Catemaco concluyendo que existe una mayor riqueza y diversidad en el borde. En el interior de la selva hay un mayor número de

individuos pero está dominado por *Anolis uniformis* que representa un 58% del total de individuos.

#### **4. AREA DE ESTUDIO**

##### **4.1. Generalidades**

La región de Los Tuxtlas se caracteriza por estar inmersa en una serie de montañas de origen volcánico de unos 80 km de largo, relativamente restringidas geográficamente. Abarca un área de 90 por 50 kilómetros aproximadamente con un área de 3,484.34 km<sup>2</sup>. La Sierra de Los Tuxtlas se presenta como una formación montañosa incrustada en la planicie costera del Golfo. En esta región está uno de los remanentes más grandes con un continuo de selva alta perennifolia que abarcaba desde el sur de Tamaulipas, Veracruz, norte de Oaxaca, Tabasco y Chiapas. Dentro de la región se localizan el volcán de San Martín Tuxtla, cuyo pico más alto tiene 1650 m s.n.m. y cuenta con un diámetro de 12 km, el volcán Santa Marta y el Yohualtapan, que forman parte de la Sierra de Santa Martha, con elevaciones de 1468 m, y volcán de San Martín Pajapan, con una altura de 1160 m (Nelson y González, 1992). La Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas decretada en el año de 1998, abarca 155,122 ha comprendidas en ocho municipios en donde existen alrededor de 288 comunidades humanas, con una población total de 335,315 habitantes. Comprende una zona de amortiguamiento de 125,402 ha y tres zonas núcleo que suman 29,720 hectáreas. Los Tuxtlas han sido considerados como una de las regiones prioritarias para la conservación ya que presenta una riqueza específica alta en plantas con 400 especies, mamíferos con 102, anfibios con 45, reptiles con 117 y aves con 561. Esta región adquiere una posición relevante desde el punto de vista ecológico, taxonómico y zoogeográfico debido a su diversidad de especies y formas endémicas (Dirzo *et al.*, 1997).

individuos pero está dominado por *Anolis uniformis* que representa un 58% del total de individuos.

#### **4. AREA DE ESTUDIO**

##### **4.1. Generalidades**

La región de Los Tuxtlas se caracteriza por estar inmersa en una serie de montañas de origen volcánico de unos 80 km de largo, relativamente restringidas geográficamente. Abarca un área de 90 por 50 kilómetros aproximadamente con un área de 3,484.34 km<sup>2</sup>. La Sierra de Los Tuxtlas se presenta como una formación montañosa incrustada en la planicie costera del Golfo. En esta región está uno de los remanentes más grandes con un continuo de selva alta perennifolia que abarcaba desde el sur de Tamaulipas, Veracruz, norte de Oaxaca, Tabasco y Chiapas. Dentro de la región se localizan el volcán de San Martín Tuxtla, cuyo pico más alto tiene 1650 m s.n.m. y cuenta con un diámetro de 12 km, el volcán Santa Marta y el Yohualtapan, que forman parte de la Sierra de Santa Martha, con elevaciones de 1468 m, y volcán de San Martín Pajapan, con una altura de 1160 m (Nelson y González, 1992). La Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas decretada en el año de 1998, abarca 155,122 ha comprendidas en ocho municipios en donde existen alrededor de 288 comunidades humanas, con una población total de 335,315 habitantes. Comprende una zona de amortiguamiento de 125,402 ha y tres zonas núcleo que suman 29,720 hectáreas. Los Tuxtlas han sido considerados como una de las regiones prioritarias para la conservación ya que presenta una riqueza específica alta en plantas con 400 especies, mamíferos con 102, anfibios con 45, reptiles con 117 y aves con 561. Esta región adquiere una posición relevante desde el punto de vista ecológico, taxonómico y zoogeográfico debido a su diversidad de especies y formas endémicas (Dirzo *et al.*, 1997).

## 4.2. La Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, UNAM

La Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas se localiza hacia la vertiente norte del Volcán San Martín Tuxtla, entre los  $95^{\circ} 04'$  y  $95^{\circ} 09'$  de longitud oeste y de los  $18^{\circ} 34'$  y  $18^{\circ} 36'$  de latitud norte (Figura 1). La Estación ocupa un territorio cuya altitud varía entre los 150 m s.n.m. en su lado este y los 650 m s.n.m. hacia el Volcán de San Martín. Abarca un área de casi 700 ha de las cuales 150 ha son potreros. Con excepción del lado oeste, el cual está cubierto por la selva que se extiende hacia el Volcán San Martín, en sus alrededores se puede detectar intensa actividad humana mediante la generación de potreros, zonas de cultivo y acahuales en los ejidos La Palma, Laguna Escondida, La Perla, Lázaro Cárdenas y algunos ranchos dedicados a la ganadería.

Los recursos hídricos principales son Laguna Escondida, Laguna Zacatal y el río La Palma (Arriaga *et al.*, 2000).

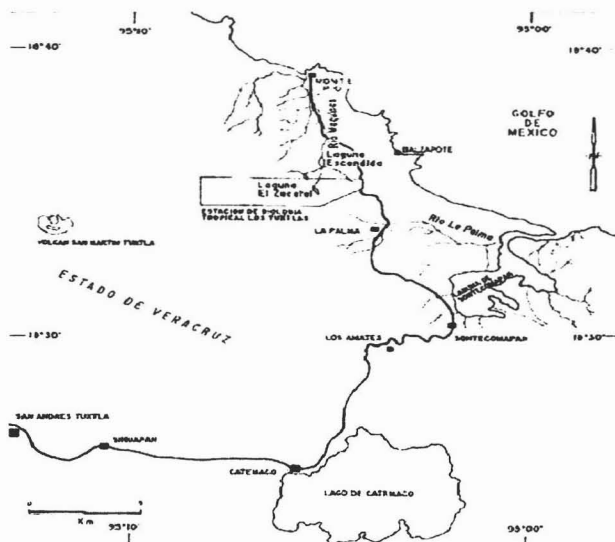


Figura 1. Ubicación de la Región de los Tuxtlas.

### **4.3. Clima**

El clima en la estación se clasifica como Af (m) w' (i) g, el más húmedo de los cálidos húmedos, con una clara concentración de la precipitación en los meses de verano y un porcentaje de lluvia inferior al 18%. La precipitación promedio anual es de 4,725.2 mm y la del mes más seco es superior a 60 mm. Las temperaturas máximas, media y mínimas alcanzan los valores de 32.18 °C, 24.3 °C y 16.4 °C respectivamente (Ibarra y Sinaca, 1987).

### **4.4. Suelo**

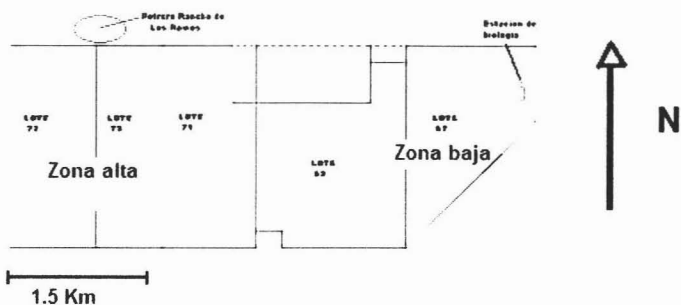
Los suelos en la Estación se formaron a partir de ceniza volcánica de composición basáltica y andesítico-basáltica (Flores *et al.*, 1999). Existe una zonación altitudinal caracterizada por diferentes tipos de suelos yendo de menor a mayor altitud, andosoles – cambisoles – regosoles – lixisoles – gleysoles (Sommer *et al.*, 2003). La unidad de suelo para la región de Los Tuxtlas es el alfisol férrico (Alf) de acuerdo con la clasificación hecha por la FAO y la UNESCO y abarca el 100% de la superficie de la zona. Predominan los suelos lateríticos, ricos en arcilla luvisol y acrisol (Arriaga *et al.*, 2000).

### **4.5. Vegetación**

El tipo de vegetación que presenta la reserva de la Estación corresponde al de selva alta perennifolia (Miranda y Hernández, 1963). Esta categoría está incluida dentro del tipo de vegetación descrito como bosque tropical perennifolio por Rzedowski (1978). Carabias (1980) registró 116 especies de plantas para la selva de Los Tuxtlas y estimó 8170 individuos por hectárea. Fisonómicamente, la selva de Los Tuxtlas es un bosque de árboles gruesos, en donde el 50% tienen contrafuertes de 50 cm de diámetro y su altura varía de 30-35 m y ocasionalmente existen individuos de 40 m (Bongers *et al.*, 1988). Las copas de los árboles son aplanadas y la mayoría de las especies poseen hojas de pequeñas a medianas, con excepción de las palmas. Existen también plantas heliófilas, lianas y algunas orquídeas.

Los árboles y los arbustos ocupan un 50% de los individuos, seguidos, por las palmas con el 41% de los individuos, mientras que las lianas un 9% (Ibarra *et al.*, 1997). La estructura de la comunidad está caracterizada por la relativa dominancia de *Astrocaryum mexicanum* en el estrato más bajo, *Pseudolmedia oxyphilaria* en los estratos medios y *Nectandra ambigens* en el dosel. Otras especies en el caso de los arbustos son, *Schaueria calyobractea*, *Acalypha skutchii* y *Myriocarpa longipes* (Bongers *et al.*, 1988). Otras especies características son *Trophis racemosa*, *Cyboletalum baillonii*, *Guarea bijuga*, *Dendropanax arboreus*, *Stemmadenia donnell-smithii* y *Polulsenia amarta* (Carabias 1980).

Existen dos tipos de selva dentro de la Estación de Biología: a) selva alta perennifolia sobre suelos profundos, y b) sobre suelos jóvenes. La Estación de la reserva se encuentra dividida artificialmente en 4 lotes (67, 71, 72, y 73) que van de este a oeste. Tienen un área total de 640 ha. La zona de estudio incluyó los lotes 67 (Zona baja con suelos profundos) y 72 y 73 (Zona alta con suelos jóvenes) (Figura 2).



**Figura 2. Ubicación de los Lotes 67, 72, y 73 dentro de los terrenos de la Estación de Biología de los Tuxtlas Veracruz.**

#### **4.6. Descripción del lote 67 (Zona baja)**

El área que abarca el lote 67 o Zona baja, ubicado al este en la Estación de Biología, ocupa un área de 149.52 ha con un largo aproximado de 1858 m y un ancho de 1227 m. Se localiza en altitudes que oscilan de 60 a 350 m s.n.m. Sin contar las partes altas del cerro El Vigía, es la parte más baja de los terrenos de la Estación y dentro del lote se encuentran alrededor de tres arroyos.

**Suelo.** El suelo es de origen volcánico originado a partir de la ceniza volcánica. Tiene composición basáltica y andesítico-basáltica. Al encontrarse en zonas bajas, el suelo tiene pedones mólicos con predominancia de alfisoles. Estos suelos son pardos y eutróficos (Flores *et al.*, 1999).

**Vegetación.** Presenta un dosel con alturas de 30-35 m, y algunos árboles llegan a medir hasta 40 m como *Ficus yoponensis* o *Ceiba pentandra*. Unas de las características que tiene esta selva es que el número de especies de palmas es bajo, pero son abundantes e imprimen una fisonomía característica de la comunidad. Entre las especies de palmas están *Astrocaryum mexicanum*, *Chamaedorea pinnatifrons* y *C. alternans* (Ibarra *et al.*, 1997).

#### **4.7. Descripción de los Lotes 72 y 73 (Zona alta)**

Los lotes 72 y 73 se ubican a 2500 metros en línea recta hacia el extremo oeste de los terrenos de la Estación de Biología. Abarcan un área de 253 ha, con un largo de 2140 m y un ancho de 1507 m, y su parte mas alta está entre los 350 y 550 m s.n.m. Dentro de la zona no existen ríos ni otros tipos de cuerpos de agua.

**Suelo.** A diferencia de la Zona baja son característicos los suelos jóvenes, variante conocida localmente como pedregal o malpaís; donde se conjugan roca volcánica y suelos jóvenes

poco profundos bien drenados y porosos. Los epipedones úmbricos son bajos y aumentan en endopedones. Este tipo de suelo se encuentra en las primeras etapas de desarrollo y todavía está siendo sometido a la influencia de la materia orgánica, por lo que no está rubificado y se encuentra menos diferenciado y desaturado. El suelo es producto de la alteración rápida de ceniza volcánica, proveniente de basalto y andesita basáltica, cuyos minerales son ricos en metales alcalinoterréos y bajos en sílice (Flores *et al.*, 1999).

**Vegetación.** La baja profundidad del suelo parece tener relación con la caída constante de árboles con abertura del dosel. A pesar de las características del substrato los árboles alcanzan en promedio 35 m de altura. Las palmas forman un componente fisonómico importante y existen sitios donde en donde el estrato inferior se encuentra dominado por *Chamaedorea alternans* y *C. woodsoniana*. Existe también una notable abundancia de especie rupícolas y epífitas pertenecientes a las familias Polypodiaceae y Piperaceae que se pueden encontrar también como epífitas (Ibarra *et al.*, 1997).



## 5. MÉTODO

### 5.1. Revisión de las colecciones de anfibios y reptiles

Para conocer las especies de anfibios y reptiles registrados en los terrenos de la Estación se revisaron ejemplares de la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología de la UNAM y de la Colección de la Estación de Biología de Los Tuxtlas, Veracruz.

### 5.2. Trabajo de Campo

#### 5.2.1. Elección de Trayectos

Se ubicaron y trazaron tres trayectos por cada zona. Éstos se recorrieron durante los meses de marzo, junio, agosto y noviembre del año 2002 y enero del año 2003 (Figuras 3 y 4).

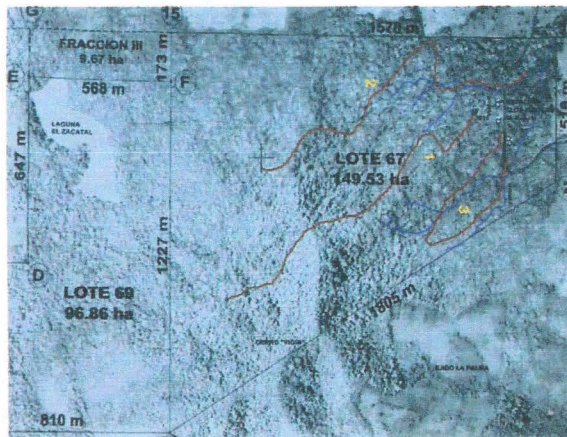


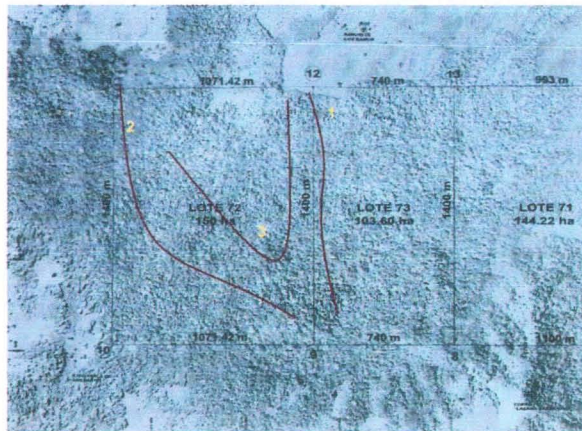
Figura 3. Trayectos realizados en la Zona baja (lote 67). Las líneas oscuras con números 1, 2 y 3 indican los trayectos.

## Zona baja

**Trayecto 1.** El recorrido abarcó un intervalo altitudinal de entre los 90 y 165 m s.n.m, se extendió hacia la cima del cerro El Vigía. Dada la inclinación de este trayecto, se presentaron árboles caídos y no atravesó cuerpos de agua.

**Trayecto 2.** El intervalo altitudinal de este trayecto fue de los 65 a 75 m s.n.m., y volvía a bajar hasta 60 m. El terreno por lo general no fue pronunciado y los árboles de este trayecto fueron más gruesos y altos y abarcó recorridos sobre el arroyo 1 (Figura 3).

**Trayecto 3.** El intervalo de este trayecto abarcó de los 50 a los 110 m s.n.m. Abarcó laderas muy pronunciadas y recorridos sobre un arroyo.



**Figura 4.** Trayectos realizados en la Zona alta (lotes 72 y 73). Las líneas oscuras con números 1, 2 y 3 indican los trayectos.

