



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“ANÁLISIS DETALLADO DE LA DIVERSIDAD DE  
LA HERPETOFAUNA EN UN CORREDOR  
BIOLÓGICO TIPO RÍO EN LA ZONA DE LOS  
TUXTLAS, VERCRUZ”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**B I Ó L O G O**

**P R E S E N T A:**

**CARLOS OMAR BECERRA SORIA**



**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. VICTOR HUGO REYNOSO ROSALES  
2009**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**DEDICATORIA:**

**A MI MAMÁ Y A MI FAMILIA**

**A LA UNAM, LA FACULTAD DE CIENCIAS Y A LA ESTACIÓN DE BIOLOGÍA**

**TROPICAL LOS TUXTLAS**

***LO QUE SE PERSIGUE NO ES LA VOLUNTAD DE CREER, SINO EL DESEO  
DE DESCUBRIR, QUE ES EXACTAMENTE LO OPUESTO.***

***BERTRAND RUSSELL***

## **RECONOCIMIENTO**

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la educación que me ha dado hasta el día de hoy. Por todos sus profesores y alumnos que luchan por una educación mejor en este país y hacer que esta casa de estudios crezca cada día.

Agradezco el apoyo financiero del PAPIIT-DGAPA (IN2225006), UNAM, por el apoyo económico durante la realización de este estudio dentro del proyecto “Diversidad y ecología de anfibios y reptiles en ambientes conservados y fragmentados en la selva tropical perennifolia en la región norte del Istmo de Tehuantepec”.

## **AGRADECIMIENTOS**

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

A mis sinodales, por los comentarios y apoyo para la presentación de este producto final: Dr. Jaime Zuñiga, Dr. Eduardo Pérez, M. en C. Gergina Santos y Biol. Omar Hernández.

A mi mamá por todo su cariño, por su fortaleza y por darme su apoyo incondicional. A mi familia, mis tíos y primas por todo su apoyo y sus consejos.

Muy especialmente a mis amigos Abril Heredia, Haven López, Eliud Rodríguez, Vladimir Granados, Aynara Aranguren, Luis Alejandro González, Natalí Guerrero, Gabriela Susana Torres, Karla Cid, Ania Vargas, Valeria Alavez, Mónica Queijeiro, Nancy Robles, Alejandra Mena, Elizabeth Torres, Alicia Huerta, Elis Monroy, Alfredo Romero, Luis Barba y Pablo Brauer por todos los momentos de alegría, de estrés, de frustración y de tristeza, por ser mis compañeros durante esta etapa de mi vida.

A Elisa Cabrera y Arturo Romo, por todos sus valiosos consejos en el campo que me han permitido crecer como herpetólogo y como persona.

A los compañeros de la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles: Aldo, Wendoli, Robert, Eugenia, José, Héctor, Guillermo Gil y al Sr. Armando por toda su amabilidad.

A Nisreen Tayebjee por ser una persona muy valiosa durante mi estancia en la estación, por brindarme un poco de su confianza, por las pláticas que tuvimos, por ser mi pareja de baile y por acompañarme en algunos muestreos, a Jenny Zambrano, por las valiosas pláticas que tuvimos y ser mi compañera durante las

sesiones de caballeros del zodiaco y ser una gran amiga, a Crystal Guzmán por formar parte del equipo maravilloso, por las charlas sobre anime, música y demás temas, por los momentos en que nos molestábamos mutuamente y por ser una gran persona, a Sonia Shweiki por las sesiones de Avatar, por acompañarme en algunos muestreos con el equipo chido, por los pequeños partidos de futbol, por ser una gran persona y por las lecciones de baile y a Matt Greczek por su compañía en el equipo maravilloso. A todos ellos en conjunto por hacer que mi estancia en Los Tuxtlas fuera inolvidable, por todos los momentos de diversión, los viajes que hicimos y por darme su amistad.

A la Estación de Biología de Los Tuxtlas, a todos las personas que trabajan en ella y un muy especial agradecimiento a la jefa de la estación la Biol. Rosamond Coates por todas las facilidades durante mi estancia, por su apoyo y amistad.

# ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUMEN.....</b>                      | <b>1</b>  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>              | <b>2</b>  |
| 1.1 Corredores biológicos.....           | 2         |
| 1.2 Corredores ribereños.....            | 4         |
| <b>2. ANTECEDENTES.....</b>              | <b>6</b>  |
| 2.1 Corredores en Los Tuxtlas.....       | 7         |
| <b>3. OBJETIVOS.....</b>                 | <b>9</b>  |
| <b>4. HIPOTESIS.....</b>                 | <b>10</b> |
| <b>5. MÉTODOS.....</b>                   | <b>11</b> |
| 5.1 Área de estudio.....                 | 11        |
| 5.2 Muestreo de anfibios y reptiles..... | 15        |
| 5.3 Movimiento de la herpetofauna.....   | 18        |
| 5.4 Análisis de datos.....               | 19        |
| <b>6. RESULTADOS.....</b>                | <b>22</b> |
| 6.1 Esfuerzo y éxito de captura.....     | 22        |
| 6.2 Composición.....                     | 22        |
| 6.3 Estimadores.....                     | 25        |
| 6.4 Rarefacción.....                     | 28        |
| 6.5 Especies únicas.....                 | 30        |

|  |           |
|--|-----------|
| 6.6 Abundancia.....                      | 31        |
| 6.7 Diversidad.....                      | 32        |
| 6.8 Distribución de la herpetofauna..... | 34        |
| 6.9 Movimiento de la herpetofauna.....   | 38        |
| <b>7. DISCUSIÓN.....</b>                 | <b>39</b> |
| <b>8. CONCLUSIONES.....</b>              | <b>56</b> |
| <b>9. LITERATURA CITADA.....</b>         | <b>80</b> |
| <b>10. APÉNDICES.....</b>                | <b>58</b> |
| Apéndice 1.....                          | 70        |
| Apéndice 2.....                          | 71        |
| Apéndice 3.....                          | 72        |
| Apéndice 4.....                          | 74        |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación geográfica de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas<br>Y de la Estación de Biología Tropical de Los Tuxtlas..... | 14 |
| Figura 2. Corredor biológico río Balzapote, se muestra cada tramo del<br>corredor y los tres Fragmentos.....                            | 15 |
| Figura 3. Diseño de muestreo sobre el Río Balzapote representando cada<br>Km y los tramos.....  | 16 |
| Figura 4. Estimadores ICE y Chao 2 para anfibios a lo<br>largo del muestreo.....  | 26 |
| Figura 5. Estimadores ICE y Chao 2 para reptiles a lo<br>largo del muestreo.....  | 27 |
| Figura 6. Curvas de rarefacción para anfibios en los ocho sitios del<br>corredor, con intervalos de confianza del 95%.....              | 29 |
| Figura 7. Curvas de rarefacción para reptiles en los ocho sitios del<br>corredor, con intervalos de confianza del 95%.....              | 29 |
| Figura 8. Distribución de la riqueza de especies para cada uno de los<br>tramos de 100 m dentro del corredor.....                       | 34 |
| Figura 9. Distribución de los individuos para anfibios y reptiles a lo largo del<br>río.....  | 35 |
| Figura 10. Abundancia de individuos de anfibios y reptiles en los tres<br>fragmentos.....   | 36 |
| Figura 11. Distribución de las especies más abundantes para anfibios a lo<br>largo del corredor.....                                    | 37 |

Figura 15. Distribución de las especies más abundantes para reptiles a lo  
largo del corredor..... 38

## ÍNDICE DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| Cuadro 1. Composición de la comunidad de anfibios y reptiles en el corredor y en los tres fragmentos..... | 22 |
| Cuadro 2. Riqueza y abundancia de anfibios registrados para los sitios muestreados.....                   | 23 |
| Cuadro 3. Riqueza y abundancia de reptiles registrados para los sitios muestreados.....                   | 24 |
| Cuadro 4. Análisis para la totalidad de anfibios.....   | 26 |
| Cuadro 5. Análisis para la totalidad de reptiles.....   | 27 |
| Cuadro 6. Especies únicas de reptiles y su abundancia para los sitios.....                                | 30 |
| Cuadro 7. Descripción de la abundancia de anfibios y reptiles.....  | 31 |
| Cuadro 8. Índices de diversidad y dominancia para anfibios.....   | 33 |
| Cuadro 9. Índices de diversidad y dominancia para reptiles.....   | 33 |

## RESUMEN

Los corredores biológicos son fragmentos lineales que conectan dos o más áreas grandes de hábitat. Los corredores evitan el aislamiento y permiten el flujo génico continuo entre dos poblaciones de mayor tamaño y con esto incrementa la supervivencia local de las especies. Sin embargo, los corredores también pueden incrementar la dispersión de enfermedades por medio de vectores animales y la movilidad de depredadores. Los corredores ribereños son importantes debido a que la diversidad de especies de plantas y animales suele ser desproporcionalmente alta. Desgraciadamente estas áreas son de gran potencial en la ganadería y la agricultura por lo que muchos de estos sitios son deforestados. Estos corredores son importantes para los anfibios y reptiles debido a que conservan hábitat suficiente para que estos vivan dentro de él.

En el trabajo presente se evaluó detalladamente la distribución y la estructura de las poblaciones de anfibios y reptiles así como su correlación con el microambiente dentro de un corredor biológico ribereño en Los Tuxtlas. Se realizó un muestreo de tres meses continuos a lo largo del río Balzapote. El corredor se dividió en 5 transectos de 1 km, y cada transecto se dividió en 10 tramos de 100 m. Además se muestrearon tres fragmentos aledaños al río.

Se registró un total de 34 especies (12 anfibios y 22 reptiles) y 1056 individuos. El Fragmento F1 fue el sitio con mayor riqueza y abundancia dentro del corredor seguido por el km 1, ambos más cercanos a la fuente. Una prueba Q de Cochran mostró que no hay diferencias en diversidad entre los ocho sitios dentro del río. La prueba de Friedman mostró que hay diferencia en las abundancias entre el Fragmento F1 y el F3 y entre km1 y el F3. El tramo con mayor riqueza se encontró en la parte media del río aunque presentó una abundancia por especie baja. El índice de dominancia mostró que las especies dominantes en el corredor fueron *Anolis uniformis*, *Craugastor rhodopis*, *Basiliscus vittatus* y *Litobathes vaillanti*. Los resultados indicaron que la riqueza no se ve muy afectada con respecto a la distancia del origen, sin embargo, la abundancia disminuye drásticamente, además de que las especies dominantes al inicio de corredor se reemplazan por otras al final del corredor.

# 1. INTRODUCCION

## 1.1 Corredores biológicos

Los corredores biológicos se pueden definir como hábitats lineales que conectan dos o más áreas grandes de hábitat (Beier y Loe, 1992). Los corredores pueden evitar el aislamiento de las poblaciones y permitir un flujo génico continuo entre dos poblaciones de mayor tamaño. El flujo génico evitaría la presión de la endogamia para disminuir las probabilidades de extinción local además, de que pueden proveer hábitat suplementario para varios organismos, debido a que se presentan interacciones pastizal-borde-interior en una pequeña área de tierra (Fahrig y Merriam 1994; Brown *et al.*, 2004).

Los corredores también pueden funcionar como rutas de dispersión. Son componentes de una matriz a través del cual se facilita el movimiento de los individuos y también pueden formar parte de una ruta de dispersión entre dos parches en hábitats fragmentados (Foreman, 1983; Bennett, 2003).

La idea de los corredores biológicos puede ser mantenida en refugios si se mantiene la teoría de biogeografía de islas (MacArthur y Wilson, 1967, MacArthur, 1972). Esta teoría menciona que el número de las especies de un ambiente insular es el resultado de un equilibrio dinámico entre la tasa de inmigración y la tasa de extinción, *in situ* de especies residentes. De esta forma la composición cambia pero el número de especies se mantiene aproximadamente constante. De acuerdo a la teoría del equilibrio los corredores pueden favorecer e incrementar la

velocidad de inmigración y el tiempo esperado de recolonización disminuye debido a la disponibilidad del corredor (Henein y Merriam, 1990; Fahrig y Merriam, 1994).

Aunque los corredores presentan muchas ventajas para la conservación de poblaciones en hábitats fragmentados, también hay que señalar algunas consecuencias negativas que podrían tener. Los corredores además de permitir el movimiento de especies también podrían incrementar la movilidad de enfermedades, incendios y especies introducidas (Estrada y Coates-Estrada, 2002). Sumado a esto los corredores pueden facilitar la entrada a especies oportunistas e invasoras hacia el interior de zonas bien conservadas (Simberloff y Cox, 1987).

Simberloff *et al.* y (1992) Hobbs y Huenneke (2002) mencionan que los corredores que conectan a dos o más parches pueden aumentar o reducir la supervivencia local. La calidad de los conectores puede también afectar la probabilidad que los individuos usen estas rutas de dispersión además de que sobrevivan dentro de él. La calidad de un corredor no sólo se refiere al movimiento de organismos entre parches sino también se refiere al posible apareamiento que se pueda dar dentro de él. De hecho un corredor con una calidad muy baja puede ser una barrera para varias especies (Simberloff y Cox, 1987).

La heterogeneidad presente en los remanentes lineales brinda ciertas características que permiten que exista una mayor riqueza de sapos, ranas, serpientes y lagartijas, a diferencia de zonas homogéneas como la zona núcleo de la selva tropical perennifolia conservada (Burbrink *et al.*, 1998; Villar-Rodríguez,

2007). Sin embargo, es de mayor importancia para el grupo de las salamandras, que la zona se encuentre bien conservada (Hernández, 2005), por lo que su presencia es escasa en corredores.

Un factor importante en un corredor es la calidad que presentan los fragmentos aledaños al corredor. Para que un fragmento pueda mantener una población en buenas condiciones es su tamaño (Fahrig y Merriam 1994). Un fragmento pequeño no va a poder presentar las mismas condiciones de hábitat o factores ambientales como lo podría hacer un fragmento de mayor tamaño, además en remanentes de menor tamaño se encontrará una menor cantidad de especies e individuos (Cabrera, 2005).

Una manera en que el tamaño de parche puede afectar la supervivencia de una población es si la dinámica de la población cambia en relación con la distancia borde-bosque (Fahrig y Merriam, 1994). Urbina-Cardona *et al.* (2006) mencionaron que para anfibios un mayor número de individuos se encuentra en la zona de pastizal, mientras que en la zona de borde se encuentra una mayor riqueza de reptiles en comparación con en el interior o con el pastizal.

## **1.2 Corredores ribereños**

Los corredores de río se refieren a la interfase tierra-agua que se extiende desde un río a través de la zona de vegetación ribereña hacia las superficies adyacentes. Estas áreas son de gran importancia para la biología de la conservación debido a que la diversidad de especies de plantas y animales es alta (Stevens *et al.*, 1977; Brinson *et al.* 1981; Cross, 1985). Los corredores de río

también conectan con otros ecosistemas, lo cual podría facilitar un alto nivel de intercambio ecológico y genético. Watson *et al.* (1991) propusieron a la vegetación que bordea los ríos como una primera alternativa para corredor, ya que brinda conectividad entre remanentes de manchones conservados y permite el movimiento de la fauna de un fragmento a otro.

Si un corredor es importante ante la disminución del hábitat, tal y como algunos corredores ribereños lo son (Noss y Harris, 1986), entonces estos corredores pueden funcionar como un refugio. Foreman (1983) argumentó que la mayoría de los corredores de América del Norte podrían constituir un hábitat único para las especies en zonas perturbadas. Los fragmentos con corredores tipo río pueden estar a menor distancia de granjas, casas y ciudades y por lo tanto ser mas afectados por actividades humanas (Lees y Peres, 2008). Los ríos tienen un gran potencial para la ganadería y para la agricultura por lo que muchos de estos sitios son deforestados (Ferreira y Laurance 1997; Cochrane y Laurance, 2002, Lees y Peres, 2008), y debido a la cercanía con el hombre los corredores ribereños son mas vulnerables a tener un efecto de borde (Ferreira y Laurance 1997; Cochrane y Laurance, 2002).



## 2. ANTECEDENTES

Algunos estudios realizados sobre corredores biológicos han demostrado que éstos pueden ser usados por poblaciones de animales para su dispersión y mantenimiento. Merriam y Lanoue (1990), Bennet (1990), Laurence y Laurence (1999) y Wike *et al.* (2000) observaron que mamíferos pequeños usan los corredores para moverse entre arboledas en un paisaje fragmentado. En aves han observado que las poblaciones se pueden mover grandes distancias dentro de un corredor para encontrar alimento o sitios para habitar (Anderson *et al.* 1977, Wegner y Merriam 1979 y Dmowski y Kozakiewicz 1990); además, se ha comprobado que dentro de los remanentes lineales se pueden encontrar especies endémicas de aves (Sieving *et al.*, 2000). A diferencia de los trabajos con los grupos ya mencionados; los estudios con reptiles y anfibios en corredores biológicos son escasos. Beier y Loe (1992) mencionan que los habitantes de un corredor, tal como anfibios y reptiles necesitan de la mayoría o de todos sus requerimientos de su ciclo de vida para habitar en un corredor, además de que pueden requerir de generaciones para moverse a través de un corredor. Burbrink (1998) encontró que el tamaño de los ríos afecta la presencia de algunas especies de anfibios a causa de que en esa zona el individuo no encuentra los requerimientos necesarios para cumplir su ciclo de vida (áreas de forrajeo, zonas de reproducción, etc.). Además, los arroyuelos pueden estar más fácilmente asociados a las actividades ganaderas y agrícolas que interfieren con la conectividad del corredor con otros fragmentos. Podrían provocar la aparición de especies invasoras o tolerantes al disturbio, tal como el sapo *Rhinela marina*

(Villar-Rodríguez, 2007). Hutchinson (1987) observó que debido a la actividad agrícola en zonas altas, los ríos se ven afectados y se vuelven más limosos, lo cual afecta a especies de serpientes como *Nerodia sipedon* y *N. rhombifer* que son conocidas por habitar aguas claras.

