



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**EFFECTO DE BORDE OCASIONADO POR
CAFETALES Y POTREROS EN LAS ESPECIES DE
ANFIBIOS Y REPTILES DEL BOSQUE MESÓFILO
DE MONTAÑA EN EL MUNICIPIO DE XICO,
VERACRUZ, MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

ÁNGEL FERNANDO SOTO POZOS



DIRECTOR DE TESIS:

**DR. VÍCTOR HUGO REYNOSO ROSALES
2015**

Ciudad Universitaria, D. F.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FACULTAD DE CIENCIAS
COMITÉ ACADÉMICO DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
UNIDAD DE ENSEÑANZA

OF. No. FCIE/CALB/U.E./0183/15

ASUNTO: Corrección

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio, el Comité Académico de la Licenciatura en Biología informa a usted que el día 20 de febrero 2015, se aprobó que el alumno:

Ángel Fernando Soto Pozos

con número de cuenta 410030424, presentará el trabajo titulado:

Efecto de borde ocasionado por cafetales y potreros en las especies de anfibios y reptiles del bosque mesófilo de montaña en el municipio de Xico, Veracruz, México

correspondiente a la opción de Tesis

Asimismo, este comité informa a usted que el tutor y los síndacos autorizados para la dirección y revisión del trabajo arriba señalado son:

Presidente: M. en C. José Alberto Cruz Silva

Vocal: Biol. Adriana Judith Xóchitl González Hernández

Secretario: Dr. Víctor Hugo Reynoso Rosales
Tutor

Suplente: M. en C. Carlos Omar Becerra Sofía

Suplente: M. en C. Juana Margarita Garza Castro

En consecuencia, este Comité solicita a usted se entregue al citado alumno la papelería que conforme a la normatividad aplicable, debe llenar, se proceda a la elaboración de los votos aprobatorios y se dé inicio al proceso de revisión de estudios correspondientes.

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Ciudad Universitaria, D. F., a 27 de febrero 2015. FACULTAD DE CIENCIAS
EL COORDINADOR DE LA UNIDAD DE ENSEÑANZA

DR. LUIS FELIPE JIMÉNEZ GARCÍA
L.F.JG/jazz



UNIDAD DE ENSEÑANZA
EN BIOLOGÍA



AGRADECIMIENTOS

A mi mamá María Alma Pozos Vásquez, por darme la oportunidad de desarrollarme en la carrera que me hace feliz. Por su apoyo y cariño inmenso e incondicional, sin el cual nunca hubiese empezado ni finalizado este proyecto. También por su colaboración directa en el proyecto, en las salidas de campo y en la ubicación de los sitios de muestreo.

Al Dr. Víctor Hugo Reynoso Rosales, por haberme asesorado con sus clases, enseñanzas y consejos, su dedicación y tiempo brindados. También por siempre haberme motivado a seguir adelante y alcanzar mis metas.

A la Biól. Adriana Judith Xóchitl González Hernández, por sus explicaciones y asesorías brindadas para el diseño de este proyecto y su valiosa colaboración en la identificación de las especies.

Al M. en C. Carlos Omar Becerra Soria por su paciencia, explicaciones e información brindadas para la realización del presente trabajo, su amistad y darme un ejemplo a seguir.

Al M. en C. José Alberto Cruz Silva, por sus valiosas asesorías y consejos, y haber estado siempre dispuesto a brindarme su apoyo, motivación y amistad.

A la M. en C. Juana Margarita Garza Castro, por sus asesorías, información brindada para este proyecto y su amabilidad hacia mí.

A mis tíos Adelfo García Morales y Élfego Riveros Hernández, por haberme ayudado a encontrar mis localidades de muestreo, así como su apoyo en las visitas prospectivas de campo.

A mis tías Dulce María Pozos Vásquez, Alejandra Pozos Vásquez, Rosa Olivia Pozos Vásquez y María de los Ángeles Pozos Vásquez, por sus atenciones siempre que lo necesitaba, su preocupación y cariño.

A mi hermano Jesús David Soto Pozos, mis primos y amigos, por su apoyo, amistad y compañía en las salidas de campo.

A mi novia Sandra Olivia Velázquez Cuevas, por su paciencia, apoyo, consejos, cariño y amor brindados durante toda la realización de este proyecto, sin faltarme ni un solo día, lo cual ha sido imprescindible para mí.

Al Prof. Miguel Ángel Ramírez por permitirme trabajar en sus propiedades y así contar con el área de trabajo que mejor se adaptaba a los requerimientos de mi proyecto, por la información y la atención brindadas hacia mí.

Al Ing. Francisco Cervantes por permitirme trabajar en sus propiedades y así contar con el área de trabajo que mejor se adaptaba a los requerimientos de mi proyecto, su disposición, colaboración y atención hacia mí.

Los ejemplares fueron colectados con extensión de permiso de colecta FAUT 0014 al Dr. Víctor Hugo Reynoso Rosales (Oficio Núm SGPA05770/14) de SEMARNAT.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
El bosque mesófilo de montaña	2
La fragmentación	3
El efecto de borde	4
Influencia de cafetales y potreros.....	5
Anfibios y reptiles como bioindicadores	6
ANTECEDENTES	8
Estudios en México	9
JUSTIFICACIÓN	14
OBJETIVOS	15
Objetivo general	15
Objetivos particulares.....	15
HIPÓTESIS	16
MÉTODOS	18
Área de estudio	18
Muestreo de anfibios y reptiles.....	19
Análisis de datos	23
RESULTADOS	27
Esfuerzo y éxito de captura.....	27
Composición general.....	27
Representatividad del muestreo.....	30
Composición por tipos de ambiente	31
Diversidad alfa	33

Diversidad beta	36
Variables ambientales	44
DISCUSIÓN	48
Representatividad del muestreo.....	50
Diversidad alfa	51
Diversidad beta	52
Variables ambientales	57
Implicaciones para la conservación.....	60
CONCLUSIONES.....	62
REFERENCIAS.....	64
Anexo I.....	72
Anexo II.....	73
Anexo III.....	74
Anexo IV.....	76

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación del área de estudio, en el municipio de Xico, Veracruz	18
Figura 2. Ubicación de los ecotonos y arreglo de los ambientes en Xico Viejo y La Mascota.....	21
Figura 3. Curva de acumulación de especies de anfibios y estimadores de riqueza en la localidad de Xico Viejo	30
Figura 4. Curva de acumulación de especies de anfibios y estimadores de riqueza en la localidad de La Mascota.....	31
Figura 5. Curva de acumulación de especies de reptiles y estimadores de riqueza en la localidad de Xico Viejo	32
Figura 6. Curva de acumulación de especies de reptiles y estimadores de riqueza en la localidad de La Mascota.....	32
Figura 7. Perfiles de diversidad de anfibios en los tipos de ambiente	35
Figura 8. Perfiles de diversidad de reptiles en los tipos de ambiente.....	35
Figura 9. Curvas de rarefacción de anfibios en los tipos de ambiente	37
Figura 10. Curvas de rarefacción de reptiles en los tipos de ambiente	37
Figura 11. Curvas rango-abundancia de anfibios en los tipos de ambiente	38
Figura 12. Curvas rango-abundancia de reptiles en los tipos de ambiente.....	39
Figura 13. Análisis de componentes principales para las variables ambientales registradas en los tipos de ambiente.....	45
Figura 14. Relación entre el número de microhábitats y el número de especies de anfibios observados por tipo de ambiente.....	47
Figura 15. Relación entre el número de microhábitats y el número de especies de reptiles observados por tipo de ambiente.....	47

Lista de Cuadros

Cuadro 1. Composición de la comunidad de anfibios y reptiles en los sitios de borde con potrero y borde con cafetal	27
Cuadro 2. Distribución de las abundancias de anfibios y reptiles	28
Cuadro 3. Composición y abundancia de las especies de anfibios y reptiles en los tipos de ambiente	29
Cuadro 4. Análisis de totalidad para anfibios	31
Cuadro 5. Análisis de totalidad para reptiles	33
Cuadro 6. Dominancia por el índice de Berger Parker (d), inverso de la dominancia (1/d) y especies dominantes de anfibios y reptiles en cada tipo de ambiente	34
Cuadro 7. Especies únicas de reptiles y su abundancia en los tipos de ambiente	36
Cuadro 8. Correlación (r) entre las abundancias de anfibios y reptiles en cada pareja de ambientes	40
Cuadro 9. Índices de diversidad alfa (α), beta (β) y gama (γ) de los anfibios y reptiles de los tipos de ambiente	41
Cuadro 10. Porcentaje de similitud para anfibios entre los tipos de ambiente	42
Cuadro 11. Contribución de las especies de anfibios a la disimilitud entre los tipos de ambientes	42
Cuadro 12. Porcentaje de similitud para reptiles entre los tipos de ambiente	43
Cuadro 13. Contribución de las especies de reptiles a la disimilitud entre los tipos de ambiente	44
Cuadro 14. Variables que mejor explican la distribución de anfibios y reptiles en los tipos de ambiente	46

RESUMEN

El bosque mesófilo de montaña (BMM) es el tipo de vegetación más diverso por unidad de área en México; sin embargo, a causa del cambio de uso de suelo y la fragmentación se encuentra altamente amenazado. En el centro de Veracruz, los pocos remanentes de BMM se encuentran rodeados generalmente por potreros y cafetales. En el presente estudio se evaluó el efecto de borde en la diversidad de anfibios y reptiles ocasionado por el cambio de uso de suelo de BMM a potreros y a cafetales en la zona montañosa central del estado de Veracruz. Durante un año se muestrearon dos tipos de ecotonos, el BMM-borde-potrero y el BMM-borde-cafetal, en dos remanentes de BMM en las localidades de Xico Viejo y La Mascota, ubicadas en el municipio de Xico, Veracruz, México.

Se registraron un total de 309 individuos distribuidos en 17 especies, cinco de anfibios y 12 de reptiles. Los ambientes de BMM presentaron una alta diversidad, riqueza y abundancia de especies reduciéndose en los ambientes perturbados potrero y cafetal. Las especies *Parvimolge towsendii*, *Pseudoeurycea cafetalera*, *Celestus enneagrammus* y *Pliocercus elapoides* prefirieron los ambientes conservados del BMM, mientras que las especies *Craugastor mexicanus*, *C. rhodopis*, *C. loki*, *Ninia diademata* y *Anolis lemurinus* no respondieron ante el efecto de borde. El ecotono BMM-borde-potrero representa un cambio abrupto en la diversidad de anfibios, presenta influencia por las variables ambientales humedad, temperatura y número de microhábitats. El ecotono BMM-borde-cafetal conforma un borde suave con influencia mutua de los tipos de vegetación en contacto conformando un hábitat nuevo en la zona de borde, las variables más significativas fueron cobertura de hojarasca, profundidad de la capa de hojarasca y número de microhábitats. Finalmente la diferenciación entre los ecotonos indicó que la diversidad de anfibios y reptiles es mantenida por la combinación de los diferentes tipos de cubiertas vegetales, por lo cual es de importancia para la conservación mantener la heterogeneidad del paisaje en estos escenarios fragmentados.

INTRODUCCIÓN

El bosque mesófilo de montaña

El bosque mesófilo de montaña (BMM) representa la confluencia de las dos regiones biogeográficas del continente americano, la Neártica y la Neotropical (Aldrich *et al.* 2000). Se distribuye en la franja altitudinal entre 1200-2100 m snm, justo en la zona de transición entre los bosques tropicales y bosques templados (Williams-Linera, 2007). Los BMM están mejor representados al barlovento de los macizos montañosos en ambientes muy húmedos con presencia de neblinas y protegidos de la alta insolación (Rzedowsky, 1978; Challenger y Soberón, 2008), siendo capaces de albergar una gran biodiversidad debido a su heterogeneidad ambiental (Williams-Linera, 2007) y son de gran importancia por los servicios ambientales que proporcionan, tales como captación de agua y captura de carbono (Rojo-Torres, 2011).

En México, el BMM ocupa menos del 1% de la superficie del territorio (Challenger y Soberón, 2008) y contiene más del 10% de todas las especies vegetales y animales conocidas para México (Rzedowski, 1998). El BMM presenta la tasa más alta de deforestación entre los bosques tropicales (Aldrich *et al.*, 2000), por lo que en pocos estados del país se encuentra en superficies de más de 10,000 ha, debido a esto se ha deteriorado su funcionalidad y variedad de microclimas, generando cambios negativos en la riqueza, abundancia y composición de las especies (Cruz-Parra, 2012). A pesar de los esfuerzos de programas de conservación para estos bosques como son el pago por servicios ambientales, áreas naturales bajo protección, áreas con programa de manejo forestal, áreas con bosque certificado, unidades de manejo para la conservación de la vida

silvestre y sistemas de producción sustentable (Toledo-Aceves, 2010), la disminución del BMM continúa día con día (Manson *et al.*, 2008).

La fragmentación

La fragmentación es la interrupción de un hábitat nativo continuo, ocasionada por la pérdida de hábitat, con efectos positivos y negativos sobre la biodiversidad (Fahring, 2003). Entre los principales efectos negativos se encuentran la pérdida de conectividad entre los remanentes, dependiendo del tipo de vegetación circundante (Gascon *et al.*, 1999), empobreciendo la calidad del ambiente para los organismos habitantes de los remanentes (Murcia, 1995; Williams-Linera, 2007; Toledo-Aceves, 2010), ya que se produce una alteración de las condiciones microclimáticas y algunas especies llegan a desaparecer junto con su hábitat (Williams-Linera, 2007).

Los efectos positivos de la fragmentación se observan en ecosistemas con una distribución naturalmente fragmentada, como el BMM, lo cual le confiere un alto grado de endemismos y elevada riqueza de especies (Challenger, 1998). La fragmentación por causas antropogénicas puede modificar la estructura de las comunidades, ya que en microhábitats artificiales podría aumentar la abundancia de especies que vivían en ambientes restringidos, beneficiándose las especies antes raras. Por ejemplo, los cuerpos de agua (bebederos) para larvas de insectos y de anfibios (Fahring, 2003), áreas de asoleo para reptiles (sitios talados o perturbados) (Urbina-Cardona *et al.*, 2006) y zonas de forrajeo para mamíferos pequeños (cultivos) (Stevens y Husband, 1998).

El área que rodea los remanentes producidos por la fragmentación se denomina matriz (Wilcove *et al.*, 1986) y representa un filtro selectivo para el flujo y dispersión de las

especies a lo largo del paisaje (Urbina-Cardona *et al.*, 2008). Las diferencias en estructura y biomasa entre la matriz y los remanentes resultan en una variedad de microhábitats con distintas condiciones ambientales (Murcia, 1995); sin embargo, el manejo intensivo de la matriz ocasiona el decremento de la estructura y complejidad del hábitat, ocasionando un impacto directo sobre la diversidad de especies del interior del remanente y de la matriz (Gardner *et al.*, 2007).

La distribución de las especies y selección del hábitat dependen de su habilidad para usar la matriz alrededor de los remanentes. Las especies que son especialistas del hábitat del interior de los remanentes son más afectadas por los cambios microclimáticos ocasionados por la fragmentación (Urbina-Cardona *et al.*, 2006) y tenderán a declinar o desaparecer en los remanentes, mientras que las especies generalistas permanecen estables o incrementan su abundancia (Gascon *et al.*, 1999).

El efecto de borde

El borde es la zona de contacto entre los remanentes y la matriz (Murcia, 1995). El borde actúa como una zona de transición entre dos comunidades vegetales estructuralmente distintas (Williams-Linera, 1991). En las zonas de borde a menudo la fauna es más diversa porque convergen diferentes tipos de alimento y cobertura (Williams-Linera, 1991).

El efecto de borde es el resultado de la interacción entre dos comunidades vegetales adyacentes que afecta a ambos lados del borde, generando cambios en la distribución de las variables ambientales y la composición de especies (Murcia, 1995). Sus efectos

comprenden un amplio espectro de procesos y flujos ecológicos; en su mayoría son producto de la fragmentación provocada por el hombre (Williams-Linera, 1991).

La intensidad de los efectos de borde ha sido medida como la distancia a la que los cambios penetran en el hábitat y está relacionada con el tamaño de los remanentes (Murcia, 1995). En remanentes pequeños, gran porción del hábitat está influenciada por el efecto de borde y el hábitat núcleo se reduce drásticamente o desaparece (Murcia, 1995; Lehtinen *et al.*, 2003), por lo que presentan una menor calidad para los organismos que sobreviven en ellos (Williams-Linera, 2007).

El ecotono es un gradiente producido por las diferencias de microclimas entre los tipos de vegetación en contacto, situado perpendicularmente a la línea de borde (Murcia, 1995). El ecotono comprende toda la variedad de respuestas ecológicas posibles (positivas, negativas o mutuas) y puede definirse como un hábitat nuevo que posee propiedades emergentes, por ejemplo, una mayor diversidad de especies que los remanentes o que la matriz (López-Barrera, 2003).

Influencia de cafetales y potreros

La deforestación y la fragmentación son los principales factores que influyen en la pérdida del BMM, y los pocos remanentes que existen se encuentran comúnmente rodeados por cafetales y potreros (Williams-Linera, 1991). Los cafetales y potreros proveen una nueva variedad de hábitats que son ocupados por las diferentes especies provenientes de las cubiertas vegetales en contacto (Fahring *et al.*, 2011).

Los cultivos de café predominan en las laderas de las zonas montañosas en elevaciones entre los 500 y los 2000 msnm (Pimentel *et al.*, 1992); es decir, coinciden con

la distribución del BMM (Manson *et al.*, 2008). Dependiendo del tipo de manejo, los cafetales se pueden dividir en monocultivo sin sombra, monocultivo con sombra especializada, policultivo tradicional y rústico tradicional (Moguel y Toledo, 1999). Este último es el que mejor preserva las características estructurales del BMM, ya que conserva la cobertura arbórea nativa y únicamente se reemplaza el sotobosque por cafetos (Moguel y Toledo, 1999). De esta manera se mantiene una gruesa capa de hojarasca y una alta humedad relativa, factor principal para la existencia de un gran número de especies (Murrieta-Galindo, 2007).

El tipo de vegetación que se encuentra rodeando comúnmente a los remanentes de BMM son los potreros que son cubiertas vegetales inducidas caracterizadas por ser áreas abiertas, homogéneas y con un alto grado de insolación (Gutiérrez-Mayén, 2000). En los potreros las especies se segregan, dependiendo si son de hábitos especialistas o generalistas (Lehtinen *et al.*, 2003), por lo cual el potrero funciona como zona de tránsito entre los remanentes para algunas especies (Gutiérrez-Mayén, 2000).

Anfibios y reptiles como bioindicadores

Debido a sus necesidades fisiológicas, los anfibios y reptiles son grupos que responden a modificaciones del hábitat causadas por degradación, fragmentación o pérdida de hábitat (Lehtinen *et al.*, 2003; Hernández-Ordoñez *et al.*, 2014), por lo que tienen implicaciones importantes para la conservación (Swihart *et al.*, 2003), como indicadores de la salud de un ecosistema (Urbina-Cardona *et al.*, 2008).

