



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOBRE LOS
RECURSOS NATURALES

**“Estructura y composición de la herpetofauna
de la zona riparia de los vasos central y este
del Lago de Cuitzeo, Michoacán.”**

TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS EN LIMNOLOGÍA Y ACUICULTURA

Presenta
BIOL. ADRIANA LECHUGA GRANADOS

Asesora
Doctora en Ciencias
IRERI SUAZO ORTUÑO

Morelia, Michoacán, Mayo de 2014.



Índice

Resumen	5
Abstract	6
I. Introducción	7
II. Antecedentes	9
2.1 Definición y límites de las zonas riparias	9
2.2 Importancia de las zonas riparias	11
2.3 Zonas riparias y herpetofauna	12
2.4 Zonas riparias en el Lago de Cuitzeo	14
III. Objetivos	15
3.1 Objetivo General	15
3.2 Objetivos Particulares	15
IV. Descripción del área de estudio	16
4.1 Localización	16
4.2 Origen del Lago de Cuitzeo	18
4.3 Clima	18
4.4 Suelos	19
4.5 Hidrología	20
4.6 Flora y Vegetación acuática	21
4.7 Flora	22
4.8 Fauna	23
4.8.1 Herpetofauna	23
4.8.2 Avifauna	24
4.8.3 Mastofauna	26
V. Materiales y Métodos	27
5.1 Selección de los sitios de muestreo	27



5.2 Trabajo de campo	27
5.2.1 Muestreo de los organismos	29
5.2.2 Atributos del hábitat	31
5.3 Análisis de datos	32
5.3.1 Complementariedad del muestreo	32
5.3.2 Abundancia, riqueza y diversidad de especies	33
5.3.3 Curvas de rango-abundancia	34
5.3.4 Similitud entre hábitats	34
5.3.5 Atributos del hábitat	35
5.3.6 Prioridad de conservación de los hábitats ribereños	35
VI. Resultados	36
6.1 Complementariedad del muestreo	36
6.2 Abundancia, riqueza y diversidad de especies	38
6.3 Curvas de rango abundancia	40
6.4 Similitud entre hábitats	42
6.5 Atributos del hábitat	43
6.6 Prioridad de conservación de los hábitats ribereños	44
VII. Discusión	46
VIII. Conclusiones	50
IX. Literatura Citada	52



Índice de Figuras

- Figura 1** Localización de la Cuenca del Lago de Cuitzeo
- Figura 2** Localización del Lago de Cuitzeo
- Figura 3** Ubicación de los 22 sitios de muestreo en la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México.
- Figura 4** Hábitats representativos de la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán. (a) Matorral Subtropical, (b) Mezquital y (c) Tular.
- Figura 5** Descripción gráfica del trabajo de campo en la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán. En (a) traslado a los sitios de muestreo, (b) ubicación de los sitios de muestreo, (c) búsqueda intensiva de organismos con tiempo determinado (d) identificación taxonómica de los organismos, (e y f) obtención de datos morfométricos.
- Figura 6** Registro de atributos del hábitat en los sitios de muestreo en la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán. En a) microestación de campo utilizada para medir la temperatura y humedad y en b) líneas tiradas al azar para el muestreo de los atributos del hábitat.
- Figura 7** Curvas de acumulación de especies para los anfibios y reptiles de los hábitats riparios del Lago de Cuitzeo. (a) curvas de acumulación de especies en los 22 sitios a nivel de paisaje, (b) curvas de acumulación de especies en 8 sitios del Matorral Subtropical, (c) curvas de acumulación de especies en 6 sitios de Mezquital y (d) curvas de acumulación de especies en 8 sitios de Tular.
- Figura 8** Valores promedio de la abundancia de anfibios y reptiles en tres tipos de hábitats ribereños del Lago de Cuitzeo.
- Figura 9** Curvas de rango abundancia para las especies de anfibios y reptiles de los tres principales hábitats de la ribera del Lago de Cuitzeo. (a) Matorral Subtropical, (b) Mezquital y (c) Tular. Las especies se encuentran ordenadas de más a menos abundante.
- Figura 10** Grupos formados por el índice de similitud de Bray-Curtis para el ensamble de anfibios y reptiles (abundancia y riqueza de especies) en la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México.



Índice de Tablas

- Tabla 1** Riqueza de especies observada y esperada por tipo de hábitat de acuerdo con los estimadores no paramétricos en la ribera del Lago de Cuitzeo.
- Tabla 2** Número de individuos por especies de anfibios y reptiles registradas en los principales hábitats de la ribera del Lago de Cuitzeo. La clasificación taxonómica se realizó de acuerdo a Alvarado-Díaz *et al.* 2013.
- Tabla 3** Valores de riqueza y diversidad de especies de anfibios y reptiles en los hábitats ribereños del Lago de Cuitzeo. El valor de rarificación fue de 74 individuos.
- Tabla 4** Atributos del hábitat analizados en los tres diferentes tipos de hábitats riparios de la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán. 12 variables del hábitat mostraron diferencias significativas entre los hábitats. Letras diferentes significan diferencias significativas entre los tratamientos.
- Tabla 5** Estatus de conservación de las especies registradas en los tres diferentes tipos de hábitat de la ribera del Lago de Cuitzeo. Categorización de SEMARNAT NOM-059: A= Amenazada, Pr=Protección especial, SN=Sin estatus; Categorización de la IUCN: EN=En peligro, VU=Vulnerable, LC=Preocupación menor y EVS (Medida de Vulnerabilidad Ambiental, *sensu* Alvarado-Díaz *et al.* 2013): especies de baja vulnerabilidad (EVS de 3-9), especies de media vulnerabilidad (EVS de 10-13) y especies con alta vulnerabilidad (EVS de 14-20).



RESUMEN

Los hábitat riparios son cruciales para el mantenimiento y conservación de la biodiversidad que vive y depende de estos hábitats. Los hábitats riparios son considerados como hábitats núcleo para especies acuáticas, semiacuáticas o especialistas y pueden expandir el rango de microambientes disponibles dentro del paisaje y generalmente soportan altos niveles de biodiversidad. La herpetofauna que usa las áreas riparias puede diferir en su dependencia de éstas áreas, algunas especies se encuentran confinadas a ellas durante toda su vida, mientras que otras las pueden utilizar ocasionalmente o usarlas para expandir su rango de distribución entre las laderas altas y los cuerpos de agua. El Lago de Cuitzeo es el segundo cuerpo de agua continental más grande en México y el humedal más importante del país y ha sido fuertemente impactado por actividades humanas de diversa índole, por lo que los hábitats riparios pueden ser clave para la permanencia de las especies. El presente estudio evalúa la abundancia, diversidad y composición de los ensamblajes de anfibios y reptiles de tres diferentes tipos de hábitat de la ribera del Lago de Cuitzeo con el objeto de identificar los hábitats ribereños más importantes para la conservación de la herpetofauna. De octubre de 2010 a mayo de 2012 se establecieron 22 sitios de muestreo que representaron tres tipos de hábitats dominantes en la ribera del Lago: Matorral Subtropical, Mezquital y Tular. En cada sitio se llevó a cabo la búsqueda diurna y nocturna de anfibios y reptiles mediante la técnica de encuentro por inspección visual con tiempo determinado, el esfuerzo de muestreo fue de 210 horas/persona. Los estimadores no paramétricos mostraron que la estimación de especies a nivel de paisaje varió entre el 80 y 98%, por lo que se puede considerar que el esfuerzo de muestreo fue suficiente. A pesar de que no se encontraron diferencias significativas en la abundancia de anfibios y reptiles, el Matorral Subtropical fue el tipo de hábitat que presentó el mayor número de individuos, seguido por el Tular y el Mezquital. El Mezquital y el Matorral Subtropical fueron los tipos de hábitat que presentaron la mayor riqueza de especies. La diversidad y composición de especies mostraron una estrecha relación con el tipo de hábitat. Los tres tipos de hábitats solo compartieron cuatro de las 18 especies registradas por lo que cada tipo de hábitat presentó un ensamble herpetofaunístico diferente. Las especies más abundantes que se registraron tanto en el Matorral Subtropical como en el Mezquital fueron *Sceloporus dugesii*, *S. torquatus* y *Aspidoscelis gularis* y en el Tular *Tamnophis melanogaster* y *T. eques*. El índice de similitud de Bray-Curtis mostró que el Matorral Subtropical y el Mezquital son más similares entre sí en composición y abundancia de especies, mientras que el Tular fue el tipo de hábitat con menor similitud. Doce de los 24 atributos del hábitat mostraron diferencias significativas entre los tratamientos y en general los atributos del Tular fueron diferentes a los otros dos. El Matorral Subtropical presentó el mayor número de especies en alguna categoría de conservación aunque los otros dos hábitats también presentaron especies catalogadas en alguna categoría de conservación, lo que refleja que los tres tipos de hábitat en conjunto son importantes para la conservación de la herpetofauna de la ribera del Lago de Cuitzeo.

Palabras claves: Anfibios, reptiles, abundancia, riqueza, diversidad, conservación



ABSTRACT

Riparian habitat is crucial to the maintenance and conservation of biodiversity and living depends on these habitats. Riparian habitats are considered core habitat for aquatic species, semiaquatic or specialists and can expand the range of microenvironments available within the landscape and generally support high levels of biodiversity. The herpetofauna using riparian areas may differ in their dependence on these areas, some species are confined to them throughout their lives, while others may occasionally use or use them to expand their range between the high slopes and bodies water. Cuitzeo Lake is the second largest inland body of water in Mexico and the country's largest wetland and has been heavily impacted by human activities of various kinds, so riparian habitats may be critical for the survival of the species. This study evaluates the abundance, diversity and composition of assemblages of amphibians and reptiles in three different habitat types on the banks of Lake Cuitzeo in order to identify the most important riparian habitats for the conservation of the herpetofauna. Subtropical Scrub, Mezquital and Tular: From October 2010 to May 2012, 22 sampling sites representing three types of key habitats on the banks of Lake settled. At each site was carried out day and night searching for amphibians and reptiles by the art meeting determined by visual inspection time, the sampling effort was 210 hours/person. Estimates showed that nonparametric estimation of species at landscape vary between 80 and 98 %, so it can be seen that the sampling effort was sufficient. Although no significant differences were found in the abundance of amphibians and reptiles, the Subtropical Scrub was the type of habitat that had the highest number of individuals, followed by Tular and Mezquital. El Mezquital and Subtropical Scrub were habitat types that had the highest species richness. The diversity and composition of species showed a close relationship with habitat type. The three habitat types shared only four of the 18 species recorded at each habitat type showed a different assemblage of herpetofauna. The most abundant species in the Mezquital were recorded both in the Subtropical Scrub were *Sceloporus dugesii*, and *S. torquatus*, *Aspidoscelis gularis* and the Tular *Thamnophis melanogaster* and *T. eques*. The index of Bray- Curtis similarity showed that the Subtropical Scrub and the Mezquital are more similar to each other in composition and abundance of species, while the Tular habitat type was less similarity. Twelve of the 24 habitat attributes showed significant differences between treatments and generally Tular attributes were different from the other two. The Subtropical Scrub had the highest number of species in a conservation category although the other two habitats also had cataloged in some species conservation category, reflecting the three habitat types together are important for the conservation of the herpetofauna of shores of Lake Cuitzeo.

Keywords: Amphibians, reptiles, abundance, richness, diversity, conservation



I. INTRODUCCIÓN

El Lago de Cuitzeo es el segundo cuerpo de agua continental más grande en México y debido a su profundidad, es considerado el humedal continental más importante del país (López *et al.* 2002). El lago ha sido fuertemente impactado por las actividades humanas que se desarrollan en la cuenca que lo alimenta, especialmente por el cambio de cobertura vegetal y uso del suelo causado por la urbanización y la ganaderización de la cuenca y probablemente por los cambios climáticos regionales y globales (López *et al.* 2002). Este lago representa un cuerpo de agua con profundidades menores a un metro y constantemente atraviesa por periodos de contracción y desecación asociados principalmente con la deforestación de la parte alta de la cuenca, la cual propicia la erosión de suelos, y el posterior transporte y depósito de sedimentos en el vaso del lago (Mendoza *et al.* 2007). La dinámica de cambio en las superficies ocupadas por el lago de Cuitzeo de los últimos 70 años, muestra que el lago ha enfrentado tres periodos secos, de 1940 a 1960, de 1980 a 1990 y de 1995 a 2000, además de tres ciclos de sequía con una duración aproximada de 20 años (1934-1957, 1957-1978 y 1978-2000), estos periodos y ciclos se han también asociado con la reducción y fluctuación de la superficie del lago a lo largo del tiempo (Mendoza *et al.* 2007).