## **2.1 Corredores en Los Tuxtlas**

La deforestación ha sido uno de los principales problemas de la región de Los Tuxtlas, provocada principalmente por actividades agrícolas, ganaderas, forestales y de asentamientos humanos. Las tasas anuales de deforestación para principios de los años 90 fueron de 4.3%, lo cual ha determinado que algunas zonas del área protegida no tengan zonas de amortiguamiento, los potreros están en contacto directo con los bordes de la reserva (Dirzo y García, 1992). La deforestación ha causado la pérdida de cobertura forestal en más del 85% con respecto a la original. Sólo permanece un macizo montañoso y cerca de 1000 fragmentos de bosque esparcidos, con formas y tamaños diversos, algunos notablemente perturbados (Dirzo, 2004; Guevara *et al.*, 2004). Debido a esta fragmentación Guevara *et al.* (2004) mencionan que los esfuerzos para la conservación se deben de centrar en los fragmentos de tierras bajas conectados por corredores de vegetación ribereña y bosque secundario, para que la restauración natural pueda ser estimulada en potreros abandonados.

Varios estudios con corredores se han realizado en esta región principalmente con aves, monos aulladores (*Allouata palliata*), murciélagos y escarabajos (Estrada y Coates, 1993, 1999, 2002; Estrada *et al.* 1997, 1998).

Estos estudios mencionan que los corredores son de gran utilidad para los organismos que los utilizan como rutas para llegar a otros fragmentos, encontrar alimento o como sitios de reposo ya sea temporal o permanentemente.

Las investigaciones encaminadas a la relación de los corredores biológicos y la herpetofauna son pocos. Villar-Rodríguez (2007) observó que los corredores ribereños con ambientes conservados y que contenían microhábitats de hojarasca y rocas son preferidos por anfibios, mientras que en reptiles fue importante la heterogeneidad encontrada en los fragmentos lineales con pequeños remanentes a lo largo de este. También menciona que los fragmentos interconectados tanto pequeños como grandes son más importantes que la cercanía a la zona núcleo ya que se encuentran especies afines a la zona núcleo de manera abundante en fragmentos lejanos a ella. Además explica que el efecto de los corredores en los anfibios y reptiles podría verse a largo plazo debido al poco movimiento de estas especies, la ocupación de los corredores estaría dada por paulatinos avances de las poblaciones en dichos territorios.

### **3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Evaluar la distribución y la estructura de las poblaciones de anfibios y reptiles dentro de un corredor biológico ribereño en la región de Los Tuxtlas, Veracruz.

#### **Objetivos particulares**

- Estimar la riqueza, composición, abundancia, diversidad y dominancia de la comunidad de anfibios y reptiles a lo largo de un corredor biológico y los fragmentos aledaños.
- Analizar la variación en la riqueza y abundancia de las especies con respecto a la distancia del fragmento principal en el corredor y en los fragmentos.
- Describir cómo es el recambio de especies en el gradiente de una zona conservada hasta un sitio perturbado dentro del corredor.
- Estudiar el movimiento de las especies dominantes dentro del corredor.
- Analizar cuál es la importancia de un corredor biológico ribereño en una zona perturbada.

#### **4. HIPÓTESIS**

1. Si el tipo de vegetación presente en el río empieza a cambiar, entonces se espera una diferencia en la estructura de las poblaciones a lo largo del río y en los fragmentos aledaños a este.
2. Si las zonas mas lejanas al fragmento inicial presentan un nivel de perturbación alto entonces la riqueza y abundancia de anfibios y reptiles disminuirá.
3. Si los fragmentos más lejanos a la zona nucleo presentan una mayor perturbación, entonces se espera que la composición de la herpetofauna cambie en el fragmento a mayor distancia de la fuente.

## 5. MÉTODOS

### 5.1 Área de estudio

El área de estudio se localiza en la parte noroeste de la selva tropical de Los Tuxtlas dentro de la Estación de Biología de Los Tuxtlas. Esta estación se ubica en la planicie costera del golfo de México, en la parte sur del estado de Veracruz dentro del municipio de San Andrés Tuxtla, a 30 km NE de la ciudad de Catemaco por la carretera Catemaco-Montepio en el sureste de México (Figura 1). La región de Los Tuxtlas es una zona con una gran diversidad biológica y un alto grado de endemismo debido a la heterogeneidad del paisaje ocasionado por factores como clima, latitud, acción antropogénica y complejidad topográfica (Dirzo *et al.* 1997).

La zona de Los Tuxtlas es el límite norte de la selva húmeda dentro del continente (Pennington y Sarukhan, 1968). En la actualidad se observa la presencia de pastizales, denominados potreros, debido a su utilización de las tierras para la ganadería. Los potreros son zonas complejas tanto en riqueza faunística y florísticamente hablando (Guevara *et al.* 1992, 1994, 1997) debido a que se encuentran separando a los remanentes de selva y contienen los árboles nativos dentro de ellos. En esta región se pueden encontrar diferentes 3 tipos de vegetación: fragmentos de selva, acahuales, corredores de vegetación ribereña y 2 comunidades de vegetación: cercas vivas y árboles aislados (Guevara *et al.* 1997).

Fragmentos de selva. Estas áreas son selvas no taladas, que mantienen su vegetación de origen, normalmente debido a que sus condiciones no son las mejores para la agricultura. Se encuentran en zonas con mucha pendiente, cimas,

zonas inundables o pedregosas y por lo general se encuentran rodeados por potreros (Guevara *et al.* 1997).

Vegetación secundaria (acahuales). Potreros que han sido olvidados o que se encuentran en descanso. Este tipo de vegetación es rara por la actividad ganadera de las zonas agrícolas. La vegetación de estos sitios varía de acahual a acahual debido a la edad que presentan (Guevara *et al.* 1997).

Corredores de vegetación ribereña. Están constituidos por una serie de árboles que son dejados a lo largo de la orilla de los ríos y arroyos cuando talan los fragmentos de selva. Lo único que se mantiene son los árboles que se encuentran en los bordes de los cauces (Guevara *et al.* 1997).

Cercas vivas. Las cercas vivas se componen de árboles alineados, los cuales son utilizados para mantener un alambre de púas y delimitar los terrenos personales. Los árboles son plantados a partir de estacas o son árboles remanentes dejados como tal para este propósito. Las especies más utilizadas para este propósito son el palo mulato (*Bursera simaruba*), cocuite (*Gliricidia sepium*) y el cosquelite (*Erythrina folkersii*) (Guevara *et al.* 1997).

Árboles aislados. Son árboles dejados para mantener una sombra dentro del potrero, tener una reserva de madera, obtención de frutos o que no pudo ser cortado (Guevara *et al.* 1997).

El estudio se realizó a lo largo del río Balzapote. Este arroyo tiene su origen a partir de un ojo de agua dentro de la Estación de Biología y desemboca en la costa del poblado de Balzapote, abarcando desde las latitudes 18°35'21.97'' N y

95°05'11.65'' W hasta 18°37'10.82'' N y 95°04'04.42'' W. Para esta investigación solo se muestreó la parte con características de corredor biológico, empezando en las coordenadas 18°35'08.41'' N y 95°04'25.16'' W y finalizando en 18°36'57.31'' N y 95°04'13.65'' W. El muestreo abarcó una distancia de cinco kilómetros, con una altitud inicial de 64 msnm y una final de 3 msnm (Figura 2). La vegetación presente a lo largo del río es vegetación ribereña y en algunas zonas pueden encontrarse diferentes tipos de vegetación como pastizal, acahual y de remanente de selva donde predomina la palma espinosa *Astrocaryum mexicanum*. Los datos ambientales para cada km se presentan en el Apéndice 1. A lo largo del río fue posible encontrar tres parches de selva. El primero forma parte del Jardín Botánico de la Estación de Biología y es parte del fragmento continuo de la Estación, separado de ésta por el camino que lleva a Montepío. El segundo es un fragmento sin nombre que se encuentra a una distancia de 3.1 km de la estación sobre el río Balzapote. El tercero es el fragmento de Balzapote que se encuentra a una distancia de 4.4 km de la estación y a solo 0.5 km de el poblado de Balzapote.



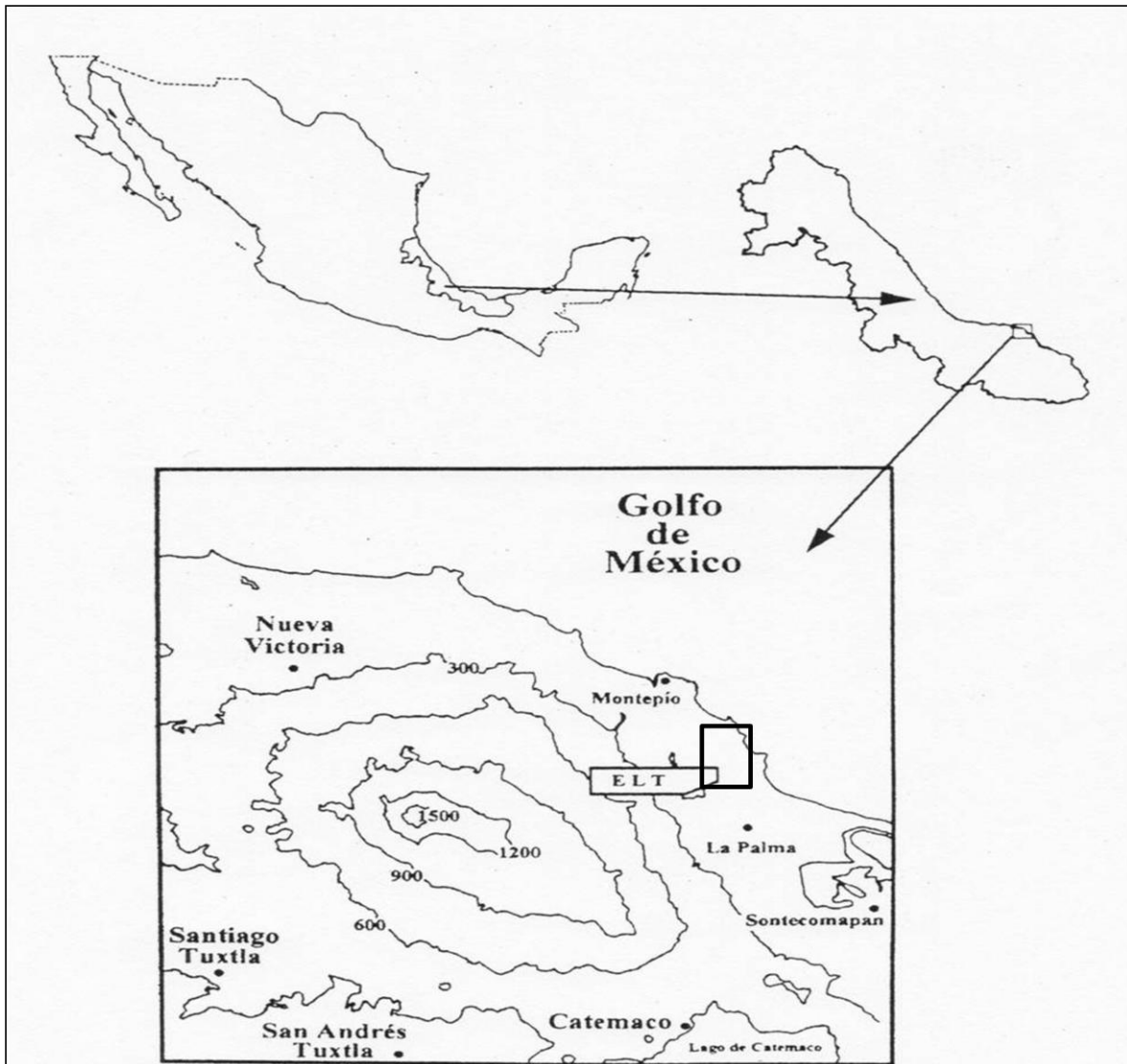


Figura 1. Ubicación geográfica de la porción Norte de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas y de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (Tomado de Dirzo *et al.*, 1997).  
ELT= Estación Los Tuxtlas.

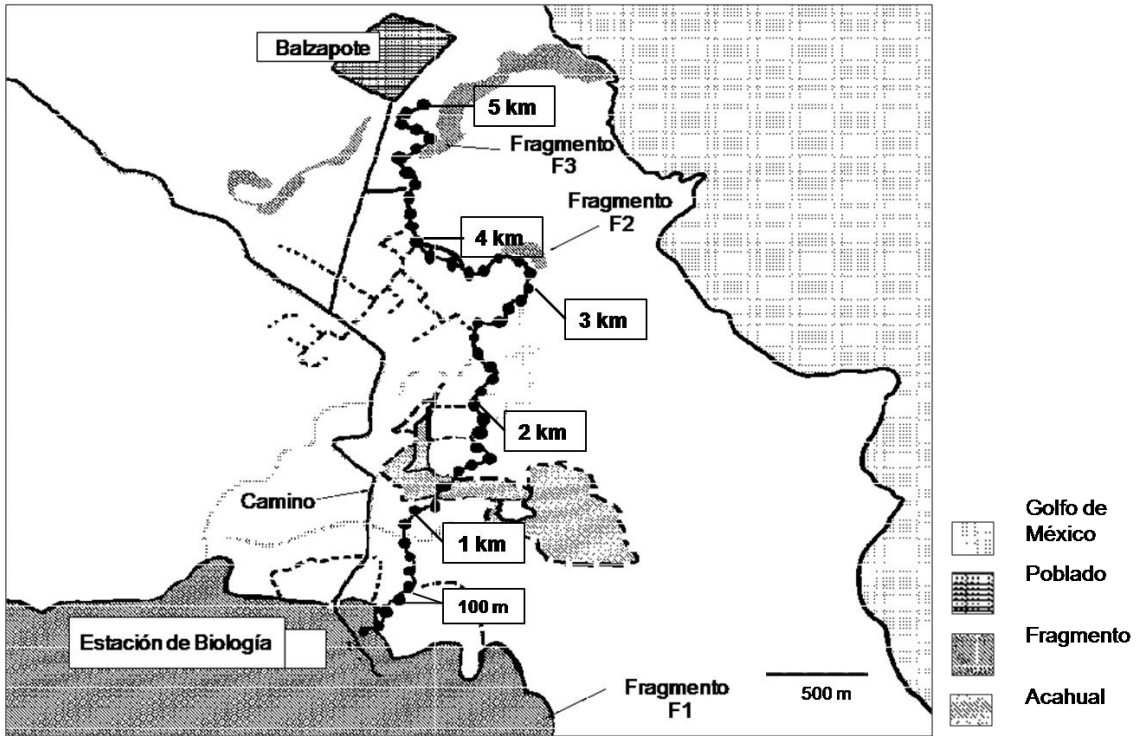


Figura 2. Corredor biológico río Balzapote, se muestra cada tramo del corredor y los tres fragmentos de selva.

## 5.2 Muestreo de anfibios y reptiles

Se realizó una sola salida a campo con una duración de tres meses (mayo, junio y julio del 2008). Durante la primera semana se clavaron estacas de madera de 30 cm de largo separadas por una distancia de 100 m una de la otra hasta marcar 5 km a lo largo del río (Figura 3), con la finalidad de tener límites para cada uno de los recorridos y saber la ubicación de la colecta con respecto al hábitat.