La falta de hábitats apropiados afecta directamente la capacidad de los anfibios y reptiles para alimentarse, hibernar o reproducirse (Gardner y Oberdoster, 2006). Los

anfibios presentan una piel permeable, por lo que son propensos a la pérdida de humedad, además muchas especies dependen de los humedales para completar su ciclo de vida (Swihart *et al.*, 2003). Por su parte, los reptiles son indicadores de cambios en la temperatura y aquellos con complejos modos de termorregulación responden a variaciones en la radiación solar, iluminación y evapotranspiración (Pianka, 1996).

ANTECEDENTES

El efecto de borde genera cambios en los ecosistemas a tres niveles: abióticos, bióticos directos y bióticos indirectos (Murcia, 1995). Los cambios abióticos se observan cuando en los remanentes de bosque, la proximidad al borde y a la matriz genera cambios físicos como desecación, crecimiento de vegetación, corrientes de viento (Murcia, 1995), que alteran las condiciones medioambientales, tales como luminosidad, temperatura y humedad (Williams-Linera, 1991). Los cambios bióticos directos se dan debido a que el gradiente de condiciones medioambientales formado en las zonas de borde determina la distribución de las especies dependiendo sus distintas tolerancias fisiológicas, lo cual se refleja en las interacciones entre las especies, como la depredación, parasitismo, competencia, herbivoría, etc., generando los cambios bióticos indirectos (Murcia, 1995).

Los efectos sobre la biodiversidad ocasionados por la formación de bordes son muy variados. Lidicker (1999) propuso que existen dos tipos generales de efectos de borde, el efecto matriz y el efecto ecotono. El efecto matriz se manifiesta como un cambio abrupto de la distribución de los organismos por las diferencias en estructura entre los tipos de vegetación en contacto. El efecto ecotono comprende toda la variedad de respuestas que los organismos potencialmente pueden presentar hacia el interior de uno o de ambos hábitats en contacto.

Las respuestas de los organismos al efecto de borde dependen de la especie, edad o estadio, incluso sexo de los organismos (López-Barrera, 2004). Por ejemplo, se ha observado que la diversidad de mamíferos pequeños se ve afectada negativamente en las zonas de borde y las especies se segregan definitivamente en aquellas del interior del

remanente y las del interior de la matriz (Stevens y Husband, 1998; De-Alba *et al.*, 2001), mientras que especies de mamíferos medianos hacen uso tanto del remanente, del borde y de la matriz (López-Arévalo, 2010). Por otra parte, las aves se ven beneficiadas por los efectos del borde, incrementando su riqueza de especies y diversidad, dado que encuentran una mayor concentración de microhábitats y recursos alimentarios (Helle y Helle, 1982).

Los anfibios y los reptiles presentan una baja habilidad de dispersión que restringe sus movimientos a otros sitios después de una modificación en el hábitat (Hernández-Ordoñez *et al.*, 2014), lo que permite observar el efecto de borde en su diversidad. En Cundinamarca, Colombia, González-Garzón (2010) observó una mayor riqueza y abundancia de anfibios en el interior de los bosques conservados en comparación con la matriz de potrero. Lehtinen *et al.* (2003) evaluaron la influencia del borde sobre la herpetofauna en Madagascar y clasificaron a las especies en: aquellas que evitan los bordes, las que evita el interior del bosque y las generalistas, distribuidas indiferenciadamente.

Estudios en México

En México, el efecto de borde ha sido extensamente estudiado en las selvas. En la Reserva de la Biósfera “Los Tuxtlas”, Veracruz, se ha encontrado que la diversidad de anfibios y reptiles está mejor representada en las zonas de borde, donde los anfibios ocupan principalmente los microhábitats hojarasca y troncos caídos, mientras que los reptiles se encuentran predominantemente entre la hojarasca y en el estrato arbustivo (Hernández-González, 2006). Urbina-Cardona *et al.* (2006) clasificaron a las especies de

anfibios y reptiles del ecotono selva-borde-potrero en “Los Tuxtlas” como, generalistas, de pastizal, del borde del bosque, del interior-borde del bosque y del interior del bosque, dependiendo del ambiente en que se encontraron.

En la selva mediana perennifolia del centro del estado de Veracruz, Gutiérrez-Lince (2010) realizó un análisis de la diversidad de anfibios y reptiles. La mayor diversidad de herpetofauna se encontró en las zonas de borde ya que son hábitat de las especies que toleran ambientes transformados y de las de ambientes conservados (Gutiérrez-Lince, 2010).

El efecto de borde en el BMM tiene influencias particulares sobre las especies. Por ejemplo, la diversidad de mamíferos pequeños dentro de los remanentes de BMM no está influenciada negativamente en los bordes, pero si dentro de los hábitats perturbados (Ruán-Tejeda, 2006). De igual manera, en aves se reconoce el efecto negativo de las perturbaciones que ocasionan la fragmentación del BMM, sobre todo en las cubiertas inducidas donde no se conserva ningún elemento nativo como árboles y arbustos, los cuales podrían sustentar una mayor diversidad de aquellas especies que mantienen interacciones complejas con su hábitat (Ornelas, 2007).

Cruz-Parra (2012) realizó una comparación de la diversidad de anfibios y reptiles en el BMM y los cafetales del estado de Chiapas, con especial atención a la cantidad de microhábitats que ofrece cada tipo de ambiente. Encontró que no hay diferencias en la diversidad de las especies de anfibios y reptiles entre el BMM y el cafetal, el BMM se diferenció por albergar a las especies raras y especialistas; finalmente, la cantidad de microhábitats no varió significativamente entre el bosque y el cafetal. Por otra parte, Macip-

Ríos y Muñoz-Alonso (2008) encontraron que las lagartijas de los remanentes de BMM, también en Chiapas, son más diversas en el cafetal que en el interior del BMM, debido a que el cafetal ofrece mayor cantidad de microhábitats para estas especies.

En Puebla, Gutiérrez-Mayén (2000) estudió los anfibios y reptiles del municipio de Cuetzalan del Progreso. Encontró que en cafetales y potreros, la riqueza de anfibios y reptiles es mayor a la del BMM conservado; sin embargo, su abundancia disminuye; además, reportó que los potreros funcionan como corredores por donde transitan las especies para moverse de un parche de vegetación a otro en ambientes fragmentados.

En los remanentes de BMM de Guerrero, Santos-Barrera y Urbina-Cardona (2011) encontraron que la composición de anfibios está influenciada por el tipo de matriz adyacente. El BMM mantiene las condiciones de humedad relativa requeridas por los anfibios. Así, la matriz de cafetal bajo sombra reduce los efectos negativos de la fragmentación y mantiene la conectividad entre los remanentes, mientras que la matriz de cultivos de maíz, un hábitat bajo manejo intensivo, registra una baja diversidad de anfibios (Santos-Barrera y Urbina-Cardona, 2011).

En la zona montañosa central del estado de Veracruz, el rango altitudinal entre los 1,200 y 2,100 msnm se encontraba cubierto por BMM; sin embargo, ahora sólo quedan reducidos fragmentos debido al cambio de uso de suelos (Williams-Linera, 1993). De forma general, se ha indicado que la fragmentación y sus efectos reducen la disponibilidad de ambientes adecuados para las especies (Gómez-Díaz, 2010). Cabe distinguir que cuando el BMM está en contacto con cubiertas vegetales expuestas, se ha observado un cambio abrupto en las variables ambientales como aumento de la temperatura del aire y reducción

de la humedad relativa en el hábitat matriz. En otro tipo de cubiertas que mantienen una estructura vegetal parecida a la del BMM conforman un borde suave en el que no se dan cambios en la temperatura del aire y la humedad relativa (Reynoso y Williams-Linera, 2007). Un borde suave es un ecotono en el que las vegetaciones en contacto tienen efectos mutuos, hacia el interior y exterior del remanente de bosque (Duelli *et al.*, 1990).

Los cultivos de café son la actividad primaria principal en la zona montañosa central del estado de Veracruz, encontrándose cultivos bajo distinto tipo de manejo (Ellis *et al.*, 2006). Pineda *et al.* (2005) compararon la diversidad de especies de anuros, escarabajos coprófagos y murciélagos del BMM y cultivos de café bajo sombra en el centro de Veracruz. Encontraron que la riqueza de especies de anuros es una quinta parte menor en los cafetales que en el BMM, los escarabajos aumentaron su riqueza y abundancia en el cafetal, y finalmente, los murciélagos no presentaron cambios en su composición de especies en ambos hábitats. El BMM y el cafetal presentan similitud en las especies abundantes, y son las especies raras las que marcan las disimilitudes entre éstos hábitats; los cultivos de café bajo sombra son un complemento del BMM para la preservación de la biodiversidad (Pineda *et al.*, 2005).

González-Romero y Murrieta-Galindo (2008) compararon la diversidad de anfibios y reptiles en cinco tipos de agrosistemas cafetaleros del centro del estado de Veracruz y un BMM conservado. Encontraron que los cafetales tradicionales (tipo rústicos tradicional y cafetal bajo sombra) mantienen la diversidad de anfibios y reptiles ya que preservan las características estructurales del bosque nativo, por lo que son de importancia para la conservación de estas especies.

En la misma región Díaz-Fisher (2012) estudió la diversidad de anfibios y reptiles en un remanente de BMM en la Reserva del “Cerro de las Culebras”, municipio de Coatepec, el cual se encuentra rodeado por cafetales bajo sombra y potreros. Observó la mayor diversidad de especies en el remanente y el cafetal y la menor en el potrero, debido a que entre el BMM y el cafetal se presenta un borde suave, con permeabilidad al flujo biológico y que contribuye a la diversidad Carreño-Rocabado (2006).

JUSTIFICACIÓN

El BMM es un hábitat relevante para la conservación por su capacidad de albergar un gran número de especies en una extensión reducida, en comparación con otros ecosistemas (Williams-Linera, 2007). Las actividades humanas como tala inmoderada y cambio de uso de suelos han colocado al BMM en una situación comprometida, por lo cual es importante generar conocimientos sobre la ecología de las especies habitantes de este bosque, para promover su conservación (Rojo-Torres, 2011).

Es necesario realizar estudios sobre la heterogeneidad microambiental de los BMM y las cubiertas inducidas que los rodean, tales como cafetales y potreros, que analicen el efecto del cambio de uso de suelos sobre la biodiversidad (Gutiérrez-Mayén, 2000; Cruz-Parra, 2012)

Este estudio representa un acercamiento a la generalización de los efectos de borde; en este caso, en dos tipos de ecotonos el BMM-borde-potrero y el BMM-borde-cafetel, ya que no se cuenta con los estudios suficientes para conocer los principios que rigen a los bordes. Es importante entender, por ejemplo, cuáles de sus efectos son omnipresentes o bajo qué circunstancias particulares ocurren los efectos de borde (Murcia, 1995).

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de borde en la diversidad de anfibios y reptiles en remanentes de bosque mesófilo de montaña con potreros y con cafetales, en el municipio de Xico, Veracruz.

Objetivos particulares

- Conocer la composición, riqueza y abundancia de las especies de anfibios y reptiles presentes en los ecotonos BMM-borde-potrero y BMM-borde-cafetal en Xico, Veracruz.
- Observar los cambios en la diversidad alfa de especies de anfibios y reptiles en cada tipo de ambiente formado por la distancia a la línea de borde.
- Comparar el efecto de borde en los ecotonos BMM-borde-potrero y BMM-borde-cafetal sobre la diversidad de los anfibios y reptiles.
- Evaluar la influencia de las variables ambientales en la distribución de los anfibios y reptiles de los diferentes ambientes.

HIPÓTESIS

- El efecto de borde tendrá influencia sobre las especies dependiendo de la historia de vida de los grupos estudiados (Pineda *et al.*, 2005).
 - Predicción: En las zonas de borde se verán beneficiadas las especies de anfibios de hábitos terrestres con desarrollo directo. En las zonas de borde con el cafetal no se encontrará diferenciación alguna.
- El efecto de borde tendrá influencia sobre las especies dependiendo del tipo de matriz circundante (Gascon *et al.*, 1999).
 - Predicción: El borde con potrero actúa como un filtro selectivo para el desplazamiento de las especies (Gascon *et al.*, 1999), por lo que se observará una mayor diferenciación entre los ambientes del ecotono BMM-borde-potrero (Urbina-Cardona *et al.*, 2008), que el ecotono BMM-borde-cafetal que representa un borde suave (Carreño-Rocabado, 2006).
- Los cambios en las variables ambientales serán más abruptos en la colindancia BMM-borde-potrero, asociados a cambios abruptos en la riqueza y abundancia de especies (Fahring, 2003), en comparación con la colindancia BMM-borde-cafetal que conserva la estructura ambiental similar al BMM (González-Romero y Murrieta-Galindo, 2008).
 - Predicción 1: El potrero, al carecer de árboles, tendrá mayor temperatura, menor humedad, menor cobertura de hojarasca, menor profundidad de la hojarasca, lo que ocasionarán una baja en la diversidad. En el cafetal, las condiciones ambientales se mantendrán similares al BMM conservado y no influirá en la diversidad de especies.

- Predicción 2: La relación distancia a la línea de borde y distancia al cuerpo de agua permanente más cercano serán inversas a la diversidad y la relación distancia al camino más cercano con tránsito de vehículos y distancia al poblado más cercano serán directas a la diversidad.
- Los tipos de ecotono forman distintos gradientes de condiciones ambientales (Fahring, 2003; Reynoso y Williams-Linera, 2007) que se correlacionan con la distribución de las especies de anfibios y reptiles.
 - Predicción: La diversidad herpetológica estará mejor representada en los ambientes de borde, dado que allí confluyen los recursos de los dos tipos de vegetación en contacto (Urbina-Cardona *et al.*, 2006; Hernández-González, 2006; Gutiérrez-Lince, 2010).

MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se localiza en la zona montañosa central del estado de Veracruz. Comprende el municipio de Xico, ubicado en la ladera oriente del Cofre de Perote, formando parte de la Cuenca del Río La Antigua. Esta región es considerada como área de alta biodiversidad (AAB) y pertenece al Área Prioritaria Terrestre Pico de Orizaba-Cofre de Perote de la CONABIO (Arriaga *et al.*, 2000; Muñoz-Villers y López-Blanco, 2008).

El municipio de Xico se ubica entre las coordenadas 19° 22' a 19° 33' de latitud norte y 96° 54' a 97° 09' de longitud oeste. Al norte colinda con el municipio de Perote, al este con el municipio de Coatepec, al oeste con el municipio de Ayahualuco e Ixhuacán de los Reyes y al sur con Teocelo (INEGI, 2012) (Figura 1).

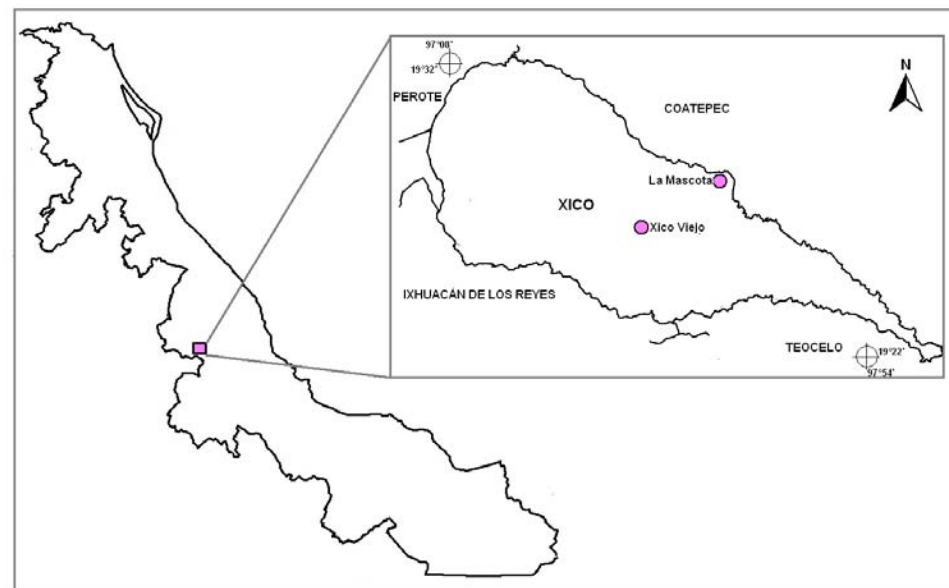


Figura 1. Ubicación del área de estudio, en el municipio de Xico, Veracruz (INEGI, 2012).

Clima. El clima en la zona es templado-húmedo con una temperatura promedio de 18 °C (mínima 10-14 °C y máxima 20-23 °C) y una precipitación anual de 1500 mm distribuida a lo largo de todo el año (García, 1988).

Vegetación. Los sitios de estudio están representados por tres tipos cubiertas vegetales, el BMM, los cafetales y los potreros.

Bosque mesófilo de montaña. Se caracteriza por la estratificación de la vegetación, con una composición florística distintiva en cada estrato (Williams-Linera, 2007). En el estrato superior se encuentran árboles de los géneros *Quercus*, *Hedysmum*, *Miconia* y *Alchornea*. En el estrato intermedio se presentan los géneros *Hoffmania*, *Psychotria*, *Lycianthes* y *Mussonia*. En el suelo hierbas de los géneros *Polypodium*, *Arachnoides* y *Roldana*; también dominan bejucos del género *Smilax* (García-Franco *et al.*, 2008).

Cafetales. Los cafetales de manejo rustico tradicional se caracterizan por la sustitución del sotobosque por matas de café, conservándose la cobertura arbórea nativa. Domina el género *Quercus* y en el estrato intermedio se encuentra árboles frutales como *Pisidium* (Moguel y Toledo, 1999).

Potrero. Son áreas con escasa cobertura vegetal y alto grado de insolación. Presentan algunos árboles aislados utilizados como sombra para el ganado.

Muestreo de anfibios y reptiles

Se seleccionaron dos sitios de estudio conformados por zonas de conservación ecológica de propiedad privada. La primera ubicada en la congregación de Xico Viejo, es un remanente de BMM de forma no planificada, rodeado por potreros. La segunda ubicada

en la congregación de La Mascota, es un remanente de BMM de forma regular rodeado principalmente por cafetales (Figura 2).

En cada sitio se colocaron tres parcelas rectangulares de 50 x 62 m, perpendiculares cubriendo el ecotono desde el interior del BMM, al borde y al hábitat modificado (pastizal o cafetal) (Heyer *et al.*, 1994). Los ecotonos se separaron en tres tipos de ambiente. En Xico Viejo se clasificaron en, interior del bosque mesófilo (BMM1), borde con potrero (BORP) e interior del potrero (POT); y los de La Mascota en, interior del bosque mesófilo (MM2), borde con cafetal (BORC) e interior del cafetal (CAF). Los ambientes de borde se delimitaron antes de los 20 m de la línea de borde y los de interior hasta después de ésta distancia (Figura 2).