## Zona alta

**Trayecto 1.** El intervalo altitudinal de este trayecto abarcó de los 365 hasta los 435 m s.n.m. Se guió por una brecha que divide a los lotes 72 y 73. Dentro de este trayecto no había muchas cañadas pero mantenía una pendiente y fue donde se encontraron los árboles de mayor altura y grosor de esta zona (Figura 4).

**Trayecto 2.** El intervalo abarcó entre los 360 a 415 m s.n.m., siguiendo una brecha en la que se llegaba un punto donde el dosel de árboles de no más de 10 metros y cubiertos de epífitas disminuye drásticamente.

**Trayecto 3.** El intervalo altitudinal fue de 360 hasta los 420 m s.n.m. En este trayecto se encontraron una gran cantidad de cañadas y palmas.

### **5.2.2. Muestreo e identificación de especies**

Para que los datos se acoplaran a unidades de esfuerzo equivalentes se estableció como unidad de muestreo el trayecto por tiempo. Se hicieron recorridos de nueve horas entre dos personas (Reynoso, *et al.* 2005; Reynoso y Barreto 1999) de las 10:00 a 14:30 horas y de las 18:00 a las 22:30 por trayecto, cumpliendo 4:30 horas de día y 4:30 de noche. Con este muestreo se procuró cubrir los diferentes horarios de actividad de las especies (Jones, 1986).

En los recorridos se registró el número de organismos observados o recolectados, por especie con relación al tiempo invertido (Brower y Zar, 1984; Barreteo 1999; Perman, 1997; Reynoso *et al.*, 2005; Schlaepfer y Gavin, 2001; Urbina y Londoño, 2003). El registro de los individuos se realizó por búsqueda visual entre dos personas hasta una altura de 2 m y a 1 m a la redonda (Crump y Scott 1994; Tocher *et al.* 1997).

Los tipos de captura dependieron de las características de los grupos. Los anfibios y sus larvas se capturaron con redes de malla y bolsas de plástico o directamente con la mano (Casas-Andreu *et al.*, 1991); las lagartijas utilizando ligas de hule o directamente con la mano; y las serpientes con ganchos o también con la mano. Los lugares revisados dentro de la selva fueron árboles, troncos caídos, hojarasca, rocas, arbustos y plantas epífitas, principalmente.

Los organismos capturados se identificaban anotándose los datos de fecha y hora de colecta, edad relativa (cría, juvenil o adulto), basados en los estudios de historia natural de

anfibios y reptiles realizados en la región de Los Tuxtlas y otras zonas tropicales (Villarreal 1997; Vogt 1997; Duellman 1989). También se identificó el estrato de la selva en el que se encontraron los organismos (hojarasca, arbustivo, arbóreo o herbáceo). Se registró tanto la riqueza para cada zona y temporada de muestreo, como las abundancias de las especies.

Los organismos que no se podían identificar inmediatamente fueron recolectados y sacrificados con una punción de anestésico directa al cerebro, y fijados con formol al 10% y transferidos a alcohol al 70% después de ser lavados (Pisani y Villa, 1974; Casas-Andreu *et al.*, 1991).

La taxonomía y nomenclatura de las especies se basó en los últimos cambios recopilados por Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004). Los ejemplares colectados se determinaron utilizando claves taxonómicas especializadas (Flores-Villela *et al.* 1987; Flores-Villela *et al.* 1995; Pérez Higareda, 1991; Heras-Lara y Villarreal 2000) y fueron ingresados a la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología de la UNAM.

### **5.3. Análisis de los datos**

Los datos fueron analizados por grupo (anfibios y reptiles) y en conjunto (herpetofauna). A pesar de que las abundancias relativas eran datos discretos, fueron revisados con la prueba de Shapiro-Wilk (Zar, 1996) utilizando el programa STATISTICA 6.0 (StatSoft, 2001) para saber si se ajustaban a criterios para poder hacer análisis paramétricos.

### **5.4. Riqueza y estimadores**

Se realizó una curva de acumulación de especies para cada uno de los grupos (anfibios y reptiles) por cada día de muestreo, para saber si la curva comenzaba a llegar a una asíntota. Utilizando el programa Estimates 7.0 (Colwell, 2004) se obtuvo la riqueza esperada mediante el estimador Chao2 para saber si los muestreos eran representativos, con respecto a la riqueza observada. Chao2 es útil para muestras pequeñas (Magurran, 2004) comunes en

estudios de anfibios y reptiles. Además de tener un sesgo muy bajo para comunidades reales (Colwell y Coddington 1994). Este estimador toma en cuenta la distribución de las especies entre las muestras; se basa en la incidencia (presencia/ausencia) de los datos, tomando en cuenta a las especies que sólo se registraron en una muestra (únicos) y a las especies registradas en dos cuadrantes solamente (duplicados) (Magurran, 2004). Se obtuvo el porcentaje de especies que cubrió el muestreo con la riqueza esperada por Chao2 (*Completeness*).

Se obtuvieron las curvas de rarefacción para comparar la riqueza entre las dos zonas para cada uno de los grupos mediante la función de Mao Tao en el programa Estimates 7.0 (Colwell 2004). Las diferencias en esta función se detectan comparando los intervalos de confianza del 95%.

Se evaluó la complementariedad con respecto a la composición con la prueba de complementariedad (C) de Colwell:

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

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

### **5.5. Estructura de la comunidad**

Básicamente se reconocieron cuatro variables que permitieron describir la estructura de la comunidad: abundancia total, abundancia relativa, diversidad y dominancia. Estas fueron analizadas por cada una de las zonas y en su conjunto, además de su variación a lo largo del año de muestreo.

### 5.5.1. Abundancia relativa

Se elaboraron tablas de intervalos de abundancia de las especies, para cada una de las zonas y para el total, basándose en la distribución de los datos de las cinco salidas. Los intervalos son de 1-5 (clase 1), 6-10 (clase 2), 11-15 (clase 3), 16-20 (clase 4) y de 21 - ∞ (clase 5). Bajo este criterio se pudo saber el porcentaje de las especies escasas (1) poco abundantes, (2), intermedias (3), abundantes (4) y muy abundantes (5). Con el fin de comparar las abundancias entre zonas se aplicó la prueba de Wilcoxon (Siegel, 1988).

### 5.5.2. Diversidad y dominancia

Por medio del programa Biodiversity Pro (MacAleece, 1997) se calculó el índice Shannon que estima la diversidad y el de Berger-Parker que estima la dominancia (Magurran, 2004), para ambas zonas y el total y para cada grupo biológico (anfibios, reptiles y herpetofauna). El índice de Shannon ( $H'$ ) combina  $S$  (riqueza) con  $N$  (abundancias) y estima la diversidad en relación al número de especies y su abundancia relativa. El índice de Shannon se define por:

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

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

Para estimar si hubo diferencias significativas entre las dos zonas, con respecto al índice de Shannon, se aplicó una prueba de  $t$ , propuesto por Hutcheson (1970).

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{(\text{Var } H'_1 + \text{Var } H'_2)^{1/2}}$$

donde,  $H'_1$  es la diversidad en la comunidad y  $H'_2$  de la otra comunidad,  $\text{Var } H'$  es la varianza de la zona respectiva. Los grados de libertad ( $gl$ ) se calculan con la siguiente ecuación:

$$gl = \frac{(\text{Var } H'_1 + \text{Var } H'_2)^2}{[(\text{Var } H'_1)^2 / N_1] + [(\text{Var } H'_2)^2 / N_2]}$$

donde  $N_1$  y  $N_2$  son el número total de individuos en la comunidad 1 y 2, respectivamente.

También se calculó el índice de Berger-Parker que estima el porcentaje de la especie más abundante del total de todos los individuos de la comunidad:

$$d = \frac{N_{\max}}{N}$$

Donde la  $N_{\max}$  es el número de individuos de la especie más abundante y  $N$  es el número total de individuos en la comunidad.

El inverso del valor de "d", indica aproximadamente el número de especies dominantes que existen dentro de esa comunidad. Se utilizó este índice porque los datos que aporta son fáciles de interpretar y el valor que da es un valor real dentro de la comunidad (el porcentaje que ocupa la especie más dominante y cuantas especies dominantes existen).

### 5.5.3. Dinámica temporal

Utilizando el programa STATISTICA 6.0 (Statsoft, 2001) se aplicó la prueba de Friedman para comparar la abundancia de especies a lo largo de los cinco muestreos y determinar si había o no diferencias significativas a lo largo del año (Zar, 1996). La prueba de Friedman emplea la sumatoria de las abundancias relativas por especie y su hipótesis nula es que la abundancia de las especies es igual en todo el año.

Los índices de diversidad de Shannon y de dominancia de Berger-Parker, se calcularon a lo largo de los cinco muestreos con el objeto de comparar las variaciones de la diversidad a lo largo del tiempo.

Para comparar las comunidades de anfibios y reptiles entre las cinco salidas realizadas tomando en cuenta la abundancia de especies, se utilizó el índice cuantitativo de Sørensen que refleja diferencias en la abundancia total (Magurran 2003). Este índice es usado ampliamente y los valores que presenta van de 100 (cuando las dos muestras son idénticas)

a 0 (cuando no existen especies en común). El índice cuantitativo de Sørensen se calcula de la siguiente manera:

$$I_{Sørensen} = \frac{2pN}{aN + bN}$$

donde aN es el número total de individuos en el sitio A, bN es el número total de individuos en el sitio B y pN es la sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios.

Utilizando los datos de temperatura y precipitación de la estación meteorológica de Coyame correspondientes a los días que se realizaron los muestreos, se aplicó la prueba de Correlación de Pearson por medio del programa STATISTICA 6.0 (Stat of, 2001) que permitió establecer si existía una relación entre abundancias de anfibios y reptiles y la temperatura y precipitación.



## 6. RESULTADOS

### 6.1. Esfuerzo y éxito de captura

Se recorrieron 30 trayectos con un total de 540 horas hombre (270 horas por dos hombres por cada zona). El éxito de captura promedio para ambas zonas fue de 1.8 individuos por hora de muestreo. En la Zona baja fue de 2.2 individuos por hora de muestreo por dos hombres y 1.2 para la Zona alta. En total para las dos zonas, cada 15 horas de muestreo se registraba una nueva especie.

### 6.2. Composición y riqueza

Dentro de la Estación de Biología de la UNAM se registraron 988 individuos de 36 especies. De éstas, 16 especies (con 451 individuos) corresponden a anfibios, y 20 (con 573 individuos) corresponden a reptiles. Las especies de anfibios pertenecen a 6 familias con 8 géneros, mientras que los reptiles están representados en 8 familias con 16 géneros (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Composición de la herpetofauna de la Estación de Biología de Los Tuxtlas, Ver.**

Grupos	Familia	Géneros	Especies	% Total	Sp. conoc.	% sp. conoc.
Urodelos	1	2	4	11	4	100
Anuros	5	5	12	33.3	22	54
Lagartijas	6	9	13	36	20	68
Serpientes	2	7	7	19.7	15	15
<b>Total</b>	14	23	36	100	80	45

Sp. conoc. = número de especies conocidas para la Estación de Biología (Pérez-Higareda, com. pers. 2003).  
% sp. conoc. = porcentaje de las especies conocidas para la Estación de Biología.

En general se registró el 45% de las especies conocidas para la Estación. Las lagartijas presentaron el mayor número de especies (13), seguido por los anuros con 12. El grupo menos representado fue el de los urodelos con cuatro especies pero colectándose el total de las especies conocidas para la Estación (Pérez- Higareda, com. pers. 2003). El grupo menos representado fue el de las serpientes ya que solamente se registraron 7 individuos de 35 que se saben existen en la zona (Cuadro 1).

En la Zona baja se registraron un total de 615 individuos de 29 especies, 14 de anfibios y 15 de reptiles; y en la parte alta 373 individuos de 25 especies, 10 de anfibios y 15 de reptiles (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Composición de la herpetofauna para las Zonas Alta y Baja de la Estación de Biología de los Tuxtias, Ver.**

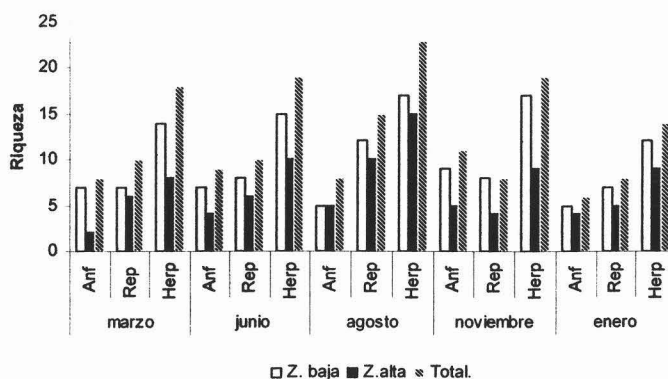
Grupos	Familias		Géneros		Especies		% Total	
	Z. alta	Z. baja	Z. alta	Z. baja	Z. alta	Z. baja	Z. alta	Z. baja
Urodelos	1	1	2	2	3	4	12	13.7
Anuros	5	4	4	5	7	10	28	34.4
Lagartijas	5	6	7	8	9	12	36	41.3
Serpientes	2	2	6	3	6	3	24	10.3
<b>Total</b>	13	13	19	18	25	29	100	100

El grupo mejor representado para las dos zonas fue el de las lagartijas con 41.3% para la Zona baja y 36% para la Zona alta, seguido de los anuros con 34.4% y 28% respectivamente. En el caso de los urodelos, la Zona baja tiene un mayor porcentaje de composición que la Zona alta, con 13.7%. Las serpientes es el grupo que más difiere en porcentajes entre ambas zonas ya que para la Zona alta se registraron 6 especies que

representan un 24% de la composición de la comunidad, a diferencia de la Zona baja en la cual solamente se registraron 3 especies que representan el 10.3% de la composición herpetofaunística (Cuadro 2). La prueba de complementariedad de Cowell (C) indicó que tanto anfibios como reptiles en la Zona baja y alta tenían una complementariedad del 50%.

La riqueza (S) total tuvo una notoria variación a lo largo del año de muestreo. El mes de agosto mostró el mayor número de especies de anfibios y reptiles con 23. En el muestreo de enero se registró el menor número de especies con 14. Los reptiles presentaron el máximo registro con 15 especies en agosto. En el caso de anfibios, el mes de noviembre tuvo una mayor riqueza de especies con 11. En cuatro de los cinco muestreos, exceptuando noviembre, los reptiles se mantienen por arriba de los anfibios (Figura 5).

Los meses de agosto y noviembre tienen las riquezas más altas en la Zona baja; sin embargo, en el mes de agosto hay una notable diferencia entre anfibios y reptiles donde los reptiles presentan 12 especies y los anfibios sólo 5 especies. En el muestreo de noviembre, se registraron más especies de anfibios que de reptiles. La mayor riqueza de anfibios y reptiles en la Zona alta se presentó en agosto con 15 especies y la menor en marzo (Figura 5).



**Figura 5. Variación temporal de la riqueza de especies (S) por grupo biológico para cada una de las dos zonas y el total.**

### 6.3. Curvas de acumulación, rarefacción y estimadores

En la curva de acumulación para anfibios hay un incremento de especies en los primeros dos meses de muestreo, se mantiene sin incremento a partir del tercer mes y la curva comienza a crecer de nuevo en los dos últimos meses. Chao2 esperaba más riqueza, que la observada, pero las curvas de acumulación y la de Chao2 comenzaron a confluir a las 270 horas de muestreo, acercándose a la asíntota (Figura 6). El porcentaje de especies registradas de acuerdo a la estimación esperada por Chao2 es 85.59% para anfibios (Cuadro 3), indicando que el muestreo es representativo de acuerdo a Soberón y Llorente (1993).

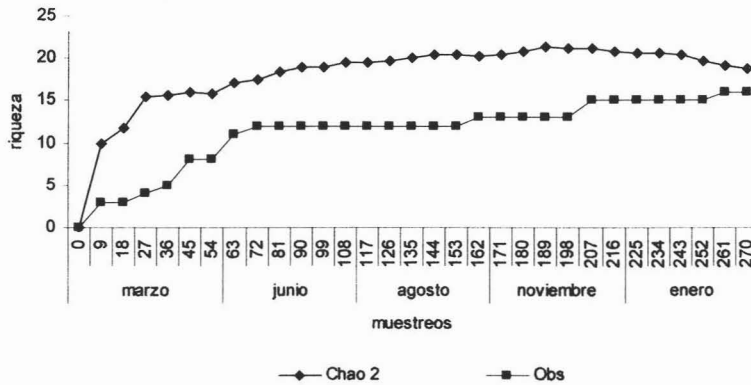


Figura 6. Estimador Chao2 aplicados para el total de los anfibios.