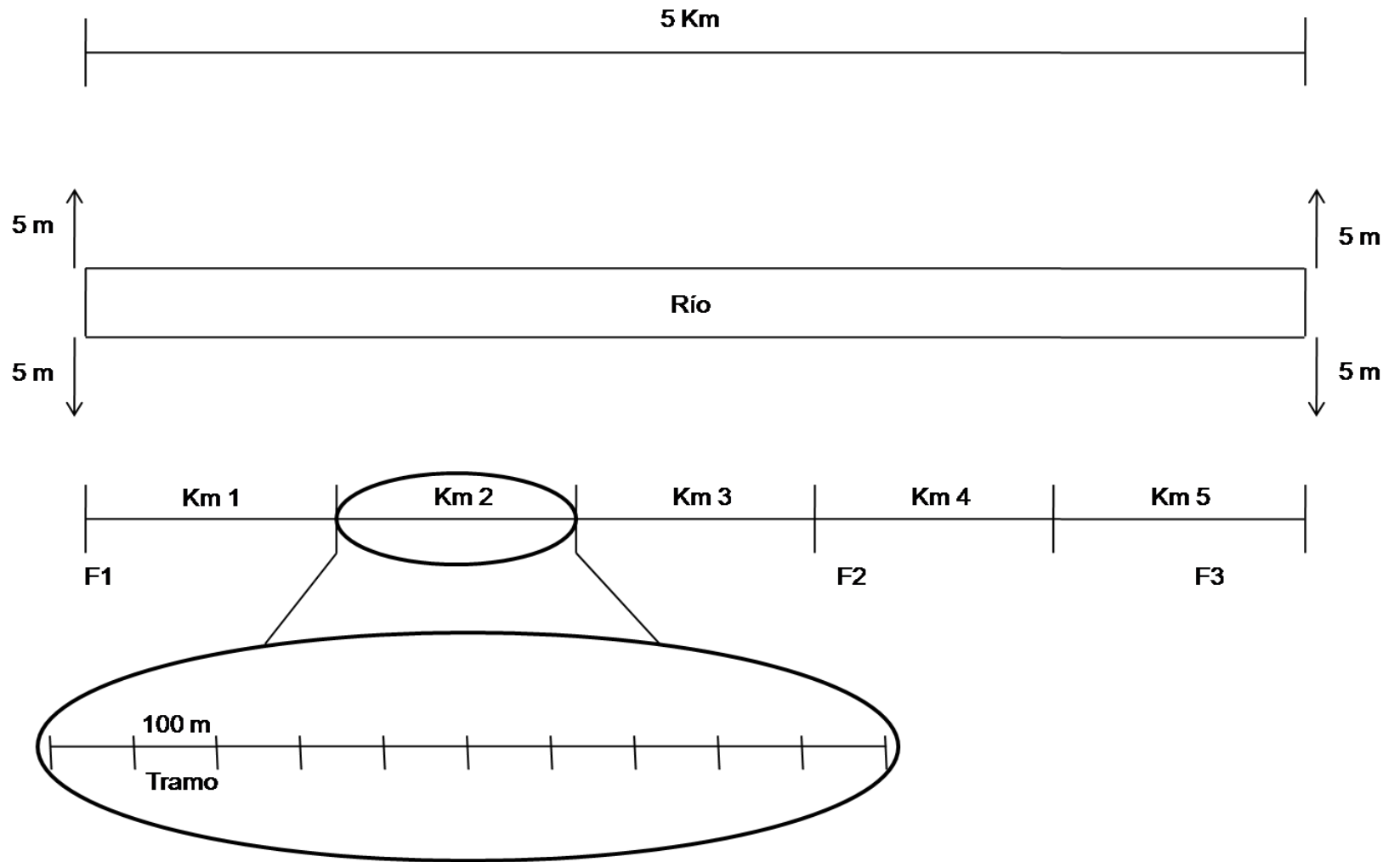


Figura 3. Diseño de muestreo sobre el Río Balzapote representando cada km y los tramos.

Se realizaron en total 56 recorridos a lo largo del corredor biológico Balzapote y cada sitio (fragmentos y transectos de 1 km) se muestreó siete veces. Los recorridos fueron realizados por una persona, recorriéndose un kilómetro del corredor con horario tanto matutino como nocturno. Cada recorrido tenía una duración de cuatro horas (09.00-13.00 horas en la mañana y de 19.00-23.00 horas en la noche), intentando dar la misma duración para cada uno de los 100 m. Se tomó el río como línea intermedia de un transecto por lo que la búsqueda de individuos se hizo hasta una distancia de 5 m cada lado del río Balzapote (Figura 3).

Se registraron los avistamientos de todos los especímenes a ambos lados del río. Para evitar una sobrestimación de la población, cada individuo fue capturado y marcado por medio de corte de falanges con la finalidad de reconocerlo en caso de que fuera una recaptura. Las serpientes no se marcaron para el estudio puesto que debido a su baja abundancia se supuso que no habría recapturas. Después de completar los 5 km del río se muestrearon los 3 fragmentos que conectaba el río; El Jardín Botánico de la Estación de Biología (F1), el fragmento intermedio (F2), siendo este el más pequeño y el fragmento de Balzapote (F3). Cada fragmento se muestreó en un día con el mismo horario que los recorridos del corredor.

Para ayudar con la identificación de los organismos se realizó una guía ilustrada de la herpetofauna que podría estar presente en la región (Becerra, Luna

y Reynoso, en preparación) con ayuda de una lista otorgada por Pérez-Higareda (sin publicar) de las especies que posiblemente se encuentran en la región de la Estación de Biología. Los organismos que no fueron identificados en el campo se llevaron vivos a la Estación para su correcta identificación siendo después liberados en el sitio de captura. Durante el recorrido del río se capturó un individuo de cada especie como referencia. Todos los ejemplares colectados se depositaron en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles, del Instituto de Biología de la UNAM.

### **5.3 Movimiento de la herpetofauna**

El movimiento de los organismos se midió por medio del marcaje de los individuos de las especies. *Anolis uniformis*, *Sceloporus variabilis*, *Craugastor rhodopis* y *Lithobates vaillanti* al ser especies abundantes en la zona y fáciles de atrapar. El marcaje se realizó dándole un número a cada miembro del individuo de la manera siguiente; pata frontal derecha = I, pata frontal izquierda = II, pata posterior derecha = III y pata posterior izquierda = IV. Los dedos fueron numerados de adentro hacia afuera con números arábigos, siendo en interior el 1 y el exterior el 5. Se aplicó un conteo diferente para hembras y otro para machos esto solamente para el caso de lagartijas donde es más fácil el sexado (Apéndice 1).

Al momento de la captura se anotó la ubicación en el tramo de 100 m donde se le encontró, y posteriormente cada organismo fue liberado en el mismo sitio. Al recapturarse se apuntó el lugar donde fue la recaptura y se liberó. Si los sitios de

captura y recaptura eran diferentes por tramos de 100 m se considera que el corredor es usado de una manera activa, ya que es usado para el movimiento entre fragmentos y no sólo como un sitio para habitar.

## **5.5 Análisis de datos**

Se determinó la riqueza de especies, composición y abundancia de individuos por especie. Se obtuvo una curva de acumulación de especies tanto para la herpetofauna general como para anfibios y reptiles por separado en función de los días de muestreo. Esto con el fin de saber si el muestreo es representativo del muestreo. Estos valores se compararon contra los estimadores no paramétricos, ICE y Chao 2, utilizando el programa Estimates win 8.0 (Colwell, 2006).

El estimador Chao 2 se basa en el número de especies que se presentan solamente en una muestra y reduce el sesgo de los valores estimados (Moreno, 2001), por lo que representa el más riguroso estimador de los empleados en el análisis de los datos. Para afirmar que el muestreo fue realizado de la manera correcta y que este sea representativo, los porcentajes de los estimadores deben estar por arriba del 80% (Soberón y Llorente, 1993) de las especies colectadas. ICE se basa en especies encontradas en menos de 10 muestreos, y es usado para saber el número de especies que se encuentran en un sitio (Magurran, 2004).

Para obtener el análisis de la riqueza se realizaron curvas de rarefacción, con base en la función Mao Tau obtenida en el programa Estimates 8.0 Win (Colwell, 2006). Este programa menciona que el número de especies aumenta con

el tamaño de la muestra, calculando el número de especies esperadas (Magurran, 1988). Con esto se pueden hacer comparaciones entre los números de especies de las comunidades cuando el tamaño de muestra no es similar (Moreno, 2001). Se aplicaron intervalos de confianza de 95% y se compararon gráficamente.

Para conocer las diferencias de la composición de especies por transecto se obtuvo la composición de especies de cada zona y se aplicó la prueba de Q de Cochran con el programa Statistica 8 (Stat Soft, 2008). Esta prueba proporciona un método para examinar si tres o más conjuntos igualados de frecuencias o proporciones difieren significativamente entre sí (Siegel, 1988). Esta igualación se obtuvo transformando los datos de riqueza en presencia-ausencia de especies. También se aplicó la prueba de Friedman para comprobar si existían diferencias significativas de abundancia entre los sitios. En caso de encontrarse diferencias se aplicó la prueba de Nemenyi (Zar, 1999) para ver entre que sitios existía diferencia.

El índice de diversidad de Shannon-Weiner es una medición que se toma a partir de la riqueza de especies y la abundancia relativa de las mismas (Magurran, 2004). Se asume que los individuos son muestreados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Moreno, 2001). Por lo tanto, la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada adquiere valores de cero cuando hay una sola especie y valores del logaritmo del número de las especies, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 2004; Hutcheson, 1970). Para sacar el índice se usó el programa Biodiversity Pro (McAlece, 1997). En una comunidad los valores

del índice de ( $H'$ ), varían entre 0 para comunidades poco diversos y 3.5 para comunidad muy diversas (Magurran, 2004).

La dominancia es un parámetro inverso de uniformidad o equidad de la comunidad. Este índice toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001). Para este estudio se utilizó el índice de dominancia de Berger-Parker que marca la importancia de la especie más abundante y el inverso manifiesta el número de individuos que dominan la muestra. Estos índices se calcularon por medio del programa Biodiversity Pro (McAlecece, 1997).



## 6. RESULTADOS

### 6.1 Esfuerzo y éxito de captura

En 56 días de muestreo se acumularon un total de 448 horas-hombre de esfuerzo de captura. Con un éxito de captura promedio para el corredor de 2.35 individuos por hora muestreada. El éxito a lo largo del río fue de 2.40 organismos por hora de muestreo y para los fragmentos fue de 2.27 individuos/hora.

### 6.2 Composición

En el corredor y en los fragmentos se encontraron un total de 34 especies. Veintidós especies distribuidas en 19 géneros pertenecen a la clase reptilia y 8 géneros con 12 especies pertenecientes a la clase amphibia (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Composición de la comunidad de anfibios y reptiles en el corredor y en los tres fragmentos.**

| Grupos       | Familias  | Géneros    | Especies   | % del total |
|--------------|-----------|------------|------------|-------------|
| Anuros       | 5 (33.3%) | 8 (29.6%)  | 12 (35.9%) | 35.29       |
| Lagartijas   | 8 (53.3%) | 11 (40.7%) | 14 (41.1%) | 41.18       |
| Serpientes   | 2 (13.3)  | 8 (29.6%)  | 8 (23.5%)  | 23.53       |
| <b>Total</b> | <b>15</b> | <b>27</b>  | <b>34</b>  | <b>100</b>  |

El grupo de los reptiles representa el 64.71% del total de las especies registradas. Dentro de este grupo el mayor porcentaje es para las lagartijas con un 41.18% y un total de 14 especies, mientras que el grupo de los anuros está representado con un 35.29% del total de las especies para el corredor y los fragmentos.

En los cuadros 2 y 3 se observa la riqueza y abundancia total de cada uno de los transectos (1 km) donde se realizó el muestreo, se observa como se compone la herpetofauna a lo largo del corredor y en los tres fragmentos.

**Cuadro 2. Riqueza y abundancia de anfibios registrados para los sitios muestreados.**

| <b>Especies/Sitios</b>            | <b>Km 1</b> | <b>Km 2</b> | <b>Km 3</b> | <b>Km 4</b> | <b>Km 5</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>F3</b> |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Craugastor berkenbuschi</i>    | 24          | 4           | 3           | 3           | 1           | 1         | 0         | 0         |
| <i>C. pygmaeus</i>                | 2           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0         | 0         | 2         |
| <i>C. rhodopis</i>                | 66          | 34          | 21          | 16          | 7           | 46        | 7         | 3         |
| <i>C. vulcani</i>                 | 26          | 11          | 8           | 5           | 3           | 13        | 4         | 0         |
| <i>Dendropsophus microcephala</i> | 0           | 0           | 0           | 1           | 4           | 0         | 0         | 0         |
| <i>Leptodactylus melanonotus</i>  | 2           | 1           | 6           | 0           | 0           | 3         | 1         | 0         |
| <i>Lithobates vaillanti</i>       | 0           | 2           | 9           | 28          | 16          | 0         | 0         | 0         |
| <i>Incilus valliceps</i>          | 3           | 1           | 2           | 25          | 12          | 27        | 0         | 0         |
| <i>Rhinella marina</i>            | 3           | 4           | 5           | 1           | 5           | 0         | 0         | 0         |
| <i>Smilisca baudini</i>           | 0           | 10          | 4           | 3           | 1           | 2         | 0         | 0         |
| <i>S. cyanosticta</i>             | 1           | 0           | 0           | 0           | 2           | 0         | 0         | 0         |
| <i>Syrrophus leprus</i>           | 2           | 0           | 0           | 1           | 0           | 1         | 0         | 0         |

**Cuadro 3. Riqueza y abundancia de reptiles registrados para los sitios muestreados.**

| <b>Especies/Sitios</b>                | <b>Km 1</b> | <b>Km 2</b> | <b>Km 3</b> | <b>Km 4</b> | <b>Km 5</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>F3</b> |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>LAGARTIJAS</b>                     |             |             |             |             |             |           |           |           |
| <i>Ameiva undulata</i>                | 0           | 0           | 1           | 0           | 0           | 13        | 0         | 0         |
| <i>Anolis rodriguezi</i>              | 6           | 9           | 6           | 3           | 2           | 21        | 2         | 0         |
| <i>A. sericeus</i>                    | 0           | 8           | 2           | 1           | 1           | 0         | 1         | 0         |
| <i>A. tropidonotus</i>                | 1           | 0           | 0           | 0           | 1           | 6         | 1         | 2         |
| <i>A. uniformis</i>                   | 59          | 20          | 0           | 12          | 11          | 96        | 38        | 67        |
| <i>Basiliscus vittatus</i>            | 5           | 0           | 12          | 21          | 30          | 0         | 2         | 8         |
| <i>Corytophanes<br/>hernandezi</i>    | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 2         | 0         | 0         |
| <i>Iguana iguana</i>                  | 0           | 0           | 1           | 0           | 4           | 0         | 0         | 0         |
| <i>Lepidophyma tuxtlae</i>            | 7           | 0           | 1           | 0           | 0           | 2         | 1         | 0         |
| <i>Mabuya brachypoda</i>              | 1           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0         | 1         | 0         |
| <i>Plestiodon sumichrasti</i>         | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0         | 1         | 0         |
| <i>Rhadinea decorata</i>              | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 1         | 0         | 0         |
| <i>Sceloporus variabilis</i>          | 2           | 6           | 12          | 8           | 7           | 0         | 1         | 0         |
| <i>Sphaerodactylus glaucus</i>        | 2           | 0           | 1           | 1           | 0           | 0         | 0         | 0         |
| <i>Sphenomorphus cherriei</i>         | 7           | 2           | 7           | 2           | 0           | 14        | 1         | 0         |
| <b>SERPIENTES</b>                     |             |             |             |             |             |           |           |           |
| <i>Coniophanes fissidens</i>          | 1           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0         | 0         | 0         |
| <i>Drymobius margaritiferus</i>       | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 1         | 0         | 0         |
| <i>Imantodes cenchoa</i>              | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 2         | 0         | 0         |
| <i>Leptodeira<br/>septentrionalis</i> | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 2         | 0         | 0         |
| <i>Leptophis ahaetulla</i>            | 0           | 0           | 0           | 1           | 0           | 0         | 0         | 0         |
| <i>Micrurus limbatus</i>              | 0           | 0           | 1           | 0           | 0           | 0         | 0         | 0         |
| <i>Ninia sebae</i>                    | 2           | 0           | 0           | 0           | 0           | 1         | 0         | 0         |

En el cuadro 2 se observa que cinco especies de anuros se encuentran presentes a lo largo de los 5 km del río, mientras que *Craugastor rhodopsis* fue la única especie observada tanto en los tres fragmentos como en toda la extensión del río. El km 1, 4 y 5 son los sitios con mayor riqueza con 9 especies cada uno, aunque la composición es diferente. El Fragmento 1 fue el sitio con mayor abundancia de los sitios muestreados, aunque en riqueza ocupa el sexto lugar del muestreo en anfibios. El menor número de especies registradas para un sitio fueron dos para el Fragmento 3.

En reptiles, la mayor riqueza y abundancia se presentó en el Fragmento 1 con 12 especies, seguido por el km 1 con 11. El sitio con menor riqueza fue el Fragmento 3 con sólo tres especies. La especie que se encontró en la mayoría de los sitios fue *A. uniformis*, que solo estuvo ausente en el km 3. Organismos como *Corytophanes hernandezii*, *Leptodeira septentrionales*, *Imantodes cenchoa* y *Rhadinea decorata* fueron vistos solo en el fragmento 1, mientras que *Leptophis ahaetulla* solo estuvo presente en el km 4.

### **6.3 Estimadores**

La figura 4 muestra la curva de acumulación de anfibios en la cual se aprecia que se logra asíntotizar en el día 18 de muestreo. Para los estimadores no paramétricos ICE y Chao 2, los cuatro igualan al muestreo y finalizan en el mismo punto de la curva observada.