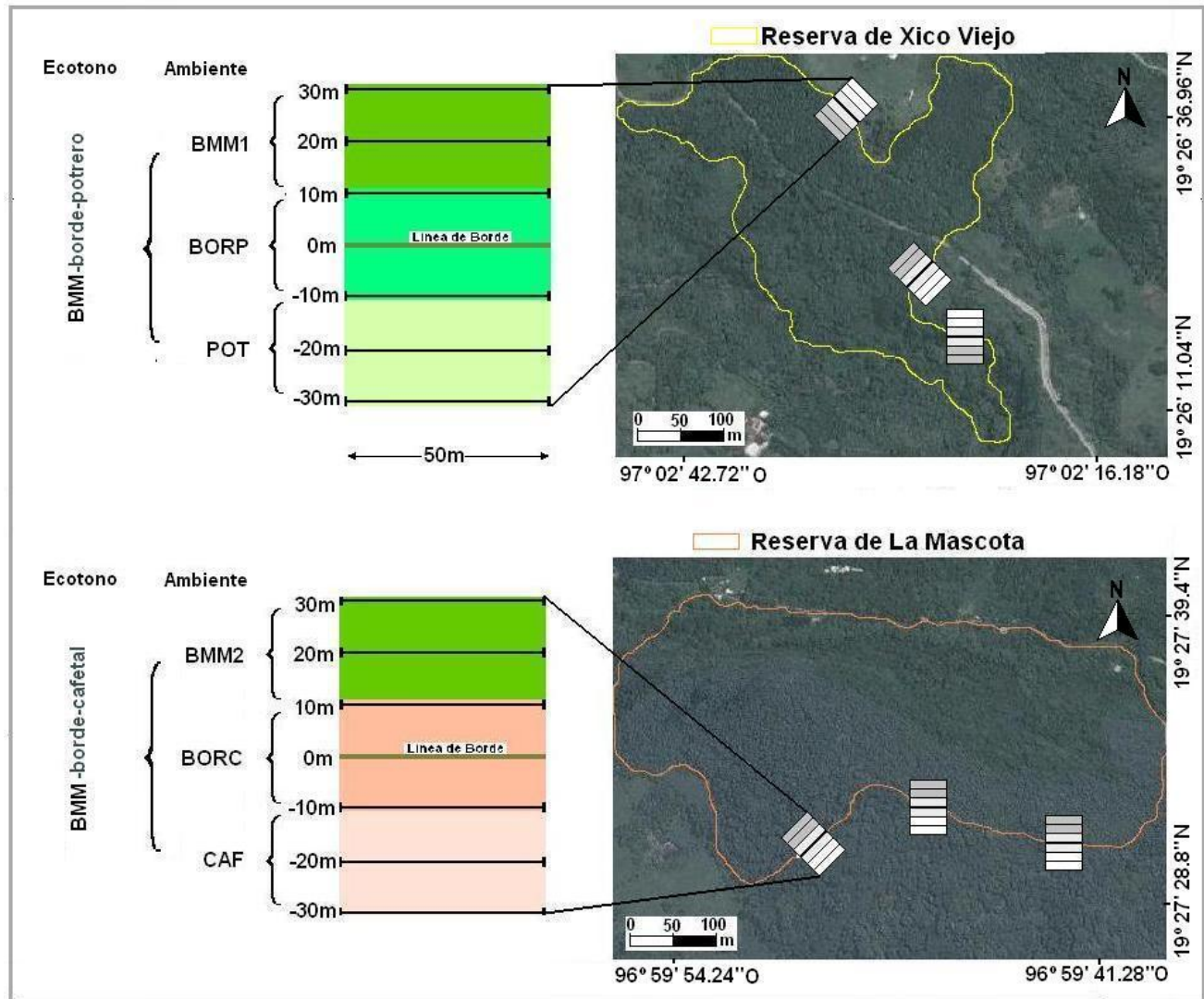


Figura 2. Ubicación de los ecotonos y arreglo de los ambientes en Xico Viejo y La Mascota. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero, POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF= interior del cafetal.

Para cada ambiente se trazaron seis transectos paralelos al borde del BMM, sumando 36 en total (Figura 2). Ningún transecto se colocó cerca de cuerpos de agua para evitar sesgos derivados del aumento de riqueza y abundancia de especies en esas zonas (Urbina-Cardona *et al.*, 2006).

Se realizaron doce muestreos de herpetofauna, entre abril del 2013 y marzo del 2014. Cada sesión de muestreo duró seis días, invirtiendo un día por ecotono, con un esfuerzo de muestreo de cuatro horas-hombre durante el día y cuatro horas-hombre en la noche.

Los muestreos consistieron en búsqueda intensiva en los microhábitats más factibles de contener anfibios y reptiles como troncos, piedras, hojarasca, epífitas, entre otros (Cortez-Fernández, 2006). Este tipo de técnica registra la mayor cantidad de especies de herpetofauna en cualquier hábitat, obteniendo datos de su riqueza y abundancia (Scott, 1994).

Para medir los factores ambientales que caracterizan el microhábitat de cada taxón, los datos obtenidos por individuo fueron, temperatura ambiental, humedad ambiental, microhábitat utilizado, estimación porcentual visual de cobertura de hojarasca, profundidad de la capa de hojarasca, estrato vegetal y altura respecto al suelo.

En cada transecto se obtuvieron las siguientes medidas, mediante un geoposicionador Garmin Etrex H, analizando los datos posteriormente en Google earth (Google earth, 2014), distancia a la línea de bosque, distancia al cuerpo de agua permanente más cercano, distancia al camino más cercano con tránsito de vehículos y distancia al poblado más cercano.

Los organismos fueron capturados y transportados en costales de manta para los reptiles y en bolsas de plástico para los anfibios. Los ejemplares se identificaron hasta el nivel de especie con las claves correspondientes (Casas-Andreu y McCoy, 1979; Flores-Villela *et al.*, 1995; Köhler, 2003; Köhler, 2011). En los casos en que existía duda en la

determinación los ejemplares fueron sacrificados, fijados en formol al 10% y preservados en alcohol al 70% para su identificación detallada en el laboratorio. Para evitar sobreestimar la abundancia, las lagartijas y anuros fueron marcados por corte del cuarto dedo de la mano izquierda. El grupo de las serpientes no fue marcado, por considerarse de bajas densidades poblacionales, ni los urodelos por la talla minúscula que presentaron. Posteriormente a su manejo los animales fueron liberados en el sitio de captura.

Análisis de datos

Se determinó la composición, riqueza y abundancia de especies por tipo de ecotono y por tipo de ambiente. Se obtuvieron las curvas de acumulación de especies de anfibios y de reptiles, en las que se relacionó la incorporación de nuevas especies al inventario con el esfuerzo de muestreo medido en horas-hombre, para conocer las tendencias de la riqueza observada y saber si el muestreo fue representativo (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). En el análisis de totalidad se compararon los estimadores no paramétricos ICE, Chao 2 y Bootstrap obtenidos con el programa Estimates 9.1.0, contra la riqueza observada para tener el porcentaje de especies representadas por el muestreo (Colwell, 2006).

El estimador ICE se basa en las especies encontradas en diez o menos muestreos para predecir la riqueza total en una muestra (Magurran, 2004). El estimador Chao 2 se basa en datos de presencia ausencia, en una y dos muestras, es el más riguroso y menos sesgado para muestras pequeñas (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003; Magurran, 2004). Bootstrap utiliza datos de incidencia de las especies en una sola muestra, por lo que es el más preciso al estimar riqueza de ensamblajes con gran cantidad de especies raras (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003; Magurran, 2004).

Diversidad alfa. Se calculó la diversidad medida en números efectivos ($q=1$) de anfibios y de reptiles con la hoja de cálculo Entropy calculator. Esta determina el número de especies de cada ambiente entendida como el número de especies en una comunidad virtual en la que todas las especies son igualmente comunes, y en la cual se conserva la abundancia relativa promedio de la comunidad real (Jost, 2006). Para ordenar la diversidad alfa se utilizaron los perfiles de diversidad medida en números efectivos, con los valores $q=0$, $q=1$ y $q=2$. El valor q determina la sensibilidad del índice a las abundancias relativas. La diversidad de orden cero ($q=0$) es insensible a las abundancias de las especies y equivale a la riqueza de especies; cuando $q=1$ todas las especies son incluidas con un peso igual a su abundancia; y finalmente, el valor $q=2$ tomará en cuenta a las especies más comunes reflejando la dominancia (Moreno *et al.*, 2011).

Mediante el índice de Berger-Parker (d), dado por el programa Biodiversity professional versión 2, se determinó el porcentaje de individuos que representó la especie más dominante en cada tipo de ambiente, y con su inverso ($1/d$) se conoció cuántas especies fueron las dominantes.

Diversidad beta. Para analizar la composición de especies en cada tipo de ambiente se utilizaron las curvas de rarefacción, obtenidas en el programa Estimates 9.1.0, ya que el tamaño de las muestras era distinto (Moreno y Muñoz, 2001). Estas curvas relacionan las especies observadas con el esfuerzo de muestreo estimado e número de individuos colectados. Se graficaron sus intervalos de confianza para observar si existe un solapamiento de las comunidades de anfibios y reptiles por el grado de similitud (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

La composición de especies entre ambientes fue comparada con el estadístico Q de Cochran, realizado en el programa R 2.15.3, el cual, empareja conjuntos de muestras del mismo tamaño para calcular si hay diferencias significativas entre las parejas de conjuntos (The R-Project, 2015). Con la prueba de Friedman se compararon las varianzas de las abundancias de especies en cada ambiente, y cuando se encontraron se realizó la prueba de Nemenyi para saber en qué parejas de ambientes se presentaron las diferencias (Zar, 1999). Para comparar la composición, abundancia y uniformidad de las especies entre los tipos de ambiente se realizaron gráficas de rango-abundancia (Feinsinger, 2001). También se calculó la correlación entre las abundancias de anfibios y reptiles en cada pareja de ambientes por ecotono, mediante el índice de correlación para datos no paramétricos de Spearman (r).

Para comparar los efectos de borde, ocasionados por la matriz potrero con los ocasionados por la matriz cafetal, se calculó la diferenciación de especies entre los ambientes de cada ecotono o diversidad beta con el método multiplicativo (Chao *et al.*, 2012). Se utilizó Entropy calculator para obtener el valor de la diversidad beta multiplicativa con un valor de $q=0$, que es insensible a las abundancias de las especies (Moreno *et al.*, 2011). Se consideró como diversidad local la de cada ambiente, la diversidad regional fue la de los dos tipos de ecotonos y mediante su coeficiente se obtuvo el número efectivo de comunidades virtuales distintas en su composición de especies o diferenciación relativa (Pereyra y Moreno, 2013).

Se utilizó un ANOSIM, realizado en el paquete R versión 2.15.3, donde se testificó si existieron diferencias significativas en la distribución de anfibios y de reptiles en todos los transectos, agrupándolos por tipo de ambiente, en función de su distancia a la línea de

borde. Al encontrarse diferencias significativas se procedió a realizar pruebas pareadas entre los ambientes de cada localidad, utilizando la corrección de Bonferroni para estimar los valores de p . El análisis SIMPER, realizado en el paquete R 2.15.3 dio el porcentaje específico de similitud entre cada pareja posible de los seis ambientes estudiados y la contribución de las especies de anfibios y reptiles más influyentes en tales diferencias.

Variables ambientales. Para reducir la dimensionalidad de los datos sobre las nueve variables ambientales asociadas a cada tipo de ambiente: temperatura, humedad, cobertura de hojarasca, profundidad de la capa de hojarasca, cantidad de microhábitats, distancia a la línea de borde, distancia al río, distancia al camino y distancia al poblado (Anexo III), se realizó un análisis de componentes principales en el programa R 2.15.3. Este análisis identifica que variables actúan conjuntamente y cómo interactúan en la dinámica de cada componente (The R-Proyect, 2015).

Se evaluó la influencia de las nueve variables ambientales medidas con el análisis BIOENV realizado en R 2.15.3, el cual mediante el índice de correlación de Spearman, determina que subconjunto de variables se correlaciona mejor con el conjunto de especies (The R-Proyect, 2015). Se analizó cada ambiente por separado para observar el recambio en la distribución de las variables en cada tipo de ecotono.

Para conocer el uso del microhábitat por las especies, se determinó la abundancia de cada especie en cada ecotono registrado. Se graficó la relación entre el número de especies y el número de microhábitats por tipo de ambiente, y mediante el índice de correlación de Spearman (r) se comprobó la significancia de las correlaciones.

RESULTADOS

Esfuerzo y éxito de captura

Se realizaron un total de 504 horas-hombre de esfuerzo de muestreo en 72 días. Se invirtieron 252 horas hombre para la localidad de borde con potrero (Xico Viejo) y 252 horas-hombre para la localidad de borde con cafetal (La Mascota). El éxito de captura general fue de 0.61 individuos/hora. En Xico Viejo el éxito fue de 0.65 individuos/hora y en La Mascota el éxito fue 0.58 individuos/hora.

Composición general

En todo el año de muestreo se encontraron un total de 17 especies. De la clase Amphibia se encontraron cinco especies distribuidas en tres géneros, y de la clase Reptilia se encontraron 12 especies pertenecientes a 10 géneros (Cuadro 1, Anexo I).

Cuadro 1. Composición de la comunidad de anfibios y reptiles en los sitios de borde con potrero y borde con cafetal.

Grupo	Familias	Géneros	Especies
Anura	1 (16.6%)	1 (7.7%)	3 (17.6%)
Urodela	1 (16.6%)	2 (15.4%)	2 (11.8%)
Lacertilia	3 (50%)	3 (23.1%)	5 (29.4%)
Serpentes	1 (16.6%)	7 (53.8%)	7 (41.2%)
Total	6	12	17

La herpetofauna se conformó por un 70.6% de especies de reptiles y un 29.4% de especies de anfibios (Anexo I y II). En anfibios los anuros tuvieron el mayor porcentaje de especies (16.7%) y en reptiles las serpientes presentaron el mayor porcentaje de especies (41.2%).

Se registró un total de 309 individuos de anfibios y reptiles, la mayor abundancia se presentó en el BORP, seguido por el BORC y BMM1. La mayor abundancia de anfibios se encontró en el BORP y la menor en el POT. Los reptiles fueron más abundantes en el BORC y menos en el POT (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de las abundancias de anfibios y reptiles. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero, POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF= interior del cafetal.

Abundancia	BMM1	BORP	POT	BMM2	BORC	CAF
Anfibios	52	68	8	45	49	20
Porcentaje	21.5%	28.1%	3.3%	18.6%	20.2%	8.2%
Reptiles	13	14	5	8	17	7
Porcentaje	20.3%	21.9%	7.8%	12.5%	26.6%	10.9%

La especie más abundante de anfibios fue *Craugastor mexicanus*, con 110 individuos (45.4% del total de anfibios) y la especie más rara fue *Pseudoeurycea cafetalera* con 6 individuos (2.5%). La especie más abundante de reptiles fue *Scincella gemmingeri*, con 20 individuos, (31.3% del total de reptiles), las especies raras fueron *Lampropeltis triangulum* y *Mastigodryas melanolomus*, con un individuo (1.6%).

La composición y abundancia de anfibios y reptiles en cada ambiente se muestran en el Cuadro 3. Los tipos de ambiente se clasificaron por la influencia de la distancia al borde en la distribución de los anfibios y reptiles.

Cuadro 3. Composición y abundancia de las especies de anfibios y reptiles en los tipos de ambiente. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero, POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF= interior del cafetal.

Especie/Ambiente	Xico Viejo			La Mascota		
	BMM1	BORP	POT	BMM2	BORC	CAF
Anfibios						
<i>Craugastor loki</i>	10	24	2	12	8	5
<i>Craugastor mexicanus</i>	16	26	2	22	31	13
<i>Craugastor rhodopis</i>	16	13	4	5	9	2
<i>Parvimolge towsendii</i>	9	4	0	3	0	0
<i>Pseudoeurycea cafetalera</i>	1	1	0	3	1	0
Reptiles						
<i>Anolis laevis</i>	0	0	0	0	0	2
<i>Anolis lemurinus</i>	3	3	3	2	1	0
<i>Anolis tropidonotus</i>	0	1	0	1	2	1
<i>Celestus enneagrammus</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Coniophanes fissidens</i>	4	3	0	0	0	0
<i>Drymobius margaritiferus</i>	0	0	0	0	2	0
<i>Lampropeltis triangulum</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Mastigodryas melanolomus</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Ninia diademata</i>	2	0	2	1	0	0
<i>Pliocercus elapoides</i>	0	2	0	1	1	0
<i>Scincella gemmingeri</i>	3	0	0	3	10	4
<i>Thamnophis chrysocephalus</i>	0	2	0	0	0	0

Representatividad del muestreo

Según los estimadores de riqueza ICE, Chao 2 y Bootstrap, el inventario de paisaje de herpetofauna alcanzó un porcentaje de 82-100%, por lo tanto se considera representativo (*sensu* Carvajal-Cogollo y Urbina-Cardona, 2008).

En las Figuras 3 y 4 se observa la curva de acumulación de especies de anfibios comparada con los estimadores no paramétricos. En la localidad de Xico Viejo se alcanza la asíntota el día 11 y en la localidad de La Mascota se alcanza el día 19, los estimadores se igualaron al muestreo, excepto por Bootstrap, que estimó un mayor número de especies.

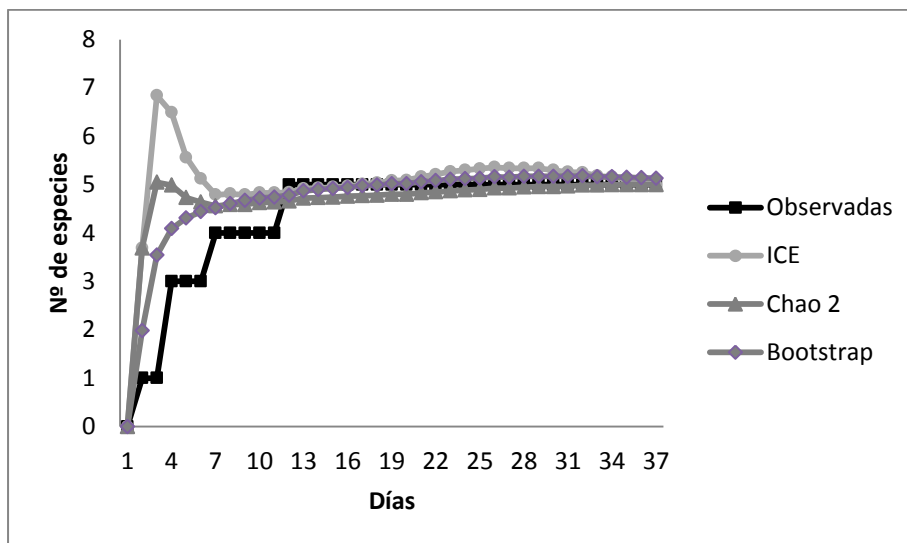


Figura 3. Curva de acumulación de especies de anfibios y estimadores de riqueza en la localidad de Xico Viejo (borde con potrero).