Para los reptiles hay un incremento en los primeros tres meses de muestreo y posteriormente no hay nuevos registros hasta los dos últimos meses. A lo largo de las 270 horas de muestreo Chao2 esperaba más riqueza que la observada (Figura 7). El análisis de *Completness* para reptiles indica que los registros alcanzaron el 81.63% de lo esperado por los estimadores (Cuadro 3) siendo también representativo.

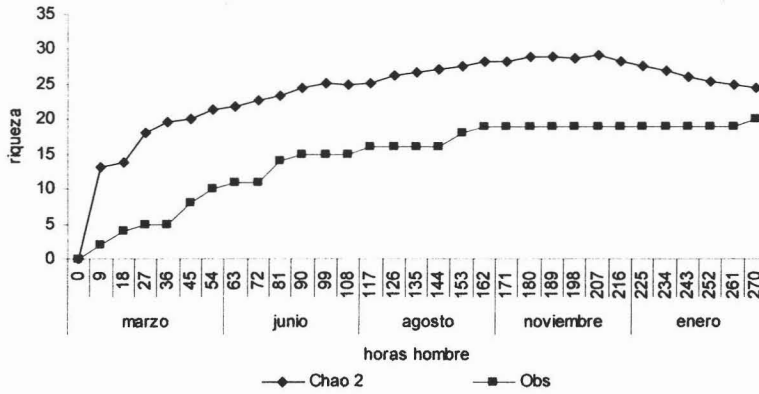
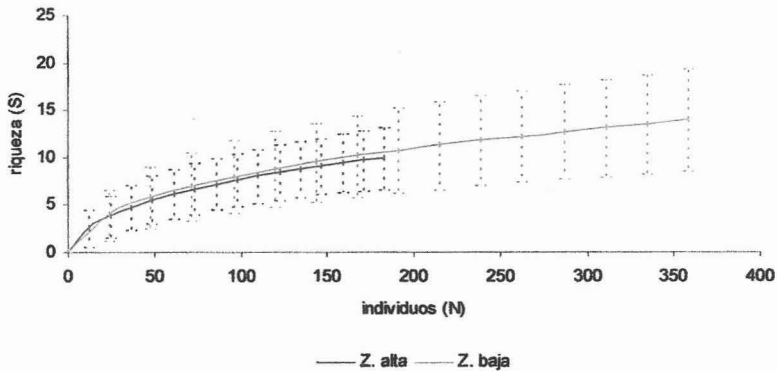


Figura 7. Estimador Chao2 aplicados para el total de los reptiles.

Cuadro 3. Análisis de *Completeness* para el total de muestreos en anfibios y reptiles.

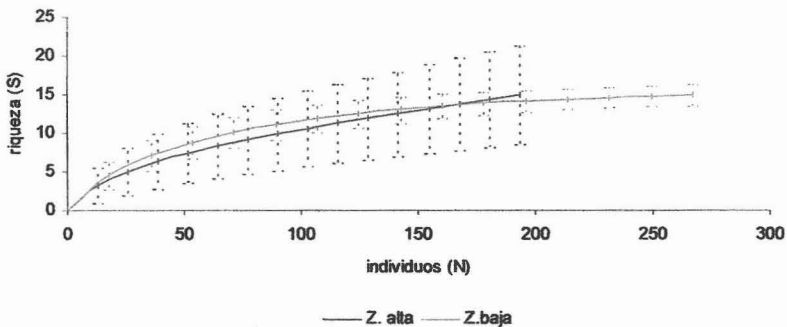
	Anfibios	Reptiles
Riqueza observada	16	20
Riqueza esperada por Chao2	18.67	24.5
<i>Completeness</i>	85.69	81.63

La comparación entre la rarefacción Mao Tao entre los anfibios de las Zonas alta y baja, indica que no existen diferencias significativas entre ambas, ya que a una N de 36 individuos la riqueza es la misma (Figura 8).



**Figura 8. Rarefacción Mao Tao y sus intervalos de confianza (95%) en las Zonas alta y baja para anfibios**

En el caso de los reptiles tampoco existen diferencias significativas entre las dos zonas, y a una N de 230 la riqueza es la misma (Figura 9).



**Figura 9. Rarefacción Mao Tao y sus intervalos de confianza (95%) en las Zonas alta y baja para reptiles.**

#### 6.4. Diversidad y abundancia total

El índice de diversidad de Shannon calculado para el total de los anfibios y reptiles en las dos zonas fue de de 2.073, muy semejante al de otras comunidades herpetofaunísticas en zonas tropicales (Cuadro 4). Si se toma en cuenta que los valores del Índice de diversidad

de Shannon van de 1 para comunidades poco diversas y 3.5 para muy diversas (Magurran, 2004), nuestro índice se encuentra a la mitad del intervalo. El índice de dominancia de Berger-Parker fue de 0.325 y nos indica que la especie más dominante en las dos zonas representó el 32.5% de la composición total de la comunidad. El inverso del índice de Berger-Parker nos indicó que existen tres especies dominantes dentro de la comunidad: *Eleutherodactylus rhodopis*, *Anolis uniformis* y *Eleutherodactylus berkenbuschi*. Por su parte, la diversidad por zona indica que el mayor valor se dio en la Zona baja, con una  $H' = 2.071$  que es mayor que la calculada en la Zona alta  $H' = 1.81$ , siendo esta diferencia significativa ( $t = 2.83$ ,  $p = 0.005$ ) (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Riqueza, diversidad y dominancia de la comunidad de anfibios y reptiles en la Estación de Los Tuxtlas, Ver. para cada una de las Zonas, como el total de registros.**

	Zona baja	Zona alta	Total
Total de individuos (N)	615	373	988
Total de especies (S)	29	25	36
Índice de Diversidad de Shannon (H')	2.071	1.81	2.073
Índice de Dominancia Berger-Paker (d)	0.298	0.372	0.325
Inverso de Dominancia de Berger-Parker (1/d)	3.35	2.68	3.07

A su vez el índice de dominancia de Berger-Parker en la Zona alta fue el de mayor valor con  $d = 0.372$ , esto indica que la especie más dominante ocupa un 37.2% del total de la comunidad. El inverso de Berger-Parker indicó en la Zona alta existen dos especies dominantes y en la Zona baja tres especies dominantes.

El 50% de todas las especies encontradas presentó una abundancia entre 1 a 5 individuos con 18 especies, siendo el mismo patrón tanto en la Zona baja como en la alta. El intervalo

de (6-10) individuos por especie ocupó 16.6% para las dos zonas (Cuadro 5). El 13.8% de las especies se consideran muy abundantes con 21 registros o más.

**Cuadro 5. Intervalos de abundancia para las especies de anfibios y reptiles.**

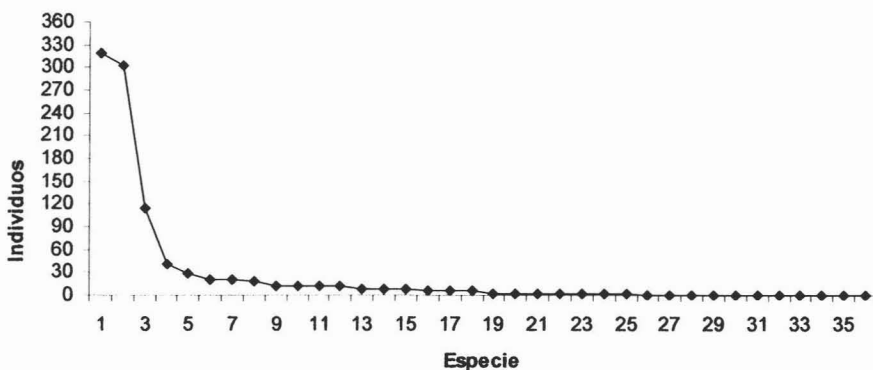
Rango	1 – 5	6 – 10	11 – 15	16 – 20	21 - ∞
Z. baja	67.8% (15)	4.8% (6)	6.8% (2)	10.3% (3)	10.3% (3)
Z. alta	64% (16)	16% (4)	8% (2)	—	12% (3)
<b>Total</b>	50% (18)	16.6% (6)	11.1% (4)	8.3% (3)	13.8% (5)

La especie más abundante para ambas zonas es *Eleutherodactylus rhodopis* ocupando un 32.2% de la totalidad de la comunidad herpetofaunística, un 29.2% para la Zona baja y un 37.2% para la Zona alta. La segunda especie más abundante fue *Anolis uniformis* que ocupó 30.5% de la totalidad de la comunidad herpetofaunística, con 27.9% para la Zona baja y un 34.8% para la Zona alta. El resto de la comunidad es de 34 especies con 368 individuos que representan tan sólo el 37.3% de la comunidad herpetofaunística.

Los anfibios *Gastrothryne elegans*, *Bolitoglossa platydactyla* y *Eleutherodactylus alfredi*; y las serpientes *Ninia sebae*, *Scaphidontophis annulata*, *Ficimia publici* y *Coniophanes imperiales* sólo tuvieron un registro para la Estación.

La distribución con respecto a los intervalos de abundancia de la comunidad de anfibios y reptiles es el característico de una comunidad ya que se compone por muchas especies poco abundantes y pocas especies muy abundantes (Figura 10).





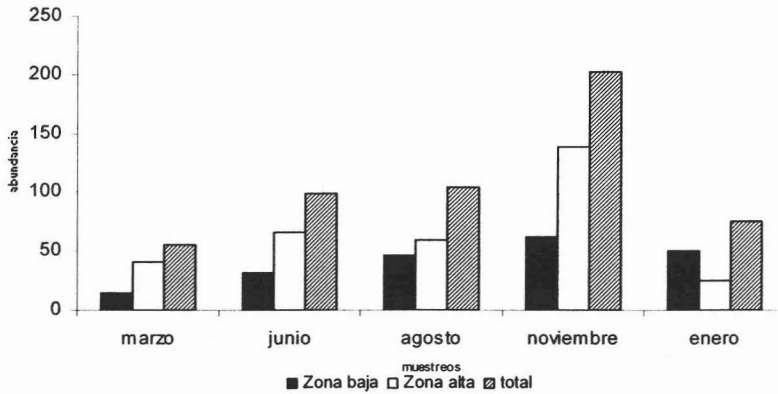
**Figura 10. Distribución de la comunidad de anfibios y reptiles**

Las pruebas de Shapiro-Wilk ( $W$ ) indican que no es posible aplicar estadística paramétrica en los análisis de comparación ( $W = 0.389$ ;  $p = 0.0001$ ).

A partir de la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras pareadas no se encontraron diferencias entre las abundancias de la Zona alta y la Zona baja para la herpetofauna ( $p = 0.053$ ) y para los anfibios ( $p = 0.1988$ ) y los reptiles ( $p = 0.1475$ ) por separado. La  $p$  obtenida para los valores de herpetofauna está muy cercanos al valor crítico de 0.05.

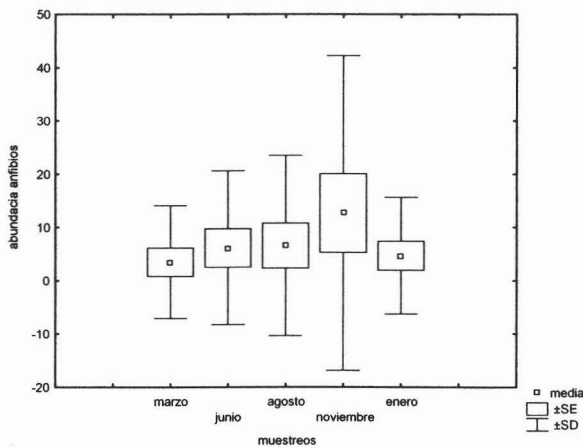
### **6.5. Abundancia, riqueza, diversidad y dominancia para anfibios en el año**

En su conjunto se registraron 537 individuos de anfibios en 16 especies. De estos 180 individuos fueron registrados en 10 especies en la Zona alta de la Estación y 357 individuos en 14 especies en la Zona baja. La mayor abundancia se dio en el mes de noviembre, para ambas zonas, mientras que en los meses de marzo y enero se presentaron menores abundancias. El mes en el cual se presentó un mayor registro de individuos fue el de noviembre con 201 individuos, en este periodo se presentó el mayor número de individuos en cada una de las zonas, 62 para la Zona baja y 139 para la Zona alta (Figura 11).



**Figura 11. Variación de las abundancias de anfibios de la Estación de Biología a lo largo de cinco muestreros.**

La prueba de rangos para muestras independientes de Friedman indicó que no hay diferencias entre las abundancias a lo largo de las cinco temporadas en las cuales se muestrearon ( $F=7.886$ ;  $N=16$ ,  $gl=4$ ,  $p=0.095$ ) (Figura 12).



**Figura 12. Distribución de la media total de individuos de reptiles por muestrero.**

**Cuadro 6. Valores de riqueza, diversidad y dominancia de la comunidad de anfibios en la Estación de los Tuxtlas.**

	Zona baja	Zona alta	Total
<b>Total de especies (S)</b>	14	10	16
<b>Total de individuos (N)</b>	357	180	537
<b>Índice de Diversidad de Shannon (H')</b>	1.357	0.979	1.373
<b>Índice de Dominancia Berger-Paker (d)</b>	0.504	0.765	0.592
<b>Inverso de Dominancia de Berger-Paker (1/d)</b>	1.98	1.30	1.68

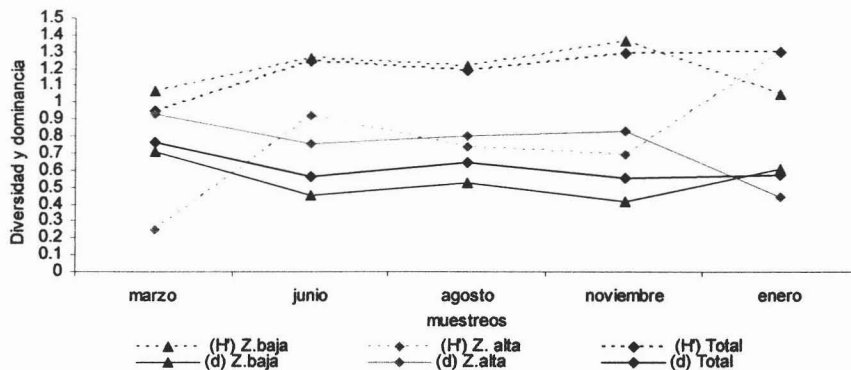
Los índices de diversidad (Shannon) y Dominancia (Berger-Parker), obtenidos para la comunidad de anfibios dentro de la Estación de Biología, son de  $H' = 1.373$ . La Zona baja presentó un índice de  $H' = .357$ , que es más alto al de la Zona alta con  $H' = 0.979$ .

La Dominancia de Berger-Parker (d) fue de 0.592 lo cual significa que la especies más dominante de los anfibios, en este caso es *Eleutherodactylus rhodopis*, ocupa proporcionalmente el 59.2% de toda la comunidad de anfibios. En el caso de la Zona alta esta especie ocupa hasta el 76.5% (Cuadro 6).

La mayor diversidad se presentó en el mes de enero con  $H' = 1.298$ , seguida de noviembre con  $H' = 1.286$ . Marzo tiene la menor diversidad de anfibios con  $H' = 0.944$  (Figura 13). En el caso de la Zona baja la mayor diversidad se presentó en el mes de noviembre con  $H' = 1.361$  y en enero disminuye hasta  $H' = 1.049$ . En la Zona alta el comportamiento de la comunidad fue muy distinto ya que en el periodo de enero se alcanzó la mayor diversidad con un valor de  $H' = 1.298$  y la menor en el mes de marzo con  $H' = 0.245$ .

La dominancia es mayor en mes de marzo con  $d = 0.768$ , esto quiere decir que el 76.8% de los individuos registrados correspondían a *Eleutherodactylus rhodopis*, y el mes con menor dominancia fue en noviembre con  $d = 0.552$ . La Zona baja presenta su mayor dominancia en

el mes de marzo, con  $d=0.707$  y su menor dominancia en el mes de noviembre con  $d=0.411$  (Figura 14).