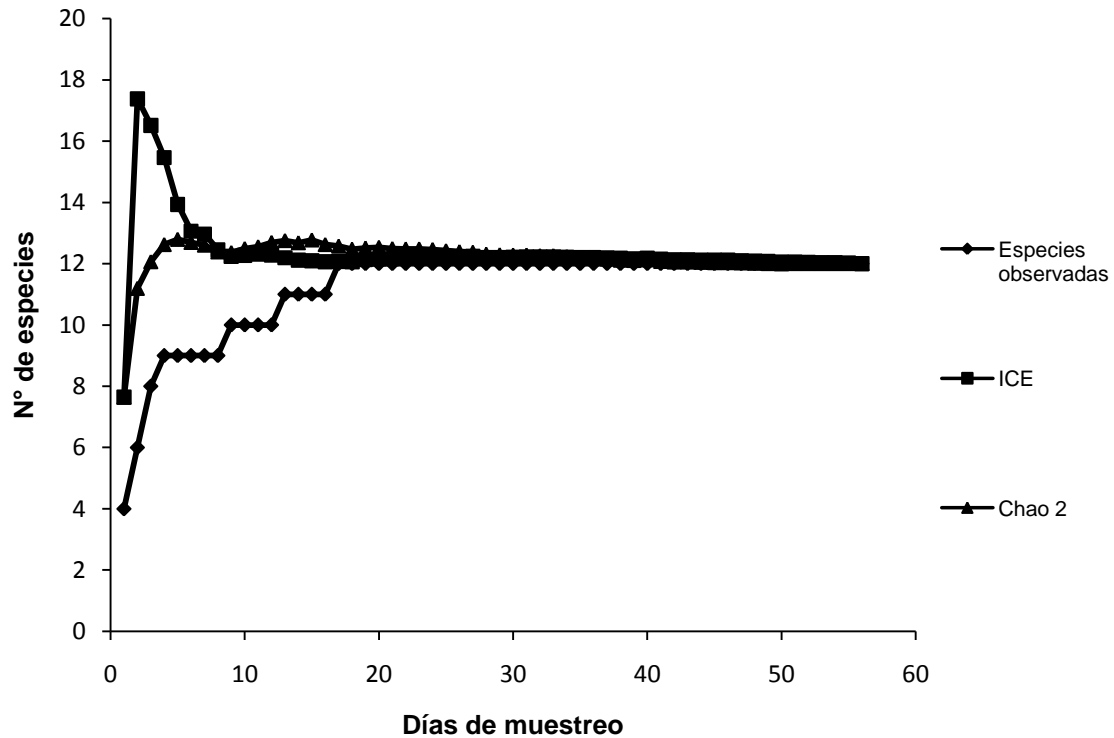


Figura 4. Estimadores ICE y Chao 2 para anfibios a lo largo del muestreo.

Para los anfibios los estimadores dieron un valor del 100% (Cuadro 4) por lo que podemos decir que el muestreo para este grupo está completo y que se encontraron todos los anfibios que se pudieran encontrar en los sitios muestreados.

Cuadro 4. Análisis de la totalidad de anfibios.

|                     | Número de especies | Total (%) |
|---------------------|--------------------|-----------|
| Especies observadas | 12                 |           |
| ICE                 | 12                 | 100       |
| Chao 2              | 12                 | 100       |

En la curva de acumulación de especies de reptiles (figura 5), se observa que la curva de especies observadas llega a la asíntota hasta el día 38. Para los

índices solo ICE llega a estar en una constante a partir del día 42. Mientras que el otro estimador no llega a una estabilización en la curva. Aunque aproximaron sus valores a los observados para finales del muestreo.

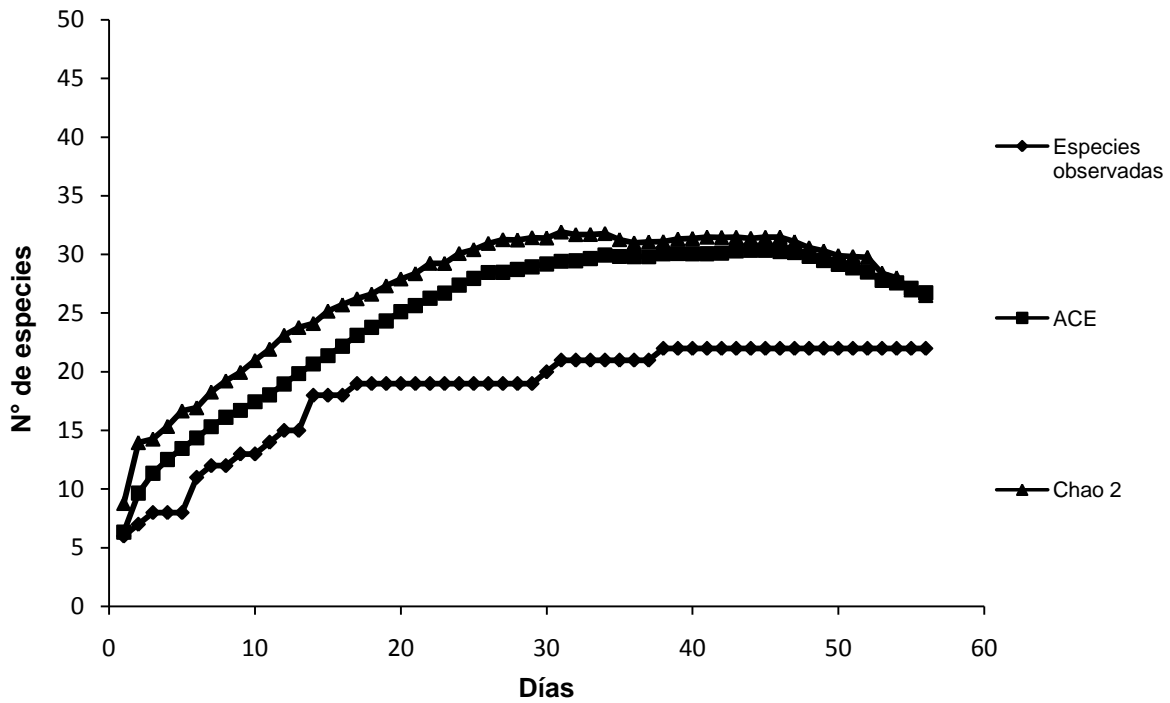


Figura 5. Estimadores ICE y Chao 2 para reptiles a lo largo del muestreo.

En reptiles, solo Chao 2 alcanzó el 80% mientras que ICE sólo llego al 76.76% pero al estar cerca del mínimo requerido podemos asumir que el muestreo es representativo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de la totalidad de reptiles.

|                     | Número de especies | Total (%) |
|---------------------|--------------------|-----------|
| Especies observadas | 22                 |           |
| ACE                 | 26.75              | 82.2      |
| ICE                 | 28.66              | 76.76     |
| Chao 1              | 26.5               | 83.01     |
| Chao 2              | 26.5               | 83.01     |

## 6.4 Rarefacción

En las figuras 6 y 7 se muestran las curvas de anfibios y reptiles respectivamente. En el primer caso se observa que los sitios con una mayor riqueza son el Km 1 y Km 4, aunque el km 1 requirió de un mayor esfuerzo adicional para igualar el número de especies. El Km 3 es el único sitio donde se registraron todos los organismos posibles con el menor número de individuos. Como en los casos anteriores los intervalos de confianza se superponen unos con otros, por lo tanto la riqueza en los ocho lugares muestreados presenta una similitud en relación a los organismos que se encontraron.

La rarefacción en reptiles muestra que la mayor riqueza de especies en función del número de individuos observados se encuentra presente en el Fragmento 1. También se observa que los intervalos de confianza se superponen lo que indica que no hay una diferencia entre los sitios de muestreo con relación a las especies registradas. Además, para los Km 2, 5 y el Fragmento 3 se llegó a la asíntota por lo que podemos suponer que se registraron todas las especies que se pudieran haber encontrado en estos sitios.

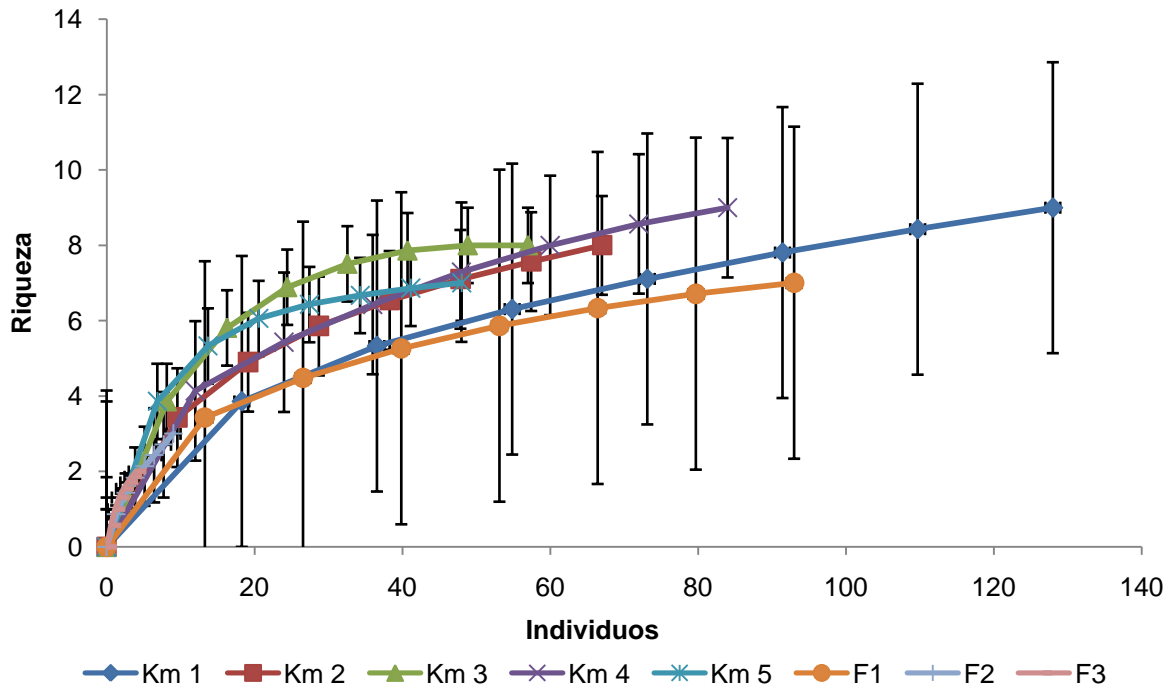


Figura 6. Curvas de rarefacción para anfibios en los ocho sitios del corredor, con intervalos de confianza del 95%.

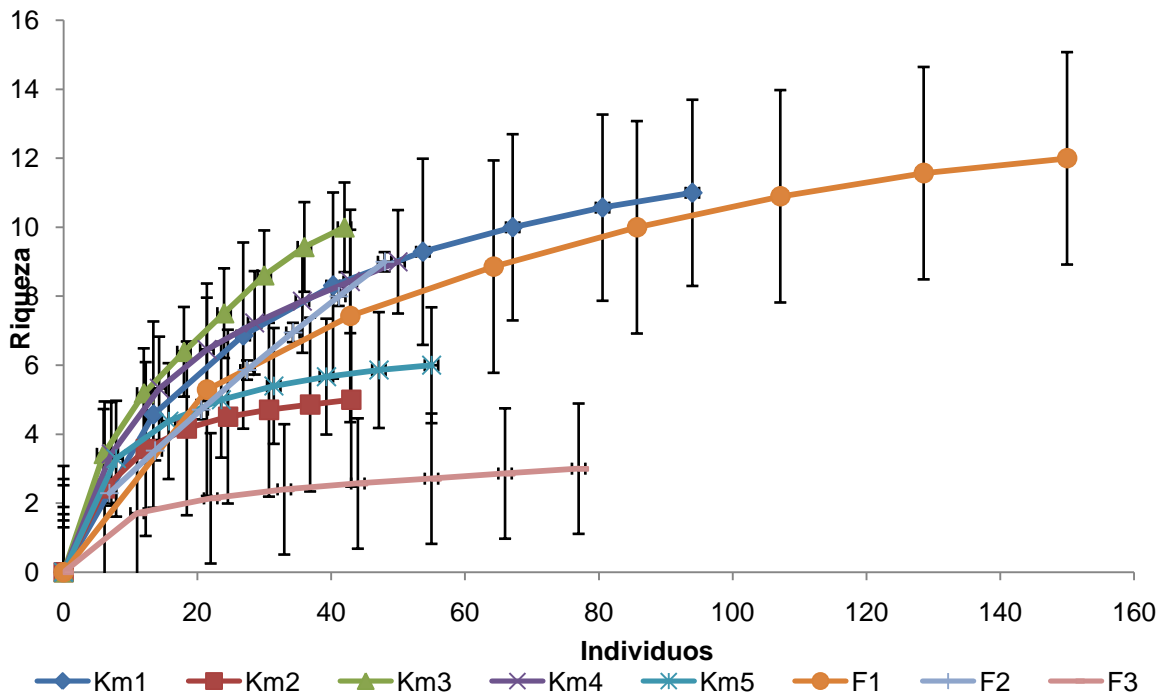


Figura 7. Curvas de rarefacción para reptiles en los ocho sitios del corredor, con intervalos de confianza del 95%.



## 6.5 Composición de especies

Con el estadístico Q de Cochran se encontró que en anfibios  $Q= 12.65$  ( $p=0.48$ ), lo que implica que la composición de las especies es similar para todos los sitios. Para los reptiles se presenta el mismo caso donde  $Q= 9.03$  ( $p= 0.17$ ) y no hay diferencias en la composición de las especies en todo el corredor.

## 6.6 Especies únicas

En ningún sitio se encontró una especie única de anfibios ya que todas estuvieron presentes en al menos dos sitios del corredor. En reptiles algunos se presentaron sólo en un sitio. El sitio que presentó un mayor número de especies únicas dentro del corredor fue F1 con tres especies de serpientes y una de lagartija. En los segmentos del transectos km 1, km 3 y km 4 solo se encontró una serpiente exclusiva y en el F2 sólo se encontró una lagartija única (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Especies únicas de reptiles y su abundancia para los sitios.**

| Km 1                                | Km 3                            | Km 4                              | F1                                       | F2                                   |
|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------------|
| <i>Coniophanes fissidens</i><br>(1) | <i>Micrurus limbatus</i><br>(1) | <i>Leptophis ahaetulla</i><br>(1) | <i>Corytophanes hernandezi</i><br>(2)    | <i>Plestiodon sumichrasti</i><br>(1) |
|                                     |                                 |                                   | <i>Drymobius margaritiferus</i><br>(1)   |                                      |
|                                     |                                 |                                   | <i>Imantodes cenchoa</i><br>(2)          |                                      |
|                                     |                                 |                                   | <i>Leptodeira septentrionalis</i><br>(2) |                                      |
|                                     |                                 |                                   | <i>Rhadinea decorata</i><br>(1)          |                                      |

## 6.7 Abundancia

El número total de individuos fue de 1056, de los cuales la mayoría corresponden al Fragmento F1 y al Km 1 con 252 y 223 respectivamente. En anfibios el sitio con mayor abundancia fue el Km 1 con 127 individuos seguido por el Fragmento F1 con 96 y el Km 4 con 88 organismos de un total de 498. En reptiles el sitio con mayor abundancia fue el Fragmento F1 con 151 individuos de un total de 564, seguido por el Km 1 y el Fragmento F3 con el 16.48% y el 13.65% respectivamente (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Descripción de la abundancia de anfibios y reptiles.**

| <b>Abundancia</b>            | <b>Km 1</b> | <b>Km 2</b> | <b>Km 3</b> | <b>Km 4</b> | <b>Km 5</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>F3</b> |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| Reptiles (No. Individuos)    | 93          | 45          | 44          | 49          | 56          | 152       | 49        | 77        |
| Proporcional de reptiles (%) | 16.4        | 7.9         | 7.8         | 8.6         | 9.9         | 26.7      | 8.6       | 13.6      |
| Anfibios (No. Individuos)    | 127         | 67          | 57          | 84          | 52          | 94        | 13        | 4         |
| Proporcional de anfibios (%) | 25.5        | 13.4        | 11.4        | 16.8        | 10.4        | 18.8      | 2.6       | 0.8       |

La especie con mayor abundancia fue *Craugastor rhodopsis* con 200 individuos, seguida de *Incilus valliceps* y *Craugastor vulcani* cada una con 70 organismos. Por otra parte las especies que fueron poco vistas son *Smilisca cyanosticta* con 3 ejemplares, *Craugastor pygmaeus* y *Syrrophus leprus* sólo fueron registradas en 4 ocasiones.

En reptiles, la especie dominante fue *Anolis uniformis* con 309 individuos, mientras que *Basiliscus vittatus* se observaron 72 organismos seguido de *A. rodriguezi* y *Sceloporus variabilis* con 49 y 36 individuos respectivamente. Las especies menos observadas fueron principalmente las serpientes como *Leptophis ahaetulla*, *Drymobius margaritiferus*, *Rhadinea decorata*, *Coniophanes fissidens* y *Micrurus limbatus* con sólo un organismo de cada especie. La única lagartija que presentó un sólo individuo fue *Plestiodon sumichrasti*.

Los datos de abundancia para anfibios y reptiles se comprobaron con la prueba no paramétrica de Friedman. En anfibios la prueba indicó que existe una diferencia en la abundancia de las especies en los sitios del corredor.

En reptiles la prueba de Friedman también mostró que había diferencias entre los sitios. La prueba de Nemenyi mostró que hay diferencias significativas de los sitios km 1, km 2 y fragmento F1 con el fragmentos 3 ( $q_c = 4.95, 8.99$  y  $5.07$  respectivamente y una  $q_i = 4.28$ ).

## 6.8 Diversidad

Para la herpetofauna en general el índice de Shannon fue de 1.85 y la dominancia media fue  $d = 0.40$  lo que nos dice que la diversidad es homogénea en todo el corredor. La especie dominante *A. uniformis* ocupa el 40% de toda la comunidad para reptiles y anfibios, el inverso de la dominancia tuvo un valor de  $1/d = 3.54$ . Esto nos dice que hay de 3 a 4 especies dominantes (*C. rhodopis*, *L. vaillanti* *A. uniformis* y *B. vittatus*).