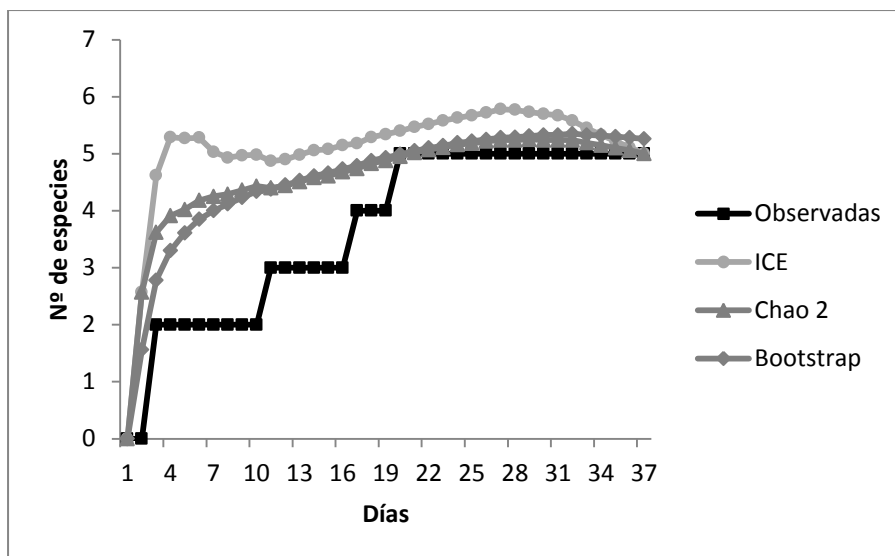


Figura 4. Curva de acumulación de especies de anfibios y estimadores de riqueza en la localidad de La Mascota (borde con cafetal).

En anfibios, los estimadores indicaron un porcentaje de 95-100%, por lo cual se puede decir que se alcanzó la representatividad en el muestreo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis para totalidad de anfibios.

	Xico Viejo		La Mascota	
	Nº de especies	Representatividad	Nº de especies	Representatividad
Observadas	5		5	
ICE	5	100%	5	100%
Chao 2	5	100%	5	100%
Bootstrap	5.1	97%	5.3	95%

En las especies de reptiles de Xico Viejo se observó una asíntota en la curva de acumulación de especies el día 33, los estimadores no paramétricos indican que no se ha completado el inventario y faltaron de una a dos especies por encontrar durante el tiempo de muestreo (Figura 5). En La Mascota, se observó una asíntota a partir del día 23 en la

curva de acumulación de especies de reptiles y los estimadores alcanzaron a la riqueza observada (Figura 6).

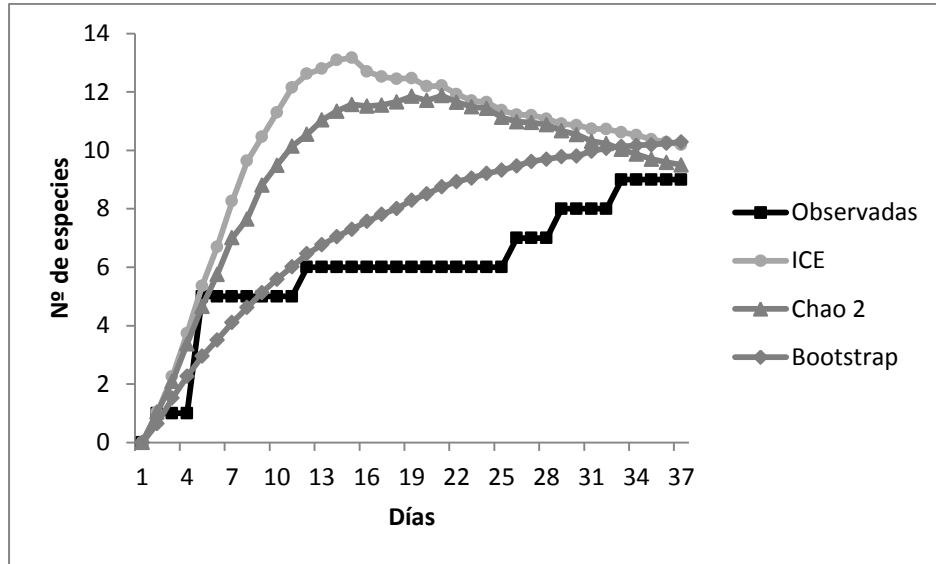


Figura 5. Curva de acumulación de especies de reptiles y estimadores de riqueza en la localidad de Xico Viejo (borde con potrero).

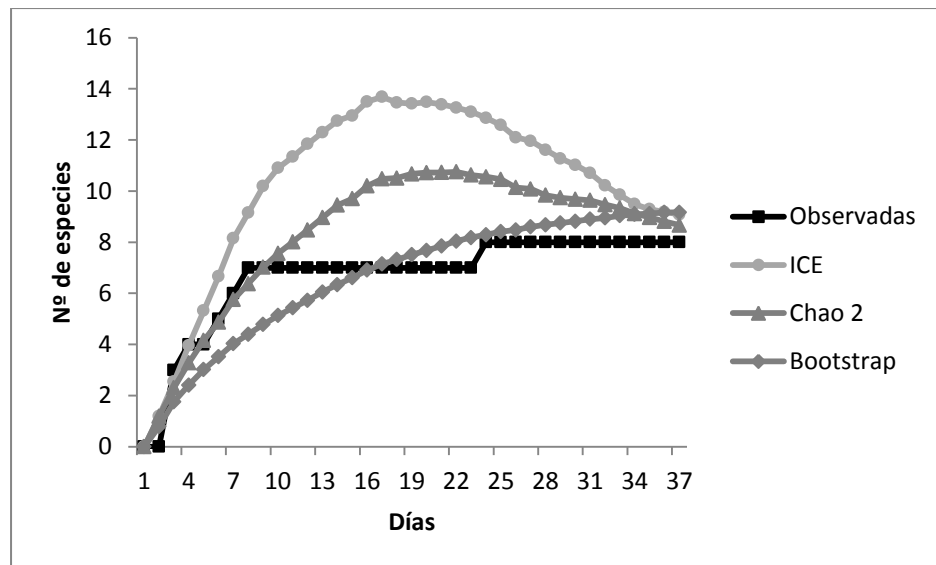


Figura 6. Curva de acumulación de especies de reptiles y estimadores de riqueza en la localidad de La Mascota (borde con cafetal).

El análisis de totalidad en reptiles (Cuadro 5) demostró que en la localidad de Xico Viejo faltaron por encontrar dos especies y una en La Mascota. Se alcanzó un porcentaje de 82-92%, por lo que se alcanzó la representatividad de especies de reptiles.

Cuadro 5. Análisis de totalidad para reptiles.

	Xico Viejo		La Mascota	
	Nº de especies	Representatividad	Nº de especies	Representatividad
Observadas	10		8	
ICE	12.2	82%	9.1	88%
Chao 2	11.1	90%	8.7	92%
Bootstrap	11.7	86%	9.2	87%

Diversidad alfa

La diversidad de orden 1 indicó que la herpetofauna tuvo una diversidad de 7.16 especies efectivas. La especie dominante fue *Craugastor mexicanus*, con el 37% de individuos de toda la comunidad y el inverso de la dominancia $1/d=2.72$ indicó que tres especies dominaron la comunidad, *Craugastor mexicanus*, *C. loki* y *C. rhodopis*.

El grupo de los anfibios presentó una diversidad de 3.27 especies efectivas, *Craugastor mexicanus* representó el 45% de todos los individuos, y *C. loki* fue la otra especie dominante. La diversidad de reptiles fue de 8.07 especies efectivas, *Scincella gemmingeri* dominó la comunidad con el 32% de la abundancia, dos especies más fueron dominantes, *Anolis lemurinus* y *Coniophanes fissidens*. En el Cuadro 6 se muestran las medidas de dominancia y especies dominantes de anfibios y reptiles en cada tipo de ambiente.

Cuadro 6. Dominancia por el índice de Berger Parker (d), inverso de la dominancia (1/d) y especies dominantes en cada tipo de ambiente. *C.mex*=*Craugastor mexicanus*, *A.lae*=*Anolis laeviventris*, *A.lem*=*Anolis lemurinus*, *C.fis*=*Coniophanes fissidens*, *D.mar*=*Drymobius margaritiferus*, *N. dia*=*Ninia diademata*, *P.ela*=*Pliocercus elapoides*, *S. gem*=*Scincella gemmingeri*, *T.chr*=*Thamnophis chrysocephalus*.

Índice/Amb.	BMM1	BORP	POT	BMM2	BORC	CAF
Anfibios						
D	0.30	0.38	0.5	0.49	0.63	0.65
1/d	3.25	2.61	2	2.04	1.58	1.54
Especie dominante	<i>C. mex</i> , <i>C. loki</i> , <i>C. rhodopis</i>	<i>C. mex</i> , <i>C. loki</i> , <i>C. rhodopis</i>	<i>C. rhodopis</i> , <i>C. loki</i>	<i>C. mex</i> , <i>C. loki</i>	<i>C. mex</i> , <i>C. loki</i>	<i>C. mex</i> , <i>C. loki</i>
Reptiles						
D	0.31	0.23	0.6	0.37	0.59	0.57
1/d	3.25	4.33	1.67	2.67	1.7	1.75
Especie dominante	<i>C. fis</i> , <i>A.lem</i> , <i>S.gem</i>	<i>A. lem</i> , <i>C. fis</i> , <i>P.ela</i> , <i>T. chr</i>	<i>A. lem</i> , <i>N. dia</i>	<i>S. gem</i> , <i>A. lem</i>	<i>S. gem</i>	<i>S. gem</i> , <i>A. lae</i>

Perfiles de diversidad. Los perfiles de diversidad mostraron que los anfibios tuvieron los valores más altos de diversidad ($q=1$), riqueza ($q=0$) y dominancia ($q=2$) en el BMM1, seguidos por el BMM2 y el BORP, con perfiles muy parecidos entre sí. Los valores inferiores de diversidad los presentó el CAF y resaltó el comportamiento del ambiente POT, pues no cambiaron sus valores en el rango de los distintos valores de q (Figura 7).

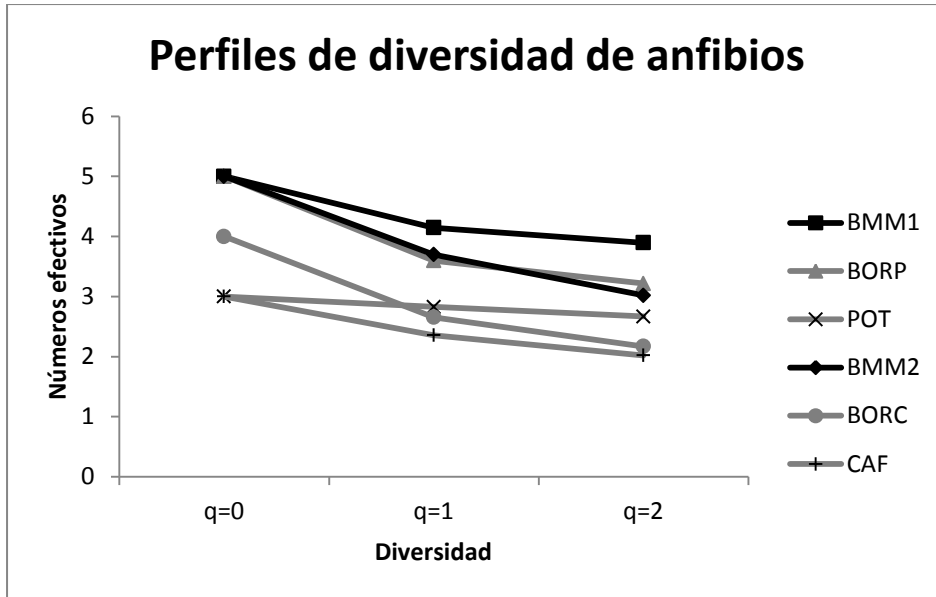


Figura 7. Perfiles de diversidad de anfibios en los tipos de ambiente.

Los perfiles de diversidad en reptiles mostraron que el BMM1 y BMM2 presentan patrones similares. Los valores más elevados de diversidad ($q=1$), riqueza ($q=0$) y dominancia ($q=2$) se presentaron en el ambiente BORM y los valores más bajos en los ambientes perturbados POT y el CAF (Figura 8).

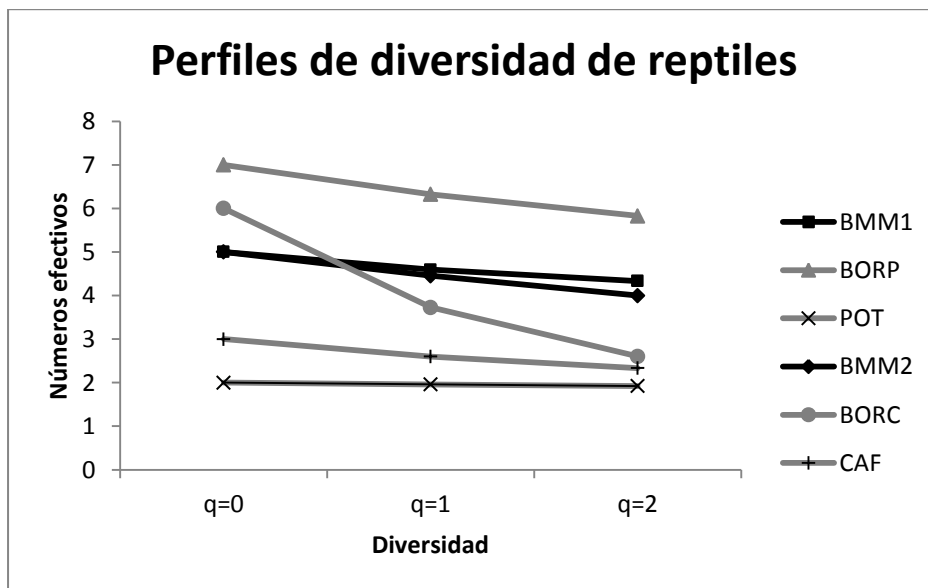


Figura 8. Perfiles de diversidad de reptiles en los tipos de ambiente.

Especies únicas. Ninguna especie de anfibio fue única de algún tipo de ambiente, los urodelos se encontraron como mínimo en tres tipos, y los anuros estuvieron distribuidos en todos los tipos de ambiente. Algunas especies de reptiles fueron exclusivas en un tipo de ambiente. El BORC presentó dos especies únicas, el BORP y CAF presentaron una (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Especies únicas de reptiles y su abundancia en los ambientes.
BORP=borde con potrero, BORC, borde con cafetal y CAF=cafetal.**

BORP	BORC	CAF
<i>Lampropeltis triangulum</i> (1)	<i>Drymobius margaritiferus</i> (2)	<i>Anolis laevis</i> (2)
	<i>Mastigodryas melanolomus</i> (1)	

Diversidad beta

Rarefacción. En anfibios, las curvas de rarefacción indican que la riqueza de especies más alta se presentó en los ambientes BMM1, BMM2 y BORP; éste último requirió el mayor número de individuos colectados para alcanzar su riqueza total. Los intervalos de confianza de estos tres ambientes se superponen debido al grado de similitud entre ellos. El BMM2 fue el único ambiente que no ha saturado su capacidad de carga en el tiempo de muestreo. El POT y el CAF presentaron la riqueza de especies más baja, sus intervalos de confianza se superponen por completo presentando alto grado de similitud (Figura 9).

En reptiles, el ambiente BORP presentó la mayor riqueza de especies, seguidos por el BMM2 y BORC, la proporción de individuos colectados en estos tres ambientes y sus intervalos de confianza indican que con mayor tiempo de muestreo aumentará el número de especies. Únicamente el ambiente POT ha alcanzado su máximo número de especies

según sus intervalos de confianza y presentó la menor riqueza de especies seguido por el CAF (Figura 10).

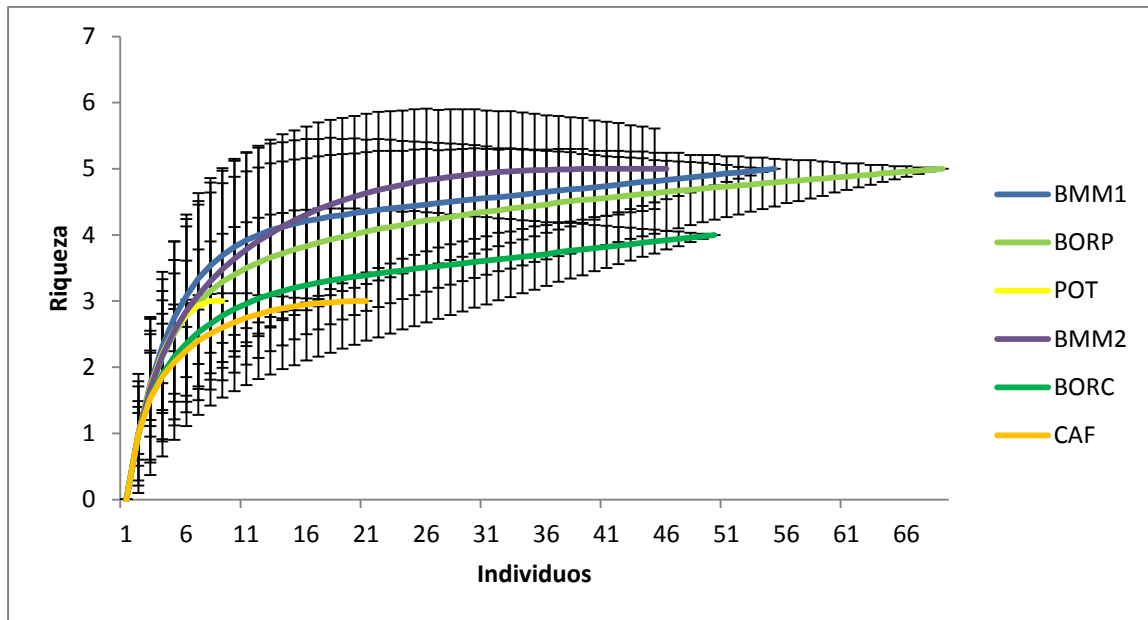


Figura 9. Curvas de rarefacción de anfibios en los tipos de ambiente. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero, POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF= interior del cafetal.