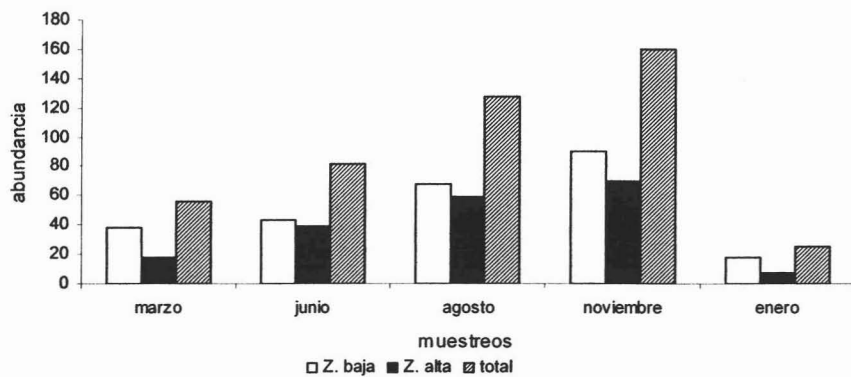


**Figura 13. Variación de H' y dominancia d para los anfibios. Las líneas punteadas representan la diversidad y las continuas la dominancia.**

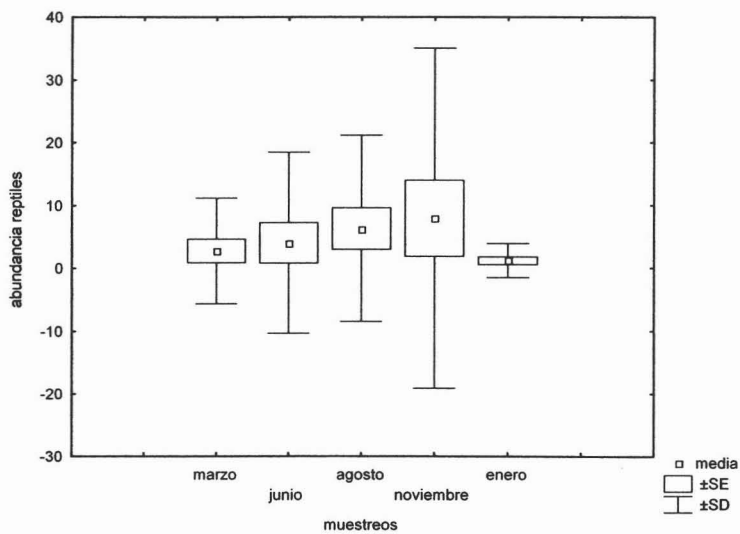
### 6.6. Abundancia, riqueza, diversidad y dominancia para reptiles en el año.

Los meses con mayor abundancia para los reptiles en las dos zonas fueron en agosto y noviembre disminuyendo drásticamente en enero. La Zona alta siempre mantiene menores abundancias que la Zona baja de la Estación (Figura 14).

La prueba de rangos para muestras dependientes de Friedman indico que en el caso de los reptiles si hubo diferencias significativas entre las abundancias a lo largo de las cinco temporadas ( $F=11.9$   $N=20$ ,  $g$   $l=4$ ,  $p=0.017$ ) siendo el muestreo de enero el que se diferenció significativamente del resto (Figura 15).



**Figura 14. Variación de la abundancia de reptiles en la Estación de Biología de Los Tuxtias, Veracruz.**



**Figura 15. Distribución de la media total de individuos de reptiles por muestreo.**

**Cuadro 7. Valores de riqueza, diversidad y dominancia de la Comunidad de reptiles en la Estación de los Tuxtlas.**

	Z. baja	Z. alta	Total
Total de especies (S)	15	15	20
Total de individuos (N)	258	193	451
Índice de Diversidad de Shannon (H')	1.44	1.24	1.42
Índice de Dominancia Berger-Paker (d)	0.659	0.679	0.667
Inverso de Dominancia de Berger-Paker (1/d)	1.51	1.472	1.499

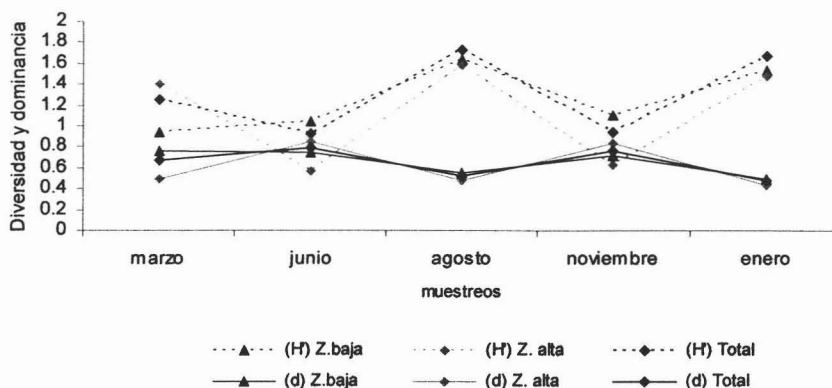
Los índices de diversidad (Shannon) y Dominancia (Berger-Parker), obtenidos para la comunidad de reptiles dentro de la Estación de Biología, son de  $H'=1.42$ . La Zona baja presentó un índice de  $H'=1.44$ , que es más alto que el de la Zona alta con  $H'=1.24$ .

La Dominancia de Berger-Parker fue de  $d=0.667$  lo cual significa que la especie más dominante de los anfibios en este caso es *Anolis uniformis* que ocupa proporcionalmente el 66.7% (Cuadro 7).

La diversidad más alta fue en agosto con  $H'=1.726$ , seguida de enero con  $H'=1.672$ . Para la Zona alta, en agosto se presentó el mayor valor de diversidad con  $H'=1.576$ , seguida de enero con  $H'=1.475$ . Los meses que presentaron el menor valor fueron junio y noviembre con  $H'=0.563$  y  $H'=0.623$  respectivamente. La Zona baja tuvo un comportamiento similar al de la Zona alta ya que sus mayores valores de diversidad fueron en agosto ( $H'=1.642$ ) y posteriormente en enero ( $H'=1.532$ ).

La dominancia presentó mayor valor en junio ( $d=0.793$ ) y noviembre ( $d=0.762$ ). Este índice tiene un comportamiento inverso a la diversidad ya que la dominancia más baja es en el mes de enero con  $d=0.48$  (Figura 16). La dominancia en la Zona alta y baja presenta también sus

mayores valores en los meses de junio y noviembre, y el valor más bajo se registro para ambas zonas en el mes de enero.



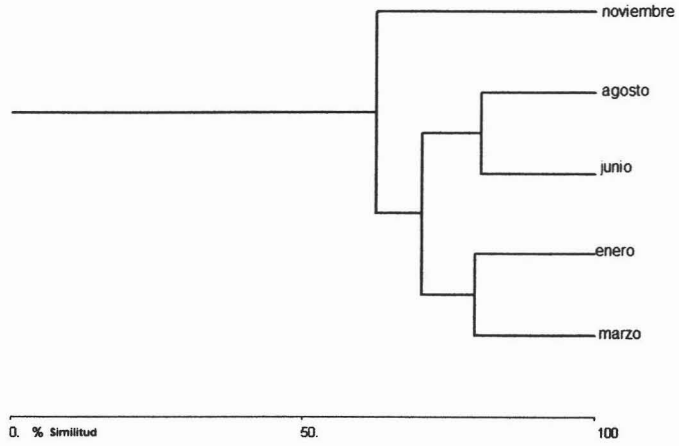
**Figura 16. Variación de  $H'$  y  $d$  para los reptiles. Las líneas punteadas representan la diversidad y las continuas la dominancia.**

## 6.7. Dinámica Temporal

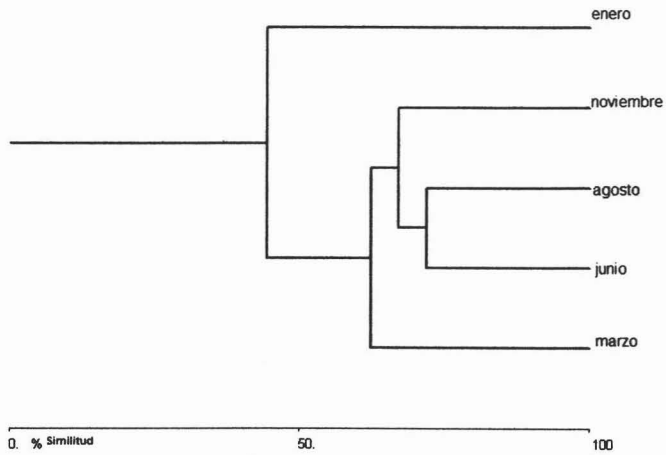
### 6.7.1. Similitud entre los muestreos

En los anfibios, la similitud del cuantitativo de Sørensen en los cinco muestreos indicó que existen tres grupos relacionados: noviembre que presentó las mayores abundancias en el año, junio y agosto con abundancia intermedias señalando el comienzo de la época de lluvias, y enero y marzo con la menor abundancia en un periodo que abarca nortes y secas (Figura 17).

Para los reptiles se presentó una mayor similitud entre los meses de junio a noviembre, quedando el mes de marzo fuera de este grupo. Enero es el muestreo más diferente de todos (Figura 18).



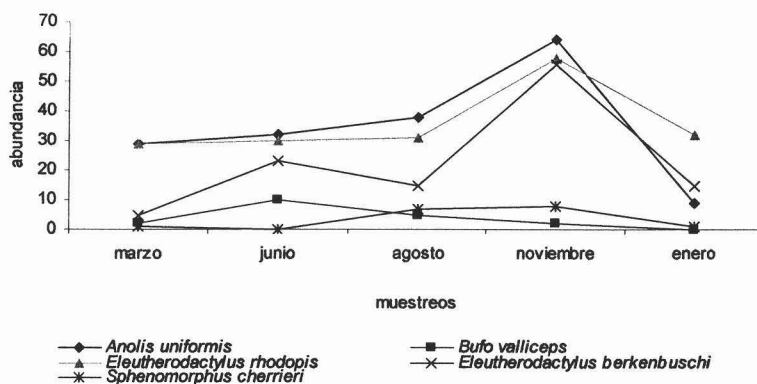
**Figura 17. Dendograma de similitud del cuantitativo de Sørensen para los anfibios en las épocas del año.**



**Figura 18. Dendograma de similitud del cuantitativo de Sørensen para los reptiles en las épocas del año.**

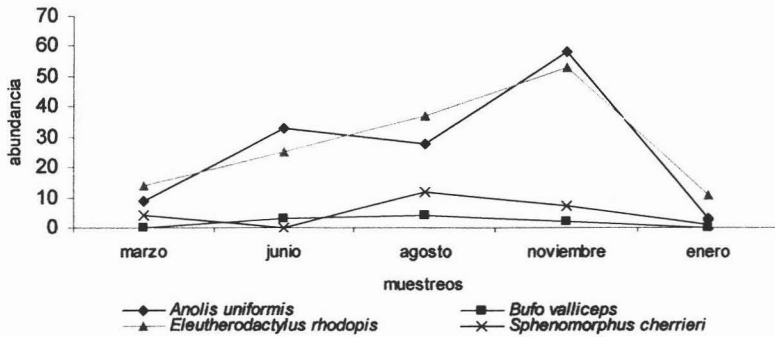


Las tres especies más dominantes: *Eleutherodactylus rhodopis*, *Anolis uniformis* y *Eleutherodactylus berkenbuschi* tienen su mayor abundancia en noviembre en la Zona baja. En el caso de *Sphenomorphus cherriei*, la mayor abundancia está registrada para el mes de agosto y para *Bufo valliceps* en el mes de junio (Figura 19). Finalmente, todas las especies sin excepción, denotan una clara disminución en sus poblaciones en enero y marzo durante la temporada de fríos, nortes y secas (Figura 19).



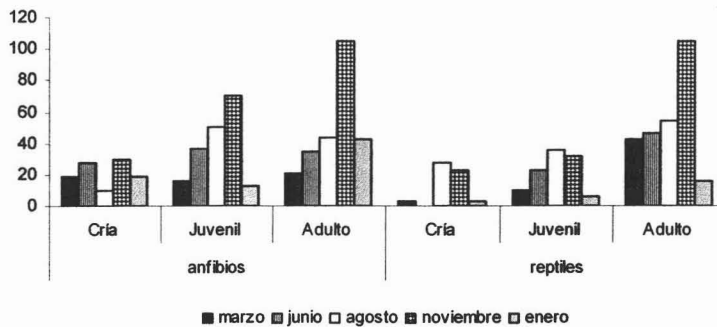
**Figura 19. Variación de las especies más dominantes de anfibios y reptiles en la Zona baja a lo largo de un año**

El comportamiento de *Anolis uniformis* *Eleutherodactylus rhodopis* en la Zona alta es similar al de la zona baja (Figura 20). La abundancia de *Bufo valliceps* en la Zona alta varía de 2-4 individuos por mes y en la Zona baja tiene un pico de 10 individuos en el mes de junio. *Sphenomorphus cherriei* tiene un comportamiento similar en las dos zonas ya que presentan un pico en agosto y va disminuyendo hacia enero (Figura 20).



**Figura 20. Variación de las especies más dominantes de anfibios y reptiles en la Zona alta a lo largo de un año.**

En el caso de los anfibios el mayor número de crías se presentó en junio con 24 y en noviembre con 15. Noviembre fue también el mes con un mayor número de adultos. El único mes en el que los adultos son menos que los juveniles y crías es el mes de junio (Figura 21). Los reptiles presentan un mayor número de crías en agosto seguido de noviembre, y agosto presentó un mayor número de juveniles (Figura 21).



**Figura 21. Variación de los estadios de anfibios y reptiles.**

En el mes de agosto los reptiles registraron un mayor número de crías, pero en noviembre se registró el mayor número de adultos. En el muestreo de junio no se registraron crías y el número de juveniles y adultos fue diferente.

### 6.7.2. Temperatura y precipitación

Para reptiles se registró un máximo de riqueza en agosto (Figura 22), pero su mayor abundancia ocurrió en noviembre asociado al aumento en la precipitación y en anfibios tanto la mayor riqueza como abundancia ocurren en el mes más lluvioso (noviembre) (Figura 23). Los meses de menor temperatura y precipitación (enero y marzo) son los meses con menor riqueza y abundancia en ambos grupos (Figuras 24a). La figura 24b, muestra los cambios en abundancia en anfibios y reptiles (excluyendo datos *E. rhodopis* y *A. uniformis*). Los reptiles tratados de este modo muestran una relación entre el incremento de la abundancia con el incremento de las temperaturas.

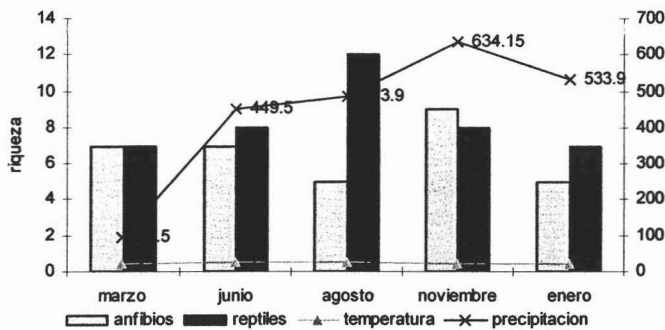


Figura 22. Variación de la riqueza con respecto a la precipitación y temperatura.

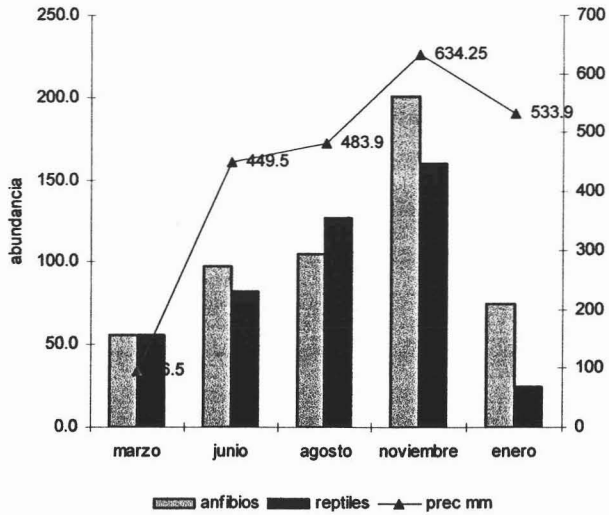
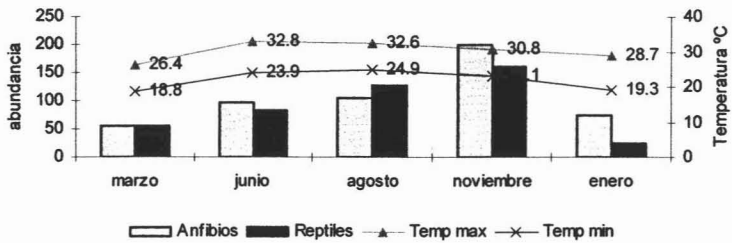
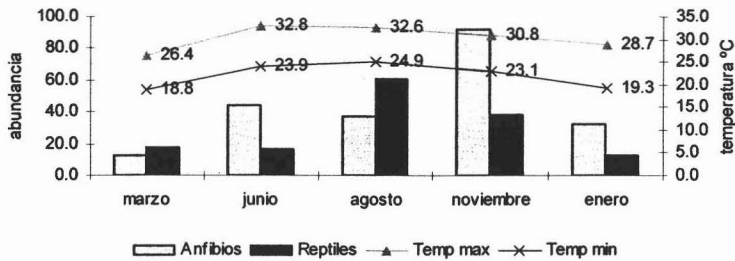


Figura 23. Variación de la abundancia de anfibios y reptiles con respecto a la precipitación.