Alrededor de toda esta complejidad de fluctuaciones en las superficies y niveles de agua en el lago de Cuitzeo los hábitats riparios pueden ser cruciales como zonas de amortiguamiento para el mantenimiento y conservación de la biodiversidad que vive y depende de éste humedal. Muchos estudios han demostrado, que las áreas riparias funcionan como zonas *buffer* y son consideradas como hábitats núcleo para especies acuáticas, semiacuáticas o especialistas de áreas ribereñas (Semlitsch y



Bodie 2003, Lee *et al.* 2004). Los sistemas riparios también pueden expandir el rango de microambientes disponibles dentro del paisaje (Naiman *et al.* 1998, Chen *et al.* 1999), y generalmente soportan altos niveles de biodiversidad (Gregory *et al.* 1991, Ward 1998). Así mismo, las zonas riparias pueden ser cruciales en áreas donde el disturbio antropogénico se intensifica al servir como zonas de refugio para las especies, convirtiéndose en islas de hábitat para muchas especies (Donald *et al.* 2006, Maisonneuve y Rioux 2001, Suazo-Ortuño *et al.* 2011). La herpetofauna que usa las áreas riparias puede diferir en su dependencia de éstas áreas ya que algunas especies se encuentran confinadas a ellas durante toda su vida, mientras que otras las pueden utilizar ocasionalmente (e.g., periodos de reproducción) o usarlas para expandir su rango de distribución entre las laderas altas, tierras húmedas y cuerpos de agua (Madison 1997, Richter *et al.* 2001, Suazo-Ortuño *et al.* 2011).

Considerando que el uso del hábitat ripario por las especies puede variar con el clima, elevación, tipos de cuerpo de agua y el uso de las tierras adyacentes (Petranka y Smith 2005), no es sorprendente que muchas preguntas sobre la importancia de los hábitats riparios permanezcan sin respuesta, más aún de los hábitat riparios que rodean a cuerpos de agua permanente o que involucren el escenario de deforestación y cambio de uso de la tierra que enfrentan los paisajes forestales debido a las actividades agrícolas, ganaderas y de desarrollo urbano (Chazdon *et al.* 2009). Por ejemplo, en zonas templadas de bosque espinoso y bosque tropical caducifolio donde la estación de secas es mayor que la estación de lluvias, la importancia de las zonas riparias como refugio para las especies ha sido pobremente evaluada (Gienger *et al.* 2002, García y Cabrera-Reyes 2008, Suazo-Ortuño *et al.* 2011) y aunque existen estudios que han demostrado que las áreas riparias en los paisajes templados



pueden jugar un papel crítico para la conservación de la biodiversidad (e.g., Maisonneuve y Rioux 2001, Kluber *et al.* 2008) son necesarios más estudios para evaluar el valor ecológico y de conservación de las zonas riparias en éstos sitios, principalmente en humedales que enfrentan altos niveles de fluctuación en sus cuerpos de agua como es el caso del lago de Cuitzeo. Por lo que el objetivo de este trabajo es conocer la abundancia, diversidad de especies y composición de los ensamblajes de anfibios y reptiles de la ribera del lago de Cuitzeo con el objeto de establecer medidas de conservación para la herpetofauna ribereña.

II. ANTECEDENTES

2.1 Definición y límites de las zonas riparias

El término ripario se utiliza generalmente para englobar a la orilla, banco o ribera de algún humedal y los humedales a su vez pueden ser sistemas lóticos o lénticos, permanentes o temporales (Semlitsch y Bodie 2003). Las zonas riparias representan áreas de transición entre los hábitats terrestres y los hábitats acuáticos. Aunque no siempre se encuentran bien delimitados, las zonas riparias generalmente se definen como franjas lineales de vegetación que corren a lo largo de los arroyos, ríos, lagos o reservorios de agua y que son afectadas por la presencia del agua (Fischer y Fischenich 2000). Las zonas riparias típicamente comprenden una parte muy pequeña del paisaje, generalmente menos del 1 por ciento, aunque frecuentemente tienen un número desproporcionadamente alto de especies y funciones ecológicas cuando se comparan con las zonas de ladera (Naiman *et al.* 1993).



La extensión espacial de la zona riparia puede ser difícil de delimitar con precisión debido a la heterogeneidad que se expresa en una serie de estrategias de historia de vida y patrones de sucesión, mientras que los atributos funcionales dependen de la composición de la comunidad y la configuración del medio ambiente. Para algunos autores, la zona riparia comprende la corriente de agua entre las marcas bajas y altas de agua y de la porción del paisaje terrestre desde la marca alta de agua hacia tierras altas donde la vegetación puede estar influenciada por los elevados niveles freáticos o de las inundaciones y por la capacidad de los suelos para retener el agua (Naiman *et al.* 1993, Naiman *et al.* 1998), para otros, la anchura de la zona riparia, el nivel de control que la vegetación tiene en el ambiente, y la diversidad de atributos funcionales están relacionados con el tamaño de la corriente, la posición de la corriente dentro de la red de drenaje, el régimen hidrológico, y la geomorfología local (Junk *et al.* 1989). La zona riparia puede ser pequeña en las numerosas cabeceras de arroyos que están casi totalmente inmersos en la vegetación. En arroyos de mediano tamaño, la zona riparia es grande, representado por una banda distinta de vegetación, cuya anchura está determinada por canales dinámicos de largo plazo (50 años) y el régimen de descarga anual. Las zonas riparias de grandes corrientes se caracterizan por llanuras de inundaciones bien desarrolladas pero físicamente complejas con periodos largos de inundación estacional, canales laterales, viejos cauces de ríos, una comunidad vegetal diversa y suelos húmedos (Salo *et al.* 1986, Malanson 1993). La vegetación fuera de la zona que no está directamente influenciada por las condiciones hidrológicas, sino que contribuye con materia orgánica (por ejemplo, hojas, madera, materiales disueltos) a la zona de inundación o de canal, o que influye en el régimen físico la zona de inundación por el sombreado, puede ser considerado como parte de las zonas riparias (Brososke *et al.* 1997, Gregory *et al.* 1991). Estos atributos



sugieren que las zonas riparias son los sistemas clave en la regulación de los vínculos acuático-terrestres y que pueden proporcionar los primeros indicios del cambio ambiental (Décamps 1993, Naiman *et al.* 1988). La definición de las zonas riparias es importante tanto por razones ecológicas como de gestión. Las zonas riparias de amortiguamiento, distancia definida a partir de un arroyo donde las actividades en el uso del suelo son restringidas con propósitos de protección, se están convirtiendo cada vez más en una herramienta común de gestión (Bren 1995, Fry *et al.* 1994, Kovalchik y Chitwood 1990, Scatena 1990). Las definiciones en general incorporan características ecológicas tales como la extensión espacial de plantas herbáceas adaptadas a suelos húmedos, la producción de recursos alimenticios por sistemas acuáticos, la geomorfología local, y el área de la generación de sedimentos (Gregory *et al.* 1991, Kovalchik y Chitwood 1990, Scatena 1990)

2.2 Importancia de las zonas riparias

Las zonas riparias son algunos de los hábitats más diversos, dinámicos y complejos en el planeta (Naiman *et al.* 1998), poseen una inusual gama de especies y procesos ambientales, la diversidad ecológica está relacionada a un régimen variable de inundación, posición geográfica, cambios de altitud y clima, e influencia del corredor fluvial de tierras altas, dando como resultado ambientes con gran variedad de estrategias en historias de vida, ciclos biogeoquímicos, y organismos adaptados a disturbios en amplias escalas temporales y espaciales (Naiman y Décamps 1997).

Los hábitats terrestres alrededor de los humedales son sitios con procesos de filtración química y física que protegen a los cuerpos de agua de la contaminación química, de la sedimentación y de un incremento en la



temperatura del agua causada por actividades humanas como la agricultura, silvicultura y desarrollo urbano (Semlitsch y Bodie 2003). Estos hábitats también son esenciales para la vida silvestre, inclusive algunos estudios reconocen la importancia de mantener la diversidad en las franjas riparias a fin de conservar la diversidad de la fauna en paisajes destinados a la agricultura (Maisonneuve y Rioux 2001).

Varios estudios han documentado la importancia de las zonas riparias en el funcionamiento de los ecosistemas (Petranka y Smith 2005), las investigaciones también han mostrado que las zonas riparias proveen hábitats esenciales para muchas especies acuáticas y semiacuáticas que requieren hábitats terrestres durante todo o alguna parte de su ciclo de vida (Semlitsch y Bodie 2003, Lee *et al.* 2004), así como para un amplio rango de taxa, incluyendo mamíferos, aves, reptiles y anfibios que utilizan los hábitats terrestres adyacentes a los cuerpos de agua (e.g., Rudolph y Dickson 1990, McComb *et al.* 1993, Darveau *et al.* 1995, Spackman y Hughes 1995, Hodges y Krementz 1996, Semlitsch 1998, Bodie 2001, Darveau *et al.* 2001, Suazo-Ortuño *et al.* 2011).

2.3 Zonas riparias y herpetofauna

Algunos reconocen que la distancia del cuerpo de agua está asociado con la abundancia de anfibios y que las zonas riparias son importantes en mantener microclimas y microhábitats necesarios para anfibios y otros taxa (Kluber *et al.* 2008). Desde otro punto de vista, las innovaciones en el manejo de las zonas riparias han sido efectivas al aliviar cuestiones relacionadas en el uso y calidad del ambiente, juegan un papel esencial en la planeación del agua y el paisaje en la restauración de los sistemas acuáticos al canalizar la cooperación institucional y social para estos



esfuerzos (Naiman y Décamps 1997). Para muchas especies las zonas riparias constituyen los sitios donde se reproducen y ponen sus huevos (e.g., ranas y salamandras; Madison 1997, Richter *et al.* 2001), mientras que para otras especies, como algunas tortugas y serpientes representan sus hábitats de forrajeo, por lo que pasan la mayor parte del año en éstas zonas y se mueven a las laderas aledañas únicamente durante el periodo de anidación o durante la época de invierno (e.g., Gibbons *et al.* 1977, Semlitsch *et al.* 1988; Burke y Gibbons 1995, Bodie 2001) y para algunas otras estas zonas son utilizadas como refugios cuando las condiciones en el paisaje se vuelven estresantes para las especies (por ejemplo durante la época de estiaje; Gienger *et al.* 2002, Suazo-Ortuño *et al.* 2011). Se reconoce que la interdependencia biológica entre hábitats acuáticos y terrestres es esencial para la persistencia de poblaciones y que extensas áreas de hábitats terrestres que rodean humedales son críticas para el mantenimiento de la biodiversidad (Semlitsch y Bodie 2003)

Debido a que el uso del hábitat ripario por las especies puede variar dependiendo del taxa, tipo de clima, topografía, elevación, etc. (Petranka y Smith 2005), es difícil establecer un ancho de hábitat ripario que garantice la conservación de todas las especies, por lo que se hace necesario llevar a cabo estudios que evalúen a cada ensamble de especies considerando sus características biológicas propias. Por ejemplo, en algunos anfibios el rango de desplazamiento de migración a partir de la ribera de los humedales, varía según el tipo de organismo. Generalmente, las salamandras pletodóntidas permanecen cerca de las orillas de los arroyos, charcos y estanques, y raramente se mueven más de 20-30 m de los hábitats acuáticos y en el caso de algunos sapos y ranas estos pueden alejarse hasta 290 m a partir de la orilla del sitio acuático, y el núcleo



completo de hábitat ripario para reptiles puede comprender desde 127 a 289 m de la orilla del sitio acuático (Semlitsch y Bodie 2003).

2.4 Zonas riparias en el Lago de Cuitzeo

Aunque las áreas riparias han sido ampliamente reconocidas por su funcionamiento y dinámica dentro del ecosistema y en algunas partes ya están recibiendo atención en los esfuerzos de restauración y manejo (Naiman *et al.* 1993), en muchos lugares no se cuenta con la información necesaria sobre su papel e importancia para la conservación de las especies. Tal es el caso del Lago de Cuitzeo en el Estado de Michoacán, México, considerado como el humedal continental más importante del país. De acuerdo con Rojas y Novelo 1995 la vegetación característica en áreas terrestres adyacentes a la ribera del Lago de Cuitzeo es el matorral subtropical con asociaciones de huizache y mezquital. En el lago también se encuentran comunidades de tular y carrizal que ocupan grandes extensiones de la ribera.



III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Conocer la estructura y composición del ensamble herpetofaunístico de los hábitats más representativos de la ribera de los vasos central y este del Lago de Cuitzeo.

3.2 Objetivos Particulares

3.2.1 Determinar la abundancia, riqueza y diversidad de la herpetofauna en los hábitats más representativos de la ribera de los vasos central y este del Lago de Cuitzeo.

3.2.2 Evaluar cambios en la composición de las especies de anfibios y reptiles entre los diferentes hábitats de la ribera de los vasos central y este del Lago de Cuitzeo.

3.2.3 Identificar el tipo de hábitat de mayor importancia para la conservación de la herpetofauna de los vasos central y este de la ribera del Lago de Cuitzeo.