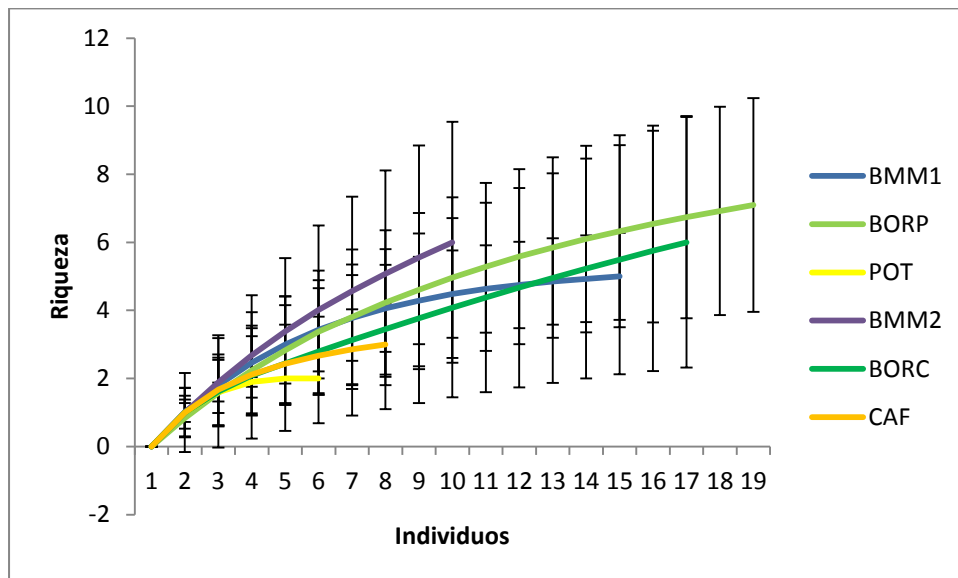


Figura 10. Curvas de rarefacción de reptiles en los tipos de ambiente. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero, POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF= interior del cafetal.

Con el estadístico Q de Cochran no se encontraron diferencias significativas en la composición de especies de anfibios en los distintos tipos de ambiente (Q=8.53, p=0.13) y demostró que tampoco existieron diferencias significativas en la composición de especies de reptiles en los tipos de ambiente (Q=10, p=0.07).

Las curvas de rango-abundancia de anfibios mostraron que los ambientes BMM1 y BMM2 tienen menor dominancia de especies y mayor riqueza, el BORP y BORC tienen alta dominancia de algunas especies y el POT junto con el CAF presentaron las más bajas abundancias (Figura 11).

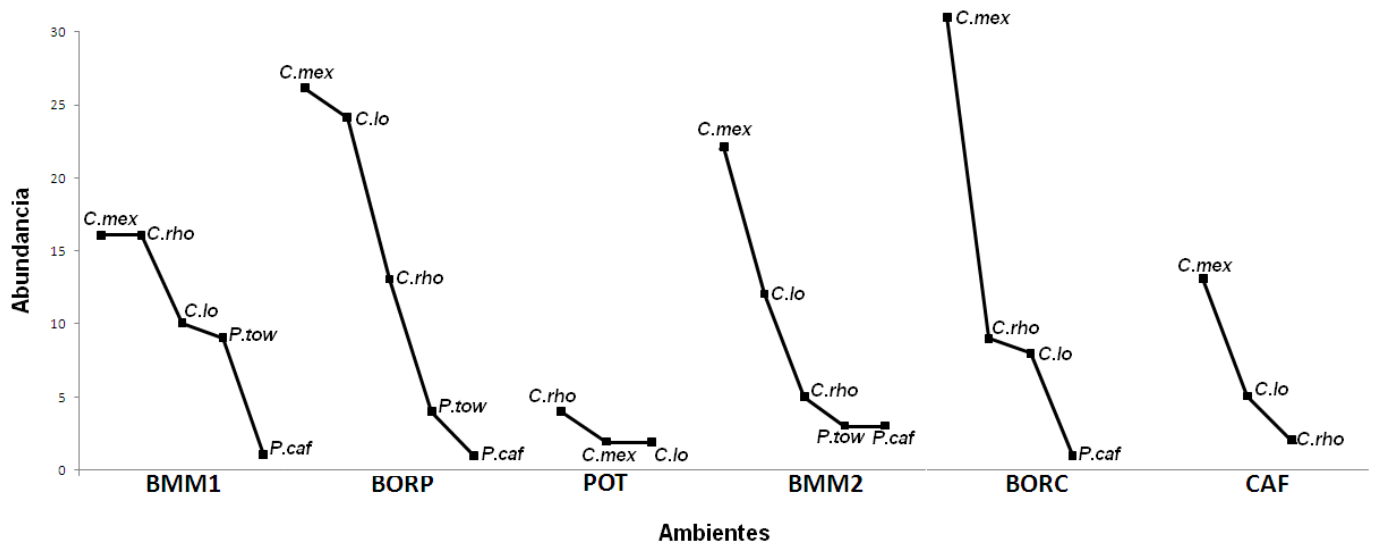


Figura 11. Curvas rango-abundancia de anfibios en los tipos de ambiente. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero, POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF= interior del cafetal. C.mex= *Craugastor mexicanus*, C.rho= *Craugastor rhodopsis*, C.lo= *Craugastor loki*, P.tow= *Parvimolge towsendii*, P.caf= *Pseudoeurycea cafetalera*.

En las curvas de rango-abundancia de reptiles destacó la alta dominancia de *Scincella gemmingeri* en todos los ambientes de La Mascota (BMM2, BORC y CAF) sobre todo en el BORC. En Xico Viejo (ambientes BMM1, BORP y POT) la dominancia de los

reptiles es baja y las abundancias se reparten más equitativamente en el BMM1 y el BORP (Figura 12).

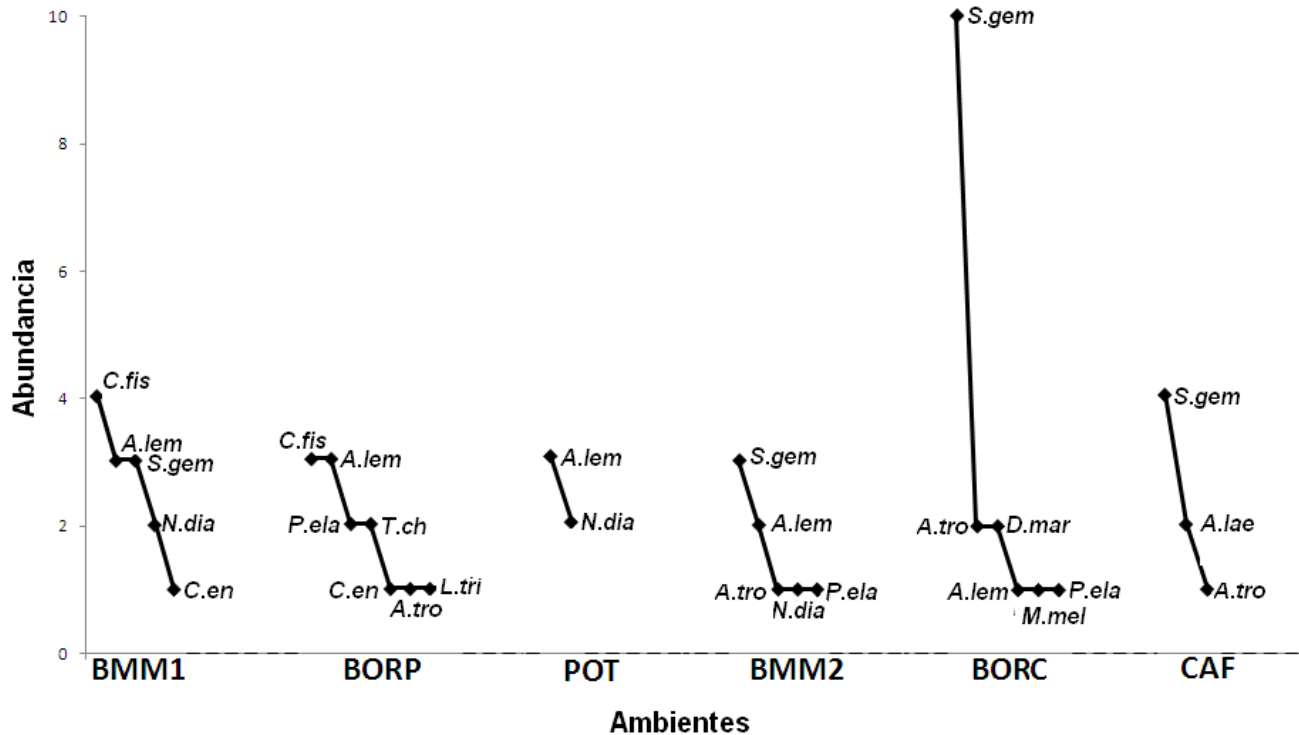


Figura 12. Curvas rango-abundancia de reptiles en los tipos de ambiente. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero, POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF= interior del cafetal. *A.lae*= *Anolis laeviventris*, *A.lem*= *Anolis lemurinus*, *A.tro*= *Anolis tropidonotus*, *C.en*= *Celestus enneagrammus*, *C.fis*= *Coniophanes fissidens*, *D.mar*= *Drymobius margaritiferus*, *L.tri*= *Lampropeltis triangulum*, *M.mel*= *Mastigodryas melanolomus*, *N.dia*= *Ninia diademata*, *P.ela*= *Pliocercus elapoides*, *S.gem*= *Scincella gemmingeri* y *T.ch*= *Thamnophis chrysocephalus*.

En anfibios, las pruebas de correlación mediante la ecuación de Spearman dieron resultados significativos para las parejas de ambientes, BMM2-BORC y BMM2-CAF. En reptiles ninguna correlación fue significativa (Cuadro 8).

Cuadro 8. Correlación de Spearman (r) entre las abundancias de anfibios en cada pareja de ambientes en el análisis de rango abundancia. Cuando se superó el valor crítico la correlación es significativa (*).BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero, POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF= interior del cafetal.

	BMM1-BORC	BORP-POT	BMM1-POT	BMM2-BORC	BORC-CAF	BMM2-CAF
Anfibios						
r	0.691	0.570	0.792	0.943*	0.969	0.993*
p	0.196	0.316	0.110	0.016	0.031	0.001
Reptiles						
r	0.251	0.133	0	0.712	0.800	0.443
p	0.485	0.732	1.000	0.073	0.031	0.379

En anfibios, la prueba de Friedman indicó que existen diferencias significativas en la abundancia de las especies en los tipos de ambiente ($X^2=18.91$, $p=0.002$) y la prueba de Nemenyi mostró que las diferencias se encontraron entre el BORP con el POT ($p=0.022$) y entre BORP con el CAF ($p=0.037$). En reptiles la misma prueba indico que no existen diferencias en la abundancia de especies en los tipos de ambiente ($X^2=7.51$, $p=0.18$).

Diferenciación. El análisis de la diversidad a nivel local (diversidad alfa= α) y regional (diversidad gama= γ) indicó que la mayor diferenciación de especies (β) en la herpetofauna es debido a la distribución de los reptiles en los ecotonos, en comparación con los anfibios, que presentan mayor similitud en su distribución (Cuadro 9).

Cuadro 9. Índices de diversidad alfa (α), beta (β) y gama (γ) de los anfibios y reptiles en los tipos de ecotono. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero, POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF= interior del cafetal.

		BMM-borde-potrero		BMM-borde-cafetal	
Anfibios	α	BMM	5	BMM	5
		BORP	5	BORC	4
		POT	3	CAF	3
B		1.15		1.25	
γ		5		5	
Reptiles	α	BMM	5	BMM	5
		BORP	7	BORC	6
		POT	2	CAF	3
β		1.93		1.71	
γ		9		8	

La diversidad beta multiplicativa indicó que las comunidades de anfibios presentan baja diferenciación en ambos tipos de ecotonos y conforman una sola comunidad efectiva. Los reptiles tuvieron una mayor diferenciación que los anfibios entre los ecotonos en especial entre los ambientes del ecotono BMM-borde-potrero, donde se observó una diversidad beta de dos comunidades efectivas.

Similitud. El ANOSIM, calculado con el índice de Bray-Curtis, confirmó estadísticamente que los transectos entre de cada ambiente son mas similares entre sí con respecto a los de otro tipo de ambiente(anfibios de $p=0.001$; reptiles de $p=0.01$). Posteriores pruebas de similitud pareadas demostraron que las diferencias significativas únicamente se presentaron entre los ambientes BORP y POT ($p=0.012$).

Según el análisis SIMPER para anfibios, en Xico Viejo la menor similitud se observó entre el BMM1 y el POT (23% de similitud) y la mayor entre el BMM1 y el BORP (49% de

similitud). En La Mascota, el BMM2 y el BORC mostraron 50% de similitud, comparado con el 64% entre el BMM2 y el BORC (Cuadro 10).

Cuadro 10. Porcentaje de similitud para anfibios entre los tipos de ambiente. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero y POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF= interior del cafetal.

	BMM1	BORP	POT	BMM2	BORC	CAF
BMM1	-					
BORP	49%	-				
POT	23%	26%	-			
BMM2	46%	56%	34%	-		
BORC	48%	55%	28%	64%	-	
CAF	34%	38%	24%	50%	50%	-

Se cuantificó la contribución de las especies de anfibios en las disimilitudes entre los tipos de ambiente. En Xico Viejo, *Craugastor mexicanus* contribuyó a las disimilitudes en todas las parejas de ambientes. En La Mascota, dos especies de anuros dominan las diferencias entre los ambientes, siendo *Craugastor mexicanus* la de mayor influencia en todos los casos (Cuadro 11).

Cuadro 11. Contribución de las especies de anfibios a la disimilitud entre los tipos de ambiente. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero y POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF= interior del cafetal.

Especie	BORP-POT	BORP-BMM1	BMM1-POT	BORC-CAF	BORC-BMM2	BMM1-CAF
<i>C. mexicanus</i>	36%	30%	42%	58%	52%	47%
<i>C. loki</i>	40%	28%	6%	-	-	-
<i>C. rhodopis</i>	-	23%	30%	24%	20%	23%
<i>P. towsendii</i>	-	-	-	-	-	-
<i>P. cafetalera</i>	-	-	-	-	-	-
Total	76%	81%	78%	82%	72%	70%

En Xico Viejo la mayor similitud en especies de reptiles se presentó entre el BMM1 con el POT (24% de similitud) y la menor entre el BMM1 con el BORP (21%). En La Mascota los reptiles presentaron valores parecidos de similitud entre los ambientes BMM2, BORC y CAF (Cuadro 12).

Cuadro 12. Porcentaje de similitud para reptiles entre los tipos de ambiente. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero y POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF= interior del cafetal.

	BMM1	BORP	POT	BMM2	BORC	CAF
BMM1	-					
BORP	21%	-				
POT	28%	24%	-			
BMM2	21%	16%	28%	-		
BORC	24%	9%	32%	25%	-	
CAF	19%	0%	0%	23%	22%	-

El SIMPER cuantificó la contribución de las especies de reptiles en las diferencias observadas entre los ambientes. En los reptiles de Xico Viejo, las especies *Coniophanes fissidens* y *Ninia diademata* fueron las que más contribuyeron a las diferencias entre todas las parejas de ambientes. En La Mascota, la especie *Anolis lemurinus* y *Scincella gemmingeri* contribuyeron a las diferencias en todas las parejas de ambientes (Cuadro 13).

Cuadro 13. Contribución de las especies de reptiles a la disimilitud entre los ambientes de Xico Viejo. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero y POT=interior del potrero.

Especie/Comparación	BORP-POT	BORP-BMM1	BMM1-POT	BORC-CAF	BORC-BMM2	BMM2-CAF
<i>Anolis laevis</i>	-	-	-	-	-	14%
<i>Anolis lemurinus</i>	20%	16%	-	14%	14%	20%
<i>Coniophanes fissidens</i>	16%	26%	36%	-	-	-
<i>Ninia diademata</i>	22%	14%	20%	15%	13%	-
<i>Pliocercus elapoides</i>	11%	-	-	-	-	15%
<i>Scincella gemmingeri</i>	-	18%	22%	44%	44%	30%
<i>Thamnophis chrysocephalus</i>	12%	-	-	-	-	-
Total	81%	74%	78%	73%	71%	79%

Variables ambientales

El análisis de componentes principales indicó que los componentes uno y dos explican el 97.5% de la varianza de los datos. En el componente uno se observa que las variables cobertura de hojarasca, distancia al río y distancia al camino tienen una influencia negativa en el ecotono BMM-borde-cafetal y un efecto positivo en el BMM-borde-potrero. En el componente dos se observa que las variables distancia al borde, cantidad de microhábitats y en menor grado la cobertura de hojarasca tienen una correlación positiva a lo largo de un gradiente que va de los ambientes perturbados (potrero y cafetal) hacia los conservados (BMM1 y BMM2) (figura 13).

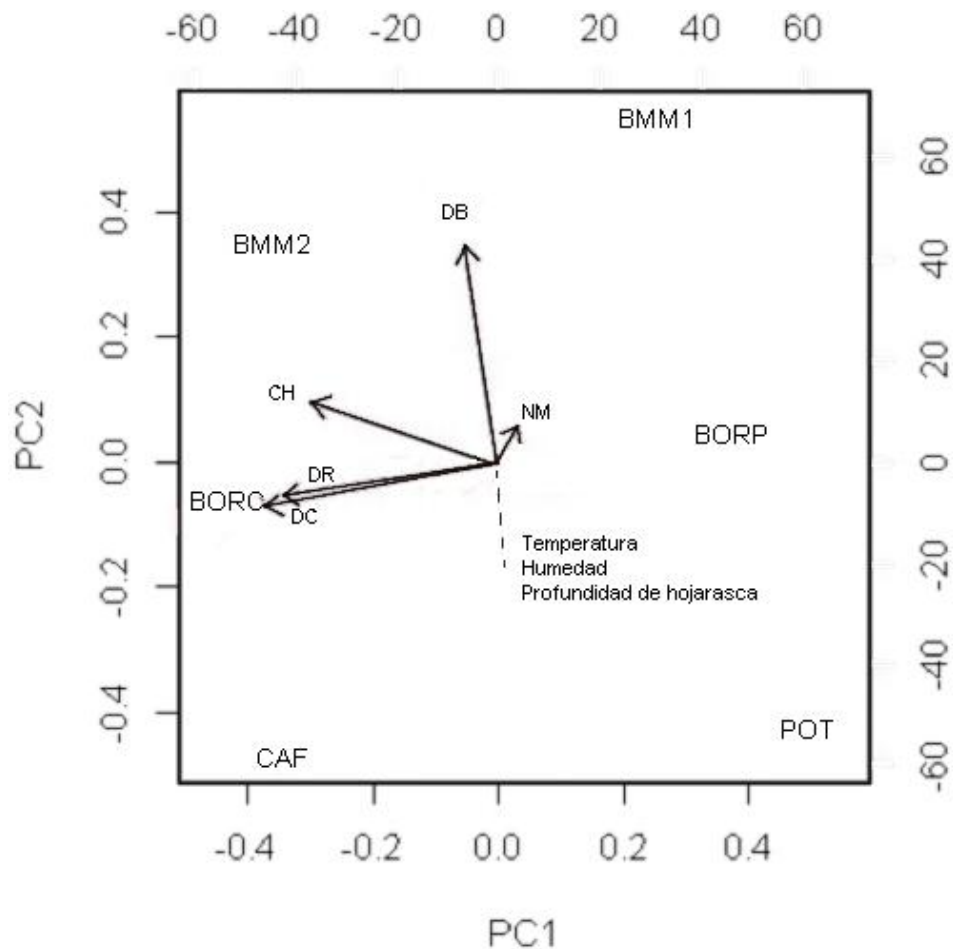


Figura 13. Análisis de componentes principales para las variables ambientales registradas en los tipos de ambiente: 1=interior del bosque mesófilo 1, 2=borde con potrero, 3=interior del potrero, 4=interior del bosque mesófilo 2, 5=borde con cafetal, 6=interior del cafetal. Variables: CH=cobertura de hojarasca, PH=profundidad de la capa de hojarasca, DB=distancia al borde, DR=distancia al río, DC=distancia al camino y DP=distancia al poblado

En el cuadro 14 se observa las variables que presentan la máxima correlación con la distribución de los anfibios y reptiles en cada tipo de ambiente dentro de cada ecotono las cuales fueron obtenidas con el análisis BIOENV.