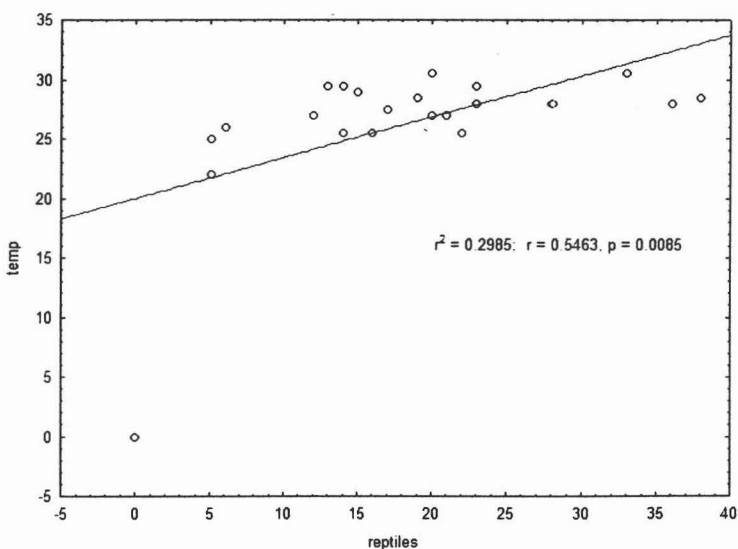
(a)



(b)

Figura 24. Variación de las abundancias de anfibios y reptiles con respecto a las temperaturas (a). Excluyendo las especies dominantes *E. rhodopsis* y *A. uniformis* (b).

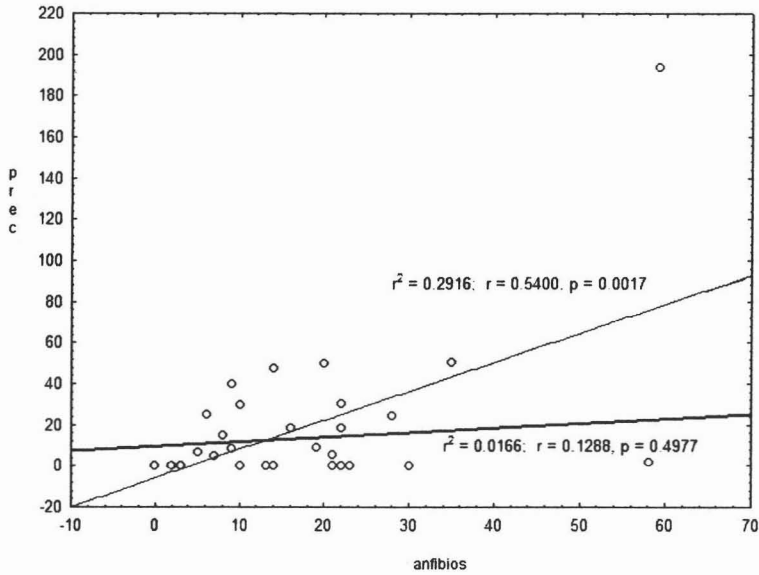
La prueba de Correlación de Pearson comparando los datos climáticos específicos de los días de muestreo resultó que no existe relación entre las abundancias de anfibios y la temperatura ( $r=0.32$ ,  $r^2=0.1$ ,  $p=0.15$ ); pero para los reptiles la relación es significativa ( $r=0.52$ ,  $r^2=0.27$ ,  $p=0.013$ ), por lo tanto al aumentar la temperatura aumentan abundancias (Figura 25).



**Figura 25. Correlación entre la temperatura y las abundancias de reptiles.**

En el caso de los reptiles el Coeficiente de Correlación resultó que tampoco existe una relación entre las abundancias de reptiles y la precipitación ( $r = 0.24$ ,  $r^2=0.05$ ,  $p=0.19$ ); pero para los anfibios resultó significativo aumentando la abundancia de anfibios con la precipitación aumenta ( $r=0.54$ ,  $r^2=0.2961$ ,  $p=0.0017$ ) (Figura 26).

La figura 26 muestra la correlación entre la precipitación y las abundancias de anfibios. Los valores de correlación indicados arriba para estas variables, presentan un dato contrastante (*outlayer*). Si este se removieran de la prueba de correlación de Pearson, la correlación se pierde ( $r = 0.2847$ ,  $r^2 = 0.0811$ ,  $p = 0.1344$ ).

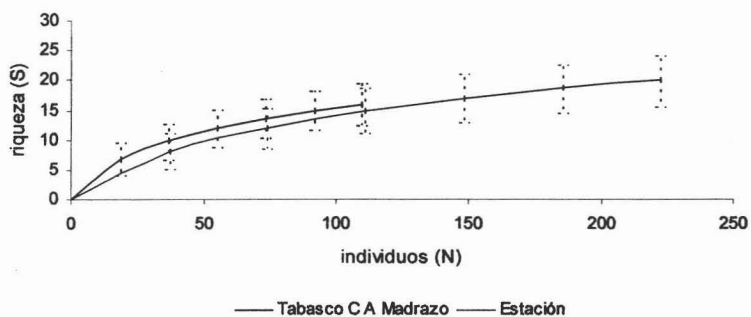


**Figura 26. Correlación entre la precipitación y las abundancias de anfibios. La línea tenue indica la correlación considerando todos los valores.**

### 6.8. Comparación con otras zonas

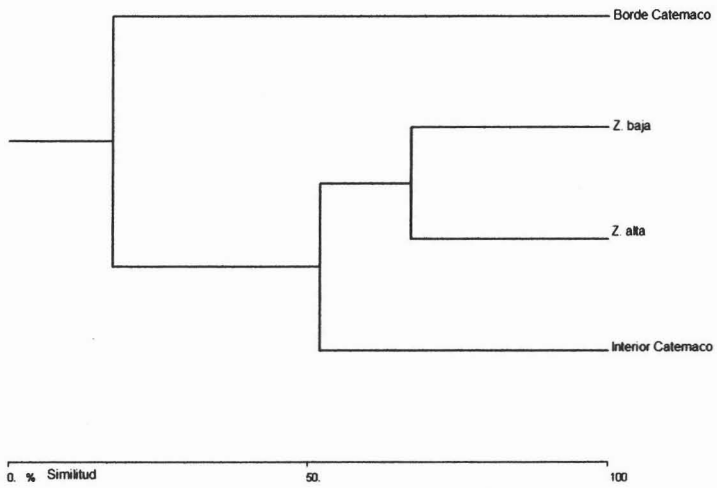
Eligiendo al azar seis trayectos de los periodos de marzo (secas), agosto (comienzo de lluvias) y enero (nortes) de la Estación, se comparó la riqueza, diversidad y dominancia con los resultados obtenidos por Reynoso *et al.* (2005) en una zona conservada en Carlos A. Madrazo, Municipio de Huimanguillo, Tabasco. En Carlos A. Madrazo a pesar de estar rodeada por pastizales y zonas de cultivo, el trayecto estudiado estaba dominado por vegetación arbórea original con elementos de selva alta y de montaña. Los resultados se compararon solamente con tres trayectos de la Estación, ya que así implicaba el mismo

esfuerzo de muestreo para las dos zonas. Adicionalmente se eligió sólo un trayecto en los meses en los cuales trabajaron en Tabasco. De esta comparación resultaron 20 especies para la Estación y 17 para C. A. Madrazo. El índice de diversidad de Shannon fue mayor para la Estación ( $H' = 2.33$  vs  $H' = 2.06$ ) en Tabasco, además de que la dominancia fue mayor en Tabasco ( $d = 0.342$  vs.  $0.237$ ). La rarefacción de Mao Tao indica que no hay diferencias entre la riqueza de los dos sitios, pero la abundancia aparentemente es mayor para la estación (Figura 27). Una prueba de Wilcoxon, indicó que no hay diferencias significativas entre las abundancias de las dos zonas ( $p = 0.39$ )



**Figura 27. Curva de rarefacción comparando la Estación y una zona conservada en Tabasco Reynoso et al. (2005).**

Comparando los datos obtenidos en La Estación con los datos obtenidos por Hernández (1996) donde comparó la herpetofauna en selva alta y otros tipos de vegetación de borde e interior, el índice de Sørensen indicó que hay una mayor similitud entre el interior de la selva de Catemaco con las Zonas baja y alta a un 60% (Figura 28), y que el borde está excluido de este grupo pues es muy diferente.



**Figura 28. Dendrograma de Sørensen comparando la estación con el trabajo de Hernández (1996) en Catemaco.**



## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Muestreo, esfuerzo y éxito de captura

Es conveniente usar el estimador Chao 2 en las comunidades de anfibios y reptiles dado que emplea especies que se registraron en uno y dos trayectos, considerando que en este trabajo el 50% de los anfibios y reptiles registrados fueron de este tipo. Los anfibios en general presentaron un mayor porcentaje de especies registradas con anterioridad, y en el caso de las salamandras el 100%. Dadas las características de los hábitos de los anfibios (Zug 2001) fue posible poder obtener una muestra significativa de la comunidad, sin considerar los estratos arbóreos y fosorial.

Los resultados del análisis de *Completness* indicaron que el registro de especies de anfibios y reptiles fue mayor a un 80% del esperado quedando dentro de los parámetros propuestos por (Soberón y Llorente, 1993). En este estudio ya se esperaba que no hubiera muchos registros de la familia Colubridae en selva alta, ya que son consideradas como escasas. Lazcano-Barrero *et al.* (1992) reportan que 13 de las 20 especies de la familia Colubridae registradas en la selva Lacandona son consideradas raras o de poca abundancia, además de que son organismos generalmente huidizos. En la Selva de la Estación, la mayoría de las especies de serpientes fueron registradas una sola vez (Apéndice 1) y ninguna de las especies tuvo más de 21 observaciones.

En algunos estudios realizados en zonas tropicales (Lloyd, 1968; Luna, 1997; Pawar, 1999) utilizaron más de un método de muestreo para el registro y colecta de individuos, tales como trayectos por tiempo, parcelas y cercas de desvío; sin embargo, Pawar (1999), solamente registró dos especies exclusivas para las líneas de desvío en comparación con los trayectos por tiempo. Con esto demostró que el esfuerzo adicional de colocar trampas no tiene mayor ventaja que las colectas manuales en trayectos por tiempo. En el presente estudio solamente se utilizó el método de trayecto por tiempo y el tipo de muestreo utilizado se

considera como representativo de la comunidad. Uno de los objetivos es que los resultados se puedan comparar con otros trabajos en los cuales se tuvieron el mismo esfuerzo de muestreo (Reynoso et al. 2005; Reynoso y Oble, 1999).

Perman (1997) y Pineda y Halffter (2004) emplearon el método de registro visual durante la noche y amanecer ya que es cuando se encuentran la mayoría de las especies de anfibios. A pesar de que nosotros muestreamos en la mañana y en la noche durante el horario de 18:00 hrs a 22:30 horas se registraron 14 de las 16 especies del estudio, (Apéndice 2). Esto indica que este horario de muestreo es más adecuado para registrar el mayor número de especies en el caso de los anfibios, pero dependerá de los objetivos de los futuros estudios que se realicen para tomar en cuenta esta afirmación.

Para la herpetofauna se han realizado varios estudios que emplean métodos de conteo visual ya sea en trayectos o parcelas (Martínez y Muñoz, 1998; Barreto, 2000; Schlaepfer y Gavin 2001; Urbina y Londoño 2003; Pineda y Halffter, 2004; Reynoso et al., 2005) buscando organismos directamente en los microhábitats. El método de trayectos por tiempo lo consideramos como el más adecuado auxiliado por otras herramientas como ganchos, ligas y pinzas (Scrocchi y Kretzchamar, 1996) ya que se abarca una mayor área y microhábitats.

## **7.2. Estructura de las comunidades de anfibios y reptiles**

### **7.2.1. Composición y abundancia**

La composición de anfibios y reptiles en la selva de la Estación es típica de los bosques tropicales de Centroamérica presentando más de tres especies de los géneros *Anolis* y *Eleutherodactylus*, además de especies de los géneros *Ameiva*, *Basiliscus*, *Bolitoglossa*, *Bufo*, *Corytophanes*, *Eumeces*, *Lepidophyma* y *Smilisca* (Duellman, 1989; Lazcano-Barrero et al, 1992). Además, géneros como *Imantodes*, *Coniophanes*, *Ninia*, *Rhadinea* y *Bothrops*

forman parte de la composición de serpientes en las selvas altas de México y Centroamérica (Duellman, 1989; Lazcano-Barrero *et al*, 1992; Hernández, 1996).

El intervalo de abundancia en el cual se ubicó el mayor número de especies fue el de 1-5 (Clase 1) y obtuvo el 50% de toda las especies (8 anfibios y 10 reptiles). El 20% de las especies cayeron dentro de los intervalos: 6-10, 11-15 y 16-20 y solamente 13.8% de las especies fueron muy abundantes con 21 o más registros. Magurran (2004) indica que en las comunidades en general, hay pocas especies con un gran número de individuos, algunas especies de abundancia intermedia y numerosas especies raras. Para los anfibios y reptiles es común el patrón anterior; y algunos géneros como *Anolis*, o *Eleutherodactylus* presentan abundancias relativas altas. Sin embargo, existen otras familias y géneros que presentan especies con abundancias relativas muy bajas, como las especies de la familia Colubridae o algunas salamandras. En la mayoría de los estudios, la abundancia en serpientes no sobrepasa los dos individuos (Castillo y López, no publicado; Lazcano-Barrero *et al*, 1992; Hernández, 1996), y solamente *Imantodes cenchoa* y *Bothrops asper* son consideradas comunes (Lazcano-Barrero *et al*, 1992). Esto es congruente con los resultados aquí presentados.

*Eleutherodactylus rhodopis* resultó ser la especie más abundante, ocupando por sí sola el 59 % del total de los registros de la comunidad de anfibios. En el caso de los reptiles *Anolis uniformis* ocupó el 67% del total. Luna (1997) en un estudio realizado en diferentes tipos de vegetación en donde predominó el bosque lluvioso de montaña en Chiapas, registró que las especies más abundantes de anfibios fueron cuatro del género *Eleutherodactylus* con 251 registros (66.9%), y, para los reptiles, de 565 individuos, 468 (o sea el 82.8%) eran del género *Anolis*. Schlaepfer y Gavin (2001) comparando el efecto de borde en remanentes en Costa Rica registraron que el 69% de los individuos capturados fueron ranas del género *Eleutherodactylus* y que las lagartijas del género *Anolis* ocupan un 28%.

Castillo y López (no publicado) registró 18 individuos de *Anolis uniformis* para la Estación, siendo esta la especie más abundante de la familia Polychridae. *Anolis uniformis* ha sido también considerada como abundante en otros estudios (Lazcano-Barrero, 1992 y Hernández, 1996). Sin embargo, López-González *et al.*, (1993) indica que la especie con más registros es *Lepidophyma pajapanensis*, con 38 individuos en la Sierra de Santa Martha en la región de Los Tuxtlas especies que en este estudio tuvo solamente tres registros. En algunos de los estudios en zonas tropicales del Centro y Sudamérica la especie de lagartija abundante es del género *Anolis* (Hernández, 1996; Luna, 1997; Schlaepfer y Gavin, 2001) al igual que en el presente estudio.