Para el caso de anfibios los valores fueron para  $H' = 1.85$ ,  $d = 0.40$  y  $1/d = 2.49$  (*C. rhodopis* y *L. vaillanti*). En los reptiles el índice de Shannon es  $H' = 1.72$  por lo que la diversidad de reptiles es similar en los sitios del corredor. La dominancia tuvo un valor de  $d = 0.53$  de esta manera la especie dominante ocupa el 50% de toda la comunidad de reptiles y  $1/d = 1.88$  por lo que en el corredor la dominancia se encuentra compuesta principalmente por dos especies (*A. uniformis* y *B. vittatus*). En el cuadro 8 se presenta el índice de diversidad de Shannon, la dominancia y el inverso de la dominancia para el grupo de los anfibios en cada uno de los sitios del corredor. Los resultados de los mismos índices en los reptiles se presentan en el cuadro 9.

**Cuadro 8. Índices de diversidad ( $H'$ ) y dominancia ( $d$  y  $1/d$ ) para anfibios.**

|                   | Km1                            | Km2                            | Km3   | Km4   | Km5   | F1                             | F2                             | F3            |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|---|---|--------------------------------|--------------------------------|---------------|
| $H'$              | 1.32                           | 1.49                           | 1.82  | 1.60  | 1.91  | 1.31                           | 1.09                           | 0.56          |
| D                 | 0.51                           | 0.50                           | 0.36  | 0.34  | 0.30  | 0.48                           | 0.53                           | 0.75          |
| Especie dominante | <i>C. rh.</i><br><i>C. vu.</i> | <i>C. rh.</i><br><i>C. vu.</i> | <i>C. rh.</i><br><i>C. vu.</i><br><i>L. va.</i> | <i>L. va.</i><br><i>I. va.</i><br><i>C. rh.</i> | <i>L. va.</i><br><i>I. va.</i><br><i>C. rh.</i> | <i>C. rh.</i><br><i>I. va.</i> | <i>C. rh.</i><br><i>C. vu.</i> | <i>C. rh.</i> |
| $1/d$             | 1.92                           | 1.97                           | 2.71  | 2.89  | 3.25  | 2.04                           | 1.85                           | 1.33          |

*C. rh.*= *Craugastor rhodopis*, *C. vu.*= *Craugastor vulcani*, *L. va.*= *Lithobates vaillanti*, *I. va.*= *Incilus valliceps*.

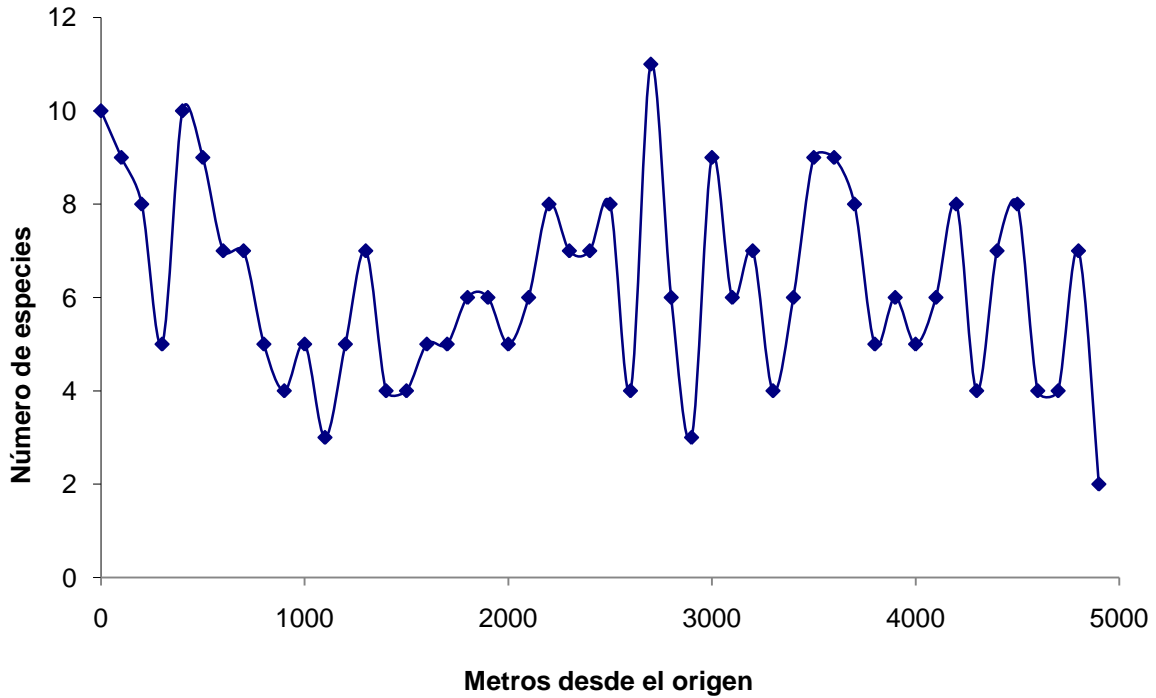
**Cuadro 9. Índices de diversidad ( $H'$ ) y dominancia ( $d$  y  $1/d$ ) para reptiles.**

|                   | Km 1                           | Km 2                           | Km 3   | Km 4                           | Km 5                           | F1                             | F2            | F3            |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------|---------------|
| $H'$              | 1.52                           | 1.39                           | 1.84   | 1.54                           | 1.36                           | 1.37                           | 1.18          | 0.45          |
| D                 | 0.59                           | 0.44                           | 0.27   | 0.42                           | 0.53                           | 0.63                           | 0.71          | 0.87          |
| Especie dominante | <i>A. un.</i><br><i>L. tu.</i> | <i>A. un.</i><br><i>A. ro.</i> | <i>S. va</i><br><i>B. vi.</i><br><i>S. ch.</i> | <i>B. vi.</i><br><i>A. un.</i> | <i>B. vi.</i><br><i>A. un.</i> | <i>A. un.</i><br><i>A. ro.</i> | <i>A. un.</i> | <i>A. un.</i> |
| $1/d$             | 1.67                           | 2.25                           | 3.66   | 2.33                           | 1.86                           | 1.57                           | 1.40          | 1.14          |

*A. un.*= *Anolis uniformis*, *A. ro.*= *Anolis rodriguezii*, *B. vi.*= *Basiliscus vittatus*, *L. tu.*= *Lepidophyma tuxtlae*, *S. va* = *Sceloporus variabilis*, *S. ch.*= *Sphenomorphus cherriei*.

## 6.9 Distribución de la herpetofauna

Se puede apreciar que los tramos con mayor número de especies se ubican en el primer tramo que abarca de los 0 a los 100 m con 10 especies y en el tramo que va de los 400 a los 500 m (tramo donde hace contacto el Fragmento 1 por segunda ocasión con el río) con el mismo número de especies (Figura 8). Sin embargo el tramo con mayor riqueza va de los 2,700 a los 2,800 m, compuestos principalmente por potreros y porciones con vegetación ribereña. Existe un mayor número de especies en un tramo lejano a la fuente que en los tramos que se encuentran dentro de la fuente, sin contar los muestreos realizados para los fragmentos.



**Figura 8. Distribución de la riqueza de especies para cada uno de los tramos de 100 m dentro del corredor.**

En las figuras 9 y 10 se observa la manera en que se distribuyen las abundancias para anfibios y reptiles a lo largo del río y en los tres fragmentos a lo largo del corredor. La mayor abundancia se observa en los primeros tres tramos que van de los 0 a 300 m y a los 3,000 m, esto debido a que los primeros se encuentran dentro del Fragmento 1 asociado a la reserva y a los 3,000 m se encuentra una zona donde se mantiene el corredor bien conservado y una zona de potrero. En los fragmentos, la mayor abundancia se registró en el Fragmento 1. Los registros de cada tramo de 100 m se observa en los Apéndice 2 y 3.

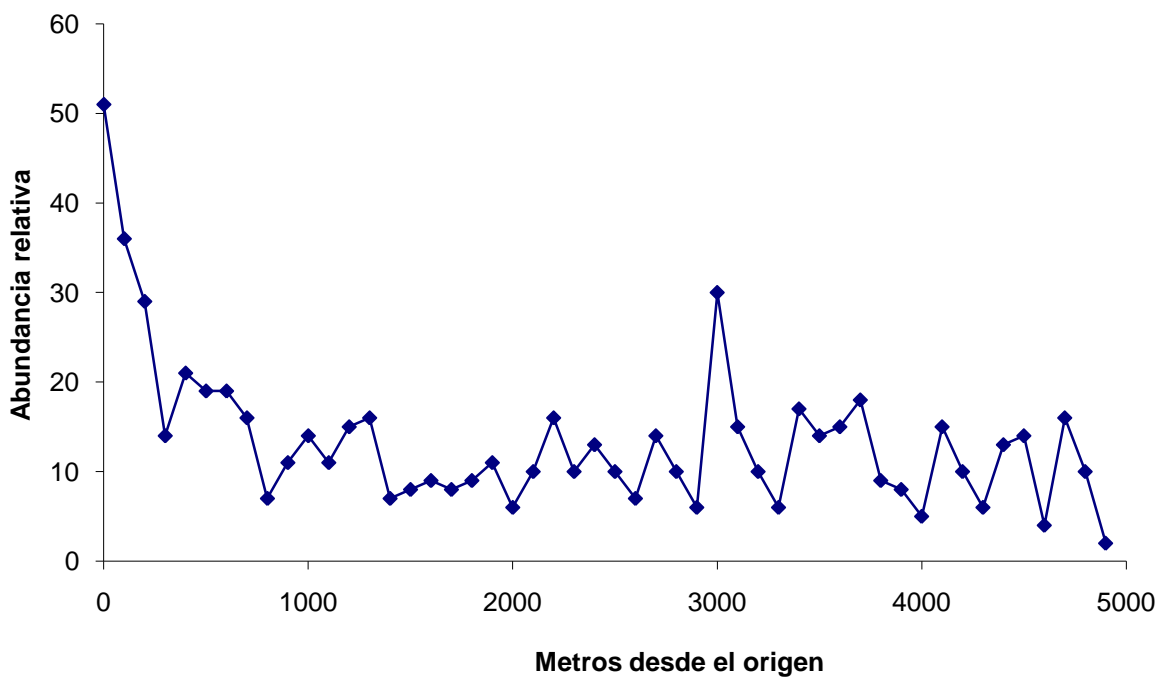


Figura 9. Distribución de los individuos para anfibios y reptiles a lo largo del río.

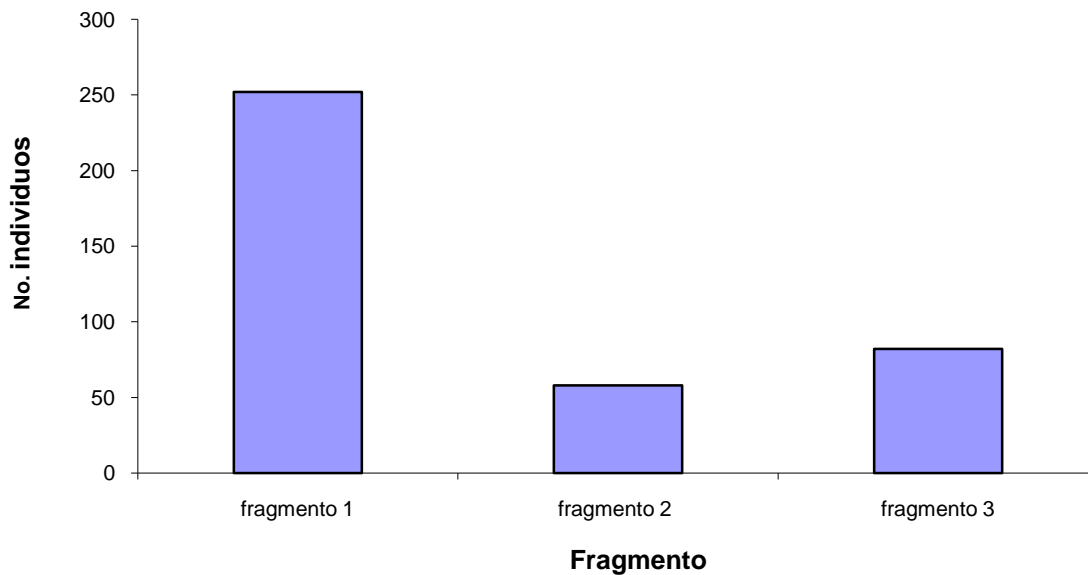
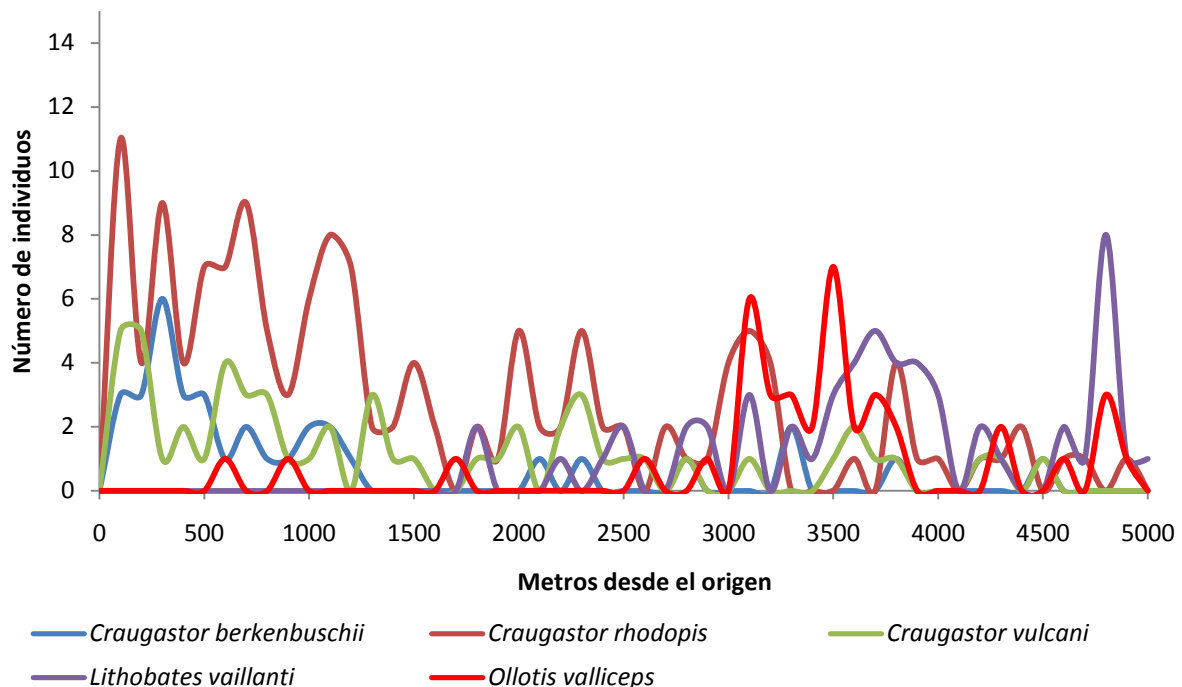


Figura 10. Abundancia de individuos de anfibios y reptiles en los tres fragmentos.

La especie de anfibio más dominante, *Craugastor rhodopis*, estuvo presente en la mayoría de los tramos en el río y su mayor abundancia se registra a mayor cercanía con el origen y al alejarse los registros van disminuyendo. *Lithobates vaillanti* se encuentra ausente en los primeros tramos del río pero va incrementando su abundancia hacia al final del corredor. *Incilus valliceps* presenta su mayor abundancia a los 3, 100 y a los 3,500 m, en estos puntos se encuentra el Fragmento 2. *L. vaillanti*, su mayor registro se presenta en el tramo que va de los 4,800 a los 4,900 m, donde domina principalmente el potrero. En las otras especies de mayor abundancia registran mayor número de organismos en los primeros tramos y prácticamente desaparecen al final del corredor (Figura 11).



**Figura 11. Distribución de las especies más abundantes para anfibios a lo largo del corredor.**



La distribución de las especies más abundantes de reptiles se observa en la figura 15, donde se ve que la especie de *Anolis uniformis* no está presente en todos los tramos y que su mayor número se encuentra en los primeros tramos del corredor. Conforme la distancia desde el origen va aumentando la abundancia disminuye. Sin embargo, se observa que en los tramos 1,300 (acahual) y 3,100 (inicio Fragmento 2) existe un pequeño incremento en el número de individuos. Estos puntos reflejan áreas en recuperación y bien conservadas aledañas al río. *Basiliscus vittatus* presenta un caso contrario ya que se observa que su mayor abundancia se encuentra en los últimos tramos del río donde prácticamente domina el potrero. En las otras dos especies dominantes no existe patrón claro y prácticamente se mantienen igual a lo largo del corredor.