Cuadro 14. Variables que mejor explican la abundancia de anfibios y reptiles en los tipos de ambiente. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero y POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF=interior del cafetal. Variables: CH=cobertura de hojarasca, DB=distancia al bosque, DR=distancia al río, DC=distancia al camino, DP=distancia al pueblo, NM=número de microhábitats y PH=profundidad de la capa de hojarasca.

Variables	Xico Viejo			La Mascota		
	BMM1	BORP	POT	BMM2	BORC	CAF
	Humedad, NM	CH, Temperatura, DC, NM	NM	PH	DB, DR, DC, NM	CH, Temperatura, DB, NM
r	0.705	0.396	0.605	0.678	0.871	0.543
p						

Disponibilidad de microhábitat. Los anfibios y reptiles fueron encontrados en un total de 26 microhábitats distintos. Los más frecuentemente utilizados fueron la hojarasca, por un total de 83 individuos, la hojarasca/hierba por 69 individuos y el pasto con 19 individuos. El microhábitat más raro fue el musgo utilizado por un individuo (Anexo IV).

En las Figuras 14 y 15 se observa la relación entre el número de microhábitats con el número de especies en cada tipo de ambiente; se puede observar que existió una relación directamente proporcional. El número de especies de anfibios presentó un valor $r=0.89$ con el número de microhábitats la cual fue significativa ($p=0.017$). Los reptiles tuvieron una $r=0.81$ entre el número de especies y el número de microhábitats, la correlación estuvo cerca de ser significativa ($p=0.052$).

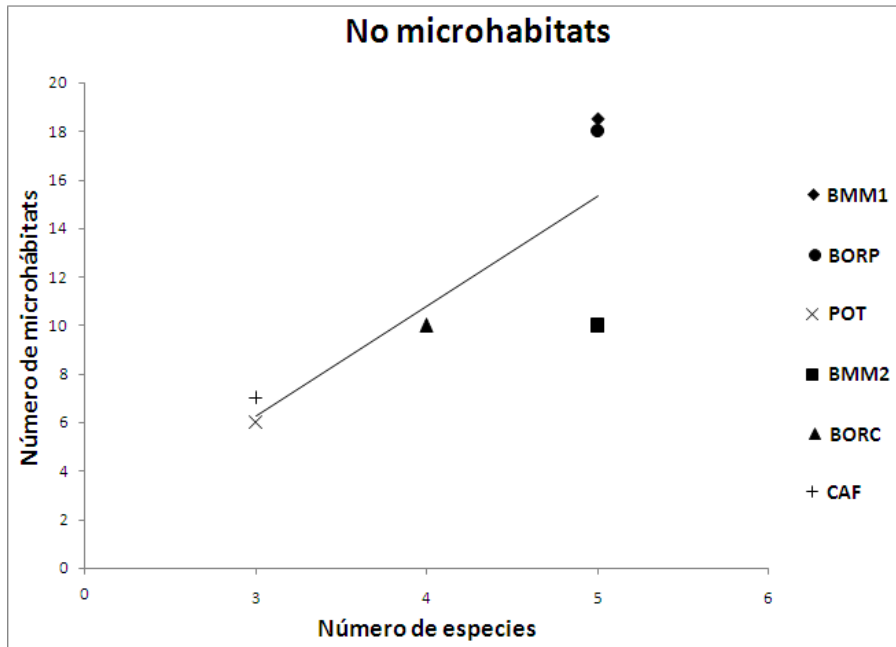


Figura 14. Relación entre el número de microhábitats y el número de especies de anfibios observados por tipo de ambiente. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero y POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF=interior del cafetal.

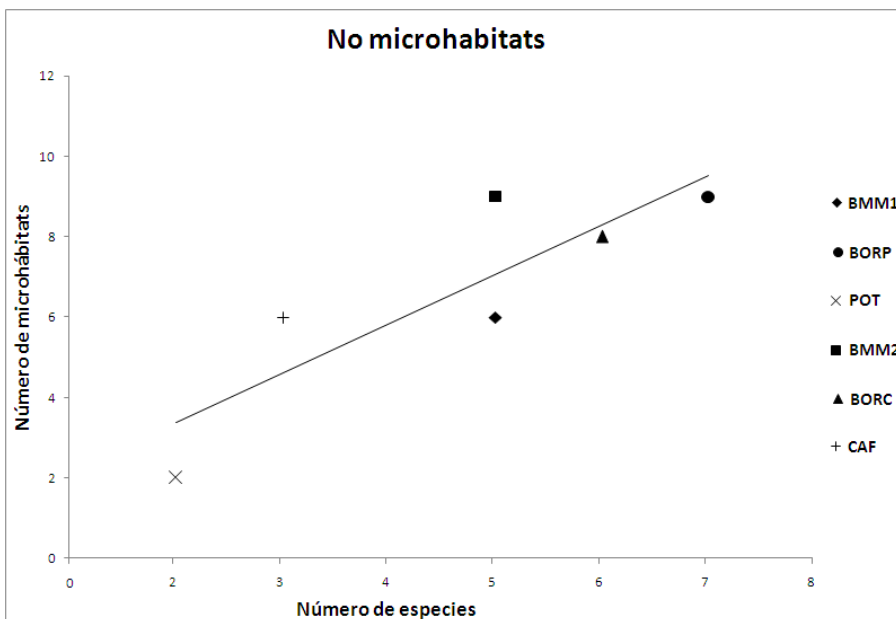


Figura 15. Relación entre el número de microhábitats y el número de especies de reptiles observados por tipo de ambiente. BMM1=interior del bosque mesófilo 1, BORP=borde con potrero y POT=interior del potrero, BMM2=interior del bosque mesófilo 2, BORC=borde con cafetal y CAF=interior del cafetal.

DISCUSIÓN

El éxito de captura de anfibios y reptiles en el BMM del centro del estado de Veracruz está influido por factores naturales de la distribución de estas especies. Por ejemplo, se sabe que en el piso altitudinal superior a los 1000 msnm los anfibios y reptiles experimentan una disminución de riqueza y abundancia de especies (Casas-Andreu *et al.*, 1996); además, el éxito de captura se encuentra disminuido principalmente por las perturbaciones de origen antropogénico cambio de uso de suelo y la fragmentación. Inversamente los anfibios presentan un incremento en el número de endemismos en esta franja altitudinal (Casas-Andreu *et al.*, 1996), mismo que se vio reflejado en el porcentaje de anfibios endémicos obtenido en el presente trabajo (40% de las especies). La distribución naturalmente escasa y con alto grado de endemismos de anfibios y reptiles en el BMM le confiere mayor importancia para la conservación por su vulnerabilidad.

Los tipos de matriz muestreados influyeron de distinta manera en la composición de anfibios y de reptiles de cada ecotono. En el presente estudio se encontraron un total de 17 especies, cinco de anfibios y 12 de reptiles. En Coatepec (municipio aledaño a la zona de muestreo) Díaz-Fisher (2012) registró aun menos especies, 12, tres de anfibios y nueve de reptiles muestreando en los mismos tipos de vegetación, remanente de BMM, potreros y cafetales pero en un área mucho más pequeña. Por su parte González-Romero y Murrieta-Galindo (2008) registraron para la zona montañosa central del estado de Veracruz (municipios Huatusco, Coatepec, Teocelo, Xico y Jalapa) 38 especies, 24 de anfibios y 14 de reptiles, muestreando en el BMM y cafetales, sin incluir la matriz potrero. La diferencia en la riqueza de especies puede estar afectada por los tamaños de los remanentes

muestreados, o por método de muestreo. Aun así, consideramos que nuestro muestreo es representativo de la herpetofauna de la zona.

Algunas especies estuvieron mejor representadas en abundancia que otras. La especie de anfibios más abundante fue *Craugastor mexicanus*, al igual que en los estudios sobre fragmentación realizados por Murrieta-Galindo (2007) y Díaz-Fisher (2012) en el BMM de la región. Entre las especies de su género, *Craugastor mexicanus* es la que mejor se adapta a la fragmentación, cubriendo sus requerimientos básicos de espacio, refugio y alimentación pese a la influencia ejercida por la matriz (Becerra-Soria, 2009).

La salamandra *Pseudoeurycea cafetalera* fue la especie de anfibios más rara. Como su etimología lo indica, se había reportado solo cafetales (Parra-Olea *et al.*, 2010) y en el presente estudio únicamente se encontró en el interior del BMM. Aunque los cafetales han sido considerados ecosistemas que preservan la biodiversidad del BMM (Williams-Linera, 2007), factores como aplicación de pesticidas, fertilizantes o las actividades de cosecha tienen repercusiones sobre las especies (Fahring *et al.*, 2011), en particular muestran un efecto negativo para esta especie de salamandra.

La especie de reptiles más abundante fue *Scincella gemmingeri*, presentando su mayor abundancia en La Mascota, donde colindan el BMM y el cafetal acorde con lo reportado por González-Romero y Murrieta-Galindo (2008) en los remanentes de BMM del centro de Veracruz. La ausencia de esta especie en la matriz potrero es consecuencia de los cambios en las variables ambientales registrados allí como se explicará más adelante.

La familia Colubridae fue tolerante a los cambios en el hábitat desencadenados por el efecto de borde. Esta familia tuvo la mayor riqueza de especies (42.2% del total) y

presentó la mayor cantidad de especies únicas, todas en el borde. Las familias Viperidae y Elapidae, reportadas en la región por González-Romero y Murrieta-Galindo (2008) no fueron encontradas en el presente trabajo, al igual que en los estudios realizado por Díaz-Fisher (2012) en el BMM de Veracruz y Gutiérrez-Mayén (2000) en el BMM de Puebla. Esas familias pueden considerarse susceptibles al efecto de borde. Además, en ambientes de cafetales y potreros, como se ha visto en otros sitios tropicales (Becerra-Soria, 2009), la eliminación de las serpientes por parte de los habitantes es un factor importante en la reducción de sus poblaciones.

Representatividad del muestreo

La validación de representatividad del muestreo por los estimadores de riqueza no paramétricos indicaron que la riqueza total de anfibios es de cinco especies. Incluso la representatividad calculada por Bootstrap, el más preciso para estimar la riqueza en comunidades con gran cantidad de especies raras (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003) fue válida (95%). Existió una diferencia entre las localidades, en la Reserva de Xico Viejo (BMM-borde-potrero), las curvas de acumulación de especies se estabilizaron más rápido que en La Mascota (BMM-borde-cafetal). En éste último, la complejidad estructural de dos cubiertas vegetales en contacto es un factor que dificulta la detección a las especies (Urbina-Cardona *et al.*, 2006). Hay que considerar que el BMM es un ecosistema heterogéneo y con gran cantidad de ambientes (Williams-Linera, 2007; García-Franco *et al.*, 2008), algunos de los cuales fueron deliberadamente excluidos por el diseño y técnica de muestreo utilizados (dosel, riberas de los ríos, barrancos, peñascos, etc.).

Las curvas de acumulación de especies y los estimadores de riqueza indicaron que no se completó el inventario de reptiles, pero sí el de anfibios. Siguiendo a Carvajal-Cogollo y Urbina-Cardona (2008), se validó la representatividad del muestreo con un 60-70%, debido a la dificultad que conlleva encontrarlos. Contrario a lo observado en anfibios, la curva de acumulación de especies de reptiles se estabilizó más rápido en la localidad de La Mascota (BMM-borde-cafetal), que en Xico Viejo (BMM-borde-potrero). A pesar de que se ha afirmado que los potreros presentan elevada riqueza de especies al ser zonas de tránsito entre los remanentes de BMM (e.g. Gutiérrez-Mayén, 2000), es claro que el potrero en sí guarda diversidades muy bajas, como lo observado en este trabajo y por Urbina-Cardona *et al.* (2006) en Los Tuxtlas. Esta diversidad es baja aún cuando las especies son más detectables en la matriz.

Diversidad alfa

A nivel regional la diversidad de reptiles es mayor que la de anfibios en los paisajes de BMM fragmentado en el centro de Veracruz. En general los reptiles presentaron la mayor diversidad (8.07 especies efectivas), la cual no varió significativamente entre los ambientes muestreados. Podría decirse que las especies registradas tienen cierto nivel de resistencia a las perturbaciones en su hábitat. Los anfibios, tuvieron una menor diversidad (3.27 especies efectivas) encontrándose únicamente especies de hábitos terrestres y de desarrollo directo (Köhler, 2011). Esto corrobora que la redistribución de los recursos, ocasionada por los efectos de borde, afecta a las especies de anfibios que requieren de humedales para completar sus ciclos de vida (Swihart *et al.*, 2003; Murrieta-Galindo, 2007), principalmente en la matriz potrero donde se observó una disminución significativa de la

diversidad de anfibios. Mucha de la alta diversidad en potreros es efecto de la inclusión de registros en cercas vivas o aguadas para ganado, elementos que no son parte del pastizal.

Diversidad beta

Los perfiles de diversidad de anfibios mostraron las tendencias de la riqueza, diversidad y dominancia en cada tipo de ecotono. Los anfibios presentaron la mayor riqueza y diversidad de especies en el BMM1, BMM2 y el BORP. Los ambientes POT y CAF contrastaron claramente en sus perfiles, con una menor riqueza y diversidad de especies. Se sabe que los potreros son ambientes poco propicios para la reproducción y subsistencia de los anfibios en general (Fahring, 2003; Urbina-Cardona *et al.*, 2006) y la influencia negativa de cafetales se dio principalmente sobre las especies sensibles que evitan esta matriz, como las salamandras *Parvimolge townsendii* y *Pseudoeurycea cafetalera* (Murrieta-Galindo, 2007; Sandoval-Comte, 2012), propias del interior.

En ambos ecotonos, BMM-borde-potrero y BMM-borde-cafetal, *Craugastor mexicanus*, *C. loki* y *C. rhodopsis* fueron las especies dominantes en todos los ambientes, como lo reportan Murrieta-Galindo (2007) y Díaz-Fisher (2012) en el BMM del centro de Veracruz. Se puede considerar a estas especies como tolerantes a la perturbación del hábitat.

En el ecotono BMM-borde-potrero, la especie de salamandra *Parvimolge townsendii* presentó una alta abundancia en interior del BMM, confirmando que está experimentando un proceso de recolonización, después de que se consideraba extinta hace pocos años (Sandoval-Comte, 2012).

Los perfiles de diversidad de reptiles mostraron las diferencias en las tendencias de riqueza, diversidad y dominancia entre los tipos de ecotono muestreados. La mayor diversidad de reptiles se presentó en el BORP, posiblemente debido a que las especies de reptiles son capaces de transitar entre los ambientes del ecotono BMM-borde-potrero para moverse de un remanente a otro (Gutiérrez-Mayén, 2000) para realizar sus actividades de termorregulación (Pianka, 1996). Los reptiles incluso fueron más diversos en el borde que en el interior de BMM.

Los ambientes del ecotono BMM-borde-cafetal muestran un entrecruzamiento en sus perfiles de diversidad, siendo el BORC una zona compleja de transición entre el BMM y el CAF. En el ambiente CAF se observaron los valores más bajos de diversidad, contrario a lo observado por Macip-Ríos y Muñoz-Alonso (2008) en Chiapas, quienes encontraron la mayor diversidad de reptiles en el cafetal. Esta diferencia se debe probablemente a que ellos muestrearon gran cantidad de microhábitats artificiales (construcciones, chozas, estanques de agua, etc.) que aprovechan los reptiles, y en el cafetal utilizado en este estudio no intervinieron ese tipo de perturbaciones.

En el ecotono BMM-borde-potrero la especie dominante de reptiles fue la lagartija *Anolis lemurinus* en todos los ambientes, ya que es tolerante a los cambios de uso de suelo de BMM a potreros (Macip-Ríos y Muñoz-Alonso, 2008). Las serpientes *Thamnophis chrysocephalus* y *Pliocercus elapoides* dominaron en el borde, probablemente dado a que allí encuentran mayor cantidad de sus presas que consisten en ranas, salamandras y sus huevos (Pérez-Higareda *et al.*, 2007).

En el ecotono BMM-borde-cafetal la especie más dominante de reptiles fue *Scincella gemmingeri* reportada como propia del BMM y cafetales por González-Romero y Murrieta-Galindo (2008). Las especies *Anolis lemurinus* y *Drymobius margaritiferus* dominaron en el interior del BMM y en el borde, evitando el cafetal. Quizá allí, factores como la aplicación de herbicidas afecta negativamente a estas especies (obs. pers.).

Los efectos de borde entre remanentes de BMM con potreros o cafetales influye en la distribución de los anfibios y reptiles, por sus requerimientos específicos de hábitat (González-Romero y Murrieta-Galindo, 2008). A pesar de esto, los remanentes de BMM de este estudio mantuvieron una diversidad mayor que las matrices adyacentes, cafetal y potrero. Al parecer, en parte, se ha mantenido la funcionalidad del BMM y su capacidad para albergar comunidades saludables y diversas de especies (Williams-Linera, 2007; Cruz-Parra, 2012), pese a la reducción del BMM en tan corto tiempo (Manson *et al.*, 2008).

Los efectos del borde tienen diferente influencia en las especies de anfibios, adaptándose mejor a las perturbaciones algunas especies que otras, debido a la versatilidad de sus ciclos de vida (Pineda *et al.*, 2005). Los anuros tuvieron la mayor riqueza y abundancia de especies de anfibios en todos los ambientes, principalmente en los de borde, seguidos por los interiores del BMM. Todos los anuros pertenecieron al género *Craugastor* que presenta desarrollo directo, hábitos terrestres (Köhler, 2011) y no requiere de cuerpos de agua para completar sus ciclos de vida (Murrieta-Galindo, 2007), por lo que pueden considerarse como los menos vulnerable dentro del paisaje. Los urodelos fueron encontrados estrictamente en los ambientes del interior del bosque o del borde, acorde con lo reportado por Murrieta-Galindo (2007) en región montañosa central de Veracruz. Las matrices potrero y cafetal presentan condiciones severas para las especies

de salamandras (Fahring, 2003) y usualmente no son capaces de albergar a las especies raras y especialistas propias del interior del bosque (Cruz-Parra, 2012).