*Anolis barkeri*, la segunda especie más abundante del estudio nuestro estudio, de la Familia Polychridae es la especie más abundante en la Sierra de Santa Martha de la Familia Polychridae, es considerada como especialista con respecto al hábitat (López-González *et al.*, 1993) ya que esta estrechamente relacionada con la presencia de arroyos. (Vogt *et al.*, 1997).

*Eleutherodactylus berkenbuski* es el segundo anfibio más abundante de este estudio con 21.1% del total de los anfibios, y *Sphenomorphus cherriei* es la segunda especie de reptil más abundante y ocupa un 9% del total de los reptiles. Vogt *et al.* (1997) considera a *Sphenomorphus cherriei* como una especie abundante dentro de los terrenos de la Estación. *Eleutherodactylus berkenbuski* es también considerado como una especie abundante dentro de la selva de la Estación (Vogt *et al.* 1997) y se encuentra al lado de arroyos y charcas (Ramírez, 1977). La abundancia de estas especies no es tan alta como en el caso de *A. uniformis* y *E. rhodopis*, pero en el caso de *Sphenomorphus cherriei* (Hernández, 1996) la registra como la segunda especie de reptil más abundante en el interior de la selva, lo que es congruente con los datos obtenidos en este trabajo.

Un problema que señalar es sobre la coexistencia de cuatro especies de anfibios y reptiles aparentemente ocupando nichos similares, teniendo abundancias muy altas

(*Eleutherodactylus berkenbuski*, *Anolis uniformis*, *Eleutherodactylus rhodopis* y *Sphenomorphus cherriei*). *Eleutherodactylus berkenbuski* al habitar ambientes más acuáticos a la orilla de arroyos, solamente en la Zona baja de la Estación apunta a una clara separación de nicho. Sin embargo, Villareal y Heras-Lara (1997) señalan que *Anolis uniformis*, *Eleutherodactylus rhodopis* y *Sphenomorphus cherriei* son competidores potenciales por alimento. *Anolis uniformis* se le encontró en la base de los árboles, el estrato arbustivo y la hojarasca, mientras que a *Sphenomorphus cherriei* se localizó entre la hojarasca más cerca de los contrafuertes de los árboles. A pesar de que la mayoría de los registros de *Eleutherodactylus rhodopis* fueron durante el día entre la hojarasca, solamente se le observó sobre la hojarasca y algunas herbáceas en la noche, lo que pudiera indicar que esta especie forrajea durante la noche. De existir solapamiento de nicho con *Anolis uniformis*, la separación en el nicho alimenticio permite la coexistencia (Barbault, 1984).

*Bufo marinus* es considerada como una especie indicadora de hábitats perturbados (Reynoso, et al. 2005). Aun así, esta especie fue registrada dentro del bosque primario al inicio de los trayectos y cercanos al borde de la Zona alta de la estación. Vogt (1997) afirma que *Bufo marinus* se le puede encontrar dentro del bosque primario, pero es más abundante en áreas perturbadas y abiertas. Aparentemente la presencia de esta especie en el bosque primario sería en lugares cercanos al borde. Se debe tomar con cautela la presencia de *Bufo marinus* como indicador de ambientes perturbados ya que la presencia de pocos individuos dentro de la selva no puede considerarse como un indicador de perturbación.

*Bufo valliceps* es considerado como abundante (Lazcano-Barrero, 1992) y como especie indicadora de zonas perturbadas (Martínez y Muñoz, 1998). Ramírez (1977) y Vogt (1997) mencionan que esta especie es abundante y se le puede encontrar dentro y fuera de la selva, además de que la mencionan como una especie común. En el presente estudio *Bufo valliceps* es la tercera especie más abundante entre los anfibios después de *Eleutherodactylus rhodopis* y *E. berkenbuski* y ocupa un 5.1 % de la comunidad de anfibios

en la Estación. Su alta abundancia en zonas conservadas impide que esta especie se le pueda considerar como indicadora de zonas perturbadas.

En el caso de las salamandras, *Bolitoglossa rufescens* fue la más abundante con 12 registros y se ubica en el intervalo de abundancia intermedia (11- 15) para la selva de la Estación en general, pero escasa para cada una de las zonas (6-10). Esto está de acuerdo con Vogt (1997) quien la describe como la salamandra más común de la región con abundancia intermedia. Castillo y López (no publicado) en su estudio dentro de los terrenos de la Estación solamente registró dos individuos de esta especie.

*Lineatriton orchimelas*, considerada por Ramírez (1977) como una especie no muy abundante dentro de los anfibios, se catalogó dentro de abundancias intermedias para la Zona alta en donde se registraron 12 individuos, todos hallados bajo rocas y troncos caídos. *Bolitoglossa alberchi* fue escasa y la mayoría de los registros se hicieron en los arbustos al lado de los arroyos a excepción de un individuo registrado en la Zona alta. El número de salamandras en este estudio fue alto comparado con estudios de la región (Castillo y López, no publicado y Hernández, 1996) además de que se observaron las tres especies conocidas para la zona y se confirmó la existencia de *Bolitoglossa platydactyla* en bosque primario dentro de los terrenos de la estación ampliando el intervalo geográfico ya conocido de su distribución en la zona de Catemaco y Sierra de Santa Marta (Vogt, 1997) por lo tanto se puede decir que dentro de la selva de la Estación de Biología las abundancias relativas de los pleodontidos son altas.

Martínez y Muñoz (1998) menciona a especies como *Ameiva undulata* y *Basiliscus vittatus* como indicadoras de hábitat perturbado en la selva mediana subperennifolia. Sin embargo, estas especies fueron registradas en zonas conservadas dentro de la selva de la Estación. *Ameiva undulata* dependiente directa de los espacios abiertos, se le observó dentro de la selva cerca de las brechas y en los claros existentes dentro de la selva. Castillo y López (no publicado) registraron cinco individuos en los caminos a Laguna Escondida y el Zacatal en la

Estación, pero no indican si fue dentro de vegetación primaria o fuera. De acuerdo con Ramírez (1977) esta especie es escasa dentro de la selva y frecuentemente se encuentra en el borde u orillas de brechas. Al existir in disturbio dentro de la selva como la caída de un árbol es probable que *Ameiva undulata* colonice ese espacio, pero al momento de que ocurran disturbios que modifiquen el dosel y las condiciones de luz aumenten es muy probable que esta especie incremente sus abundancias, por lo tanto solamente una alta abundancia de esta especie es indicador de que es un hábitat perturbado.

*Basiliscus vittatus* vive en un amplia variedad de hábitats y se le puede encontrar sobre el suelo en el bosque secundario y selvas maduras o en áreas abiertas en altitudes bajas (Vogt *et al.*, 1997); además, está más relacionada con la presencia de cuerpos de agua (Ramírez, 1977; Vogt *et al.*, 1997). Las abundancias de *Basiliscus vittatus* y *Sceloporus teapensis* registradas en áreas cercanas al borde de la selva, o en claros dentro de éstas, no fueron altas en el presente estudio y se encuentran en el intervalo de abundancia de 6-10 que es el de especies escasas. Reynoso *et al.* (2005) indica una relación de las abundancias altas de *Sceloporus teapensis* y *Basiliscus vitattus*, con ambientes perturbados, y que estas especies resisten ambientes altamente afectados por la actividad humana. La presencia de pocos individuos de estas especies en zonas conservadas, no puede ser indicador de perturbación. El deterioro del hábitat es lo que beneficia a esta especie y genera que se eleve el número de individuos. Análogamente, Urbina y Londoño (2003) en Isla Gorgona registraron a *Basiliscus galeritus* y a *Ameiva bridgesi* como especies abundantes en zonas abiertas.

En total se registraron siete especies de serpientes incluyendo a *Bothrops asper* e *Imantodes cenchoa*. *Bothrops asper* es la serpiente más abundante con 20 registros en la selva de la Estación. En la Zona baja se ubico dentro del intervalo de abundancia de 11-15 (abundancia intermedias) y en la Zona alta dentro del intervalo de 6-10 (poco abundantes). Se puede encontrar en todos los hábitats de la región (Vogt *et al.*, 1997). Salvatore (en proceso) indica que *Bothrops asper* es indicadora de hábitats conservados ya que es

frecuentemente eliminada de lugares con presencia humana. El mayor número de individuos de diferentes estadios se puede en lugares donde no hay mucha actividad humana. Ramírez (1977) la consideraba como demasiado escasa, pero no indica el número de registros que realizó en su año de trabajo.

*Imantodes cenchoa* fue la segunda serpiente mas abundante y se ubica dentro del rango de 16-20 (abundante) al igual que *Bothrops asper*. Sin embargo, desglosado por zona es escasa para la Zona baja y de abundancia intermedia para la Zona alta. Esta especie fue considerada como escasa (Ramírez, 1977) pero (Vogt *et al.*, 1997), la considera común. En el presente estudio *Imantodes cenchoa* fue la única especie de la familia Colubridae que se registró más de una vez.

Las especies *Rhadinea decorata*, *Coniophanes imperialis*, *Ninia sebae*, *Ficimia publia* y *Scaphidontophis annulata* se registraron sólo una vez. Contrario a nuestro estudio, Castillo y López (no publicado) registró 5 ejemplares de *Rhadinea decorata*, considerada por Vogt (1997) como abundante. De igual forma, *Scaphidontophis annulata*, *Ficimia publia* y *Coniophanes imperialis* son consideradas por Vogt (1997) como poco común, y a *Ninia sebae* como abundante.

### 7.2.2. Diversidad

El índice de diversidad de Shannon calculado para la herpetofauna en la selva ( $H' = 2.07$ ) es mayor al valor obtenido por Hernández (1996) para el interior de la selva con  $H' = 1.86$ , pero menor que lo calculado para el borde con  $H' = 2.92$ . Si se considera que solamente se trabajo en el interior de la selva y que algunas especies de reptiles están relacionados con lugares abiertos, además de que los estratos fosorial y arbóreo no fueron trabajados, el valor de diversidad para la herpetofauna en el interior de la selva es un valor alto y se puede tomar como referencia al momento de comparar con otros valores en otras zonas.



Los números para anfibios y reptiles fueron bajos, en el caso de los anfibios el valor de diversidad es muy bajo, esto se puede explicar al considerar que solamente se muestreo el interior de la selva y zonas como laguna Zacatal y Escondida no fueron muestreadas lugares donde confluyen un gran número de especies de anfibios para llevar a cabo su reproducción (Vogt, 1997).

### 7.2.3. Variación temporal

La variación temporal se vio reflejada en la variación de las especies y sus abundancias relativas se formaron grupos dentro de las temporadas que reflejan los dendogramas y muestran que existe una relación con las abundancias y el tiempo entre los meses consiguientes que están relacionados con los periodos de secas, lluvias en verano y nortes.

El mes de agosto tiene la mayor riqueza para la herpetofauna y para los reptiles. Este mes, presenta las condiciones climáticas que aparentemente propiciaron un incremento en el número de especies activas, en donde la temperatura disminuyó y la precipitación aumentó en comparación con el mes de junio. En el caso de los anfibios, la mayor riqueza y abundancia se presentó en noviembre. Esto se puede atribuir a que en este mes aumentó la precipitación propiciando la actividad de otras especies no registradas en meses anteriores.

En este periodo también se registró un mayor número de crías de anfibios. La riqueza y abundancia de anfibios está relacionada con la precipitación como señalan Owen (1989) y Duellman (1989) para sapos y ranas a causa de en muchos casos las estrategias reproductivas de los anfibios están muy relacionadas con los cuerpos de agua.

La mayor diversidad de anfibios fue en enero y la mayor dominancia en marzo. A pesar de en enero no se registró mucha riqueza. La diversidad se incrementó debió a que disminuyeron las abundancias de *Eleutherodactylus rhodopis*. Esto pone de manifiesto uno de los problemas del uso del índice de Shannon, en el que la relación riqueza-abundancia

queda oculto. El índice de Shannon se basa en la equidad de los datos, y en algunos casos la mayor equitatividad genera una mayor la diversidad.

En el muestreo de noviembre se registraron 58 individuos de *Eleutherodactylus rhodopis* para la Zona baja y 53 para la Zona alta. Ramírez (1977) indicó que *Eleutherodactylus rhodopis* es una especie abundante durante los meses de noviembre a marzo, mientras que en el presente trabajo es claro que es más abundante de agosto a noviembre. El aumento de la abundancia de esta especie en el mes de noviembre está más relacionado al periodo de reproducción que al de crianza pues existe más actividad de los adultos. El incremento de la diversidad por presencia de crías no presenta un patrón claro porque el mayor número de crías se detectó en junio y noviembre, decreciendo abruptamente en agosto, al inicio de la temporada de lluvias.

La segunda especie más abundante de anfibios es *Eleutherodactylus berkenbuski*. Su temporada de reproducción es entre los meses de septiembre-noviembre (Ramírez, 1977) siendo este periodo en el cual se registraron sus mayores abundancias.

Para los reptiles en noviembre se registraron las mayores abundancias, por un incremento en los números poblacionales de *Anolis uniformis*. Ramírez (1977) indicó que en la región de los Tuxtlas, esta especie es más abundante en los meses de noviembre y diciembre, coincidiendo con el presente trabajo. En el mes de noviembre la riqueza y abundancia de los reptiles diferentes a *Anolis uniformis* disminuye considerablemente en la selva de la Estación, ya que al haber temperaturas bajas se reduce su actividad. Las mayores abundancias en reptiles (también excluyendo datos de *A. uniformis*) se dan en agosto. Los reptiles tratados de este modo muestran una relación entre el incremento de la abundancia con el incremento de las temperaturas (Owen, 1989) que se oculta con los datos de *A. uniformis*. Esta separación de información claramente muestra que la comunidad de reptiles tiene una dinámica temporal distinta a *A. uniformis*, quien sesga la información por su gran abundancia.

En este estudio las correlaciones entre abundancia de reptiles y temperatura diaria de colecta fueron significativas y positivas. Sin embargo, la correlación no fue muy alta y los valores de  $r^2$  indican que esta pobremente explicada. Es posible que existan otros parámetros no considerados en este estudio que puedan explicar la dinámica temporal de la abundancia en anfibios y reptiles.

### 7.3. Comparación entre dos zonas

#### 7.3.1. Composición y riqueza

En general, la Zona baja presentó la mayor riqueza, las mayores abundancias y los mayores valores de diversidad, con excepción de enero, en cuyo periodo la diversidad herpetofaunística es mayor en la Zona alta. A pesar de que la curva de rarefacción de Mao Tao, indicó que tanto para anfibios como para reptiles, la riqueza entre las dos zonas es la misma, ya que no existen diferencias en cuanto a los intervalos de confianza. La prueba de Complementariad de Colwell indicó que tanto para la herpetofauna como para anfibios y reptiles por separado, la Zona alta y baja tienen una complementariedad del 50%.

En todos los grupos con excepción de las serpientes, la Zona baja tiene un mayor número de especies registradas. Esto se le podría atribuir a la presencia de especies únicas afines a cuerpos de agua, que solamente existen en la Zona baja de la Estación. Especies únicas de anfibios registradas en arroyos y afines a cuerpos de agua son *Eleutherodactylus berkenbuski* y *E. vulcani* (Vogt *et al.*, 1997). Aquí también se registró a *Anolis barkeri* y *Basiliscus vittatus* como exclusivos de la Zona baja asociados a cuerpos de agua. En el caso de los anfibios la relación de la riqueza y abundancia con los cuerpos de agua esta muy estudiada (Martínez y Muñoz, 1998; Hofer *et al.*, 2000; Vallan 2001, Williams y Hero, 2001) siendo esta calculada hasta en un 81% (Vallan, 2000). En el caso de los reptiles factores

como el tipo de vegetación y la competencia son factores que pueden también explicar tanto la composición como abundancia especies (Duellman, 1989; Hofer *et al.*, 2000).

Otra de las especies únicas registradas dentro de la selva de la Zona baja es *Sceloporus teapensis* la cual se ha observado en zonas de potrero a las afueras de la Zona alta. Estas observaciones no fueron incluidas en los registros dentro de la selva.

En el caso contrario, cuatro de las siete especies de serpientes fueron registradas exclusivamente en la Zona alta. Esto podría indicar que es posible que exista una mayor riqueza de serpientes en la Zona alta debido a la disponibilidad de microhábitats específicos dados por la roca basáltica que podrían proporcionar una mayor cantidad de refugios a este grupo.