IV. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Localización

La cuenca del Lago de Cuitzeo se ubica en la región hidrológica Lerma-Chapala, dentro del Sistema Volcánico Transversal en el Centro occidente de México, localizada en la parte norte de Michoacán y abarca una extensión aproximada de 4 000 km², entre los 19°30´ y 20°05´ latitud Norte y 100°35´ y 101°30´ longitud Oeste (Mendoza *et al.* 2007) (Figura 1). El Lago de Cuitzeo y las zonas de inundación cubren alrededor de 400 km², los cuales producen varios beneficios para la región: regulan el clima de la cuenca, ofrecen sustento y hábitat a varias especies, apoyan la economía de varias comunidades aledañas que practican la pesca y la agricultura de riego (SEMARNAT 2008). El Lago de Cuitzeo y su cuenca se encuentran ubicados en los límites de los estados de Michoacán y Guanajuato, la mayor parte corresponde a Michoacán (Morales 2010). El lago comprende parte de los municipios de Huandacareo, Chucándiro, Copándaro de Galeana, Santa Ana Maya, Zinápecuaro y Alvaro Obregón en Michoacán y Acámbaro en Guanajuato (Chacón *et al.* 2007) (Figura 2).

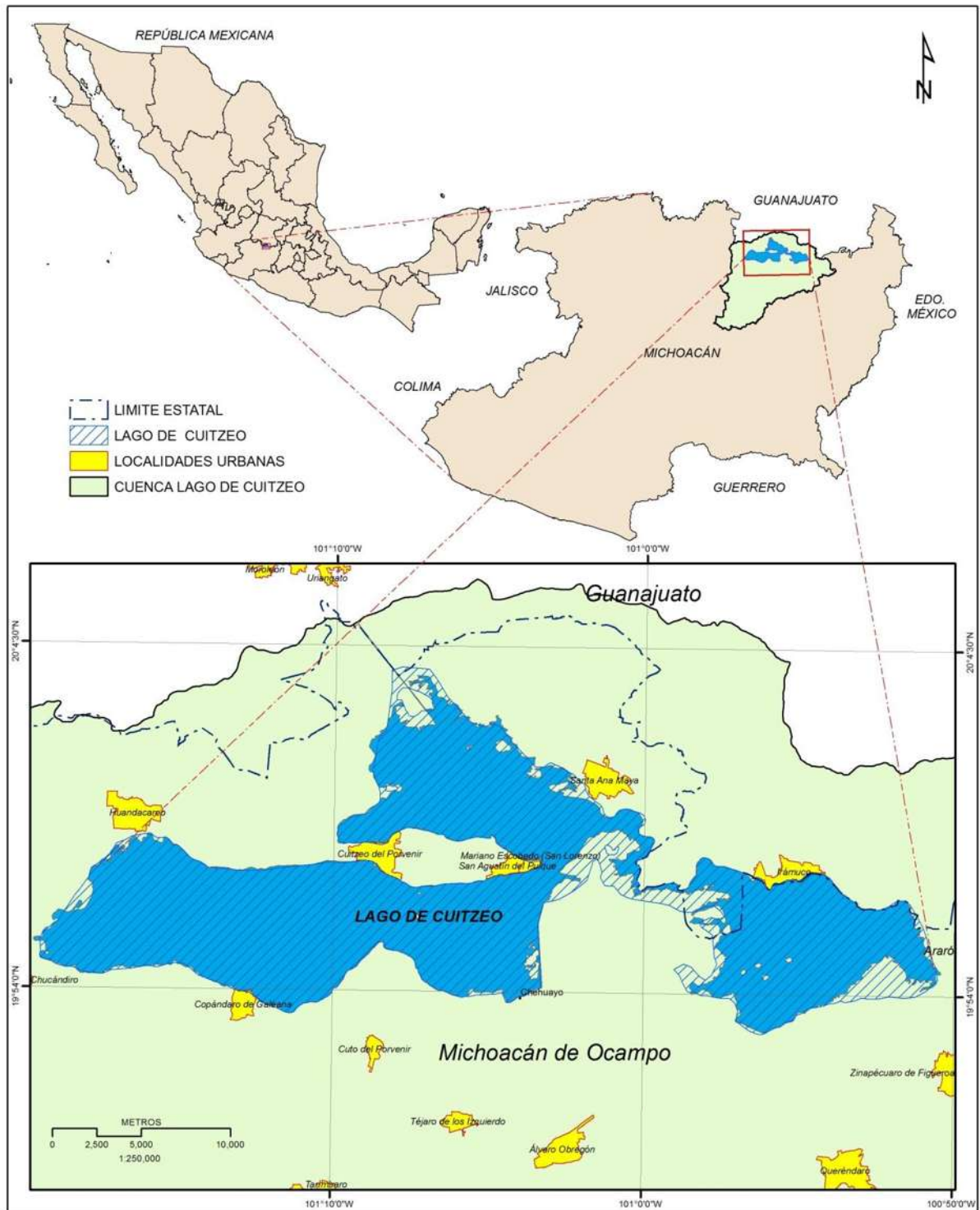


Figura 1. Localización de la Cuenca del Lago de Cuitzeo

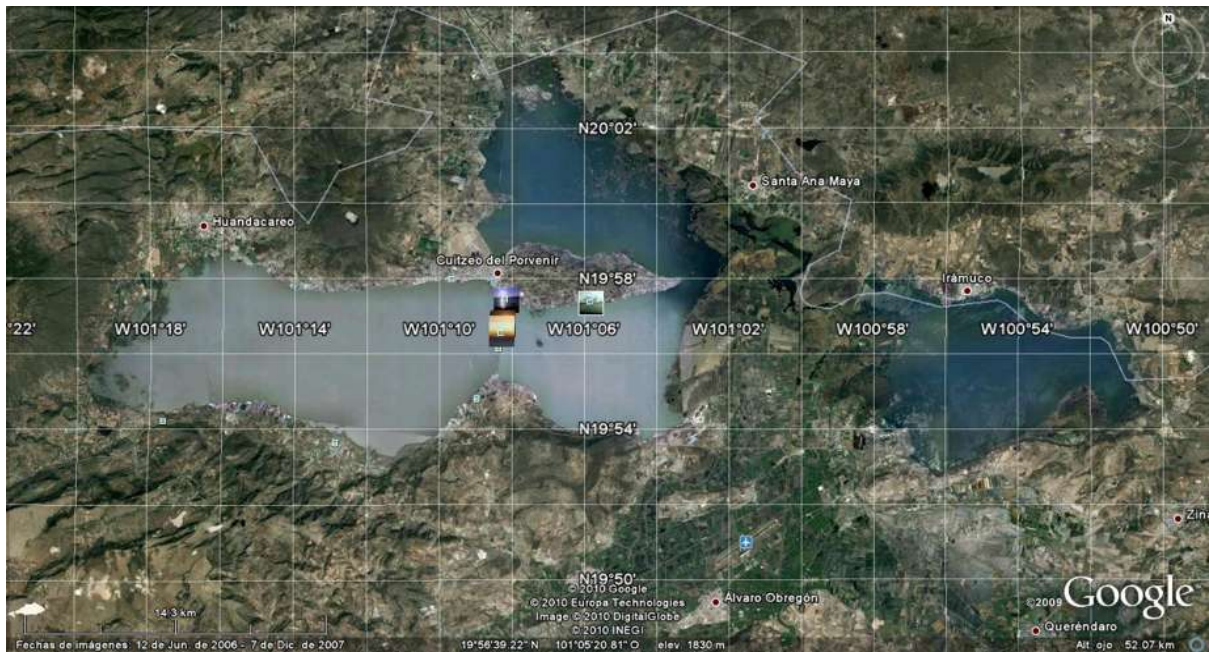


Figura 2. Localización del Lago de Cuitzeo

4.2 Origen del Lago de Cuitzeo

El Lago de Cuitzeo se originó como resultado de la interacción tectónica que representa el proceso de subducción oblicua de la placa Pacífica sobre la norteamericana, alineando durante las épocas del mioceno y el plioceno a la extensa depresión que ocupa el Lago de Cuitzeo en un proceso de reacomodo tectónico de fallas con dirección de este a oeste. Eventos sucesivos tanto volcánicos con derrames de lava como la paulatina migración del lago hacia el norte de Michoacán sugieren que Cuitzeo se considere junto con el Lago de Chapala como uno de los lagos más antiguo del planeta, con una edad estimada entre los cuatro y seis millones de años (Israde 1997).

4.3 Clima

El clima predominante en la Cuenca del Lago de Cuitzeo corresponde al templado con lluvias en verano, sin embargo se presenta un gradiente de

incremento de humedad y descenso de temperatura que va de norte a sur, el cual corresponde a un incremento en la amplitud de relieve en la cuenca. La temperatura media en la cuenca es de alrededor de 15°C, y la precipitación promedio anual es menor a 1 000 mm (Mendoza *et al.* 2001). En la región del Lago de Cuitzeo predominan los climas templados subhúmedos con lluvias en verano Cwo y Cw1, en Cutizeo el clima es Cwo(w)b(i')g, mientras en Copándaro y Huingo es Cw1(w)b(i')g, estos tres lugares presentan un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano; pero el tipo Cwo es menos húmedo que el Cw1. Hacia el norte el lago, en el Bajío, las temperaturas son más altas, los climas semicálidos subhúmedos, como en Moroleón (A)Cwo(w)a(i')g, con régimen de lluvia en verano, y menos de 5% de lluvias en invierno. En contraste hacia el sur, el clima es un poco más lluvioso, semicálido subhúmedo (A)Cw1(w)b(e)g, con escasa lluvia invernal, con un verano fresco y largo (Vidal 2010).

4.4 Suelos

En la mayor parte de la Cuenca del Lago de Cuitzeo predominan los suelos arcillosos los cuales se encharcan y dificultan las labores de labranza cuando están secos o muy húmedos. Estos suelos se utilizan para la agricultura de temporal y de riego. Los suelos menos arcillosos se localizan en la parte sur, tienen vocación forestal, sin embargo, han sido utilizados para la agricultura de temporal, lo cual ha favorecido su erosión (SEMARNAT 2008). En las áreas de llanura y de sierra con pendiente suave, cercanas al lago de Cuitzeo, existen suelos conocidos como vertisoles y feozem. En el lago se presenta una porción de suelo lacustre que inicia en San Pedro de los Sauces, Téjaro, Álvaro Obregón y Cupatio, hasta llegar a la ribera del lago por la zona sureste y este del sistema lacustre. Una pequeña porción de este tipo de suelos se localiza también al norte de



Cuitzeo del Porvenir. En la ribera se encuentran grandes porciones del tipo Zolonchak gleico sódico de textura fina en una franja que recorre al oeste, este, norte y una pequeña porción del sur. El suelo de tipo vertisol pélico y litosol de textura fina tienen una dominancia significativa en la ribera del lago. El litoral con feozem hálico de textura media se presenta en una pequeña porción del lado sur del lago en la localidad de Chehuayo Grande y Chehuayo Chico (Chacón *et al.* 2007).

4.5 Hidrología

La Cuenca de Cuitzeo no tiene salida al mar y se encuentra ubicada a una altitud de 1 820 msnm, el área de captación de la cuenca es de 3 675 km², donde se localizan los valles de Morelia, Zinapécuaro, Indaparapeo y Queréndaro, con actividades principalmente agrícolas. De acuerdo con sus características de drenaje superficial la cuenca se subdivide en tres subcuencas principales: 1. Río Grande de Morelia; 2. Río Chiquito y 3. Río Queréndaro, en esta última se encuentra el lago de Cuitzeo (Chacón *et al.* 2007). El Lago de Cuitzeo recibe agua de tres ríos principales: el Grande de Morelia, el Queréndaro y Zinapécuaro, cuenta además con las aportaciones de numerosos arroyos de temporal y cuerpos termales que se localizan en la parte baja de la cuenca. Las zonas de mayor infiltración y recarga se encuentran en la parte poniente de Capula y Cuto de la Esperanza, Irapeo y la zona de Mil Cumbres (SEMARNAT 2008). Originalmente el Lago de Cuitzeo no poseía efluentes o salidas de agua por los ríos y arroyos naturales, en la actualidad tiene una salida conocida como el dren La Cinta, que funcionó originalmente para desfogar los excedentes y mantener de manea artificial el nivel del lago a los 1 820 msnm, y así evitar inundaciones en las zonas de cultivo del distrito de riego que se encuentra aguas abajo, conducidas hacia la laguna de Yuriria con



la consecuente integración al sistema Lerma-Chapala (Chacón *et al.* 2007). El Lago de Cuitzeo mantuvo niveles profundos de agua en su centro, pero paulatinamente fue azolvado durante largos periodos de erosión, actualmente, la profundidad promedio del lago es de un metro (Mendoza *et al.* 2007).

4.6 Flora y Vegetación acuática

La gran extensión, poca profundidad, presencia de manantiales, columna de agua variable y tipos distintos de sedimentos y rocas, originan una gran diversidad de hábitats que da como resultante una vasta riqueza florística compuesta por 40 familias, 70 géneros y 92 especies de plantas acuáticas, las familias mejor representadas son Gramineae, con nueve géneros y trece especies; Cyperaceae con cuatro géneros y trece especies; y Compositae con ocho géneros y ocho especies. Las familias con especies acuáticas y subacuáticas mejor representadas son: Lemnaceae, con tres géneros y cuatro especies; Umbelliferae y Scrophulariaceae con tres géneros y tres especies cada una; Pontederiaceae con dos géneros y cuatro especies; y Ranunculaceae con dos géneros y dos especies. Las herbáceas destacan como la forma biológica dominante; se encontró sólo un elemento arbóreo del género *Salix*. Las enraizadas emergentes son las hidrófitas preponderantes de la flora del lago con 42 especies (acuáticas y subacuáticas), seguidas por las libres flotadoras con 7 especies, las hidrófitas sumergidas con 5 especies y, finalmente, las hidrófitas de hojas flotantes con 3 especies (Rojas y Novelo 1995).