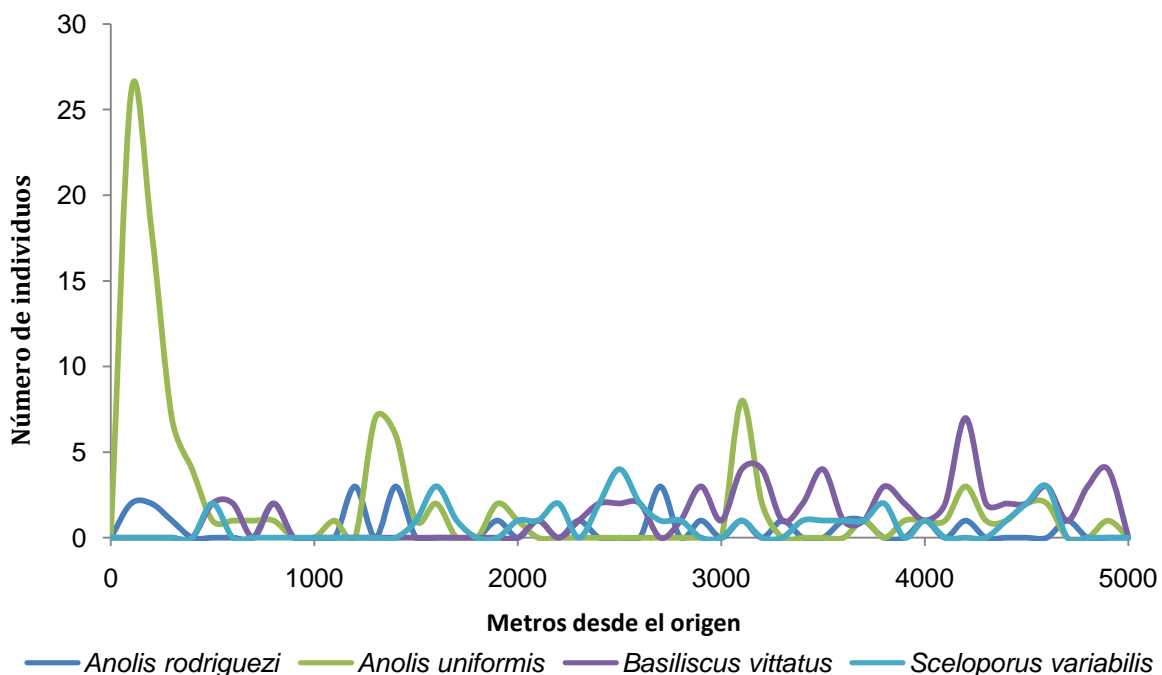


Figura 15. Distribución de las especies más abundantes para reptiles a lo largo del corredor

## 6.10 Movimiento de la herpetofauna

De los 103 individuos avistados de *A. uniformis* se marcaron 80 de los cuales la mitad fueron encontrados en los primeros 300 m. Se marcaron además 27 *S. variabilis*, 89 *C. rhodopsis* y 46 *L. vaillanti*. De estos individuos marcados sólo un individuo de *A. uniformis* fue recapturado. Sin embargo el sitio de captura y recaptura fueron los mismos (4,900 m de distancia desde el origen). Esta recaptura no acepta o rechaza el posible uso de corredores por anfibios y reptiles de una manera activa.

## 7. DISCUSIÓN

Para la zona de reserva de Los Tuxtlas se han registrado 135 especies de anfibios y reptiles en total dentro de la selva alta perennifolia (Ramírez-Bautista, 1977, Ramírez-Bautista y Nieto-Montes de Oca, 1997). Hay que considerar que varias especies se encuentran restringidas para ciertas altitudes por lo que si tomamos la herpetofauna que se ha registrado para la zona de la Estación de Biología y las zonas bajas aledañas, la riqueza total tiende a disminuir considerablemente a un total de 86 especies (Pérez-Higadera com. pers.). Así, la riqueza porcentual para este estudio fue tan sólo del 39.53% del total de especies registradas para las zonas bajas de Los Tuxtlas. Este bajo porcentaje puede estar influido por el esfuerzo de captura y algunas especies raras pudieron no ser detectadas. Algunos autores coinciden en señalar que para evaluar la riqueza herpetofaunística con mayor precisión para un sitio dado, sería necesario trabajar con una combinación de métodos que incluyen búsquedas activas con encuentros visuales y el uso de diferentes tipos de trampas y herramientas (Reagan, 1992; Vallan, 2000). Sin embargo, la complejidad de la vegetación en los bosques tropicales húmedos, la escasa disponibilidad de luz, la constante precipitación y la humedad del ambiente dificultan la aplicación y el correcto funcionamiento de otros métodos (Doan y Arizabal-Arriaga, 2002). El método de encuentros visuales es el más eficiente para la búsqueda de la herpetofauna en este tipo de vegetación ya que producen un mayor número de registros de especies e individuos (Vallan, 2000). El muestreo de anfibios fue completo, mientras que para los reptiles el predictor ICE estima una colecta del 76.7% y faltando 3.3% especies por registrar para llegar al

porcentaje mínimo requerido para considerar al muestreo significativo (Colwell, 2004). Los hábitos de algunas serpientes han influido notablemente en la frecuencia de los avistamientos. Cabe recalcar que en ninguna otra investigación similar en Los Tuxtlas se ha llegado al 100% del total de las especies posibles sin importar cuales hayan sido las horas de esfuerzo (Salvatore, 2004; Urbina-Cardona *et al.*, 2006).

### **Riqueza, composición y abundancia**

El grupo de los caudados no estuvo presente en ningún sitio del muestreo, aunque en estudios anteriores reportaron la presencia de *Bolitoglossa alberchi* para la primera parte del corredor (Villar-Rodríguez, 2007). Aparentemente el corredor no ofrece las condiciones esenciales para la supervivencia de salamandras afines a selva. La perturbación ocasionada por el hombre y los factores climáticos disminuyen la calidad del escenario para este grupo. Bolger (2001) concluyó que los grupos de especies que son sensibles a la fragmentación tienen una relativa inhabilidad para dispersarse a través de la matriz. Por lo tanto estas especies son más susceptibles a la extinción (Crooks *et al.*, 2001).

En todo el río solo se encontraron cinco especies de anfibios en todos los sitios de búsqueda, sin contar los fragmentos. *Craugastor rhodopis*, *C. vulcani*, *C. berkenbuschii*, *Incilus valliceps* y *Rhinella marina*. Estas especies pueden considerarse como las menos vulnerables dentro del paisaje ya que cubren sus requerimientos básicos de espacio, refugio y de alimento en el corredor pese al grado de perturbación y la influencia ejercida por la matriz. Urbina-Cardona *et al.*

(2006) consideran que *C. rhodopis* es una especie de bosque y *I. valliceps* de interior, mientras que *Lithobates vaillanti*, *Leptodactylus melanonotus*, *Syrrophus leprus* y *Rhinella marina* de pastizal y *Smilisca baudini* como generalista. La ausencia de especies como *Dendropsophus microcephala* y *S. leprus* en el Fragmento 1 se pueda deber a que estas especies prefieren ambientes perturbados. *C. pygmaeus* aunque ha sido reportada para el Jardín Botánico de la Estación de Biología, no se encontró en este estudio. La ausencia de esta especie en el Fragmento 1 pudo ser causada porque las poblaciones de esta especie han disminuido considerablemente (RedList, 2009).

Para los remanentes dentro del corredor la escasez de especies se puede deber al grado de perturbación y su reducido tamaño. El fragmento más cercano al poblado de Balzapote (Fragmento 3) es de tamaño relativamente mediano y es cruzado por un camino abandonado que era usado por trabajadores de una gravera. El uso del camino ocasionó una perturbación en este sitio tanto por el constante paso de camiones de carga como por las rocas arrojadas en el interior del fragmento (Reynoso, com. pers. y obs. pers). El desprendimiento de rocas dentro del fragmento pudo ocasionar que la vegetación primaria original de la zona se haya visto afectada y lo que se encuentra en estos momentos sea vegetación secundaria. Esto posiblemente ha influido en la reducción de la riqueza de las especies de anfibios y reptiles para este fragmento. El Fragmento 2, al ser alargado tiene más efecto de borde lo que provoca un efecto directo sobre la diversidad. La vegetación de este fragmento está más afectada por los factores meteorológicos, como el viento, que puede atravesar todo el sitio dada la

separación que existe entre los pocos árboles de gran altura aun presentes en el sitio. En este remante existen grandes claros en el dosel y gran perturbación. Sin embargo, este fragmento mostró una riqueza mayor que la del Fragmento 3 a pesar de ser más pequeño. Mader (1984) reportó que numerosas especies de mamíferos adaptadas a los campos agrícolas ocasionalmente penetran en el borde de los fragmentos, haciendo que su riqueza aumente considerablemente. Otra explicación que propuso Mader (1984) para la alta diversidad en fragmentos pequeños es la ocasionada por una baja competencia por los recursos porque en estos fragmentos puede haber un mayor número de especies especialistas evitando el solapamiento de nichos. Los fragmentos que tienen un tamaño entre 1 y 10 ha pierden especies rápidamente, siendo las especies que persisten las menos vulnerables a la fragmentación ya que presentan tolerancia a las condiciones presentes en áreas pequeñas y al efecto de borde (Laurence *et al.*, 2002).

El grupo con la mayor riqueza y abundancia fueron las lagartijas y el de menor riqueza y abundancia las serpientes. Especies de lagartijas como *Sceloporus variabilis* y *Basiliscus vittatus* son organismos que soportan zonas perturbadas y abiertas (Vogt *et al.*, 1997; Urbina-Cardona y Reynoso, 2005; Urbina-Cardona *et al.*, 2006), mientras que *Anolis uniformis* es una especie que se encuentra en zonas conservadas (Urbina-Cardona y Reynoso, 2005; Urbina-Cardona *et al.*, 2006). Esta especie es la de mayor éxito en la región ya que se encuentra en varios microhábitats (hojarasca, hierba, troncos, rocas, palmas, contrafuertes y plántulas) de los 0 a los 1900 metros de altitud (Vogt, 1997). Las

serpientes por su lado son organismos difíciles de encontrar y que necesitan un esfuerzo de búsqueda mayor debido a sus hábitos. Además, el corredor está en su mayoría en contacto con potreros donde la cacería de estos grupos hecha por los hombres se vuelve un factor importante en la reducción de la abundancia de las poblaciones de serpientes. *Bothrops asper* es la víbora más afectada por la cacería a causa de ser la de mayor peligro y por lo tanto la más temida y por lo tanto la más perseguida en la región. Urbina-Cardona (2006) menciona a esta especie como un organismo de bosque.

Los reptiles que estuvieron presentes en todo el corredor fueron *Anolis rodriguezii* y *Sceloporus variabilis*. La primera es una especie que está reportada como organismo de bosque (Vogt *et al.*, 1997) pero recientemente se le considera como una especie tolerante a los cambios producidos por la fragmentación (Cabrera, 2005) y la segunda es una especie de lagartija muy común en zonas perturbadas y abiertas de la región de manera media a abundante (Reynoso *et al.*, 2005). Las otras especies que estuvieron presentes en la mayoría de los sitios fueron *Basiliscus vittatus* y *A. uniformis*. Estas especies no aparecieron en el km 2 y km 3 respectivamente ocasionado por la escasez de vegetación ribereña. En ambas zonas hay un dominio de potreros. La ausencia de *S. cherriei* en el Km 5 nos dice que esta parte del río es la más perturbada al ser esta especie de zonas conservadas (Lazcano-Barrero *et al.*, 1992; Urbina-Cardona *et al.*, 2006) que habita desde elevaciones al nivel del mar hasta los 1000 metros de altitud (Vogt *et al.*, 1997). Su presencia en los demás sitios nos dice que el corredor mantiene zonas con un grado de conservación suficiente para el mantenimiento de esta

especie la cual es vulnerable al tamaño del área y a los efectos de fragmentación (Cabrera, 2005). La alta riqueza del Fragmento 1 es notoria con respecto a los otros sitios, además de que en esta zona se registró el mayor número de serpientes, lo que nos dice que este fragmento es la fuente principal para el corredor. *Sceloporus variabilis*, *Anolis sericeus* y *Ameiva undulata* son afines de pastizal, mientras que *A. rodriguezi*, *Sphenomorphus cherriei* e *Imantodes cenchoa* lo son al interior y *A. uniformis* lo es al bosque (Urbina-Cardona *et al.*, 2006). En este corredor se puede observar que las especies afines a bosque son más abundantes en los sitios que se encuentran a menor distancia de la fuente y que al alejarse hay una disminución de ellas. Mientras las especies de pastizal incrementan su abundancia.

El análisis de riqueza de Mao Tau y la prueba de Cochran mostraron que en los anfibios y reptiles las diferencias no fueron significativas y que las comunidades herpetofaunísticas son similares con respecto a la riqueza a lo largo del corredor. Esto es ocasionado porque la mayoría de las especies se encuentran en dos o más sitios de muestreo. El único sitio que tiene una diferencia marginal es el fragmento 3 debido a su baja riqueza de anfibios y reptiles.

En la mayoría de los sitios se presentaron especies únicas lo que no significa que sean exclusivas de cada uno. Estas son especies raras y sólo se avistaron en un sitio o son especies que ocupan hábitats muy específicos por lo que no existen en todos los sitios. En el Fragmento 1 se encontraron cinco especies que solo fueron registradas para este lugar como *Corytophanes hernandezii*, *Imantodes cenchoa*, *Leptodeira septentrionalis*, *Drymobius*



*margaritiferus* y *Rhadinea decorata*. *C. hernandezii*, *L. septentrionalis* y *Rhadinea decorata* son especies consideradas de interior y poco tolerantes a la perturbación (Vogt *et al.*, 1997; Urbina-Cardona *et al.*, 2006). *R. decorata* es una serpiente que sólo habita lugares sombreados y con mucha hojarasca y su dieta se basa principalmente en salamandras y ranas. *Leptodeira septentrionalis* al igual que *R. decorata* posee una alimentación muy específica basada en ranas arborícolas además de habitar en zonas con vegetación densa. *I. cenchoa* y *D. margaritiferus* son especies más generalistas en sus hábitos alimenticios ya que se alimentan tanto de lagartijas y ranas (Pérez-Higareda *et al.*, 2007) por esto su distribución puede ser mayor al soportar lugares con un grado de perturbación no muy grande. Los demás sitios presentaron una especie única cada uno; en el km 1 se registró a *Coniophanes fissidens* la cual es una serpiente que se encuentra en lugares húmedos y con hojarasca. *Micrurus limbatus* y *Leptophis ahaetulla* sólo fueron vistas en los km 3 y km 4 respectivamente. La ausencia de estas especies en la fuente principal probablemente se deba a la poca abundancia de las mismas, ya que *C. fissidens* y *L. ahaetulla* han sido registradas para sitios conservados en la Estación de Biología (Pérez-Higareda *et al.*, 2007). *Plestiodon sumichrasti* fue la única especie de lagartija que se registró para un solo sitio (Fragmento 2) al ser una especie de hábitos más particulares y de necesitar sitios con hojarasca.

Los únicos sitios que no presentaron especies únicas fueron el km 2 y km 5 y el Fragmento 3 al ser las zonas más perturbadas del corredor. En el km 2 y km 5 hay una gran influencia de potreros que se encuentran en contacto directo con el río, hay un gran pastizal con pocos árboles y una alta perturbación causada por el

ganado a lo largo de estos puntos. La situación del Fragmento 3 es parecida ya que está muy alterado por motivo de la actividad humana que se realizó en ese lugar (Extracción de grava). Este sitio está muy perturbado, podría ser bosque secundario y es el fragmento más alejado de la fuente considerado en el estudio.

La prueba de Friedman demostró diferencias de abundancia entre los sitios del río. La prueba de Nemenyi indica diferencias de los sitios km 1, km 2 y Fragmento 1 contra el Fragmento 3. Hay que recordar que en estos sitios también se presentaron la mayor diferencia de riqueza. El Fragmento 1 y los km 1 y 2 son los sitios adyacentes a la fuente mientras que el Fragmento 3 es el más alejado y con mayor influencia del poblado de Balzapote y fue prácticamente destruido hace 30 años aproximadamente por la construcción de una mina de roca. En el resto de los sitios no hubo diferencias significativas ya que la abundancia se mantiene similar en todos ellos.

La abundancia total a lo largo del corredor no tuvo grandes cambios y prácticamente mantuvo una abundancia similar, a excepción del Km 1. Esto nos dice que las especies encontradas están presentando resistencia a las zonas perturbadas. Laurence *et al.* (2002) sugiere que animales de talla menor como mamíferos pequeños, anfibios y reptiles se están adaptando a la presión de sitios perturbados. Este autor argumenta que después de fuertes presiones ambientales la riqueza se mantiene o aumenta y que algunas especies se vuelven más abundantes. Algunas especies llamadas generalistas se ven hasta cierto punto favorecidas por la perturbación y son capaces de ocupar nuevos habitats, permanecer temporalmente en potreros, borde o interior del bosque dependiendo

de su ciclo de vida (Urbina-Cardona *et al.*, 2006). En el corredor biológico Balzapote las especies generalistas tienen una gran abundancia en los sitios con mayor perturbación dentro del río, las especies de bosque mantienen una abundancia baja pero se mantiene constante y las especies de interior desaparecen prácticamente en los sitios perturbados.

El fragmento que presenta la mayor abundancia, es el Fragmento 1, aledaño a la Estación de Biología. Este es el lugar mejor preservado y el que tiene la mayor área del muestreo realizado. Burbrink *et al.* (1998) mencionan que la abundancia y la riqueza en un corredor van a depender tanto de la cercanía a la fuente principal, a la conectividad y a la heterogeneidad ambiental local. La gran extensión del Fragmento 1 representa una mayor cantidad de recursos y de hábitats que las especies pueden utilizar. La abundancia de los otros fragmentos fue muy baja lo que nos dice que estos sitios no poseen las condiciones idóneas para estos organismos. Cabrera (2005) reportó que la riqueza y abundancia de los fragmentos cambia drásticamente con su tamaño.