*Lineatriton orchimelas* obtuvo solamente un registró en la Zona baja, mientras que en la Zona alta fue registrado 11 veces siempre debajo de roca volcánica, lo que nos pudiera decir que el tipo de suelo beneficia a la población de esta especie, esta especie al ser de hábitos fosoriales y en hojarasca, se puede beneficiar al ser el suelo muy rocoso ya que la porosidad del suelo le permite una mayor movilidad y espacio.

La mayoría de las especies únicas registradas para cada una de las zonas entraron en el rango de 0-5 individuos por especies (escasas), con excepción de *Eleutherodactylus berkenbuski* quien está en el rango de 21-∞ (muy abundantes). *Sceloporus teapensis* y *Anolis barkeri* se encuentran en el rango 6-10 (intermedias).

### 7.3.3. Abundancia

Con respecto a las abundancias podría inferirse que biológicamente tienden a ser diferentes de las comunidades de anfibios y reptiles entre las Zonas alta y baja, aun cuando estadísticamente no lo son. Es posible que al incrementar el número de muestreos, estas diferencias se confirmen. Las diferencias en la abundancia indican que las comunidades

difieren en cuanto a su estructura debido a factores como el suelo y presencia de cuerpos de agua que las modifican.

En la Zona baja se registró un mayor número de individuos de las especies de *Ameiva undulata* y *Sceloporus teapensis* debido a que el efecto de borde se da con mayor intensidad. La Zona baja limita con potreros, caminos y tiene numerosas brechas dentro de sus límites. A diferencia de ésta, la Zona alta se encuentra rodeada en gran parte por vegetación secundaria no se registraron individuos de *Sceloporus teapensis* y solo uno de *Ameiva undulata*. Estos organismos han sido más observados en los potreros (Salvatore, en proceso). Los que podría indicar que el efecto de borde ocasionado por los caminos que rodean a la selva están afectando a la comunidad de reptiles en el caso de *Sceloporus teapensis*.

La presencia de especies de cuerpos de agua únicos para la Zona baja, también tiene repercusión en las abundancias. *Eleutherodactylus berkenbuski* es la tercera especie más abundante aumentando con 114 individuos la abundancia total de la Zona baja.

Los anfibios en la Zona baja presentaron una dominancia baja a diferencia de la Zona alta donde *Eleutherodactylus rhodopis* fue dominante. Esta especie ocupa un 76.5% del total de la comunidad de anfibios en la Zona alta, contra un 50% que ocupa la misma especie en la Zona baja. La dominancia es mayor en la Zona alta dada la ausencia de *Eleutherodactylus berkenbuski*. En el caso de los reptiles, la dominancia está dada por *Anolis uniformis* tiene valores también mayores para la Zona alta que la baja. Una de las posibles explicaciones que se pueden dar es que en la Zona alta la hojarasca no es tan abundante con respecto a la Zona baja, y se sabe que al decrecer la hojarasca decrecen las densidades de artrópodos (Vallan 2001), lo que podría ocasionar que especies como *A. uniformis* y *E. rhodopis* dados sus hábitos en hojarasca tiendan a disminuir su abundancias dada la escasez de recursos alimenticios. Además es probable que las diferencias en cobertura herbácea dadas también

por las características del suelo afectan a *E. rhodopis* que este género está asociado tanto al dosel como a la cobertura herbácea (Urbina- Cardona y Pérez Torres, 2002).

#### 7.3.4. Diversidad

La prueba de t de Hutchenson comparando los índices de diversidad e indica que sí hay diferencias entre la Zona alta y la Zona baja con respecto a la herpetofauna. Las diferencias en los índices de diversidad pueden estar influenciadas por las mayores abundancias de las especies dominantes en la Zona baja. *Eleutherodactylus rhodopis* fue más abundante por 40 individuos, *Eleutherodactylus berkenbuski* fue única para la Zona baja y registró 114 individuos, y *Anolis uniformis* fue más abundante por 41 individuos. Las diferencias en la diversidad también pueden estar afectadas por la presencia de seis especies únicas en la Zona alta, dos anuros y cuatro serpientes, y once especies únicas en la Zona baja: un urodelo, cinco anuros, una serpiente y cuatro lagartijas.

La diferencia entre los rangos de las alturas entre la Zona alta (150 a 350 m s.n.m.), y la Zona baja (350 a 550 m s.n.m.) son mínimas, por lo que no podría ser un factor de las diferencias entre las comunidades. Por ejemplo, en el caso de las salamandras Zug (2001) menciona que el recambio de especies sucede entre elevaciones a partir de los 1000m. Con base en este argumento no se puede esperar un recambio entre la riqueza de especies de este grupo, ya que el rango de altitud de la Estación se localiza por debajo de los 1000.

Las diferencias altitudinales dentro del cerro El Vigía son mínimas según indica un análisis de la distribución de los diferentes tipos de suelos con la vegetación de la Estación (Flores, 1971). Chizón (1984) analizó nueve perfiles tomando en cuenta diferencias altitudinales, de vegetación y pendiente, pero no encontró diferencias significativas entre las propiedades del suelo y la vegetación. Debido a que dentro de los terrenos de la Estación no existen cambios en la vegetación ya que el gradiente no sobrepasa los 550 m s.n.m. (Ibarra, *et al.*, 1997),

éste no puede ser un factor importante que esté influyendo en el cambio de diversidad entre las zonas altas y bajas.

En el caso de las ranas, lagartijas y serpientes, el gradiente altitudinal es una variable importante y existe una relación significativa con la riqueza (Hofer *et al.*, 2000; Owen, 1989). Este cambio altitudinal está relacionado con la temperatura, precipitación, viento y vegetación. Entre la Zona alta y baja también existen grandes diferencias en el tipo de suelo, siendo más pedregoso en la Zona alta. Las diferencias del suelo tampoco afectan la composición y estructura de la comunidad vegetal (Chizón, 1984) y éstas sólo serían variables dentro de este tipo de vegetación (Ibarra, *et al.*, 1997). Estas diferencias tampoco tendrían por qué afectar a la herpeofauna. Sin embargo, la zona pedregosa proporciona más refugios a animales de hábitos secretivos, como las serpientes, posiblemente escondiendo gran parte de su diversidad. Si esto es cierto, es de esperarse que la riqueza de especies aumente significativamente con un mayor muestreo.

*Eleutherodactylus rhodopis* siendo una de las especies que aporta mayor abundancia, en la comunidad, se registró en menor número en la Zona baja. Para el género *Eleutherodactylus* se han estudiado las relaciones entre las abundancias y riqueza, asociados a factores como cobertura herbácea, arbustiva, dosel, tamaño del remanente y distancias al borde. Pearman (1997) y Urbina y Londoño (2002) reportan una alta influencia entre estas variables y la abundancia y riqueza de distintas especies del género *Eleutherodactylus*. En el caso de la Zona baja y alta es probable que la diferencia en el tipo de suelo pueda ser un factor que influya en las cantidades de hojarasca y niveles de humedad, y que sea la causa de las diferencias con respecto a las abundancias de *E. rhodopis*. Es necesario estudiar la relación de esta especie y otras de Los Tuxtlas con respecto a variables microambientales, para poder establecer cuáles son las causas de las diferencias en la abundancia de las especies entre la Zona alta y baja.

#### 7.4. Importancia de estos estudios

La importancia de los estudios en zonas conservadas radica en que éstos puedan servir como parámetros para evaluar el estado en el que se encuentran otras zonas con diferentes grados de perturbación o remanentes con diferentes tamaños. Con esta información será posible la evaluación, monitoreo y diseño de estrategias de conservación, manejo y restauración ambiental de zonas que se encuentran sujetas a diferentes presiones (Gibbons *et al.*, 1997).

El basarse en la riqueza solamente para comparar zonas con diferentes niveles de impacto humano no es suficiente para establecer el grado de perturbación que tiene. Además, es necesario comparar y trabajar con las abundancias, dominancias y equidades que presentan las especies dentro de una comunidad. La abundancia es una medida más sensible a distorsiones ambientales que la riqueza por sí sola (Magurran, 2004). En el caso de los anfibios y reptiles, dadas sus características biológicas y ser afectados a causa del deterioro ambiental, son adecuados para poder interpretar el comportamiento de la estructura de la comunidad. En el caso de la abundancia, un incremento de especies beneficiadas por la perturbación es un buen indicador de la perturbación.

La especie dominante en el estudio de Tabasco en C. A. Madrazo fue *Sceloporus teapensis* (relacionado con lugares abiertos), contra *Anolis uniformis* de la Estación que es característica del sotobosque de el interior de la selva. Mientras que *Sceloporus* serviría como indicador de que una zona esta siendo modificada o afectada por actividades humanas, *A. uniformis* será un indicador de una selva sana, ya se le localiza en sitios muy sombreados, con humedades relativas de 60% al 90% (Villareal y Heras- Lara, 1997).

Cabe señalar que la segunda y tercera especie más dominante para la zona en el estado de Tabasco fueron *Bufo marinus* y *Ameiva undulata* especies cuyas altas abundancias indican hábitats perturbados, así que a pesar de mantener vegetación original la zona muestreada



en Tabasco tiene altas abundancias de especies indicadoras de perturbación comparado con la Estación.

## 8. CONCLUSIONES

- No existen diferencias significativas entre la riqueza y abundancias de especies entre la Zona alta y baja si en la Diversidad.
- Una de las causas por las cuales existen diferencias entre la diversidad de herpetofauna y de anfibios entre la Zona alta y baja es que *Eleutherodactylus berkenbuski* se registró únicamente en la Zona baja siendo la tercera especie más abundante de toda la selva de la Estación.
- En el caso de los reptiles la variación de las abundancias en el tiempo es significativa, pero en el caso de los anfibios no.
- Las especies más dominantes dentro de la Estación ocupan más de un 50% del total de individuos, para cada uno de los dos grupos (anfibios y reptiles).
- El patrón de estructura de la herpetofauna los terrenos de la estación son similares a los de otras selvas en México y Centroamérica.
- El mes de agosto es el mes en el cual se presenta una mayor riqueza y diversidad de reptiles y de la herpetofauna en general, y en octubre-noviembre se puede registrar una mayor riqueza y abundancia de anfibios. Por lo tanto las comunidades de anfibios se comportan diferente a las comunidades de reptiles con respecto al tiempo. Diferencias en el suelo también podrían ser importantes.
- Las diferencias en cuanto abundancia de especies de anfibios y reptiles entre las Zonas altas y bajas se puede explicar mejor por la presencia de especies afines a cuerpos de agua con gran abundancia más que a cambios altitudinales. Además de explicarse a causa de las características de cada especie y las interacciones que tienen con otras especies.

- Es necesario conocer la estructura de una comunidad herpetofaunística en ambientes no alterados, para conocer si otras zonas están perturbadas y poder establecer criterios para la restauración.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Akani, G. C., I. F. Barieenee, D. Capizzi y L. Luiselli. 1999. Snake communities of moist rainforest and derived savanna sites of Nigeria: biodiversity patterns and conservation priorities. *Biodiversity and Conservation* 8: 629-642
- Arriaga, L., L. M. Espinosa, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (Coordinadores). 2000. Regiones prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 609 p
- Barbault R. 1984. Strategies de reproduction et démographiede quelques amphibiens Anoures tropicaux. *Oikos*, 43:77-87
- 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, DF. 86 pp.
- Begon, M., J. L. Harper y C. R. Towsand. 1996. Ecology: individuals, populations and communities. Tercera edición. London Blackwell Scientist. 1068 pp.
- Bongers, F., J Pompa, J. Meave y J. Carabias. 1988. Structure an floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, México. *Vegetation* 74: 55-80.
- Brower, E., J. H. Zar. 1984. Field and laboratory methods for general ecology. editorial. E. U. Nueva York. 226 pp.
- Carabias, L. J. 1980. Análisis de la vegetación de la selva alta perennifolia y comunidades derivadas de esta en una zona cálido-húmeda de México, Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM, México, DF. 68 pp.
- Casas-Andreu, G., G. Valenzuela-López y A. Ramírez- Bautista. 1991. Como hacer una colección de anfibios y reptiles. Cuadernos del Instituto de Biología. Núm.10 UNAM.68 pp.
- Castillo, J.M. y C.A. López. No publicado. Herpetofauna de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. UNAM 25 pp
- Colwell, R.K. y Coddington, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phill. Trans. R. Soc. London B* 345:101-118.
- Colwell, R.K. 2004. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 7. User's Guide and application published

- Crump, M.L. y Scott, N. Y. 1994. Visual encounter surveys. Págs 84-92. en ( Heyer, W., Donnelley, M.A., McDiarmid, R.A., Hayek, L.C. y Foster, M.C. eds.) Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians. Smithsonian Institution. E. U.
- Chizón, S. E. 1984. Relación suelo-vegetación en la estación de biología tropical de los Tuxtlas, Veracruz. (Un análisis de la distribución de diferentes tipos de suelos en relación a la cubierta vegetal que soporta). Tesis de Licenciatura. ENEP Zaragoza. UNAM, México, DF. 66 pp.
- Dirzo, R. y M. García. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neo-tropical area in southeast Mexico. *Conservation biology*, 6: 4-90.
- Dirzo, R, E. Gonzáles y R. Vogt. 1997. Introducción general. En (Historia natural de los Tuxtlas. Dirzo, R, E. Gonzáles y R. Vogt eds.) Universidad Nacional Autónoma de México D.F.
- Dirzo, R. 2001. Forest ecosystems functioning, threats and value: Mexico as case study. Págs 47-64 en (Hollowell, V.C., A.S. Mcpherson y D. Gunter eds.) *Managing human - dominated ecosystems. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden.* Vol. 84. Missouri Garden Press. E.U.
- Duellman, D. E. 1989. Tropical herpetofaunal communities: patterns of communities structure in neo-tropical rain forest. Págs 61-87 en (M. Harmelin y B. F. Bourriere, eds.), *Vertebrates in complex tropical systems.* Springer-Berlag,. E. U Nueva York.
- Estupinan, R. A. y U. Galatti. 1999. La fauna anura en áreas con diferentes grados de intervención antrópica de la Amazonia Oriental brasileña. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 23 (suplemento especial). 276-286.
- Flores, D. L., C. J. R. Sommer, M. Alcalá, y S. Álvarez. 1999. Estudio morfo-genético de algunos suelos de la región de los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista mexicana de ciencias geológicas*. 16: 81-88.
- Flores, J. S. 1971. Estudio de la vegetación del cerro El Vigía del la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz, Facultad de Ciencias de la UNAM. UNAM, México D.F. pp. 94
- Flores-Villela, O., Pérez-Higareda, G., Vogt, R. C. y M. Palma-Muñoz, 1987. Claves para los géneros y las especies de anfibios y reptiles de la región de Los Tuxtlas. UNAM, México.

- Flores-Villela, O. Mendoza y G. González. 1995. Recopilación de Claves para la Determinación de Anfibios y Reptiles de México. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología, Facultad de Ciencias. UNAM. 10: 285.
- Flores-Villela, O, y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* 20(2):115-144.
- García, A., y G. Ceballos. 1994. Guía de campo de los anfibios y reptiles de la costa de Jalisco. Fundación Ecológica de Cuixmala e Instituto de Biología, UNAM, México. 184 pp.
- Gibbons, J.W., V.J. Burke, J.E. Lovich, R.D. Semlitsch, T.D. Tuberville, J.R. Bodie, J.L. Greene, P.H. Niewiarowski, H.H. Whiteman, D.E. Scott, J.H. Pechmann, C.R. Harrison, S.H. Bennett, J.D. Krenz, M.S. Mills, K.A. Buhlmann, J.R. Lee, R.A. Seigel, A.D. Tucker, T.M. Mills, T. Lamb, M.E. Dorcas, J.D. Congdon, M.H. Smith, D.H. Nelson, M.B. Dietsch, H.G. Hanlin, J.A. Ott y D.J. Karapatakis. 1997. Perception of species abundance, distribution, and diversity: lessons from four decades of sampling on a government managed reserve. *Environmental Management* 21: 259-268
- Green, D. M., R. L. Carroll y R. V. H. Reynoso. 2001. Patrones de extinción de los anfibios: Pasado y presente, Págs. 169-200 en (Hernández M ed.) *Enfoque Contemporáneo para el estudio de la biodiversidad*. FCE, Instituto de Biología
- Heras-Lara, L. y Villareal-Benítez, L. 2000. La historia natural de un ensamblaje de Anolis en Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. México D.F. 318 pp.
- Hernández, G. M. 1996. Comparación entre la diversidad herpetológica del interior y borde de una selva alta perennifolia de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. México Veracruz. 56pp.
- Hofer, U., B. L. F. Bersier y D Borcard. 2000. Ecotones and gradients as determinants of herpetofaunal community structure in the primary forest of Mount Kupe, Cameroon. *Journal of Tropical Ecology* 16: 517-533.
- Huston, A. M. 2000. *Biological diversity: the coexistence of species on changing landscape*. Cambridge University. E. U. 681 p.