Las comunidades de tular y carrizal, se restringen a los cuerpos de agua someros o cenagosos, así como a los márgenes de aquellos que tienen mayor profundidad. Se presentan como plantas arraigadas con hojas



largas y angostas o a veces ausentes, que alcanzan tallas de 1 a 3 metros de altura y por lo general pertenecen al grupo de las monocotiledóneas. Los tulares de los lagos de Pátzcuaro y Cuitzeo están dominados por especies de chuspata o tule (*Typha domingensis*) y de otro tule o patsimu (*Scirpus validus*, *S. americanus*, *Cyperus niger* y *C. laevigatus*), mientras que a los carrizales los conforman especies de carrizos de los géneros *Arundo* y *Phragmites* principalmente. Además de estas plantas que definen la fisonomía de los tulares y carrizales, están presentes otras especies, algunas de las cuales pertenecen a los géneros *Eleocharis*, *Berula*, *Sgittaria*, *Suaeda* e *Hydrocotyle*. Se utilizan algunas de sus especies en la fabricación de artesanías y cestería; para la realización de variados artículos de pesca, muebles, puertas y cercas, se utiliza la especie de carrizo *Phragmites australis* (Carranza 2005).

4.7 Flora

Alrededor del 20% de la superficie de la Cuenca del Lago de Cuitzeo está cubierta por bosques templados principalmente de pino y encino, 15% por matorrales subtropicales, menos del 15% por pastizales inducidos y alrededor del 40% por cultivos (Mendoza *et al.* 2001). Para el Lago de Cuitzeo y sus alrededores se registran vegetación acuática, arbustos, pastizales, cultivos de temporal y cultivos de riego, así como pequeñas áreas boscosas (Mendoza *et al.* 2001).

Aunque no existe un inventario integral de la flora de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, el área ha sido intensamente explorada (no menos de 15 mil números de colecta) y se han elaborado cuantiosos trabajos tendientes al conocimiento de las plantas vasculares de algunas áreas parciales, sobre todo de las próximas a la capital del estado. Los primeros trabajos datan



del siglo antepasado y los últimos al año 2006, de acuerdo con esto y en la información obtenida de la base de datos del herbario del Instituto de Ecología en Pátzcuaro, se estima que la Cuenca del Lago de Cuitzeo alberga una flora vascular espontánea del orden de 2,000 a 2,200 especies, cantidad que supera substancialmente a la tercera parte de la que se calcula para todo el estado de Michoacán. De ellas, no menos de 130 asumen el porte de árboles, más de 110 son de hábito trepador, casi 50 viven de manera obligada o preferente como epífitas, alrededor de 220 corresponden a plantas acuáticas y subacuáticas, aproximadamente 120 pertenecen al grupo de las pteridofitas (helechos y plantas afines) y más de 290 se comportan por lo general como malezas. En términos de utilidad, puede calcularse que alrededor de las dos terceras partes de los componentes de esta flora tienen algún uso local, pero si se excluyen las que sólo se aprovechan como forrajeras, melíferas y/o a manera de combustible, esta cantidad se reduce a 25-30%. Cerca de 60% de las especies de plantas vasculares nativas de la región tienen su distribución restringida al territorio de la república y las siguientes sólo se conocen de la cuenca de Cuitzeo y de sus alrededores inmediatos: *Carex rzedowskii*, *Dahlia barkerae*, *Diospyros xolocotzii*, *Echeandia michoacanensis*, *Microspermum debile* var. *Arsenei*, *Rigidella flammea*, *Valeriana emmanuelii* y *Vernonia solorzanoana*. Estos ocho elementos son plantas sumamente localizadas y escasas o francamente raras; todas están en serio peligro de extinción (Rzedowski 2010).

4.8 Fauna

4.8.1 Herpetofauna

Como resultado de la revisión de literatura reciente y consulta de colecciones científicas nacionales y extranjeras, se considera que la



herpetofauna de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, a partir de 848 registros, se encuentra constituida por 50 especies, pertenecientes a 26 géneros, 15 familias, cuatro órdenes y dos clases; que representan el 4.1% de la herpetofauna total del país. Las serpientes conforman el grupo más abundante con 21 especies, seguidas de las lagartijas con 17, los anuros con 10 y las más pobremente representadas son las tortugas, son tan solo una especie. De las 50 familias de herpetozoos presentes en el país, 15 están representadas en la Cuenca del Lago de Cuitzeo. Las familias de anfibios y reptiles con mayor riqueza son Ranidae, Ambystomatidae, Phrynosomatidae y Colubridae. Los géneros *Ambystoma*, *Lithobates*, *Sceloporus* y *Thamnophis* resultaron ser los más abundantes. Un total de 37 especies endémicas a México habitan la Cuenca del Lago de Cuitzeo, representando el 74% del total de las especies registradas para esta región; 7 anuros (14%), 13 lacertilios (26%), 11 serpientes (22%) y una tortuga (2%) (García-Vázquez y Flores-Villela 2010). Para el Lago de Cuitzeo, se registran un total de 26 especies de herpetozoos, conformadas en dos clases Amphibia y Reptilia, tres órdenes: Anura, Squamata y Testudines, y 12 familias: Bufonidae, Craugastoridae, Hylidae, Scaphiopodidae, Ranidae, Phrynosomatidae, Polychrotidae, Teiidae, Colubridae, Typhlopidae, Viperidae y Kinosternidae (Morales 2012).

4.8.2 Avifauna

El Lago de Cutizeo tiene un conteo promedio de más de 84,000 aves acuáticas, y sostiene especies de importancia internacional, como el pelícano americano blanco (*Pelecanus erythrorhynchus*), pato mexicano (*Anas diazi*) y patos buceadores (*Aythya valisineria*). La mascarita transvolcánica (*Geothlypis speciosa*) en peligro de extinción, la cual es solo



conocida en cuatro localidades esta presente en este sitio (Pérez-Arteaga *et al.* 2002).

El Lago de Cuitzeo es uno de los 28 humedales clave de aves acuáticas para Ducks Unlimited de México (DU), es uno de los 32 humedales prioritarios del Acta para la Conservación de Humedales de América del Norte (NAWCA), cumple con los criterios de humedal de importancia internacional de la Convención Ramsar (aunque no ha sido reconocido a nivel mundial) y es considerado como área importante para la conservación de aves en México (AICA) (Pérez-Arteaga *et al.* 2005).

Para el Lago de Cuitzeo se presenta una guía fotográfica de aves de Cuitzeo con la diagnosis de 40 especies pertenecientes a 15 familias, entre las que destacan la Familia Anatidae (patos, gansos y cercetas); Ardeidae (garzas); Icteridae (tordos y bolseros); del total 28 especies son residentes y 12 son migratorias visitantes de invierno; dos se encuentran bajo protección especial, tres amenazadas y una en peligro de extinción, esta última es la Mascarita transvolcánica (*Geothlypis speciosa*) especie que habita de forma exclusiva los tulares y la vegetación subacuática de algunos humedales del centro de México (Cancino *et al.* 2011).

En un trabajo realizado por Tenorio-Guzmán (2010) y a través de muestreos en diferentes tipos de parcelas, se registraron en el Lago de Cuitzeo un total de 68 especies de aves acuáticas, correspondientes a seis órdenes (Podicipediformes, Pelecaniformes, Ciconiformes, Anseriformes, Gruiformes y Charadriiformes) y once familias, (Podicipedidae, Pelecanidae, Ardeidae, Threskiornithidae, Anatidae, Rallidae, Charadriidae, Recurvirostridae, Jacanidae, Scolopacidae y Laridae). La mayor riqueza de anátidos se concentra en los hábitats “con playa”, como áreas de descanso,



acicalamiento y cortejo, además de los hábitats “mixto” que les proporcionan alimento, mientras que para las aves acuáticas no anátidos se presentó en las áreas con “vegetación emergente”, las cuales proporcionan sitios de refugio y alimentación a las aves. Se considera la zona Este del Lago de Cuitzeo como la más importante para la invernación de anátidos procedentes de Norteamérica. El Lago de Cuitzeo alberga densidades altas de cinco especies residentes y cuatro migratorias, siendo un humedal importante tanto para aves residentes como para migratorias. Un total de ocho especies de aves acuáticas se encuentran enlistadas en la NOM-O59-SEMARNAT-2001, dos especies Amenazadas, cinco especies Sujetas a Protección Especial y una especie en Peligro de Extinción.

4.8.3 Mastofauna

De acuerdo con Hernández-Mora (1994) en el lado Este del Lago de Cuitzeo se han registrado 28 especies de mamíferos silvestres no voladores, integrados en 5 órdenes y 9 familias, a nivel de orden el 64.2% de las especies corresponden a roedores, 17.8% a carnívoros, 7.1% a marsupiales, 7.1% a lagomorfos y el 3.5% a insectívoros, las cuales representan el 19.1% de la mastofauna presente en Michoacán. Actualmente, para la Cuenca del Lago de Cuitzeo se han registrado 65 especies de seis órdenes de mamíferos, Chiroptera, Rodentia, Carnivora, Insectivora, Lagomorpha y Marsupialia; los grupos mejor representados son los murciélagos con 27 especies y los roedores con 24 especies (Núñez 2010).



V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Selección de los sitios de muestreo

A partir de un recorrido alrededor de los vasos central y este del Lago de Cuitzeo se seleccionaron con base a una estimación visual de su frecuencia y porcentaje de cobertura los tres hábitats riparios más representativos de la ribera. Para la selección de los hábitats ribereños se consideraron únicamente los tipos de vegetación que por lo menos en alguna parte del año estuvieran en contacto con el espejo del agua.

Los hábitats seleccionados fueron el Matorral Subtropical, el Mezquital y el Tular. El Matorral Subtropical se caracterizó por presentar especies dominantes de los géneros *Acacia*, *Opuntia*, *Prosopis* y *Bursera*, el Mezquital se caracterizó por la dominancia fisonómica de árboles espinosos principalmente mezquites del género *Prosopis* y el Tular se caracterizó por la dominancia de *Typha domingensis*, *Scirpus validus* y *Phragmites australis*.

5.2 Trabajo de campo

De octubre de 2010 a mayo de 2012 se realizaron 23 salidas al área de estudio. En total se establecieron 22 sitios de muestreo que representaron los tres tipos de hábitats dominantes en la ribera del Lago de Cuitzeo: Matorral Subtropical, Mezquital y Tular (Figura 3 y Figura. 4). Ocho sitios correspondieron al Matorral Subtropical, seis sitios al Mezquital y ocho sitios al Tular.