Las especies de reptiles estuvieron mejor representadas en las zonas de borde, tanto en el ecotono BMM-borde-potrero como en el BMM-borde-cafetal. Las lagartijas y serpientes presentaron alta riqueza y abundancia de especies en los ambientes de borde, además tuvieron el mayor número de especies únicas en el borde (*Drymobius margaritiferus* y *Mastigodryas melanolomus* en el BORC, y *Lampropeltis triangulum* en el BORP). Los reptiles se ven beneficiados en los hábitats modificados donde factores como el incremento en la cantidad de microhábitats, áreas de asoleo y diversidad de presas (Macip-Ríos y Muñoz-Alonso, 2008; Urbina-Cardona *et al.*, 2008) ocasiona que su diversidad se concentre en el borde.

Las pruebas de correlación entre las parejas de ambientes mostraron una correlación entre los ambientes del ecotono BMM-borde-cafetal. Se observó una correlación positiva significativa entre las abundancias de las especies del BMM con las del borde y del cafetal, se sabe que las abundancias de las especies comunes generalmente se mantienen entre el BMM y cafetales (Pineda *et al.*, 2005) conservándose la estructura general de la comunidad. Las especies raras son las que marcan las diferencias entre los ambientes del ecotono dado que el borde representa un filtro selectivo al flujo biológico (Urbina-Cardona *et al.*, 2008).

Diferenciación. La mayor diferenciación de especies de anfibios se presentó en el ecotono BMM-borde-cafetal. En este tipo de borde se genera un hábitat nuevo con características emergentes (López-Arévalo, 2010), el cual presentó distinta diversidad de anfibios que el

interior del BMM y el cafetal. En el ecotono BMM-borde-potrero se observó una menor diferenciación debido a que en el BMM1 y el BORP la distribución de anfibios y reptiles no difirió significativamente, pero estos difirieron grandemente con el POT. La no diferenciación entre BMM1 y BORP, podría indicar que a 30 m de la línea de borde, la diversidad sigue siendo afectada por el efecto de borde.

La mayor diferenciación de reptiles se presentó entre los ambientes del ecotono BMM-borde-potrero. Para las especies de reptiles el ecotono no representa una zona de transición gradual. El cambio abrupto en las variables ambientales (Lidicker, 1999) limita la distribución de muchas especies principalmente en el hábitat matriz (Fahring, 2003; Macip-Ríos y Muñoz-Alonso, 2008). Por su parte, el borde beneficia a otras especies por la convergencia de recursos de los tipos de vegetación en contacto (Williams-Linera, 1991; Fahring *et al.*, 2011). La identidad de las especies de reptiles cambia entre los tipos de ambiente, a causa de sus diferentes requerimientos al presentar distintos modos de termorregulación, alimentación, etc. (Pianka, 1996).

Las similitudes entre los ambientes de los ecotonos rondaron por debajo del 50% debido a que las especies de anfibios y reptiles ocupan de forma diferencial cada ambiente. El BMM no puede sustentar la diversidad de anfibios por sí solo en este escenario fragmentado, es necesario mantener la heterogeneidad del paisaje (Fahring, 2003), conservando aquellos sistemas productivos menos perjudiciales para la diversidad de especies, como los cultivos de café con manejo tradicional (Murrieta-Galindo, 2007).

Variables ambientales

Los ecotonos presentaron un gradiente de cambios en las variables ambientales a lo largo de los ambientes que los compusieron. Simultáneamente, en el BMM-borde-potrero y en el BMM-borde-cafetal se observó que las variables ambientales fueron modificadas con respecto a la influencia del borde. La cantidad de microhábitats y cobertura de hojarasca se relacionaron positivamente con la diversidad de especies, las cuales se incrementaron conforme se incrementaba la distancia a la línea de borde.

En el ecotono BMM-borde-potrero la humedad y número de microhábitats son factores que determinaron la distribución de las especies. La humedad se relacionó directamente con la diversidad de la herpetofauna, acorde con Murrieta-Galindo (2007) y lo mismo se ha observado en otras regiones tropicales, como en Los Tuxtlas por Urbina-Cardona *et al.* (2006). La matriz potrero y su borde son ambientes de alta insolación y desecación (Gutiérrez-Mayén, 2000; Urbina-Cardona *et al.*, 2006) donde el número de microhábitats fue un factor relevante, principalmente en el borde. Los microhábitat son utilizados por las especies para amortiguar los cambios asociados a esta matriz, como el aumento de temperatura y la reducción de humedad ambiental (Reynoso y Williams-Linera, 2007). Dentro del BMM1 una mayor distancia al borde se correlacionó positivamente con la diversidad, e inversamente con la diversidad en el potrero.

En el ecotono BMM-borde-cafetal la cobertura de hojarasca, profundidad de la capa de hojarasca y el número de microhábitats son determinantes en la distribución de los anfibios y reptiles. Los cambios en la capa de hojarasca producidos en el cafetal afectaron negativamente a las especies mientras que las características de la capa de hojarasca

dentro del BMM tuvieron una influencia positiva. La transformación del BMM a cafetales produce cambios en los microclimas que mantenía y afecta la distribución de las especies (Cruz-Parra, 2012) debido a las distintas restricciones fisiológicas que presentan (Wake, 1987; Murcia, 1995). Al igual que en la matriz potrero, en la matriz cafetal la disponibilidad de microhábitats se correlacionó positivamente con la diversidad de especies. La humedad no fue un factor que afectara la distribución de la herpetofauna en el ecotono BMM-borde-cafetal, ya que en los cafetales se conservan las condiciones de humedad del BMM (Santos-Barrera y Urbina-Cardona, 2011).

Pese a que se ha considerado a los cafetales como ambientes que preservan la biodiversidad del BMM (Carreño-Rocabado, 2006; Murrieta-Galindo, 2007; Williams-Linera, 2007; Santos-Barrera y Urbina-Cardona, 2011), en este trabajo se encontró que existen cambios significativos generados por el efecto de borde sobre las variables ambientales. Estos cambios disminuyen la calidad de hábitat para ciertas especies de anfibios y reptiles, sobre todo para las más especialistas (Cruz-Parra, 2012), mismas que tenderán a desaparecer en los remanentes de BMM al seguirse reduciendo sistemáticamente su hábitat (Manson *et al.*, 2008).

En el ecotono BMM-borde-cafetal la distancia al cuerpo de agua permanente más cercano y al camino con tránsito de vehículos tuvieron una relación inversa con la diversidad de anfibios y reptiles. Las riberas de los ríos son ambientes con un incremento sustancial en la diversidad de la herpetofauna, principalmente por aquellas especies que dependen de cuerpos de agua para completar sus ciclos de vida (Swihart *et al.*, 2003; Urbina-Cardona *et al.*, 2006). Además, una menor distancia al río se asocia con un incremento en la humedad ambiental, factor que se correlaciona positivamente con la

riqueza de especies (Urbina-Cardona et al., 2006; Murrieta-Galindo, 2007). Los caminos como terracerías son zonas donde comúnmente se encuentran a las especies de anfibios y reptiles (Margalef, 1974) en particular los reptiles las frecuentan como parte de sus modos de termorregulación (Pianka, 1996). La relación en que a menor distancia al río y al camino se incrementa la diversidad de especies principalmente se dio en el BORC, es decir, en el borde entre BMM y cafetales además de la influencia de las cubiertas vegetales en contacto, existe una fuerte influencia de otras variables que incrementa la complejidad de las relaciones entre los organismos y su ambiente.

La disponibilidad de microhábitats varió entre los ecotonos BMM-borde-potrero y BMM-borde-cafetal. En el ecotono BMM-borde-potrero se presentó la mayor cantidad de microhábitats debido a que algunos de sus transectos fueron modificados durante el periodo de muestreo por la construcción de una terracería aledaña y el desprendimiento de rocas al interior del BMM y del potrero, lo que ocasiona el crecimiento de vegetación secundaria y enriquecimiento de la cantidad de microhábitats (Becerra-Soria, 2009). A lo largo del ecotono BMM-borde-cafetal se mantuvo la cantidad y composición de microhábitats del BMM como lo observado por Cruz-Parra (2012) en el BMM de Chiapas.

Acorde con Macip-Ríos y Muñoz-Alonso, (2008) la disponibilidad de microhábitats se relacionó directamente con la diversidad de anfibios y reptiles. En el ecotono BMM-borde-potrero los anfibios tuvieron una reducción drástica en la cantidad de microhábitats y diversidad de especies en la matriz potrero, y los reptiles tuvieron la mayor cantidad de microhábitats y diversidad de especies en el borde. En el ecotono BMM-borde-cafetal los anfibios y reptiles presentaron una reducción gradual de microhábitats y diversidad de especies en la matriz cafetal. Las modificaciones del hábitat que generan una

homogenización del paisaje y empobrecimiento de microhábitats afectarán severamente a las poblaciones de anfibios y reptiles.

Implicaciones para la conservación

En los remanentes de BMM muestreados en este estudio, los efectos de borde penetran más allá de los 30 m de la línea de borde. La intensidad de los efectos de borde puede reducir drásticamente las zonas núcleo de las áreas bajo conservación (Murcia, 1995; Lehtinen *et al.*, 2003). Esto ha ocasionado que algunas especies provenientes de la matriz invadan los remanentes del BMM, lo cual reduce la calidad de especies (Murcia, 1995; Vargas y Bolaños, 1999; Lehtinen *et al.*, 2003). La planificación de la forma de las áreas bajo conservación y la implementación de cercas vivas o zonas de amortiguamiento entre remanentes reduciría los efectos negativos de la fragmentación.

En los ambientes perturbados como potreros, un factor antropogénico directo en la reducción de las poblaciones de anfibios y reptiles es la matanza de las especies por parte de los pobladores (Becerra-Soria, 2009), por temor e ignorancia respecto a estas especies. Son necesarias campañas de educación ambiental sobre la importancia y funciones ecológicas de los anfibios y reptiles

En los cafetales algunos de los factores antropogénicos que afectan la distribución de los anfibios y reptiles son la aplicación de herbicidas, pesticidas, fertilizantes y residuos sólidos. Si los productores de la región estuvieran más enterados sobre el alto potencial en los mercados del café certificado y la diversificación de la finca se subsanaría esta situación (Fahring *et al.*, 2011).

El BMM de Xico Viejo presentó dominancia de *Parvimolge townsendii* y el BMM de La Mascota destacó por una mayor abundancia de *Pseudoeurycea cafetalera*. Ambas especies de salamandras se encuentran bajo protección y existen escasos o nulos estudios sobre su estado de conservación (Semarnat, 2010; The IUCN, 2015), por lo que podrían fungir como especies paraguas para las demás especies de la región.

La disponibilidad de microhábitats es un factor directamente relacionado con la diversidad de anfibios y reptiles en cubiertas vegetales inducidas por el hombre. Se observó que los microhábitats más utilizados en ambientes perturbados son: árboles de sombra, arbustos, troncos caídos, rocas, entre otros. Mantener algunos de estos elementos naturales mejora la calidad y funcionalidad de los ambientes (Fahring, 2003).

El BMM del centro del estado de Veracruz ha experimentado una reducción desmesurada por la falta de planificación en el uso de las tierras, al punto en que su funcionalidad se ve comprometida. La mejor oportunidad de rescatar la biodiversidad del BMM es implementar no sólo una, si no todas las medidas de conservación, manejo sustentable, amortiguamiento, etc., basadas en estudios científicos y la divulgación de sus beneficios para toda la población.

CONCLUSIONES

En los ambientes de borde únicamente se ven beneficiadas especies de anfibios de hábitos terrestres con desarrollo directo. Algunas especies de reptiles se ven beneficiadas incrementando su abundancia, mientras que otras son afectadas negativamente, provocando una reestructuración en la composición de la comunidad.

En el ecotono BMM-borde-potrero se presenta una reducción en la diversidad de la herpetofauna, relacionada con la disminución de microhábitats. El ecotono BMM-borde-cafetal constituye un borde suave para los anfibios y reptiles (*sensu* Duelli *et al.*, 1999) con cambios graduales en la estructura de las comunidades ya que mantiene la disponibilidad de microhábitats.

En el ecotono BMM-borde-potrero se presentan efectos sobre la diversidad de anfibios que sobrepasan los 30 m después del borde, por lo que presentaron menor diferenciación que en el BMM-borde-cafetal, donde el borde representó un hábitat nuevo. Los reptiles presentaron una mayor diferenciación entre los ambientes del ecotono BMM-borde-potrero por sus distintos requerimientos fisiológicos.

Existen cambios en las variables ambientales que se observan en ambos tipos de ecotonos, como en la cobertura de hojarasca, disponibilidad de microhábitats y la temperatura. Otros factores son más importantes en un solo tipo de ecotono, como la humedad en el BMM-borde-potrero y la profundidad de la capa de hojarasca en el BMM-borde-cafetal.

Son necesarios estudios que respalden la importancia de los escasos remanentes del BMM del centro del estado de Veracruz para la conservación de la biodiversidad, ya

que incluso los agrosistemas considerados benignos tienen efectos negativos en las especies, y la intensidad del efecto de borde compromete la funcionalidad de este ecosistema que alberga comunidades bióticas únicas e irremplazables.

REFERENCIAS

- Aldrich, M. P., B. S. Hostettler y H. van de Wiel (comps). 2000. Tropical Montane Cloud forest: Time for action. Pp 22 en: (Bruijnzeel L.A. y L.S. Hamilton, eds.) IHP Humid Tropics Programme, Serie No. 13, UNESCO.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 457 pp.
- Becerra-Soria, C. O. 2009. Análisis detallado de la diversidad de la herpetofauna en un corredor biológico tipo río en la zona de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. 89 pp.
- Carreño-Rocabado I. G. 2006. Evaluación de los cafetales bajo sombra y fragmentos de bosque adyacentes como hábitats para conservar la diversidad de helechos en el estado de Veracruz, México. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. 120 pp.
- Carvajal-Cogollo, J. E. y J. N. Urbina-Cardona. 2008. Patrones de diversidad y composición de reptiles en fragmentos de bosque seco tropical en Córdoba, Colombia. *Tropical Conservation Science*, 1:397-416.
- Casas-Andreu, G. y C. J. McCoy. 1979. Anfibios y reptiles de México. México. Limusa. 87 pp.
- Casas-Andreu, G., F. R. Méndez-de la Cruz y J. L. Camarillo. 1996. Anfibios y Reptiles de Oaxaca. Lista, distribución y conservación. *Acta Zoológica Mexicana*, 69: 1-35.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro. CONABIO-Instituto de Biología, UNAM-Agrupación Sierra Madre, México.
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. Pp 87-108 en: Sarukhán, J. (ed.) *Capital natural de México volumen I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México.
- Chao A., C. H. Chiu y T. C. Hsieh. 2012. Proposing a resolution to debates on diversity partitioning. *Ecology*, 93: 2037-2051.
- Colwell, R. K. 2006. Estimates Win 8.0. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Sample.

- Cortez-Fernández, C. 2006. Variación altitudinal de la riqueza y abundancia relativa de los anuros del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata. *Ecología en Bolivia* 41: 46-64.
- Cruz-Parra, C. A. 2012. Diversidad de anfibios y reptiles en bosque mesófilo y cafetal, Reserva de la Biósfera Volcán Tacaná. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 100 pp.
- De-Alba, J.M., R. Carbonell, C. L. Alonso, F.J. García y M. Díaz. 2001. Distribución invernal de los micromamíferos en bosques fragmentados de Llanura del centro de España. *Vetebate Biology and Conservation*, 13: 63-78.
- Díaz-Fisher, V. U. 2012. Anfibios y reptiles de la Reserva Ecológica “El Cerro de las Culebras”, Coatepec, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. México. 79 pp.
- Duelli, P., M. Studer, I. Marchand y S. Jakob. 1990. Population movements of arthropods between natural and cultivated areas. *Biological Conservation*, 54: 193-207.
- Ellis, E. A., M. Martínez-Bello y V. Rivera-Jiménez. 2006. Áreas prioritarias para la conservación en Veracruz, CD-ROM Interactivo, Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.
- Fahring, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 487-515.
- Fahring, L., J. Baudry, L. Brotons, F. G. Burel, T. O. Crist, R. J. Fuller, C. Sirami, G. M. Siriwardena y J. L. Martin. 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology letters*, 14: 101-112.
- Feinsinger, P. 2001. Designing field studies for diversity conservation. *The nature conservancy and island press*. Washington D.C. 2012 pp.
- Flores-Villela, O. A., F. Mendoza Quijano y G. González Porter (comps.). 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. *Publicaciones especiales del Museo de Zoología*, 10: 1-285.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México. DF. 71 pp.
- García-Franco, J. J., G. Castillo-Campos, K. Mehltreter, M. L. Martínez y G. Vásquez. 2008. Composición florística de un bosque mesófilo del centro de Veracruz, México. *Taxonomía y Florística. Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*, 83: 37-52.

- Garnder, S. y E. Oberdorster (Eds). 2006. Toxicology of Reptiles, new perspectives: toxicology and the environment. CRC Press. Taylor and Francis Group. 313 pp.
- Gardner, T. A., J. Barlow y C. A. Peres. 2007. Paradox, presumption and pitfalls in conservation biology: The importance of habitat change for amphibian and reptiles. Science Direct, Elsevier UK. Biological Conservation, 138: 166-179.
- Gascon, C., T. E. Lovejoy, R. O. Bierregard, J. R. Malcolm, P. C. Stouffer, H. L. Vasconcelos, W. F. Laurence, B. Zomnoman, M. Tocher y S. Borges. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. Elsevier, Brasil. Biological Conservation, 91: 223-229.
- Gómez-Díaz, J.A. 2010. Comparación florística de epífitas vasculares entre un bosque mesófilo de montaña y un acahual en el municipio de Tlalnelhuayocan, Ver. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. México. 117 pp.
- González-Garzón, D.C. 2010. Ensamblaje de anfibios y su relación con variables del microhábitat en un gradiente potrero-borde-interior de bosque en la Reserva Forestal San José en la Laguna Protectora y Productora de Pedro Palo (Tena, Cundinamarca). Pontificada Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Tesis de Licenciatura. Bogotá, D.C., Colombia. 36 pp.
- González-Romero, A. y R. Murrieta-Galindo. 2008. Anfibios y Reptiles. Pp. 135-149 en: Manson, R. H., V. Hernández, S. Gallina y K. Mehlreter (eds.) Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz, biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C. INESEMARNAT. México.
- Google earth 7.1.2.2041. www.google.com/earth (17-01-2015).
- Gutiérrez-Lince, M. J. 2010. Anfibios y Reptiles de “La Barranquilla” Chavarrillo, municipio de Emiliano Zapata, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 60 pp.
- Gutiérrez-Mayén, M. G. 2000. Anfibios y reptiles del municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla. Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L283. México. 24 pp.
- Helle, E. y P. Helle. 1982. Edge effect on forest bird densities on offshore islands in the northern Gulf of Bothnia. Annales Zoologici Fennici, 19: 165-169.
- Hernández-González, M. 2006. Comparación entre la diversidad herpetológica del interior y borde de una selva alta perennifolia de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 53 pp.