Al no encontrarse recapturas en el muestreo los datos no fueron empleados para realizar estimaciones de abundancia. Aunque autores como Ovaska (1991), McCoy y Mushinsky (2002) y Funk y Mills (2003) han aplicado métodos de marcaje-recaptura con éxito para anfibios y reptiles. Los resultados de estas investigaciones parecen relacionarse con el tipo y la extensión del hábitat que utilizan las especies bajo estudio y con la frecuencia de los muestreos que se realizan.

## Diversidad y dominancia

El índice de diversidad de anfibios y reptiles en el corredor nos dice que la abundancia de las especies que constituye la comunidad se distribuye de manera equitativa entre los sitios del muestreo. Los sitios con valores más altos fueron el km 5 para anfibios y el km 3 para reptiles, a causa de que en estos lugares no se observa una clara dominancia de alguna especie. En el km 1 y en el Fragmento 1, aunque fueron las zonas con mayor riqueza y abundancia, se ve una clara dominancia de las especies *Anolis uniformis* y *Craugastor rhodopis*, ambas especies consideradas de bosque (Urbina-Cardona *et al.*, 2005; Urbina-Cardona y Reynoso, 2005). El Fragmento 3 fue la zona con la menor diversidad en ambos grupos al estar fuertemente dominado por *A. uniformis*, y debido a que sólo se encontraron dos especies de ranas. Cabrera (2005) reportó valores de  $H'$  entre 0.2 y 0.8 en fragmentos pequeños (de 1 a 9.25 Ha), indicando que en fragmentos muy pequeños hay una disminución importante en la diversidad.

Considerando el número total de individuos en cada sitio, cuatro especies dominaron los ocho puntos de muestreo dentro del corredor. Estas fueron las ranas *Lithobates vaillanti* y *Craugastor rhodopis* y las lagartijas *A. uniformis* y *Basiliscus vittatus*. Cabrera (2005) mencionó que *C. rhodopis* y *A. uniformis* presentan una actividad reproductiva durante casi todo el año. También mencionó que estos organismos son generalistas en su elección del microhábitat y que son tolerantes a los cambios ambientales causados por la fragmentación y por esto pueden ocupar una gran cantidad de nichos ecológicos. Dentro del corredor *A.*

*uniformis* presentó una preferencia por las zonas donde se encontraban remanentes o acahuales junto al río.

Las especies que dominaron los últimos kilómetros del corredor fueron *L. vaillanti* y *B. vittatus*. Estas especies son consideradas como especies de potrero y zonas abiertas cercanas a cuerpos de agua (Vogt, 1997; Reynoso *et al.*, 2005; Urbina-Cardona y Reynoso, 2005). Los últimos dos kilómetros del río no sostienen poblaciones altas de *A. uniformis* y *C. rhodopis* a causa de la alta perturbación que se presenta en esta parte del fragmento lineal.

La mayor abundancia de *C. rhodopis* sobre el resto de los anuros en la mayoría de los trayectos tal vez se deba a su resistencia a condiciones ambientales muy distintas y a su alto éxito reproductivo. Urbina-Cardona y Reynoso (2005; en prensa) encontraron que esta especie requiere de zonas conservadas para su reproducción. En Los Tuxtlas los individuos de esta especie liberan sus puestas en la hojarasca y bajo troncos húmedos (Hernández, 1989) y estos tienen desarrollo directo pues no presentan un estado larvario (Duellman, 1992). Esta estrategia reproductiva ha sido reportada como exitosa en los bosques tropicales ya que los altos niveles de humedad reducen el riesgo de deshidratación de los huevos y permiten a las poblaciones de *C. rhodopis* reproducirse continuamente y tener grandes poblaciones independientemente de la presencia de cuerpos de agua (Duellman, 1992). De igual manera *A. uniformis* tuvo una dominancia en la mayoría de los lugares muestreados debido a que esta especie es un organismo de bosque, además de presentar reproducción a lo largo del año (Cabrera, 2005) y por consiguiente un buen éxito reproductivo. Contrario a

lo que concluye Urbina-Cardona *et al.* (2006) *A. uniformis* no se restringe a bosque conservados.

### **Distribución de las especies dentro del corredor**

En este estudio se observó que el sitio con mayor riqueza dentro del corredor, sin tomar en cuenta los fragmentos, correspondió al tramo 27 (a una distancia de 2.7 km de la fuente) que presentó una especie más que el tramo 1 (dentro de la fuente). Este valor tiene sentido con observaciones hechas por Salvatore (2004) el cual menciona que la riqueza en zonas con potrero tienen una mayor riqueza que los fragmentos. Urbina-Cardona *et al.* (2006) por el contrario mencionan que la riqueza en los fragmentos es mayor a la encontrada en el potrero per se, sin considerar elementos como troncos caídos o cercas. Salvatore (2004) también encontró que aunque la riqueza de los potreros sea alta, la densidad por especie es muy baja. La combinación de potrero con el corredor, aparentemente es beneficiosa para mantener la diversidad pero no la abundancia. En el tramo 27 se registraron 14 individuos, dos de *L. vaillanti* y tres de *Leptodactylus melanonotus*, y un individuo de las demás especies. Este sitio tenía heterogeneidad de ambientes con partes de potrero y otras con densidad de vegetación considerable en pequeñas islas dentro del río.

Para los otros, tramos la riqueza de especies varía entre ocho y cuatro especies. Los tramos 1 y 2 resultaron ser los mejores de todos ya que en combinación presentan una riqueza muy alta (12 especies) y la densidad más alta (87 individuos). Estos tramos se encuentran dentro de la fuente siendo la zona

más conservada de todas. Conforme los tramos se alejan de la fuente se observa una disminución importante de la riqueza y especialmente de la abundancia ya que el siguiente tramo con mayor abundancia apenas registró 30 individuos (tramo 30). El área donde se presentaron menos organismos fue el último tramo del corredor y más cercano al poblado de Balzapote. En este punto sólo se registró un ejemplar de *Iguana iguana* y uno de *L. vaillanti* siendo el lugar más pobre de todo el corredor tanto en riqueza como en abundancia. Este sitio tiene la mayor apertura del dosel en todo el río, el potrero está pegado al arroyo y presenta pocos árboles a su alrededor y algunos conjuntos de bambúes.

En anfibios, las especies más dominantes fueron *Craugastor rhodopis*, *Lithobates vaillanti* y *Incilus valliceps*. *C. rhodopis* es muy abundante en los primeros tramos del corredor y al irse alejando de la fuente su densidad disminuye. *Incilus valliceps* por lo contrario registró la mayor abundancia hacia los tramos finales del corredor y *L. vaillanti* en el penúltimo. Esto nos dice que especies más afines a bosque como *C. rhodopis* no soportan bien las zonas más abiertas del corredor, mientras que otras como *O. valliceps*, considerada como especie de interior por Urbina-Cardona *et al.* (2006), resiste sitios un poco más abiertos y con mayor alteración. Es posible que las condiciones del arroyo puedan ser favorables para que esta especie pueda sobrevivir a mayor distancia de la fuente en zonas con vegetación riparia.

En reptiles, *A. uniformis* presenta el mismo patrón que *C. rhodopis* disminuyendo su abundancia a medida que se aleja de la fuente. Después de los 100 m se puede ver que su número disminuye hasta cero en algunos tramos y con

valores máximos de a siete organismos. Esta disminución se ve relacionada con la apertura del dosel, la cual se incrementa mientras más se aleja de la fuente. Mientras que *A. uniformis* disminuye en el número de individuos, *B. vittatus* y *Sceloporus variabilis* incrementan el número de observaciones al alejarse de la fuente, aunque el mayor número que alcanzan es de 7 y 4 respectivamente. Villar-Rodríguez (2007) demostró que estas especies son las dominantes en los corredores mientras más lejano sea el sitio a la fuente. Tanto *B. vittatus* como *S. variabilis* son lagartijas que se encuentran en zonas abiertas y de vegetación secundaria siendo comunes en sitios perturbados (Urbina-Cardona y Reynoso, 2005; Reynoso *et al.*, 2005).

### **Movimiento de la herpetofauna**

Las especies que se marcaron de manera sucesiva para este estudio fueron *A. uniformis*, *S. variabilis*, *Lithobates vaillanti* y *C. rhodopis* debido a que son las especies que presentaron un mayor número de individuos en estudios anteriores (Salvatore, 2005; Mena, 2004; Cabrera, 2005; Urbina-Cardona *et al.*, 2006; Villar-Rodríguez, 2007). Sin embargo, sólo se registró un organismo recapturado. Posibles causas son que cada sitio se muestreó solo 7 veces lo que tal vez no fue suficiente para encontrar de nuevo a los organismos en el sitio, a la relativa complejidad de la vegetación donde se encontraban las poblaciones importantes de anfibios y reptiles o que algunos individuos se hayan movido fuera de los sitios y no sean residentes permanentes de las áreas (Andreassen *et al.*, 1998). En estudios anteriores en Los Tuxtlas, Luna y Cabrera (com. pers.) no han encontrado recapturas después de grandes esfuerzos de colecta. Vallan (2000),



Kjoss y Litvaitis (2001) indican que la recapturas de anfibios y reptiles en los trópicos son muy escasos ocasionada a las condiciones de humedad y precipitación de los trópicos. Aunque la utilización de trampas ha arrojado buenos porcentajes de recapturas aunque no pasan al 50% (Santos- Barrera, com. per.)

### **Importancia de los fragmentos lineales ribereños como corredores biológicos**

La heterogeneidad del paisaje que se observa en los corredores biológicos puede ser benéfica para especies de anuros, lagartijas o serpientes (Villar-Rodríguez, 2007). Sin embargo, para que ocurra la presencia de urodelos es importante que el corredor se mantenga bien conservado (Hernández, 2005), por lo que su presencia es casi nula. En ninguno de los sitios se presentó una riqueza mayor que la registrada en el fragmento dentro de la fuente, aunque la riqueza de los otros dos fragmentos fue superada fácilmente por la riqueza de cualquier otro sitio en el corredor. El estudio muestra un efecto positivo del corredor albergando gran riqueza como refugio. Las especies que se encuentran bien distribuidas tanto en la zona núcleo como en el corredor se pueden denominar especies núcleo y son estas especies las que podrían ser capaces de colonizar nuevos sitios o de recolonizar lugares donde la población podría estar al punto de la extinción o extinta de la región (Bolger *et al.*, 2001). Tal sería el caso de *C. rhodopsis* o *A. uniformis* que se registraron en la mayoría de los sitios muestreados.

Las especies que se encuentran solamente dentro de la fuente son animales que no soportan la perturbación debido a condiciones ambientales muy

específicas o al tener una dieta particular, siendo especies sensibles al área (Hager, 1998). Sólo las especies generalistas podrían ocupar los nichos que se encuentran dentro del río. Guevara *et al.* (2004) mencionan que si los esfuerzos en conservación se centraran en los fragmentos conectados por corredores con vegetación ribereña y bosque secundario, la restauración natural podría ser estimulada en los potreros abandonados y con esta regeneración se permitiría el libre movimiento de las especies que sólo se encuentren dentro de la fuente.

El corredor es funcional dependiendo del uso que le den las especies. Villar-Rodríguez (2007) reportó que los corredores sólo pueden ser utilizados de tres maneras: por especies que cumplen su ciclo de vida completo dentro de él; individuos adultos que circulan a través del remanente; y, especies raras que están restringidas en el trayecto porque tocan con un fragmento. Villar-Rodríguez (2007) reportó para el corredor que los individuos de *A. uniformis*, *B. vittatus*, *S. variabilis*, *O. valliceps* y *C. rhodopsis* se encuentran presentes durante todo su ciclo de vida en el corredor, por lo que este remanente ofrece las condiciones necesarias para hospedarse dentro del corredor, lo cual coincide con este estudio.

No basta solo la presencia de una especie para averiguar si el corredor es utilizado de manera activa entre los fragmentos. Para averiguarlo sería necesario hacer un estudio donde se marquen a todos los individuos dentro del corredor utilizando un mayor esfuerzo de muestreo. Aunque este era uno de los objetivos del presente estudio, no se logró tener resultados al respecto. El único ejemplar recapturado fue en el mismo sitio de captura.

Las especies únicas encontradas en este estudio como *Coniophanes fissidens* y *Leptophis ahaetulla* pueden entrar en el tercer caso ya que fueron vistas en sitios cercanos a los fragmentos.

## 8. CONCLUSIONES

En este estudio se puede concluir que la riqueza es similar a lo largo del corredor con respecto a la fuente debido a dos posibles razones: que las poblaciones encontradas son provenientes de la fuente y se empiezan a mover; o, que ya se encontraban ahí antes de la fragmentación.

Hay un recambio de especies gradual de la fuente hacia dentro del corredor.

Al alejarse gradualmente de la zona núcleo la abundancia de las especies dominantes cambia de manera importante. Se incrementa el número de individuos resistentes a la perturbación y disminuye la abundancia de organismos poco tolerantes a zonas alteradas.

La riqueza dentro del corredor no se vio alterada por la distancia a la fuente en el remante lineal. Sin embargo, se notó una disminución drástica en la abundancia de las especies a mayor distancia de la fuente.

El tramo del corredor con mayor riqueza no se presentó en las zonas cercanas a la fuente sino en sitios con gran heterogeneidad ambiental al encontrarse especies tanto de zona perturbada y organismos de bosque.

Especies como *A. uniformis* se encuentran en la mayor parte del corredor, presentan una clara preferencia por los remanentes donde presenta sus abundancias más altas.

Este estudio no muestra evidencia sólida que el corredor sea utilizado activamente por especies de anfibios y reptiles.

Para observar el movimiento de la herpetofauna se recomienda un estudio con mayor esfuerzo de colecta tanto en tiempo como de personas, donde se marquen la mayoría de los individuos dentro del corredor y emplear una combinación de técnicas de captura.

## 9. LITERATURA CITADA

Anderson, S. H., K. Mann y H. H. Shugart. 1977. The effect of transmission line corridors on bird population. *American Midland Naturalist* 97:216-221.

Andreassen, H. P., K. Hertzberg y R. A. Ims. 1998. Space-use responses to habitat fragmentation and connectivity in the root vole *Microtus oeconomus*. *Ecology* 79:1223-1235.

Becerra-Soria, C. O., H. Luna. y V. H. Reynoso-Rosales. Reptiles y anfibios de la región de Los Tuxtlas: Guía ilustrada. Sin publicar.

Beier, P. y S. Loe. 1992. A checklist for evaluating impacts to wildlife movement corridor. *Wildlife Society Bulletin* 20:434-440.

Beier, P. y R. F. Noss. 1998. Do habitat corridor provide connectivity? *Conservation Biology* 12:1241-1252.

Bennett, A. 1990. Habitat corridors and the conservation of small mammals in a fragmented forest environment. *Landscape Ecology* 4:109-122.

Berger, 1990. Persistence of different-sized populations: An empirical assessment of rapid extinctions in bighorn sheep. *Conservation Biology* 4:91-98.

Bolger, D. T., T. A. Scott y J. T. Rotenberry. 2001. Use of corridor-like landscape structures by birds and small mammal species. *Biological Conservation* 102:213-224.

- Bolger, D. T. 2001. Habitat fragmentation effects on birds in Southern California: contrast to the paradigm. *Studies in Avian Biology* 25:141-157.
- Brinson, M. M., B. L. Swift, R. C. Pantico y J. S. Barclay. 1981. Riparian ecosystems: their ecology and status. Eastern Energy and Land Use Team, National Waters Resources Analysis Group, US Dept, Interior, Fish and Wildlife Service, Kearneysville, West Virginia Publication.
- Brooker, J. y M. Brooker. 2002. Dispersal and population dynamics of the Blue-breasted fairy-wren, *Malurus pulcherrinus*, in fragmented habitat in the Western Australian wheatbelt. *Wildlife Res* 29:225-233.
- Brown, J. H. y A. Kodric-Brown. 1977. Turnover rates in insular biogeography effect of immigration on extinction. *Ecology* 58:445-449.
- Brown, L. M. 2004. Population structure and mitochondrial DNA variation in sedentary Neotropical birds isolated by forest fragmentation. *Conservation Genetics* 5:743-757
- Burbrink, F. T., C. A. Phillips y E. J. Heske. 1998. A riparian zone in southern Illinois as a potential dispersal corridor for reptiles and amphibians. *Biological Conservation* 86:107-115.
- Cabrera-Guzmán, E. 2005. Estructura de las comunidades de anfibios y reptiles en fragmentos pequeños de bosque tropical perennifolio de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Biología UNAM. 134 pp.

- Cochrane, M. A. y W. F. Laurance. 2002. Fire as a large-scale edge effect in Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 18:311-325.
- Colwell, R. K. 2006. Estimates Win 8.0. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Sample.
- Crooks, K. R., A. V. Suarez, D. T. Bolger y M. E. Soulé. 2001. Extinction and colonization of birds on habitat island. *Conservation Biology* 15:159-172.
- Cross, S. P. 1985. Responses of small mammals to forest riparian perturbations. En *Riparian Ecosystems and their Management: Reconciling Conflicts Uses*. USDA 269-279 pp.
- Dirzo, R. y M. C. García. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in southeast México. *Conservation Biology* 6:84-90.
- Dirzo, R., E. González-Soriano y R. Vogt. 1997. Introducción general. Págs. 10-14. En (González-Soriano, E., R. Dirzo, R. C. Vogt. Eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Dirzo, R. 2004. Selvas tropicales epítome de la crisis de la biodiversidad. *Biodiversitas* 56:12-15.
- Dmowski, K. y M. Kozakiewicz. 1990. Influence of a shrub corridor on movement of passerine birds to a lake littoral zone. *Landscape Ecology* 4:93-108.