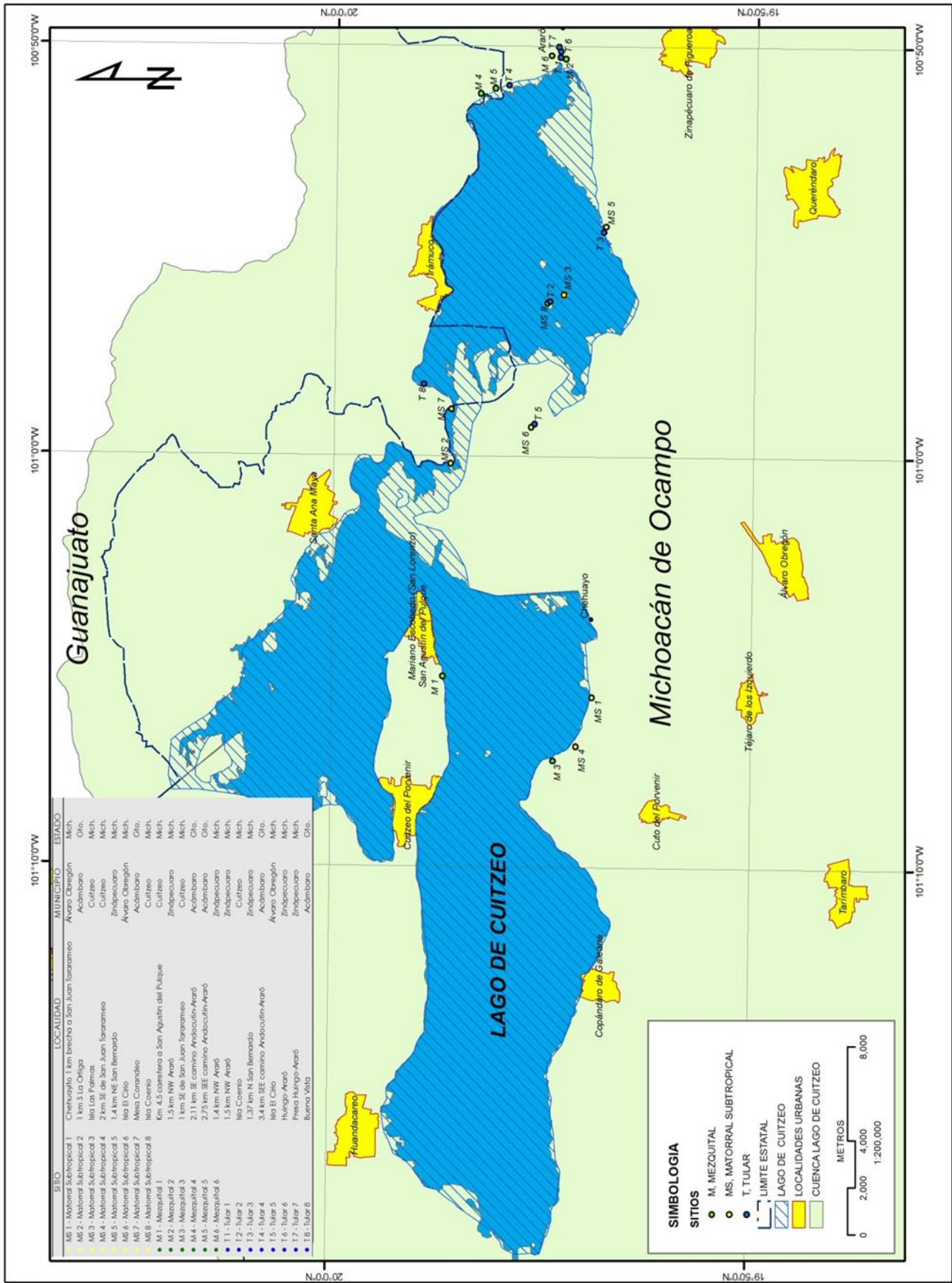


Figura 3. Ubicación de los 22 sitios de muestreo en la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México.



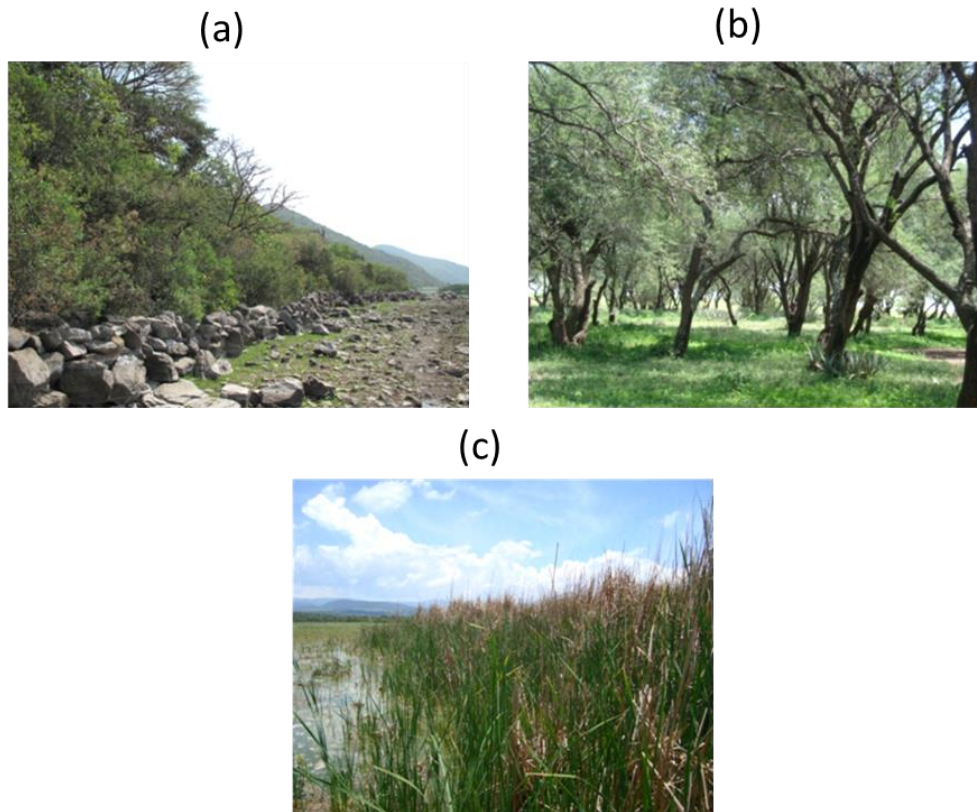


Figura 4. Hábitats representativos de la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán. (a) Matorral Subtropical, (b) Mezquital y (c) Tular.

5.2.1 Muestreo de los organismos

En cada sitio de muestreo se llevó a cabo la búsqueda de anfibios y reptiles mediante la técnica de encuentro por inspección visual con tiempo determinado (Crump y Scott 1994). Este método se considera un método eficiente ya que requiere de poco equipo y puede ser usado en diversos hábitats. El tiempo de búsqueda fue el mismo para cada uno de los hábitats muestreados con el objeto de poder hacer comparaciones entre ellos. En total el esfuerzo de muestreo fue de 210 horas/persona, 70 horas/persona por cada tipo de hábitat.

Los organismos se buscaron entre la vegetación terrestre y acuática, troncos de los árboles, piedras, debajo de la hojarasca, troncos caídos, cuerpos de agua, etc. Los muestreos fueron diurnos y nocturnos. Los muestreos diurnos se llevaron a cabo entre las 10:00 y 14:00 horas y los muestreos nocturnos entre las 21:00 y 01:00 horas. Los individuos registrados se identificaron a nivel de especie. Los individuos capturados fueron medidos y pesados antes de ser liberados. Para todos los organismos se registró el tipo de sustrato en el que se encontraba y si estaba activo o inactivo (Figura 5).



5.2.2 Atributos del hábitat

Una persona (la misma durante todo el estudio) midió la estructura de la vegetación, cobertura del suelo y las variables microclimáticas en cada sitio de muestreo después de la búsqueda diurna de los organismos. En cada sitio de muestreo se tiraron 5 líneas al azar de 20 metros de largo (Figura 6). En el punto inicial de cada línea se cuantificó el porcentaje de cobertura del dosel con un densiómetro esférico cóncavo (Model C, Forest Densimeters, Bartlesville, Oklahoma). En cada punto se tomaron cuatro medidas de la cobertura del dosel en dirección de los cuatro puntos cardinales. Los valores obtenidos de cobertura de dosel de los cuatro puntos fueron promediados para obtener un valor medio de cobertura de dosel por sitio de muestreo. Visualmente se estimó el número de capas de dosel contando el número de veces que las ramas de árboles interceptaron una línea vertical imaginaria hasta el techo del dosel. Se cuantificó el número de estratos presentes: pasto, arbusto, herbácea y árbol. Se estimó la altura de los árboles, y con una cinta métrica la altura de arbustos, herbáceas y la profundidad de hojarasca. Se midió el diámetro del árbol y posibles lianas más cercanas al punto inicial de cada línea. Dentro de la línea de 20 metros se marcó un metro al azar en la que se midió la estructura del suelo para lo cual se registraron todos los objetos que interceptaron la línea: rocas, hojarasca, pasto, pasto seco, arbustos, troncos de árboles en pie, suelo desnudo, herbáceas, ramas secas, troncos secos y agua. Estas medidas se convirtieron en porcentaje de tal manera que se pudo tener una medida de la estructura del suelo de cada uno de los sitios muestreados. Se midió la humedad, temperatura del suelo y del aire utilizando un termohigrómetro después de 30 segundos de exposición.

(a)



(b)



Figura 6. Registro de atributos del hábitat en los sitios de muestreo en la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán. En a) microestación de campo utilizada para medir la temperatura y humedad y en b) líneas tiradas al azar para el muestreo de los atributos del hábitat.

5.3 Análisis de datos

5.3.1 Complementariedad del muestreo

Para evaluar el nivel de efectividad del muestreo por cada tipo de hábitat se calcularon los estimadores no paramétricos del número real de especies ACE, ICE, Chao 1, Chao 2, y Bootstrap siguiendo los criterios de Magurran (2004) y empleando el programa Estimates 7.0 (Colwell 2005). El estimador ACE considera la abundancia de las especies y da mayor peso a las especies raras (especies ≤ 10 individuos). El estimador ICE se basa en la incidencia de las especies y es un predictor confiable de la riqueza de especies con muestras pequeñas. El estimador Chao 1 se basa en la abundancia de las especies y en la rareza de las mismas. El Chao 2 es el estimador que se basa en la incidencia (presencia/ausencia) de las especies y es apropiado para comunidades con especies de baja

abundancia y el Bootstrap se basa en la presencia y ausencia de las especies para cuantificar rareza. Debido a que la mayoría de las especies de anfibios y reptiles presentan abundancias bajas, todos los estimadores anteriormente descritos han sido utilizados para estimar la riqueza de especies de este grupo de organismos (Pineda y Halffter 2004, Urbina-Cardona y Reynoso 2005, Suazo-Ortuño *et al.* 2008). Con base en los valores máximos de riqueza estimada por los estimadores de riqueza no paramétricos, se determinó el porcentaje de especies observadas que fueron capturadas durante el presente estudio (completitud de Soberón y Llorente 1993).

5.3.2 Abundancia, riqueza y diversidad de especies

Para evaluar diferencias significativas entre las abundancias de las especies en los tres tipos de hábitat se llevó a cabo un análisis de varianza de una sola vía. Debido a la naturaleza de los datos (conteos) los datos fueron previamente transformados al Ln de n+1.

Para cada sitio se obtuvo la riqueza y diversidad de especies, así como la riqueza y la diversidad rarificada de especies usando el programa Ecosim versión 7 (Gotelli y Entsminger 2004). Para la rarefacción se consideró la cantidad de individuos más baja registrada en los tipos de hábitat (Gotelli y Graves 1996). Para calcular la diversidad de especies se utilizó el índice de diversidad de Shannon. El índice de diversidad de Shannon (H') combina S (riqueza) con N (abundancias) y estima la diversidad en relación al número de especies y su abundancia relativa. El estadístico del índice de Shannon es:

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



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

5.3.3 Curvas de rango-abundancia

Con el fin de evaluar cambios en la abundancia, equidad y composición de la comunidad de anfibios y reptiles entre los diferentes tipos de hábitats, se elaboraron curvas de rango-abundancia siguiendo los criterios mencionados en Magurran (2004). Estas gráficas se han propuesto como una alternativa para comparar comunidades y constituyen una herramienta exitosa para visualizar algunos atributos de los ensamblajes, tales como la riqueza de especies (número de puntos), equitatividad (pendiente), número de especies raras (cola de la curva) y la abundancia relativa de cada especie (orden de las especies en la gráfica (Feinsinger 2001).

5.3.4 Similitud entre hábitats

Para evaluar la similitud en abundancia y composición entre los diferentes tipos de hábitat, se calculó el índice de similitud de Bray-Curtis usando el Programa Primer-E (Clarke y Gorley 2001). Los datos de conteo fueron previamente transformados utilizando la raíz cuadrada. Se ha mostrado que el índice de similitud de Bray-Curtis es mejor que otros índices y es una medida de similitud que enfatiza la importancia de las especies que se tienen en común entre los sitios de muestreo (Pielou 1984) y es uno de los mejores índices de similitud de acuerdo con Washington 1984.



5.3.5 Atributos del hábitat

Para evaluar diferencias en los atributos del hábitat entre el Matorral Subtropical, Mezquital y Tular se llevaron a cabo análisis de varianza de una sola vía. Utilizando los valores promedio obtenidos en cada uno de los 22 sitios de muestreo. Los valores de los atributos del hábitat en porcentajes y conteos fueron transformados utilizando el Ln de n+1.

5.3.6 Prioridad de conservación de los hábitats ribereños

Para determinar la prioridad de conservación de los hábitats estudiados se estableció el estatus de conservación de cada una de las especies que se registraron en estos hábitats utilizando los criterios de la NOM-059-2010, la IUCN y el EVS (Environmental Vulnerability Score *sensu* Alvarado-Díaz *et al.* 2013). La clasificación taxonómica de las especies se hizo con base a Alvarado-Díaz *et al.* 2013.



VI. RESULTADOS

6.1 Complementariedad del muestreo

De acuerdo con los estimadores no paramétricos a nivel de paisaje el inventario representó entre el 80 y el 98%. A nivel de tipos de hábitat, los estimadores no paramétricos, con excepción del ICE mostraron que el inventario estuvo por arriba del 80% para los tres tipos de hábitat (Tabla 1). Las curvas de acumulación de especies observadas y estimadas con los estimadores no paramétricos en todos los casos tendieron a la asíntota a partir de las 60 horas de esfuerzo de muestreo (Figura 7).

Tabla 1. Riqueza de especies observada y esperada por tipo de hábitat de acuerdo con los estimadores no paramétricos en la ribera del Lago de Cuitzeo.