- Hernández-Ordoñez, O., M. Martínez-Ramos, V. Arroyo-Rodríguez, A. González-Hernández, A. González-Zamora, D. A. Zárate y V. H. Reynoso. 2014. Distribution and conservation status of amphibian and reptil species in the Lacandona rainforest, México: an update after 20 years of research. *Tropical Conservation Science*, 7, 1-25.
- Heyer W. R., M. A. Domelly, M R. McDirmid, L. A. Mayek y M. S. Foster. 1994. *Measuring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians* Smithsonian Institution Press. Washington and London. 363 pp.
- INEGI, prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/veracruz/municipios. (27-11-2012).
- Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Sección Boletín: Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. Edita: Grupo Ibérico de Aracnología de la Sociedad Entomológica Aragonesa. España. 161 pp.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, 113:363-375.
- Köhler, G. 2003. *Reptiles of Central America*. Offenbach: Herpeton Verlag, Elke Köler. Germany. 376 pp.
- Köhler, G. 2011. *Amphibians of Central America*. Offenbach: Herpeton Verlag, Elke Köler. Germany. 373 pp.
- Lehtinen, R. M., J. B. Ramanamanjapto y J. G. Raveloarison. 2003. Edge effects and extinction proneness in a herpetofauna from Madagascar. *Biodiversity and Conservation*, 12: 1357–1370.
- Lidicker, W.Z. 1999. Responses of mammals to habitat edges: An overview. *Landscape Ecology*, 14: 333-343.
- López-Arévalo, H. F. 2010. Efecto de la pérdida de conectividad del bosque mesófilo de montaña en la diversidad de mamíferos medianos en la cuenca alta del río La Antigua, Veracruz. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. 111 pp.
- López-Barrera, F. 2003. Edge effects in a forest mosaic: Implications for the oak regeneration in the highlands of Chiapas, México. Tesis de Doctorado. Universidad de Edimburgo, UK. 238 pp.
- López-Barrera, F. 2004. Estructura y función de bordes de bosques. *Asociación Española de Ecología Terrestre. Ecosistemas revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, 13: 67-77.
- Macip-Ríos, R. y A. Muñoz-Alonso. 2008. Diversidad de lagartijas en cafetales y bosque primario en el Soconusco chiapaneco. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79: 185-195.

- Magurran, A. E. 2004. Measurement biological diversity. Blackwell Science Ltd. Oxford. USA. 238 pp.
- Manson, R. H., V. Hernández, S. Gallina y K. Mehlreter. 2008. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz, biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C. INE-SEMARNAT. México. 330 pp.
- Margalef, Ramón. 1974. Ecología. Ediciones Omega, S. A., Casanova. Barcelona. 951 pp.
- Moguel, P. y M.V. Toledo. 1999. Biodiversity in traditional coffee systems of Mexico. Conservation Biology, 13: 11-21.
- Moreno, R. M. y A. A. Muñoz. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Primera edición. Textos Universitarios, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. México. 49 pp.
- Moreno, C. E., F. Bagarrán, E. Pineda y N. P. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82: 1249-1261.
- Muñoz-Villers L. y J. López-Blanco. 2008. Land use/cover changes using Landsat TM/ETM images in a tropical and biodiverse mountainous area of central-eastern Mexico. International Journal of Remote Sensing, 29: 71-93
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. Elsevier Science, 10: 58-62.
- Murrieta-Galindo, R. 2007. Diversidad de anfibios en cafetales en la zona centro del estado de Veracruz, México. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. 75 pp.
- Ornelas, J. F. 2007. Aves, interacciones y fragmentación del paisaje. Pp. 114 en: El bosque de niebla del centro de Veracruz, ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. Instituto de Ecología A.C., CONABIO. Xalapa, Veracruz, México.
- Parra-Olea, G., S. M. Rovito, L. Márquez-Valdlamar, G. Cruz, R. Murrieta-Galindo y D. B. Wake. 2010. A new species of *Pseudoeurycea* from the cloud forest in Veracruz, México. Zootaxa, 2725: 57-68.
- Pereyra, L. C y C. E. Moreno. 2013. Divide y vencerás: revisión de métodos para la partición de la diversidad regional de especies en sus componentes alfa y beta. Revista Chilena de Historia Natural 86: 231-239.
- Pérez-Higareda, G., M. A. López-Luna y H. M. Smith. 2007. Serpientes de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México guía de identificación ilustrada. 1ª edición. Instituto de Biología, UNAM. México DF. 189 pp.

- Pianka, E. 1996. Latitudinal gradients in species diversity: a review of the concepts. *American Naturalist*, 100: 33-46.
- Pimentel, D. U., D. Takacs, H. Brubaker, A. Dumas, J. Meany, J. O'neil, D. Onsi y D. Corzilius. 1992. Conserving biological biodiversity. Pp 354-362. En: *agricultural/forestry systems*. Bioscience. USA.
- Pineda, E., Claudia Moreno, Federico Escobar y Gonzalo Halffter. 2005. Frog, Bat and Dung Beetle Diversity in the Cloud Forest and Coffee Agroecosystems of Veracruz, México. *Conservation Biology*, 2, 400-410.
- Reynoso, J. A. y G. Williams-Linera. 2007. Herbivory damage on oak seedlings at the edge of cloud forest fragments. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80: 29-34.
- Rojo-Torres, R. 2011. Análisis de la situación actual del sitio Ramsar "Cascadas de Texolo y su entorno", municipio de Xico, Ver. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 101 pp.
- Ruán-Tejeda, I. 2006. Efectos de la fragmentación sobre las comunidades de pequeños mamíferos en remanentes de bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México. 64 pp.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Pp. 129-145, en Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Sandoval-Comte, A. 2012. Situación actual de *Thorius pennatulus* y *Pavimolge towsendii*, dos especies de salamandras con problemas de conservación en México: distribución, abundancia y hábitat. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México. 50 pp.
- Santos-Barrera, G. y J. N. Urbina-Cardona. 2011. The role of the matrix-edge dynamics of amphibian conservation in tropical montane fragmented landscapes. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 679-687.
- Scott, N. 1994. Complete species inventories. Pp. 70-84 en: Heyer, W., M. Donnelly, R. McDiarmid, L. Hayek y M. Foster (eds.) *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods of Amphibians*. Smithsonian Institution Press. Washington D.C., USA.
- Semarnat. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.

- Stevens, S. M. y T. P. Husband. 1998. The influence of edge on small mammals: evidence from Brazilian Atlantic forest fragments. *Biological Conservation*, 85: 1-8.
- Swihart, R. K, T. M. Gehring, M. B. Kolozsvary y T. E. Nupp. 2003. Responses of 'resistant' vertebrates to habitat loss and fragmentation: the importance of niche breadth and range boundaries. Blackwell Publishing, *Diversity and Distributions*, 9: 1-18.
- The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3, www.iucnredlist.org (17-1-2015).
- The R Project for Statistical Computing, www.r-project.org (31-1-2015).
- Toledo-Aceves, T. 2010. Métodos para el Análisis de Priorización. Pp. 20-37, en: *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- 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.
- Urbina-Cardona, J. N., M. C. Londoño-Murcia y D. G. García-Ávila. 2008. Dinámica espacio temporal en la diversidad de serpientes en cuatro hábitats con diferente grado de alteración antropogénica en el Parque Nacional Natural Isla Gorgona, Pacífico colombiano. *Caldasia*, 30:479-493.
- Vargas-S., F. y M. E. Bolaños-N. 1999. Anfibios y reptiles presentes en hábitats perturbados de selva lluviosa tropical del bajo Anchicaya, Pacífico colombiano. Universidad del Valle, Cali, Colombia. Volumen XXIII suplemento especial: 499-511.
- Wake, D. B. 1987. Adaptive Radiation of Salamanders in Middle American Cloud Forest. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 74: 242-264.
- Wilcove, D.C., C.H. Mc Lelland y A. P. Dobson. 1986. Habitat fragmentation in temperate zones. Pp. 237-256 en: Soulé, M.E., (Ed.). *Conservation biology; the science of scarcity and diversity* Sinauer, Sunderland, Massachusetts.
- Williams-Linera, G. 1991. Los bordes de selvas y bosques. *Ciencia y desarrollo*, 17: 65-71.
- Williams-Linera G. 1993. Bordes de bosque nublado en el Parque Ecológico Clavijero, Xalapa, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 41: 107-117.
- Williams-Linera G. 2007. *El Bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático*. CONABIO-Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Veracruz, México. 208 pp.

- Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. 4^a edición. Prentice Hall, Englenwood Cliffs, Nueva Jersey. 741 pp.

Anexo I

Clasificación de anfibios y reptiles registrados en las localidades de Reserva de Xico Viejo, borde con potrero, y Reserva La Mascota, borde con cafetal, municipio de Xico, Veracruz, México.

Clase	Orden	Familia	Género	Especie			
Amphibia	Anura	Craugastoridae	<i>Craugastor</i>	<i>Craugastor mexicanus</i>			
				<i>Craugastor loki</i>			
				<i>Craugastor rhodopsis</i>			
	Urodela	Pletodontidae	<i>Parvimolge</i>	<i>Parvimolge towsendii</i>			
				<i>Pseudoeurycea</i>	<i>Pseudoeurycea cafetalera</i>		
Reptilia	Lacertilia	Anguidae	<i>Celestus</i>	<i>Celestus enneagrammus</i>			
		Dactyloidae	<i>Anolis</i>	<i>Anolis laeviventris</i>			
				<i>Anolis lemurinus</i>			
	<i>Anolis tropidonotus</i>						
	Serpentes	Colubridae	Scincidae	<i>Scincella</i>	<i>Scincella gemmingeri</i>		
					<i>Coniophanes</i>	<i>Coniophanes fissidens</i>	
						<i>Drymobius</i>	<i>Drymobius margaritiferus</i>
						<i>Lampropeltis</i>	<i>Lampropeltis triangulum</i>
	<i>Mastigodryas</i>	<i>Mastigodryas melanolomus</i>					
				<i>Ninia</i>	<i>Ninia diademata</i>		
<i>Pliocercus</i>					<i>Pliocercus elapoides</i>		
<i>Thamnophis</i>					<i>Thamnophis chrysocephalus</i>		

Anexo II

Categorías de riesgo de las especies de anfibios y reptiles encontrados en las localidades de Xico Viejo (XV), borde con potrero y La Mascota (LM), borde con cafetal, municipio de Xico, Veracruz, México (Fuente: The IUCN Red List, 2015).

Especie	IUCN	NOM-059	Endémica	Localidad
<i>Craugastor mexicanus</i>	Preocupación menor	-	No	XV y LM
<i>Craugastor loki</i>	Preocupación menor	-	No	XV y LM
<i>Craugastor rhodopsis</i>	Vulnerable	-	No	XV y LM
<i>Parvimolge towsendii</i>	No evaluado	Amenazada	Si	XV y LM
<i>Pseudoeurycea cafetalera</i>	No evaluado	-	Si	XV y LM
<i>Anolis laevis</i>	No evaluado	-	No	LM
<i>Anolis lemurinus</i>	No evaluado	-	No	XV y LM
<i>Anolis tropidonotus</i>	No evaluado	-	No	XV y LM
<i>Celestus enneagrammus</i>	Preocupación menor	Protegida	Si	XV
<i>Coniophanes fissidens</i>	No evaluado	-	No	XV
<i>Drymobius margaritiferus</i>	No evaluado	-	No	LM
<i>Lampropeltis triangulum</i>	No evaluado	Amenazada	No	XV
<i>Mastigodryas melanolomus</i>	Preocupación menor	-	No	LM
<i>Ninia diademata</i>	Preocupación menor	-	No	XV y LM
<i>Pliocercus elapoides</i>	Preocupación menor	-	No	XV y LM
<i>Scincella gemmingeri</i>	Preocupación menor	Protegida	Si	XV y LM
<i>Thamnophis chrysocephalus</i>	Preocupación menor		Si	XV

Anexo III

Valores de las variables ambientales en los transectos (Trans.) que registraron especies de anfibios en los muestreos realizados entre febrero del 2013 y marzo del 2014.

Trans.	Amb.	Temp. (°C)	Hum. (%)	Cobertura hojarasca (%)	Capa hojarasca (cm)	Número de microháb.	Distancia interior bosque	Distancia al río (m)	Distancia a pueblo (m)	Distancia a camino (m)
1	BMM1	22	69	45	7	5	10	101	1046	63
2	BMM1	20	79	73	8	3	10	21	1017	32
3	BMM1	21	74	66	9	3	10	261	990	73
4	BMM1	21	75	53	6	8	20	95	1056	63
5	BMM1	21	68	66	12	8	20	31	1018	42
7	BMM1	18	71	52	9	3	20	251	991	83
8	BORP	20	77	37	9	4	30	81	1066	60
9	BORP	19	72	49	12	4	30	41	1019	52
10	BORP	20	64	58	12	4	30	241	1005	93
11	BORP	18	75	6	0	3	40	76	1086	58
12	BORP	18	74	6	0	4	40	61	1030	72
13	BORP	19	76	19	6	7	40	221	1011	113
14	POT	23	82	6	0	2	50	79	1096	58
15	POT	23	63	8	7	2	50	71	1030	82
16	POT	25	77	1	9	2	60	75	1106	57
17	POT	17	88	5	0	1	60	81	1031	92
18	POT	17	92	50	3	1	60	261	990	73
19	BMM2	19	72	63	8	3	10	509	1098	504
20	BMM2	23	69	71	12	5	10	488	1074	483
21	BMM2	18	75	67	4	4	10	533	992	528
22	BMM2	19	75	60	7	4	20	538	1088	533
23	BMM2	22	75	80	10	3	20	488	1074	483
24	BMM2	21	69	60	8	5	20	523	990	518
25	BORC	22	71	71	12	6	30	539	1078	534
26	BORC	22	71	79	12	5	30	489	1064	484
27	BORC	23	75	62	10	4	30	513	985	508
28	BORC	21	76	53	11	4	40	584	1058	579
29	BORC	23	66	79	7	3	40	534	1044	529
30	BORC	20	69	54	5	5	40	493	981	488
31	CAF	25	64	39	5	2	50	538	1088	533
32	CAF	23	73	68	11	3	50	547	1034	542
33	CAF	24	77	88	7	4	50	483	976	478
34	CAF	27	61	50	4	1	60	509	1098	504
35	CAF	21	78	65	9	4	60	551	1024	546
36	CAF	20	66	90	6	1	60	473	971	468

Valores de las variables ambientales en de los transectos que registraron especies de reptiles en los muestreos realizados entre febrero del 2013 y marzo del 2014.

Trans.	Amb.	Temp. (°C)	Hum. (%)	Cobertura hojarasca (%)	Capa hojarasca (cm)	Cantidad de microháb.	Distancia interior bosque	Distancia al río (m)	Distancia a pueblo (m)	Distancia a camino (m)
1	BMM1	17	69	16	5	2	20	95	1056	63
2	BMM1	21	77	32	15	3	10	101	1046	63
3	BMM1	20	75	49	11	3	10	261	990	73
4	BORP	25	71	10	6	4	40	76	1086	58
7	BORP	25	67	35	0	1	40	61	1030	72
8	BORP	23	63	13	0	1	40	221	1011	113
10	BORP	24	65	42	14	2	30	81	1066	60
11	BORP	18	85	90	19	3	30	41	1019	52
12	BORP	21	51	7	22	3	30	241	1005	93
13	POT	28	46	35	0	2	50	79	1096	58
16	POT	25	77	23	9	1	60	81	1031	92
18	POT	20	81	23	14	2	60	75	1106	57
19	BMM2	23	77	25	14	1	20	538	1088	533
20	BMM2	21	77	64	12	3	20	488	1074	483
21	BMM2	26	59	30	17	3	20	523	990	518
22	BMM2	24	70	78	15	2	10	551	1024	546
23	BORC	26	67	45	8	5	40	513	985	508
25	BORC	24	74	90	4	1	40	584	1058	579
26	BORC	21	73	68	11	4	40	584	1058	579
27	BORC	31	41	65	9	1	30	513	985	508
30	CAF	26	77	68	8	3	50	597	1048	592
31	CAF	22	79	5	0	1	50	547	1034	542
32	CAF	18	80	85	3	1	60	601	1038	596
33	CAF	24	75	90	4	1	60	551	1024	546
36	CAF	24	75	70	17	1	60	473	971	468

Anexo IV

Abundancia de cada especie de anfibios y reptiles en los microhábitats registrados. *C.loki*=*Craugastor loki*, *C.mexicanus*=*Craugastor mexicanus*, *C.rhodopis*=*Craugastor rhodopis*, *P.towsendii*=*Parvimolge towsendii*, *P.cafetalera*=*Pseudoeurycea cafetalera*, *A.laeviventris*=*Anolis laeviventris*, *A.lemurinus*=*Anolis lemurinus*, *A.tropidonotus*=*Anolis tropidonotus*, *C.enneagrammus*=*Celestus enneagrammus*, *C.fissidens*=*Coniophanes fissidens*, *D.margaritiferus*=*Drymobius margaritiferus*, *L.triangulum*=*Lampropeltis triangulum*, *M.melanolomus*=*Mastigodryas melanolomus*, *N.diademata*=*Ninia diademata*, *P.elapoides*=*Pliocercus elapoides*, *S.gemmingeri*=*Scincella gemmingeri* y *T.chrysocephalus*=*Thamnophis chrysocephalus*.

	<i>C. loki</i>	<i>C. mexicanus</i>	<i>C. rhodopis</i>	<i>P. towsendii</i>	<i>P. cafetalera</i>	<i>A. laeviventris</i>	<i>A. lemurinus</i>	<i>A. tropidonotus</i>	<i>C. enneagrammus</i>	<i>C. fissidens</i>	<i>D. margaritiferus</i>	<i>L. triangulum</i>	<i>M. melanolomus</i>	<i>N. diademata</i>	<i>P. elapoides</i>	<i>S. gemmingeri</i>	<i>T. chrysocephalus</i>
Árbol	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bromelia	2	6	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
Cafeto	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Cortezas	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grava	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hierba	0	5	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hojarasca	14	34	17	6	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	1	5	0
Hojarasca/Hierba	16	28	14	0	0	0	2	1	1	0	1	0	1	1	0	3	1
Hojarasca/Raíces	1	2	1	2	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0
Hojarasca/Roca	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hojarasca/Rocas	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Hojarasca/Tronco	1	6	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Hojarasca/Tronquitos	1	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Musgo	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasto	7	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pasto/Hierba	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasto/Roca	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raíces	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raíz	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Roca	2	2	2	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	1	1	1	0
Rocas	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Tierra	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tronco	3	4	2	0	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
Tronco/Raíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Tronco/Rocas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tronquitos	1	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0