- Ibarra, M. G. y S. Sinaca. 1987. Listados florísticos de México VII. La estación de biología tropical Los Tuxtles, Veracruz. Instituto de Biología de la UNAM, México. 3-12
- Ibarra, M. G., Martínez Ramos, R. Dirzo y J. Núñez. 1997. La vegetación. Págs 61-85 en (González-Soriano E., Dirzo R y R C. Vogt eds.). Historia natural de Los Tuxtles, Instituto de Biología, UNAM, México D.F.
- Jones, K. V. 1986. Amphibians and reptiles. Págs 267-290. (en R. J. Boit and H. R. Steward eds.) Inventory, monitoring of wildlife habitat, Burland Manage, Denver.
- Laurance, W.F, T.E. Lovejoy, H.L. Vasconcelos, E.M. Bruna, R.K. Didham, P.C. Stouffer, C. Gascon, R.O. Bierregaard, S.G. Laurance y E. Sampaio. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22 year investigation. *Conservation Biology*, 16: pp. 605-618.
- Lazcano, A. M., E. Gongora-Arones y G. R. Vogt. Anfibios y reptiles en la selva Lacandona. Págs 145-171. en ( Vázquez- Sánchez, M. A. y M. A. Ramos eds. )Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su conservación. Publicación especial . Ecosfera.
- Lockwood, C., Powell, E. H., Nott, E., Pimm, S. L. 1997. Assembly ecological communities in the time and space. *Oikos*, 78: 549-553.
- 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.
- Lloyd, M., R. F. Inger y F. W. King. 1968. On de diversity of reptile and amphibian species in the Bornean rainforest. *American Naturalist*, 102: pp. 947-515.
- Luna, R. R. 1997. Distribución e la hepeto fauna por tipos de vegetación en el polígono uno de la reserva "El Triunfo", Chiapas. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México, DF. 144 pp.
- MacArthur, T. H., y E. O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. *Evolution*, 17: 373-387.
- MacAleece, N. 1997. Biodiversity Pro. Natural History Museum and Scottish Association of Marine Science.
- Magurran, A. E. 1988. Diversidad ecológica y su medición. Vendra, España Barcelona. 199 pp.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Black well Publishing Company. E.U. 256 pp.

- Marsh, D. M. y P. B. Pearman. 1997. Effects of habitat fragmentation on the abundance of two species of Leptodactylid frogs in an Andean montane forest. *Conservation biology*, 11: 1323-1328.
- Martínez, C. R. y A. A. Muñoz. 1998. La herpetofauna de la Reserva el Ocote, México: Una comparación y análisis de su distribución por tipos de vegetación. *Boletín de la Sociedad de Herpetología Mexicana*, 8: 1-14.
- 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.
- Miranda, G. F y Hernández E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Sociedad Botánica de México*. 129 pp.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, España Zaragoza. Vol. 1. 84 pp.
- Nelson, S. A. y C. E. González. 1992. Geology and k-ar dating of the Tuxtla volcanic field, Veracruz, México. *Bulletin of Available Geology*, 55: 85-96.
- Owen, G. J. 1989. Patterns of heprthological species richness (relation to temperature, precipitation, and variance in elevation). *Journal of Geography*, 16: 141-150.
- Pawar, S. 1999. Effect of habitat alteration on herpetofaunal assemblages of evergreen forest in Mizoram, Northeast India. *Wildlife Institute of India Dehra Dun*. 50 pp
- Peachman, J. H. y A. Wilbur. 1994. Putting declining amphibian populations in perspective: natural fluctuations and human impacts. *Herpetologica*, 50: pp 65-84.
- Pearman, P. B. 1997. Correlates of amphibian diversity in an altered landscape of Amazonian Ecuador. *Conservation biology*, 11: 1211-1225.
- Pérez-Higareda, G, R. C. Vogt y O. A. Flores. 1987. Lista anotada de los anfibios y reptiles de la región de los Tuxtlas, Veracruz. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Pérez-Higareda, G., y H. Smith. 1991. Ofidio fauna de Veracruz, análisis taxonómico y zoogeográfico. Instituto de Biología de la UNAM, México, DF. 122 pp.
- Pérez-Higareda. 2003. Lista revisada de las especies de los Tuxtlas. Comunicación personal.
- Pianka, E. R. 1975. Niche relations of desert lizards. En: M.L. Cody y J.M. Diamond (eds.) *Ecology and evolution of communities*. Harvard University Press Cambridge, E.U. p 292- 314
- Pianka, E. R. 1982. *Ecología evolutiva*. Ediciones Omega, España Barcelona. 365 pp.



- Pimm, M. E. y Gilpin, S. L. 1989. Theoretically sigues in conservation biology. Págs 287-305 en (Roughgarden J., R .M. May y S.A. Levin eds.) Perspectives in ecological theoretically. Preston, University Press.
- Pisan, G. R. y J Villa. 1974. Guías de de preservación d anfibios y reptiles. Society for Study of amphibians and reptiles. Circular Herpetológica 2:1-24.
- Pineda, E y G. Halffter. En prensa. Species diversity and habitat fragmentation: frogs in a tropical montane landscape in Mexico. Biological Conservation.
- Ramírez-Bautista, A. 1977. Algunos anfibios y reptiles de la región de "Los Tuxtlas", Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. p. 180.
- Ramírez-Bautista, A. y A. Montes de Oca-Nieto. 1997. Ecogeografía de Anfibios y Reptiles. Págs 523-532 en (González-Soriano E., Dirzo R y Richard C. Vogt, eds.) Historia Natural de Los Tuxtlas, Instituto de Biología, UNAM, México D.F.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432
- Reynoso, R. V. H., y O. D. Barreto. 1999. Propuesta de lineamientos para el desarrollo de estudios de diversidad herpetofaunística comparables, XV Congreso Nacional de Zoología y VII Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología, Tepic, Nayarit, México.
- 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. Alvaréz y S. Santiago eds.) Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de Biología, UNAM. México D.F.
- Roughgarden, J. y J. Diamond. 1987. Overview: the role of species interactions in community ecology. En Diamond J. y T J. Case (eds). Community ecology. Harper y Row Publishers. Nueva York, E.U.A. pp 333-337.
- Salvatore, O. en proceso. Diagnóstico De La Estructura De Las Comunidades Anfibios y Reptiles En La Selva Fragmentada De Los Tuxtlas. Tesis de Maestría. UNAM. México .D.F.
- Schlaepfer, M.A. y T.A. Gavin. 2001. Edge effect on lizard and frogs in tropical forest fragments. Conservation Biology 15(4): pp. 1079-1090.
- Scrocchi, G. S. Kretzschmar. 1996. Guía de métodos de captura y preparación de anfibios y reptiles para estudios científicos y manejo de colecciones herpetológicas. Fundación Miguel Lillo. San Miguel Tucumán Argentina.
- Semlitsch, R.D. (ed.). 2003. *Amphibian Conservation*. Smithsonian Institution, E.U. 324

- Siegel, S. 1988. Estadística no paramétrica. Trillas. México. 344
- Soberón, M. J. y J. B. Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7:3. 480-488.
- Sommer, C. J. R., D. L. Flores, y R. M. Gutierrez. 2003. Caracterización de los suelos de la estación de biología tropical Los Tuxtlas. Págs. 17-67. en (Álvarez y G. E. Naranjo eds.) *Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México*. UNAM, México.
- Solulé, M. E., E. Alberts y D. Boulges. 1998. The effect of habitat fragmentation an chaparral and vertebrates. *Oikos*, 63:39-47
- StatSoft, Inc. 2001. *STATISTICA: Data analysis software system*. Version 6. StatSoft. Inc, E.U.
- 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*. E.U. University of Chicago Press, E.U. Chicago 616 pp.
- Urbina-Cardona., J. N., y J. P. Pérez-Torres. 2002. Dinámica y preferencias de micro hábitat en dos especies del género *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae) de bosque andino, pp. 278-288, Congreso mundial de Páramos.
- Urbina-Cardona, J. N., y M. C. Londoño-M. 2003. Distribución de la comunidad de herpetofauna asociada a cuatro áreas con diferente grado de perturbación en la isla Gorgona, Pacífico Colombiano. *Revista Académica Colombiana de Ciencias* 27 (102): 105-113.
- 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.
- Vallan, D. 2000. Influence of forest fragmentation on amphibian diversity in the nature r eserve of Ambohitantely, highland Madagascar. *Biological conservation* 96:31-43
- Vargas-S, F y M. E. Bolaños. 1999. Anfibios y reptiles presentes en habitas perturbados de selva lluviosa tropical en el Bajo Anchicayá, Pacífico Colombiano. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 23 (suplemento especial). 499-511.
- Villarreal, J. L. 1997. Historia Natural del género *Anolis*. Págs 495-500 en (González-Soriano E., Dirzo R y Richard C. Vogt, eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*, Instituto de Biología, UNAM, México D.F.
- Villarreal, J. L, y L. Heras-Lara. 1997. *Anolis uniformis*. Págs 476-478. en (González-Soriano E., Dirzo R y Richard C. Vogt, eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*, Instituto de Biología, UNAM, México D.F.

- Vitt, J. 1994. Desert reptile communities. Págs 1-22 en (Philip-Brown y Jhon Wright, eds )  
Herpetology of the North American Deserts, Southwestern Herpetologist Society,  
Special Publication Number 5, E.U.
- Vogt, R. C., Villarreal, L. J. y G. Pérez-Higareda. 1997. Lista anotada de anfibios y reptiles.  
Págs. 507-521 en (González-Soriano E., Dirzo R y R. C. Vogt, eds.) Historia natural  
de Los Tuxtlas, Instituto de Biología, UNAM, México D.F
- Vogt, C. R. 1997a. Historia Natural de especies: Las ranas de la Laguna del Zacatal. Págs.  
500-503 en: (González-Soriano, E., Dirzo, R. y Vogt, R. eds.) Historia Natural de  
Los Tuxtlas. UNAM. México.
- Wilds, S. P. y P. S. Withe. 2001. Dinamic of terrestrial ecosystem patterns and processes. en  
(Jensen M. E. y P. S. Bouregra eds.) A guide book or integrated ecological  
assessments. Springer Missoule. E.U. 336 pp.
- Williams, S. E., y J. M. Hero. 2001. Multiple determinants of Australian tropical frog  
biodiversity. Biological conservation 98: 1-10.
- Zar, J.H. 1996. Biostatistical analisis. Tercera edición. Prentice Hall. E.U. 662 pp.
- Zug, R. G. 1993. Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles. Primera  
edición. Academic Press. 630pp.
- Zug, R. G. Laurie J.Vitt y J P. Cadwell 2001. An introductory Biology of amphibians and  
reptiles. Academic Press. 629 pp.

## 10. APÉNDICES

### Apéndice 1

Lista de los anfibios y reptiles registrados para las dos zonas y total y el número de individuos registrados.

	Zona baja	Zona alta	Total
<b>AMPHIBIA</b>			
<b>ANURA</b>			
<b>Bufonidae</b>			
<i>Bufo cavifrons</i>	1	1	2
<i>B. marinus</i>	0	2	2
<i>B. valliceps</i>	9	19	28
<b>Hylidae</b>			
<i>Smilisca baudini</i>	18	2	20
<i>S. cyanosticta</i>	6	7	13
<b>Leptodactylidae</b>			
<i>Eleutherodactylus alfredi</i>	1	0	1
<i>E. berkenbuschi</i>	114	0	114
<i>E. rhodopis</i>	180	140	320
<i>E. vulcani</i>	3	0	3
<b>Microhylidae</b>			
<i>Gastrophryne elegans</i>	1	0	1
<b>Ranidae</b>			
<i>Rana berlandieri</i>	0	1	1
<i>Rana vallanti</i>	1	0	1

Apéndice 1 (continuación)

	Zona baja	Zona alta	Total
<b>CAUDATA</b>			
Plethodontidae			
<i>Bolitoglossa alberchi</i>	8	1	9
<i>B. platydactyla</i>	1	0	1
<i>B. rufecens</i>	4	9	13
<i>Lineatriton orchimelas</i>	1	11	12
<b>REPTILIA</b>			
<b>SQUAMATA: SAURIA</b>			
Corytophanidae			
<i>Basiliscus vittatus</i>	3	0	3
<i>Corytophanes hernandezii</i>	4	4	8
Phrynosomatidae			
<i>Sceloporus teapensis</i>	7	0	7
Polychrotidae			
<i>Anolis barkeri</i>	6	0	6
<i>A. rodriguezii</i>	2	1	3
<i>A. sericeus</i>	1	1	2
<i>A. uniformis</i>	172	131	302
Sincidae			
<i>Eumeces sumichrasti</i>	2	5	7
<i>Sincella gemmingeri</i>	0	1	1
<i>Sphenomorphus cherriei</i>	17	24	41
Teidae			
<i>Ameiva undulata</i>			
Xantusidae			
<i>Lepidophyma pajapanensis</i>	3	0	3
<i>Lepidophyma tuxtlae</i>	12	1	13

Apéndice 1 (continuación)

	Zona baja	Zona alta	Total
<b>SQUAMATA: SERPENTES</b>			
Colubridae			
<i>Coniophanes imperialis</i>	0	1	1
<i>Ficimia publia</i>	0	1	1
<i>Imantodes cenchoa</i>	8	11	19
<i>Ninia sebae</i>	1	0	1
<i>Rhadinea decorata</i>	0	1	1
<i>Scaphidontophis annulatus</i>	0	1	1
Viperidae			
<i>Bothrops asper</i>	11	9	20

## Apéndice 2

Horarios y estratos donde se encuentran los anfibios y reptiles en la selva de la Estación de Los Tuxtlas. Abreviaturas: d= diurno; n= nocturno t= terrestre; he = herbáceo; ar= arbustivo; a= arbóreo; f= fosorial r=ripario.

	Horarios				Estratos			
	D	n	t	ar	he	a	f	r
<b>ANFIBIOS</b>								
<i>Bolitoglossa alberchi</i>		X		X				
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>		X		X				
<i>Bolitoglossa rufescens</i>		X	X	X	X			
<i>Bufo cavifrons</i>		X	X					
<i>Bufo marinus</i>		X	X					
<i>Bufo valliceps</i>	X		X					
<i>Eleutherodactylus rhodopis</i>	X	X	X	X				
<i>Eleutherodactylus berkenbuski</i>		X	X					X
<i>Eleutherodactylu alfredi</i>		X		X				
<i>Eleutherodactylus vulcani</i>		X	X					X
<i>Gastrophyne elegans</i>		X					X	
<i>Lineatriton orchimelas</i>	X						X	
<i>Rana berlandieri</i>		X	X					X
<i>Rana vallanti</i>		X	X					X
<i>Smilisca baudini</i>		X		X		X		
<i>Smilisca cyanosticta</i>		X		X		X		

Apéndice 2 (continuación)

	Horarios				Estratos				
	d	n	t	ar	he	a	f	r	
<b>REPTILES</b>									
<i>Ameiva undulata</i>	X		X						
<i>Anolis barkeri</i>	X			X				X	
<i>Anolis rodriguezii</i>	X					X			
<i>Anolis sericeus</i>	X			X					
<i>Anolis uniformis</i>	X		X	X	X				
<i>Basiliscus vittatus</i>	X		X	X				X	
<i>Bothrops asper</i>		X	X	X					
<i>Coniophanes imperialis</i>	X		X						
<i>Corytophanes hernandezii</i>	X		X	X					
<i>Eumeces sumicrhastii</i>	X		X			X			
<i>Ficimia publia</i>	X						X		
<i>Imantodes cenchoa</i>		X		X					
<i>Lepidophyma pajapanensis</i>		X				X			
<i>Lepidophyma tuxtlae</i>		X	X						
<i>Ninia sebae</i>	X		X						
<i>Radinea decorata</i>		X	X						
<i>Scaphidontophis annulatus</i>	X		X						
<i>Sceloporus teapensis</i>	X		X						
<i>Sincella gemmingeri</i>	X		X						
<i>Sphenomorphus cherriei</i>	X	X	X			X			