Hábitat	Riqueza observada	ACE	ICE	Chao1	Chao2	Bootstrap	Compleitud*
Matorral Subtropical	14	15.7	21.76	14.75	17.28	16.41	64.3-95
Mezquital	10	11.28	16.27	10.5	12.78	11.88	61-95
Tular	9	10.48	10.64	10	9.22	10.03	85-98
Paisaje	18	19.05	22.64	18.33	20.39	20.26	80-98

*Porcentaje de riqueza esperada cubierta por el esfuerzo de muestreo (rango: mínimo-máximo)



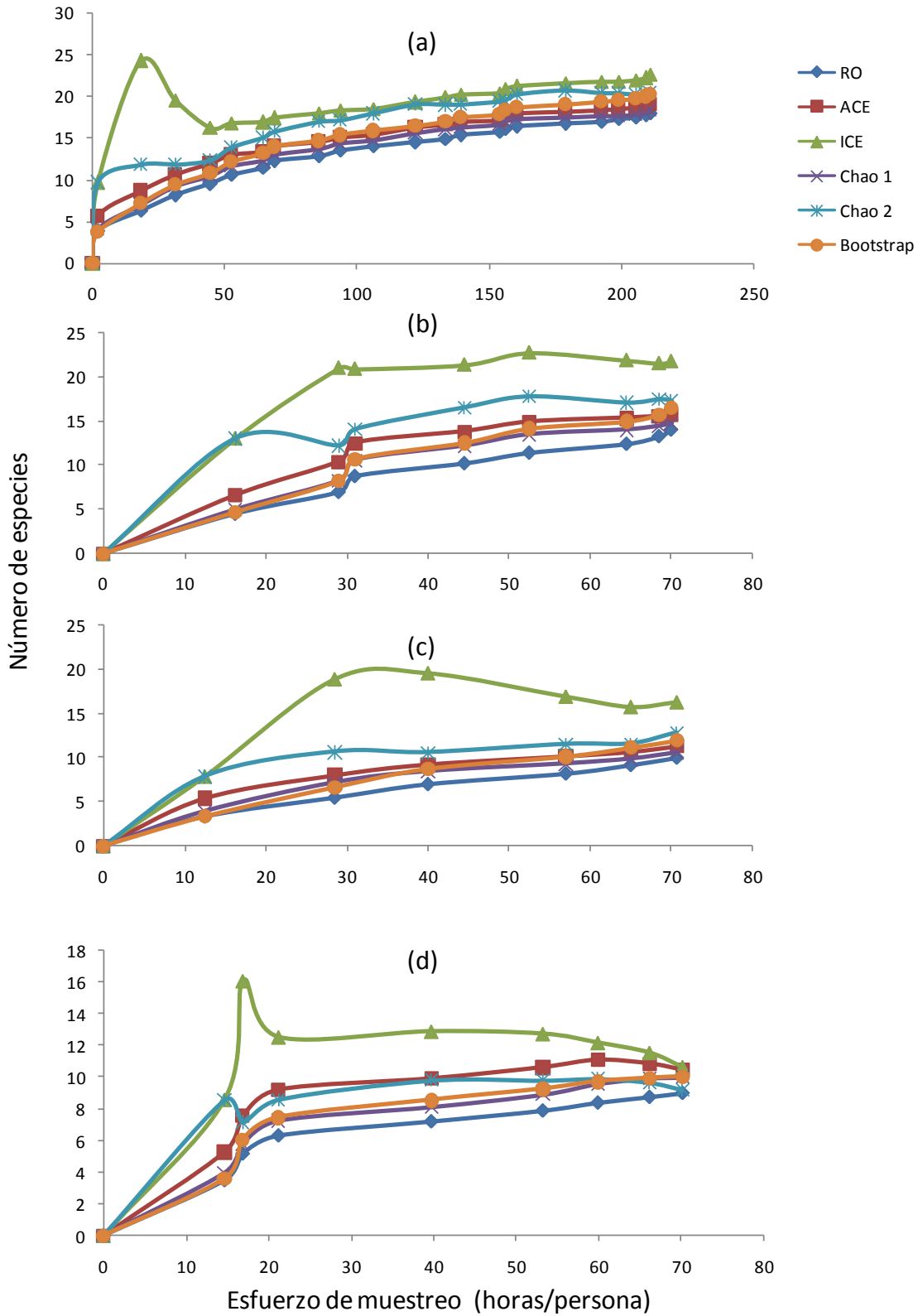


Figura 7. Curvas de acumulación de especies para los anfibios y reptiles de los hábitats riparios del Lago de Cuitzeo. (a) curvas de acumulación de especies en los 22 sitios a nivel de paisaje, (b) curvas de acumulación de especies en 8 sitios del Matorral Subtropical, (c) curvas de acumulación de especies en 6 sitios de Mezquital y (d) curvas de acumulación de especies en 8 sitios de Tular.

6.2 Abundancia, riqueza y diversidad de especies

Se registraron 628 individuos de 18 especies de anfibios y reptiles. De estos el 49.7 % fueron serpientes, el 45.6 % fueron lagartijas, el 2 % fueron tortugas y el 2.7% anuros. En el Matorral Subtropical se registraron 273 individuos con 14 especies, en el Mezquital 74 individuos con 10 especies y en el Tular 281 individuos con 9 especies (Tabla 2).

Tabla 2. Número de individuos por especies de anfibios y reptiles registradas en los principales hábitats de la ribera del Lago de Cuitzeo. La clasificación taxonómica se realizó de acuerdo a Alvarado-Díaz *et al.* 2013.

Clase	Orden	Suborden	Familia	Especie	Matorral	Mezquital	Tular	Total		
Amphibia	Anura		Craugastoridae	<i>Craugastor augusti</i>	3			3		
			Hylidae	<i>Hyla arenicolor</i>			1	1		
				<i>Hyla eximia</i>	1		3	4		
			Ranidae	<i>Lithobates megapoda</i>		1	9	10		
Reptilia	Squamata	Lacertilia	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus dugesii</i>	120	11		131		
				<i>Sceloporus spinosus</i>		6		6		
				<i>Sceloporus torquatus</i>	81	16	3	100		
				Dactyloidae	<i>Anolis nebulosus</i>	5	4		9	
			Teiidae	<i>Aspidoscelis gularis</i>	17	17		34		
			Serpentes	Colubridae	<i>Masticophis mentovarius</i>	1	5		6	
					<i>Conopsis nasus</i>	1			1	
					<i>Lampropeltis triangulum</i>	3		1	4	
					<i>Pituophis deppei</i>	2			2	
					Natricidae	<i>Thamnophis eques</i>	5	2	19	26
					<i>Thamnophis melanogaster</i>	30	11	235	276	
					Typhlopidae	<i>Ramphotyphlops braminus</i>	2			2
			Testudines		Kinosternidae	<i>Kinosternon hirtipes</i>			3	3
<i>Kinosternon integrum</i>	2	1				7	10			
Total General					273	74	281	628		



El análisis de varianza mostró que no existen diferencias significativas entre las abundancias de los tres tipos de hábitat, aunque el Mezquital presentó el valor más bajo en abundancias (74 individuos vs. 281 del Tular y 273 del Matorral Subtropical) (Figura 8).

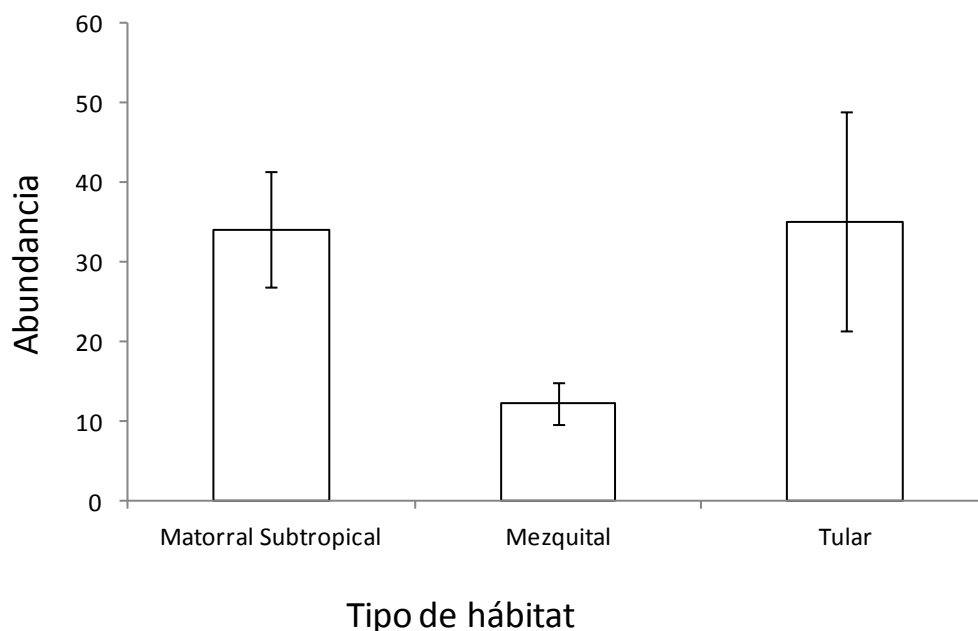


Figura 8. Valores promedio de la abundancia de anfibios y reptiles en tres tipos de hábitats ribereños del Lago de Cuitzeo.

La riqueza de especies de anfibios y reptiles (rarificada a un número de 74 individuos) fue diferente significativamente entre el Tular y el Mezquital, mientras que la diversidad de especies fue significativamente diferente en los tres tipos de hábitat (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de riqueza y diversidad de especies de anfibios y reptiles en los hábitats ribereños del Lago de Cuitzeo. El valor de rarificación fue de 74 individuos.

Hábitat	Abundancia	Riqueza	Riqueza rarificada	Intervalo de confianza 95%	Diversidad	Diversidad rarificada	Intervalo de confianza 95%
Matorral Subtropical	273	14	9.03	6 - 12	1.55	1.48	1.26 - 1.69
Mezquital	74	10	10	10 - 10	1.93	1.93	1.93 - 1.93
Tular	281	9	6.2	4 - 8	0.71	0.66	0.40 - 0.94



6.3 Curvas de rango-abundancia

La estructura del ensamblaje de anfibios y reptiles analizada con las curvas de rango-abundancia mostró cambios marcados entre los tres diferentes tipos de hábitat (Figura 9). En el Matorral Subtropical la especie más abundante fue *Sceloporus dugesii*, seguida por *Sceloporus torquatus* y *Thamnophis melanogaster*. En este tipo de hábitat se tuvieron 4 especies exclusivas (*Craugaustor augusti*, *Pituophis deppei*, *Ramphotyphlops braminus*, y *Conopsis nasus*) y dos especies raras con solo un individuo *Masticophis mentovarius* e *Hyla eximia* (Figura 9 a). En el Mezquital las especies más abundantes fueron *Aspidoscelis gularis*, *Sceloporus torquatus* y *Sceloporus dugesii*. En este tipo de hábitat solamente hubo una especie exclusiva *Sceloporus spinosus* y dos especies raras con un solo individuo *Kinosternon integrum* y *Lithobates megapoda* (Figura 9 b). En el Tular las especies más abundantes fueron *Thamnophis melanogaster*, *Thamnophis eques* y *Lithobates megapoda*. En este tipo de hábitat hubo dos especies exclusivas (*Hyla arenicolor* y *Kinosternon hirtipes*) y una especie rara con un solo individuo *Lampropeltis triangulum* (Figura 9 c).