- Doan, T. M. y W. Arizabal-Arriaga. 2002. Microgeographic variation in species composition of the herpetofaunal communities of Tambopata Region, Peru. *Biotropica* 34:101-117.
- Duellman, W. E. 1992. Reproductive strategies of frogs. *Scientific American* 267:80-87.
- Estrada, A. y R. Coates-Estrada. 1993. Aspects of ecological impact of howling Monkeys (*Alouatta palliata*) on their habitat: a review. Págs. 87-117. En (Estrada, A., Rodríguez-Luna, E. Lopez-Wilchis y R. Coates-Estrada. Eds.) *Avances en estudios primatológicos en México I*. Asociación Mexicana de Primatología, A.C. y patronato Pro-Universidad Veracruzana, A.C. Xalapa, Veracruz, México.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada y D. Meritt, Jr. 1997. Anthropogenic landscape changes and avian diversity at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 6:19-43.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada, P. Cammarano y A. Anzures. 1998. Dung and carrion Beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, México. *Journal of Tropical Ecology* 14:577-593.
- Estrada, A. y R. Coates-Estrada. 1999. Las Selvas Tropicales Húmedas de México: Recurso Poderoso pero Vulnerable. *Fondo de Cultura Económica. Serie La Ciencia desde México*. 191 pp.

- Estrada, A. y R. Coates-Estrada. 2002. Bats in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat-island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 103:237-245.
- Fahrig, L. y G. Merriam. 1994. Conservation of fragmented populations. *Conservation Biology* 8:50-59.
- Ferreira, L. V. y W. F. Laurance. 1997. Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in Central Amazonia. *Conservation Biology* 11:797-801
- Foreman, R. T. T. 1983. Corridors in a landscape: their ecological structure and function. *Ekologia (C.S.S.R.)* 2:235-387.
- Funk, W. C. y L. S. Mills. 2003. Potential causes of population declines in forest fragments in an Amazonian frog. *Biological Conservation* 111:205-214.
- García, E. 1970. Los climas del estado de Veracruz. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM, Serie Botánica* 1:3-42.
- Gates, J. E. y L. W. Gysel. 1978. Avian nest dispersion and fledgling success in field-forest ecotones. *Ecology* 59:871-883.
- González-Soriano, E., R. Dirzo y R. C. Vogt 1997. *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. México, D. F. 647 pp.

- Guevara, S. J. Meave, P. Moreno-Casasola. Y J. Laborde. 1992. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. *Journal of Vegetation Science*. 3:655-664.
- Guevara, S. Meave, J. Moreno-Casasola. P. y Laborde. J. 1994. Vegetación y flora de potreros en la sierra de Los Tuxtlas, México. *Acta Botánica Mexicana* 28:1-27.
- Guevara, S., J. Laborde, D. Liesenfeld y O. Barrera. 1997. Potreros y ganadería. Págs. 43-58. En (González S. E., R. Dirzo, R. Voght, Eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. México, D. F. 647 pp.
- Guevara, S. G. Sánchez.Ríos, R. Landgrave. 2004. La deforestación. Págs. 85-108. En (Guevara, S. J. Laborde, G. Ríos-Sánchez Eds.) *Los Tuxtlas. El Paisaje de la Sierra*. Instituto de Ecología, A. C., y Unión Europea, Xalapa.
- Hager, H. A. 1998. Area-sensitive of reptiles and amphibians: Are there indicator species for habitat fragmentation? *Ecoscience* 5:139-147.
- Hanski, I. A. 1999. Island biogeography: ecology, evolution and conservation. *Nature*. 398:387-388.
- Harris, L. D. 1984. The Fragmented Forest: Island Biogeography Theory and Preservation of Biotic Diversity. University of Chicago Press, Chicago.
- Henein, K. y G. Merriam. 1990. The elements of connectivity where corridor quality is variable. *Landscape Ecology* 4:157-170.

- Hernández. P. H. R. 1989. Contribución al conocimiento de la composición de anfibios y reptiles que habitan el Acuyal: un área en las elevaciones de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Xalapa. 90 pp.
- Hernández-Ordóñez, O. 2005. Comparación de la comunidad de anfibios y reptiles entre zonas altas y bajas dentro de la Reserva de la Estación de Biología, UNAM, Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 90 pp.
- Hobbs, R. J. y L. F. Huenneke. 2002. Disturbance, diversity and invasion: implications for conservation. *Conservation Biology* 6:324-337.
- Hutcheson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal Theoretical Biology* 29:151-154.
- Hutchinson, M. D. 1987. The lower cache river basin of southern Illinois. *Erigenia* 9:9-54.
- Anónimo. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 2008. *Red List of Threatened Species*.
- Kjoss, V. A. y J. A. Litvaitis. 2001. Community structure of snakes in a human-dominated landscape. *Biological Conservation* 98:285-292.
- Laurance, S. G. y W. F. Laurance. 1999. Tropical wildlife corridors: use of linear rainforest remnants by arboreal mammals. *Biological Conservation* 91:231-239.

Laurance, W. F., A. K. M. Albernaz, G. Schroth, P. M. Fearnside, S. Bergen, E. M. Venticinque y C. Da Costa. 2002. Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. *Journal of Biogeography*. 29:737-748.

Lazcano-Barrero, M. A., G. Arones, E. Vogt y R. Vogt. 1992. Anfibios y reptiles de la selva Lacandona. Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su conservación, San Cristóbal de las Casas, Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. 145-171 p.

Lees, A. C. y C. A. Peres. 2008. Conservation value of remnant riparian forest corridors of varying quality for amazonian birds and mammals. *Conservation Biology*. 22:439-449.

MacArthur, R. H. y E. O. Wilson. 1967. The Theory of Island Biogeography. Princeton University Press, Nueva Jersey. 203 pp.

MacArthur, R. H. 1972. Geographical Ecology: Patterns in the Distribution of Species. Harper and Row, Nueva York. 269 pp.

Mader, H. J. 1984. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation*. 29:81-96.

Magurran, A. E. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Princeton University Press. 179 pp. EUA

Magurran, A. E. 2004. Measurement Biological Diversity. Black Well Publishing Company. EUA

McAlece, N. 1997. BioDiversity Professional beta 1. Version 2. The Natural Museum and The Scottish Association for Marine Science.  
<http://www.nhm.ac.uk/zoology/bdpro>

McCoy, E. D. y H. R. Mushinski. 2002. Measuring the success of wildlife community restoration. *Ecological Applications* 12:1861-1871.

Mena-Correa, A. L. 2008. Estudio de la comunidad de anfibios y reptiles en dos remanentes medianamente alterados, adyacentes al macizo de selva en la reserve de la biosfera "Los Tuxtlas", Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México D. F. 117 pag.

Merriam, G. y A. Lanoue. 1990. Corridor use by small mammals: field measurement for three experimental types of *Peromyscus leucopus*. *Landscape Ecology* 4:123-131.

Moreno, R. M. y A. A. Muñoz. 2001. Manual de Métodos para Medir la Biodiversidad. Primera edición. Textos Universitarios, Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 49 pp.

Noss, R. F. y L. D. Harris. 1986. Nodes, networks, and MUMs: preserving diversity at all scales. *Environmental management* 10:299-309.

Ovaska, K. 1991. Reproductive Phenology, population structure, and habitat use of the frog *Eleutherodactylus johnstonei* in Barbados, West Indies. *Journal of Herpetology* 25:424-430.

- Peña Sánchez de Rivera, D. 1987. Estadística. Modelos y Métodos. Volumen 2. Alianza. Editorial Madrid. Pp. 793. Madrid, ESpaña
- Pérez-Higadera, G. 2003. Lista revisada de las especies de Los Tuxtlas.
- Pérez-Higadera, G., M. A. López-Luna y H. M. Smith. 2007. La región de Los Tuxtlas. Págs. 13-16 En (Pérez-Higadera, G., M. A. López-Luna y H. M. Smith, Eds.) *Serpientes de la Región de Los Tuxtlas, Veracruz, México: Guía de Identificación Ilustrada*. UNAM, México D. F.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhan. 1968. Árboles Tropicales de México. United Nations/FAO. 413 p.
- Ramírez-Bautista, A. 1997. Algunos anfibios y reptiles de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Veracruzana, Xalapa. 2-20 pp.
- Ramírez-Bautista, A. y A. Nieto-Montes de Oca. 1997. Ecogeografía de anfibios y reptiles. Págs. 533-534 En (González-Soriano, E., R. Dirzo, R. C. Vogt, Eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Reagan, D. P. 1992. Congeneric species distribution and abundance in a three-dimensional habitat: the rain forest anoles of Puerto Rico. *Copeia* 1992:392-403.
- Reynoso-Rosales, V. H., F. Mendoza-Quijano, C. S. Valdespino-Torres y X. Sánchez-Hernández. 2005. Anfibios y reptiles. Págs. 241-260 En (Bueno,

J., F. Álvarez y S. Santiago, Eds.) Biodiversidad del Estado de Tabasco.  
Instituto de Biología. UNAM-CONABIO. México

Reynoso-Rosales, V. H. y J. N. Urbina-Cardona. En prensa. Uso del microhabitat por hembras grávidas de la rana de hojarasca *Craugastor loki* (Shanno y Werler, 1995) en la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas, Veracruz-México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.

Ryan. 2008. Minitab statistical software. Versión 15 Trial.

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

Siegel, S. 1988. Estadística no Paramétrica Aplicada a las Ciencias de la Conducta. Trillas, México. 344 pp.

Sieving, K. E., M. F. Willson y T. L. de Santo. 2000. Defining corridor functions for endemic birds in fragmented south-temperate rainforest. *Conservation Biology* 4:1120-1132.

Simberloff, D., J. A. Farr, J. Cox y D. W. Mehlman. 1992. Movement corridors: conservation bargains or poor investment? *Conservation Biology* 6:493-505.

Simberloff, D. y J. A. Cox. 1987. Consequences and costs of conservation corridors. *Conservation Biology* 1:63-71.



- Soberón, M. J. y B. J. Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7:480-488
- Sousa, S. M. 1968. Ecología de las leguminosas de Los Tuxtlas, Veracruz. *Anales del Instituto de Biología. UNAM, Serie Botánica* 1:21-160.
- StatSoft, Inc. 2008. STATISTICA data analysis software system. Trial Version 8.0.
- Stevens, L. E., B. T. Brown, J. M. Simpson y R. R. Johnson. 1977. The importance of riparian habitat to migrating birds. En: Importance, Preservation and Management of Riparian Habitat: Simposio. USDA 156-164 pp.
- Urbina-Cardona, J. N. y V. H. Reynoso. 2005. Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior de la selva en la Reserva de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Págs. 191-208. En (G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic Eds.) *Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, SEA, Diversitas, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Zaragoza.
- Urbina-Cardona, J. N., M. Olivares-Pérez y V. H. Reynoso. 2006. Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture-edge-interior ecotone in tropical rainforest fragments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, Mexico. *Biological Conservation* 132:61-75.
- Vallan, D. 2000. Influence of forest fragmentation on amphibian diversity in the nature reserve of Ambohitantely, highland Madagascar. *Biological Conservation* 96:31-43.

- Verboom, J., A. Schotman, P. Opdam y J. Metz. 1991. European nuthatch metapopulations in a fragmented agricultural landscape. *Oikos* 61:149-156.
- Villar-Rodríguez-Rodríguez, M. 2007. Análisis de la composición y diversidad de anfibios y reptiles, en áreas con características de corredores biológicos en Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 110 pp.
- Vogt, R. C., J. L. Villar-Rodríguez y G. Pérez-Higadera. 1997. Lista anotada de anfibios y reptiles. Págs. 507-522 En (González-Soriano, E., R. Dirzo, R. C. Vogt, Eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Watson, J. W., M. Davison y L. L. Leschner. 1991. Foraging ecology of bald eagles in Columbia River Estuary. *Wildlife Management* 55:492-499.
- Wegner, J. y G. Merriam. 1990. Use of spatial elements in a farmland mosaic by a Woodland rodent. *Biological Conservation* 54:263-276.
- Wike, L. D., F. D. Martin y L. S. Paddock. 2000. Small mammal populations in a restored stream corridor. *Ecological Engineering* 15:121-129.
- Wilson, E. O. y E. O. Willis. 1975. Applied biogeography. Págs. 522-534. En (M. L. Cody y J. M. Diamond, Eds.). *Ecology and Evolution of Communities*. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge MA.
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. 4ta ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey. 741 p.



Apéndice 1. Esquema de la numeración de marcaje

**corte de falanges** Hembras

|        |   | I |   |   |   |   | II |   |   |   |   | III |   |   |   |   | IV |   |   |  |  |
|--------|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|----|---|---|--|--|
| Machos |   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 1   | 2 | 3 | 5 | 1 | 2  | 3 | 5 |  |  |
| I      | 1 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 2 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 3 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 4 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 5 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
| II     | 1 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 2 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 3 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 4 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 5 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
| III    | 1 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 2 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 3 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 5 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 4 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
| IV     | 1 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 2 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 3 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 4 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |
|        | 5 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |  |  |

Apéndice 2. Descripción física para cada km del corredor.

| <b>Km</b> | <b>Altura (msnm)</b> | <b>Densidad del sotobosque (Número de toques)</b> | <b>Cobertura bajo el dosel (% de área abierta)</b> | <b>Tipo de vegetación dominante</b> |
|-----------|----------------------|---|--|-------------------------------------|
| 1         | 64-59                | 5   | 4.8  | Fragmento                           |
|           |                      | 6   | 9.2  | Bosque                              |
|           |                      | 6   | 9.7  | conservado                          |
|           |                      | 4   | 8.37   |                                     |
|           |                      | 6   | 10.7   |                                     |
|           |                      | 5   |  |                                     |
| 2         | 58-35                | 3   | 18   | Acahual                             |
|           |                      | 2   | 11.5   | Potrero                             |
|           |                      | 1   | 84.5   |                                     |
|           |                      | 1   | 48   |                                     |
|           |                      | 2   | 20.3   |                                     |
|           |                      | 5   |  |                                     |
| 3         | 33-15                | 5   | 22.2   | Potrero                             |
|           |                      | 2   | 31   | Bosque                              |
|           |                      | 1   | 19.7   | conservado                          |
|           |                      | 0   | 24.9   |                                     |
|           |                      | 1   | 52.4   |                                     |
|           |                      | 3   |  |                                     |
| 4         | 14-9                 | 7   | 9.8  | Fragmento                           |
|           |                      | 0   | 11.5   | Bosque                              |
|           |                      | 2   | 29   | conservado                          |
|           |                      | 2   | 14.6   |                                     |
|           |                      | 1   | 10.8   |                                     |
|           |                      | 5   |  |                                     |
| 5         | 9-3                  | 3   | 8.4  | Potrero                             |
|           |                      | 1   | 10.8   | Fragmento                           |
|           |                      | 0   | 15.2   | Potrero                             |
|           |                      | 0   | 57.3   |                                     |
|           |                      | 1   | 70.3   |                                     |
|           |                      | 1   |  |                                     |

Apéndice 3. Densidad de anfibios para cada tramo (100 m).

| Especies/tramo         | 0  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>C. berkenbuschi</i> | 3  | 3 | 6 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| <i>C. pygmaeus</i>     | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>C. rhodopis</i>     | 11 | 4 | 9 | 4 | 7 | 7 | 9 | 5 | 3 | 6 | 8  | 7  | 2  | 2  | 4  | 2  | 0  | 2  | 1  | 5  | 2  | 2  | 5  | 2  | 2  |
| <i>C. vulcani</i>      | 5  | 5 | 1 | 2 | 1 | 4 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2  | 0  | 3  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 0  | 2  | 3  | 1  | 1  |
| <i>D. microcephala</i> | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>L. melanonotus</i>  | 0  | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  |
| <i>L. vaillanti</i>    | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 2  |
| <i>O. valliceps</i>    | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>R. marina</i>       | 0  | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  |
| <i>S. baudini</i>      | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 3  | 1  | 3  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| <i>S. cyanosticta</i>  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>S. leprus</i>       | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

Continúa...



Apéndice 4. Densidad de reptiles en cada tramo (100 m).

| Especies/Tramo         | 0  | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|------------------------|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>A. undulata</i>     | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>A. rodriguezii</i>  | 2  | 2  | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0  | 3  | 0  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| <i>A. sericeus</i>     | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 2  | 2  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| <i>A. tropidonotus</i> | 0  | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>A. uniformis</i>    | 26 | 18 | 7 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 0  | 7  | 6  | 1  | 2  | 0  | 0  | 2  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>B. vittatus</i>     | 0  | 0  | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 2  | 2  |
| <i>C. fissidens</i>    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>I. iguana</i>       | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>L. tuxtlae</i>      | 1  | 1  | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>L. ahaetulla</i>    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>M. brachypoda</i>   | 1  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>M. limbatus</i>     | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| <i>N. sebae</i>        | 0  | 0  | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <i>S. variabilis</i>   | 0  | 0  | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 3  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 0  | 2  | 4  |
| <i>S. glaucus</i>      | 0  | 1  | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
| <i>S. cherriei</i>     | 1  | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 1  | 0  |

Continúa...