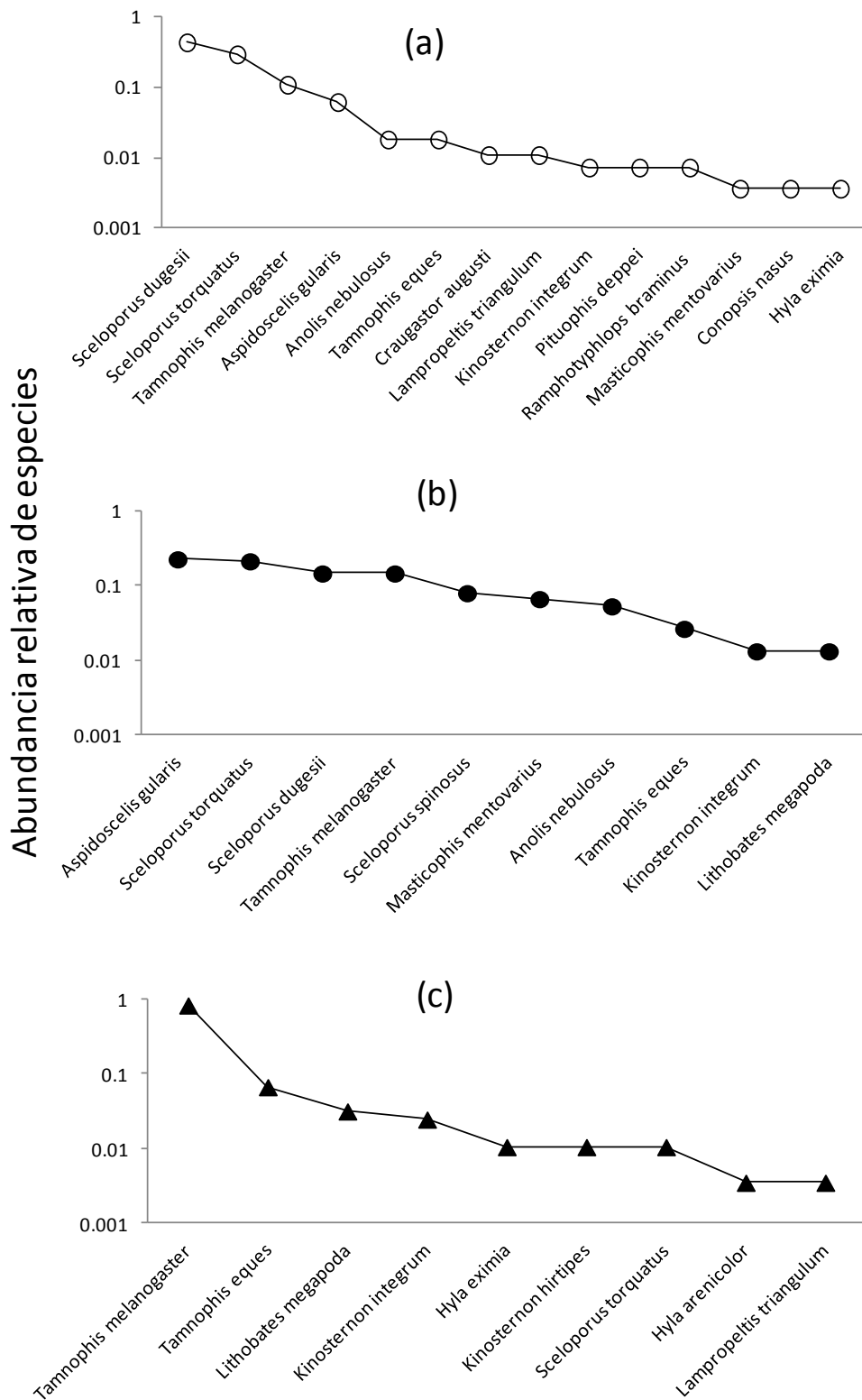


Figura 9. Curvas de rango abundancia para las especies de anfibios y reptiles de los tres principales hábitats de la ribera del Lago de Cuitzeo. (a) Matorral Subtropical, (b) Mezquital y (c) Tular. Las especies se encuentran ordenadas de más a menos abundante.



6.4 Similitud entre hábitats

El índice de similitud de Bray-Curtis mostró que el Matorral Subtropical y el Mezquital comparten una similitud en composición y abundancia de especies de casi el 60% y estos dos tipos de hábitat tienen una similitud con el Tular de solo el 30% (Figura 10).

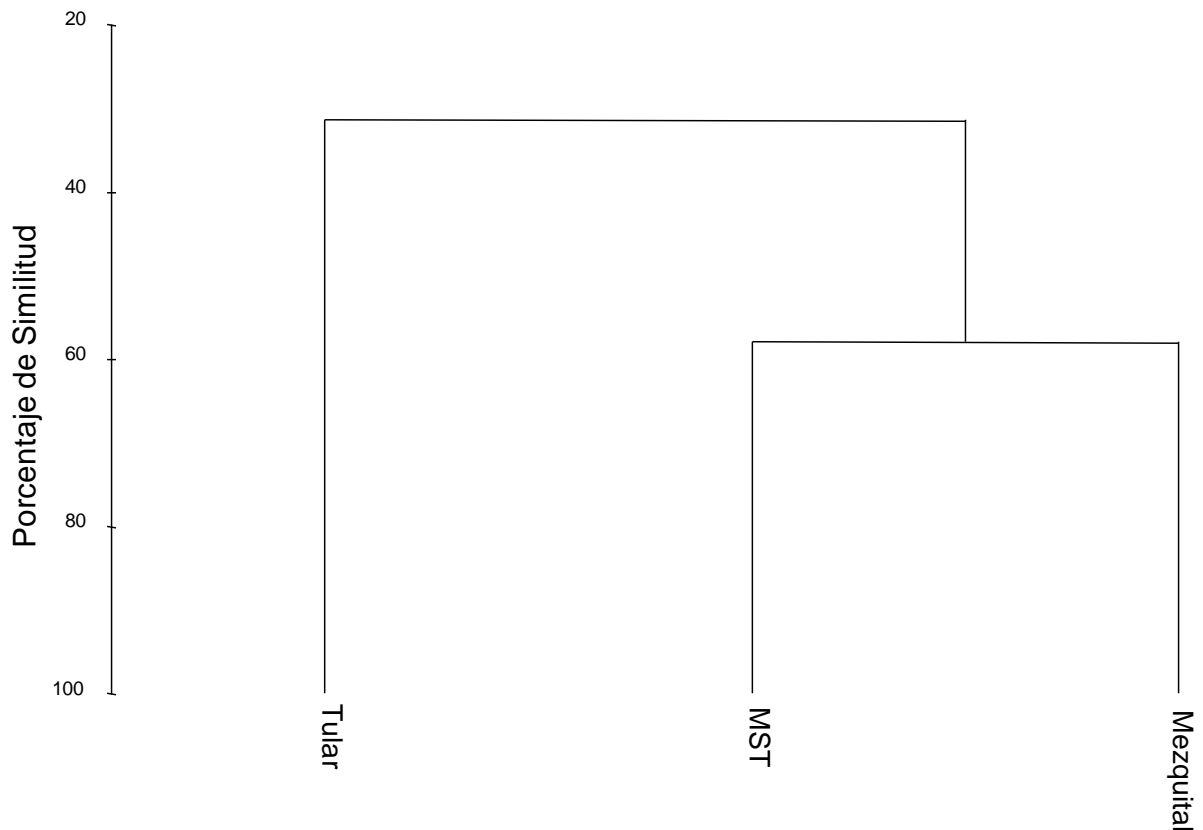


Figura 10. Grupos formados por el índice de similitud de Bray-Curtis para el ensamble de anfibios y reptiles (abundancia y riqueza de especies) en la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México.

6.5 Atributos del hábitat

Un total de 24 diferentes atributos del hábitat fueron analizados. El 50% de ellos mostraron diferencias significativas entre los tres diferentes tipos de hábitats: cobertura del dosel, número de niveles, número de estratos, altura del dosel, altura de herbáceas, diámetro de los árboles, humedad del suelo, porcentaje de rocas, hojarasca, pasto seco, herbáceas y agua (Tabla 4). El otro 50% de atributos del hábitat (12 variables) no mostró diferencias significativas entre los tres tipos de hábitat: altura de arbustos, diámetro de lianas, profundidad de hojarasca, temperatura del suelo, temperatura ambiental, humedad ambiental, y sobre la línea de intersección los porcentajes correspondientes a pasto, arbusto, árbol, suelo desnudo, rama seca y tronco (Tabla 4).

Tabla 4. Atributos del hábitat analizados en los tres diferentes tipos de hábitats riparios de la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán. 12 variables del hábitat mostraron diferencias significativas entre los hábitats. Letras diferentes significan diferencias significativas entre los tratamientos.

	unidad	Matorral subtropical		Mezquital		Tular		F _{2,17}	P
		promedio	SD	promedio	SD	promedio	SD		
Temperatura suelo	°C	25.951875 ^a	3.57	26.07 ^a	2.58	25.90 ^a	2.02	0,005	0.9947
Temperatura ambiental	°C	24.30375 ^a	2.85	24.63 ^a	2.59	25.435 ^a	2.38	0,321	0.7297
Humedad suelo	%	48.75 ^a	15.22	50.08 ^{ab}	12.54	67.09 ^b	9.30	3,98	0.0381 *
Humedad ambiental	%	48.7 ^a	12.49	44.95 ^a	10.25	56.26 ^a	11.30	1,51	0.2485
Cobertura dosel	%	36.72 ^{ab}	13.09	52.02 ^b	12.55	20.1 ^a	11.73	9,71	0.0015 *
Niveles de vegetación	número	1.68 ^a	0.149	2.21 ^a	0.32	0.18 ^b	0.17	139,43	0.0001 *
Estratos de vegetación	número	2.3 ^a	0.47	2.48 ^a	0.61	1.28 ^b	0.37	10,824	0.0009 *
Altura dosel	m	5.75 ^a	1.05	7.12 ^a	0.29	0.13 ^b	0.33	166,25	0.0001 *
Altura arbustos	cm	17.64 ^a	10.53	18.5 ^a	15.11	5.95 ^a	10.39	2,13	0.1493
Altura herbáceas	cm	85.81 ^a	30.50	56.51 ^a	25.05	227.74 ^b	66.73	27,48	0.0001 *
Diámetro árbol	cm	84.62 ^a	23.08	108.7 ^a	30.68	0 ^b	0	40,18	0.0001 *
Diámetro lianas	cm	1.058 ^a	2.65	2.23 ^a	3.61	0 ^a	0	1,11	0.3493
Profundidad de hojarasca	cm	1.36 ^a	0.91	0.28 ^a	0.46	1.05 ^a	2.43	0,95	0.4041
% rocas	% cubierto	22.35 ^a	11.40	0.167 ^b	0.41	0.67 ^b	1.63	68,03	0.0001 *
% hojarasca	% cubierto	31.53 ^a	19.57	5.2 ^b	5.71	2.67 ^b	5.61	13,29	0.0003 *
% pasto	% cubierto	5.34 ^a	7.44	7.6 ^a	7.74	1.11 ^a	2.72	2,06	0.1572
% pasto seco	% cubierto	10.9 ^a	15.97	17.72 ^a	13.43	0 ^b	0.00	6,23	0.0090 *
% arbustos	% cubierto	5.70 ^a	6.49	18.40 ^a	15.31	6.31 ^a	8.78	1,70	0.2120
% árbol	% cubierto	2.618 ^a	2.94	5.08 ^a	5.80	0 ^a	0.00	3,58	0.5030
% suelo desnudo	% cubierto	11.28 ^a	9.46	30.60 ^a	22.94	9.2 ^a	9.85	2,50	0.1114
% herbáceas	% cubierto	7.4 ^a	13.09	6.4 ^a	3.15	40.02 ^b	21.73	9,91	0.0014 *
% rama seca	% cubierto	2.69 ^a	1.52	7.9 ^a	9.68	11.8 ^a	11.62	2,85	0.0850
% troncos	% cubierto	0.0625 ^a	0.18	0.72 ^a	1.10	0.16 ^a	0.41	0,052	0.9490
% agua	% cubierto	0 ^a	0	0 ^a	0	28 ^b	28.52	22,37	0.0001 *



6.6 Prioridad de conservación de los hábitats ribereños

De las 18 especies de anfibios y reptiles registradas en este estudio ocho especies encuentran en listadas en alguna categoría de conservación de acuerdo a la NOM-059, cuatro especies en la IUCN y en cuanto al EVS: 6 especies presentan valores de baja vulnerabilidad, 9 especies presentan valores de media vulnerabilidad y 3 especies valores de alta vulnerabilidad (Tabla 5). De acuerdo a la NOM-059 el Matorral Subtropical es el que presenta el mayor número de especies en alguna categoría de Riesgo (cinco especies Amenazadas y una especie en Protección especial), seguido por el Tular con tres especies Amenazadas y tres especies en Protección especial y el Mezquital tres especies Amenazadas y dos especies en Protección Especial. De Acuerdo con la IUCN tanto el Mezquital como el Tular presentan una especie en Peligro y una especie Vulnerable, mientras que el Matorral Subtropical presenta una especie en Peligro. De acuerdo con el EVS el Mezquital y el Tular presentan dos especies de alta vulnerabilidad mientras que el Matorral Subtropical presenta una especie con esta categoría. Por su parte, el Matorral Subtropical presenta 7 especies con media vulnerabilidad, mientras que el Mezquital y el Tular presentan 5 y 4 respectivamente (Tabla 5).



Tabla 5. Estatus de conservación de las especies registradas en los tres diferentes tipos de hábitat de la ribera del Lago de Cuitzeo. Categorización de SEMARNAT NOM-059: A= Amenazada, Pr=Protección especial, SN=Sin estatus; Categorización de la IUCN: EN=En peligro, VU=Vulnerable, LC=Preocupación menor y EVS (Medida de Vulnerabilidad Ambiental, *sensu* Alvarado-Díaz *et al.* 2013); especies de baja vulnerabilidad (EVS de 3-9), especies de media vulnerabilidad (EVS de 10-13) y especies con alta vulnerabilidad (EVS de 14-20).

Clase	Orden	Suborden	Familia	Especie	Matorral			Mezquital			Tular					
					NOM-059	IUCN	EVS	NOM-059	IUCN	EVS	NOM-059	IUCN	EVS			
Amphibia	Anura		Craugastoridae	<i>Craugastor augusti</i>	NS	LC	8									
			Hylidae	<i>Hyla arenicolor</i>							NS	LC	7			
				<i>Hyla eximia</i>	NS	LC	10				NS	LC	10			
		Ranidae		<i>Lithobates megapoda</i>				Pr	VU	14	Pr	VU	14			
Reptilia	Squamata	Lacertilia	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus dugesii</i>	NS	LC	13	NS	LC	13						
				<i>Sceloporus spinosus</i>				NS	LC	12						
				<i>Sceloporus torquatus</i>	NS	LC	11	NS	LC	11	NS	LC	11			
				Dactyloidae	<i>Anolis nebulosus</i>	NS	LC	13	NS	LC	13					
				Teiidae	<i>Aspidoscelis gularis</i>	NS	LC	9	NS	LC	9					
				Serpentes	Colubridae	<i>Masticophis mentovarius</i>	A	NE	6	A	NE	6				
						<i>Conopsis nasus</i>	NS	LC	11							
						<i>Lampropeltis triangulum</i>	A	NE	7				A	NE	7	
						<i>Pituophis deppei</i>	A	LC	14							
						Natricidae	<i>Thamnophis eques</i>	A	LC	8	A	LC	8	A	LC	8
							<i>Thamnophis melanogaster</i>	A	EN	15	A	EN	15	A	EN	15
					Typhlopidae		<i>Ramphotyphlops braminus</i>	no info								
Testudines		Kinosternidae	<i>Kinosternon hirtipes</i>							Pr	LC	10				
			<i>Kinosternon integrum</i>	Pr	LC	11	Pr	LC	11	Pr	LC	11				



VII. DISCUSIÓN

La mayoría de los estudios sobre los ensambles de anfibios y reptiles mencionan que estimaciones de riqueza por arriba del 70% pueden ser considerados adecuados (Jiménez-Valverde y Hortal 2003). De acuerdo con los estimadores no paramétricos, en este trabajo se tienen estimaciones a nivel de paisaje que varían entre el 80 y 98% y a nivel de los tipos de hábitat, con excepción del estimador ICE, el inventario estuvo por arriba del 80% por lo que se puede considerar que el esfuerzo de muestreo fue el adecuado para representar a la herpetofauna que habita en las zonas riparias del Lago de Cuitzeo. Aunque no se encontraron diferencias significativas en las abundancias de anfibios y reptiles entre los tres tipos de hábitat, el Matorral Subtropical fue el tipo de hábitat que presentó el mayor número de individuos, seguido por el Tular y el Mezquital. Esto quizá se deba a que el Matorral Subtropical es el tipo de vegetación dominante que colinda con el vaso de agua (Mendoza *et al.* 2001), en el caso del Tular, la culebra de agua *Thamnophis melanogaster* hace que el Tular ocupe el segundo lugar en abundancia, ya que esta especie por sí sola representa casi el 84% de la abundancia total de individuos en el Tular. Esto es entendible, pues este tipo de hábitat se caracteriza por la presencia permanente de agua. Tanto el Mezquital como el Matorral Subtropical fueron los tipos de hábitat que presentaron la mayor riqueza de especies, aunque solo hubo diferencias significativas en riqueza entre el Mezquital y el Tular, probablemente estas diferencias se deban a que el 55% de las especies registradas para el Tular son acuáticas y solo el 30% de las especies registradas para el Mezquital presentan este tipo de hábito. Tanto la diversidad como la composición de especies muestran una estrecha relación con el tipo de hábitat, estos resultados son similares a los reportados por Barrett y Guyer (2008), quienes encontraron que a escala



local las diferencias en la composición de anfibios y reptiles, en cuatro cuencas con diferentes tipos de uso estaban estrechamente correlacionados con los tipos de hábitat. Aunque los tres tipos de hábitats compartieron cuatro de las 18 especies registradas (*Sceloporus torquatus*, *Thamnophis melanogaster*, *Thamnophis eques* y *Kinosternon integrum*) en general cada tipo de hábitat presentó un ensamble herpetofaunístico diferente. El Matorral Subtropical y el Mezquital tuvieron en común ocho especies, es decir el 50% de las especies registradas en estos dos tipos de hábitats no se compartieron, esto aunado a las siete especies que fueron exclusivas a un tipo de hábitat pone de manifiesto la particularidad de cada tipo de hábitat y les confiere un valor excepcional a cada uno de ellos.

Entre las especies más abundantes que se registraron tanto en el Matorral Subtropical como en el Mezquital estuvieron *Sceloporus dugesii*, *Sceloporus torquatus* y *Aspidoscelis gularis* estas especies son ampliamente distribuidas en una gran variedad de hábitats y típicas del altiplano (IUCN 2013, Alvarado-Díaz *et al.* 2013). En el Tular, como se ha mencionado, las especies más abundantes fueron las acuáticas, aunque también se registraron especies terrestres como la falsa coralillo *Lampropeltis triangulum* especie que probablemente utilice estos sitios como áreas de forrajeo dado la gran cantidad de polluelos y roedores que anidan en estas áreas (Tenorio-Guzmán 2010).

Como era de esperarse, el índice de similitud de Bray-Curtis mostró que el Matorral Subtropical y el Mezquital comparten una similitud en composición y abundancia de especies de casi el 60%, mientras que el Tular fue el tipo de hábitat con menor similitud (30%). Estas similitudes pueden estar dadas por los atributos del hábitat que presenta cada tipo



de hábitat. En general, tanto el Matorral Subtropical como el Mezquital poseen atributos del hábitat más similares entre sí y divergen de los atributos del hábitat del Tular. Por ejemplo, en diez de los 12 atributos del hábitat que mostraron diferencias significativas entre los tres tratamientos, los atributos del Tular fueron los que difirieron de los atributos del Matorral Subtropical y del Mezquital. Por otro lado, también se ha reportado que en zonas riparias la abundancia y composición de la herpetofauna incrementa con la complejidad de la estructura de la vegetación (Maisonneuve y Rioux 2001). En el caso de este estudio, el Matorral Subtropical fue el que presentó mayor estructura de la vegetación, seguido por el Mezquital y por último el Tular, el cual estuvo dominado por el tule (*Typha domingensis*).

Dado que uno de los objetivos de este estudio fue el de identificar el tipo de hábitat de mayor importancia para la conservación de la herpetofauna de los vasos central y este de la ribera del Lago de Cuitzeo, los resultados muestran, que sí bien es cierto que el Matorral Subtropical presenta la mayor riqueza de especies y de acuerdo con la NOM-059 es el que presenta el mayor número de especies en alguna categoría de Riesgo (cinco especies Amenazadas y una especie en Protección especial), una especie en Peligro de acuerdo con la IUCN y 8 especies con media y alta vulnerabilidad de acuerdo al EVS (Alvarado-Díaz *et al.* 2013), también es cierto que tanto el Mezquital como el Tular presentan especies catalogadas en alguna categoría de conservación en la NOM-059, en la IUCN y de vulnerabilidad media y alta según el EVS. Por lo que es indiscutible que los tres tipos de hábitat en su conjunto son importantes para la conservación de la herpetofauna de la ribera del Lago de Cuitzeo.



Con los resultados de este estudio se resalta no solo el valor de conservación de las zonas riparias para la herpetofauna, tal y como se ha mostrado en otros trabajos (Semlitsch y Bodie 2003, Lee *et al.* 2004, Petranka y Smith 2005, Suazo-Ortuño *et al.* 2011), sino que en particular, resulta indiscutible la importancia de conservar en su conjunto los diferentes hábitats ribereños que ocurren alrededor de los cuerpos de agua, ya que cada tipo de hábitat mantiene de manera independiente una riqueza y composición particular de especies, por lo que la destrucción de cualquiera de ellos, podría erosionar la diversidad herpetofaunística de estos sitios. En el caso del Lago de Cuitzeo, el significativo recambio del *pool* de especies entre los diferentes hábitats muestra que los diferentes hábitats riparios contribuyen a incrementar la diversidad total, así como a la diversidad de recursos disponibles para los ensamblajes de anfibios y reptiles. Por lo tanto, mantener estos hábitats riparios se vuelve crítico, sobre todo en regiones como en las que se asienta en Lago de Cuitzeo donde el desarrollo urbano y la pérdida y degradación del hábitat incrementa cada día de manera alarmante.



VIII. CONCLUSIONES

La estimación de especies a nivel de paisaje varió entre el 80 y 98% y en general, a nivel de los tipos de hábitat el inventario estuvo por arriba del 80% por lo que se puede considerar que el esfuerzo de muestreo fue el adecuado para representar a la herpetofauna que habita en las zonas riparias del Lago de Cuitzeo.

Aunque no se encontraron diferencias significativas en las abundancias de anfibios y reptiles entre los tres tipos de hábitat, el Matorral Subtropical fue el tipo de hábitat que presentó el mayor número de individuos, seguido por el Tular y el Mezquital.

Tanto el Mezquital como el Matorral Subtropical fueron los tipos de hábitat que presentaron la mayor riqueza de especies, aunque solo hubo diferencias significativas en riqueza entre el Mezquital y el Tular.

Tanto la diversidad como la composición de especies mostraron una estrecha relación con el tipo de hábitat. Aunque los tres tipos de hábitats compartieron cuatro de las 18 especies registradas, en general cada tipo de hábitat presentó un ensamble herpetofaunístico diferente.

Entre las especies más abundantes que se registraron tanto en el Matorral Subtropical como en el Mezquital estuvieron *Sceloporus dugesii*, *Sceloporus torquatus* y *Aspidoscelis gularis*. En el Tular, como era de esperarse las especies más abundantes fueron las acuáticas.



El índice de similitud de Bray-Curtis mostró que el Matorral Subtropical y el Mezquital son más similares entre sí en composición y abundancia de especies, mientras que el Tular fue el tipo de hábitat con menor similitud.

Doce de los 24 atributos del hábitat mostraron diferencias significativas entre los tres tratamientos, en general los atributos del Tular fueron los que difirieron de los atributos del Matorral Subtropical y del Mezquital.

El Matorral Subtropical fue el que presentó mayor estructura de la vegetación, seguido por el Mezquital y por último el Tular el cual estuvo dominado por el tule (*Typha domingensis*).

Sí bien es cierto que el Matorral Subtropical presenta la mayor riqueza de especies y presenta el mayor número de especies en alguna categoría de conservación, también es cierto que tanto el Mezquital como el Tular presentan especies catalogadas en alguna categoría de conservación, por lo que es indiscutible que los tres tipos de hábitat en su conjunto son importantes para la conservación de la herpetofauna de la ribera del Lago de Cuitzeo.

Con los resultados de este estudio se resalta el valor de conservación de las zonas riparias y la importancia de conservar en su conjunto los diferentes hábitats ribereños ya que cada uno mantiene una riqueza y composición particular de especies.

La pérdida o destrucción de cualquiera de los tres tipos de hábitats ribereños podría erosionar la diversidad herpetofaunística de la zona riparia del Lago de Cuitzeo.



IX. Literatura Citada

- Alvarado-Díaz, J., I. Suazo-Ortuño, L. D. Wilson and O. Medina-Aguilar. 2013. Patterns of physiographic distribution and conservation status of the herpetofauna of Michoacán, Mexico. *Amphibian & Reptile Conservation* 7(1): 128–170(e71).
- Barrett, K. and C. Guyer. 2008. Differential responses of amphibians and reptiles in riparian and stream habitats to land use disturbances in western Georgia, USA. *Biological Conservation* 141 (9): 2290-2300.
- Bodie, J. R. 2001. Stream and riparian management for freshwater turtles. *Journal of Environmental Management* 62: 443–455.
- Burke, V.J. and J. W. Gibbons. 1995. Terrestrial buffer zones and wetland conservation: a case study of freshwater turtles in a Carolina bay. *Conservation Biology* 9: 1365–1369.
- Bren, L. J. 1995. Aspects of the geometry of riparian buffer strips and its significance to forestry operations. *For. Ecol. Manage.* 75:1–10
- Brosofske, K.D., J. Chen, R. J. Naiman and J. F. Franklin. 1997. Harvesting effects on microclimatic gradients from small streams to uplands in western Washington. *Ecological Applications* 7:1188–1200.
- Cancino, R. M., M. Alvarez, A. Gómez-Tagle y T. Monterrubio. 2011. Guía Fotográfica de aves de Cuitzeo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Estado. 48 pp



Carranza, E. G. 2005. Vegetación. Páginas 38-45, en: Villaseñor, G. L. E. (editora). La Biodiversidad en Michoacán Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento, Gobierno del Estado de Michoacán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Estado.

Chazdon, R.L. C., A. Harvey, O. Komar, D. M. Griffith, B. G. Ferguson, M. Martínez-Ramos, H. Morales, R. Nich, L. Soto-Pinto, M. Van Breugel and S. M. Philpott. 2009. Beyond Reserves: A Research Agenda for Conserving Biodiversity in Human-modified Tropical Landscapes. *Biotropica* 41:142-153.

Chacón, T. A., C. Rosas y J. Alvarado. 2007. El lago de Cuitzeo. En: Las aguas interiores de México. Conceptos y Casos. Eds. De la Lanza, G. E. y Hernández, S. P. AGT Editor, S. A.

Chen, J., S. C. Saunders, T. R. Crow, R. J. Naiman, K.D. Brososke, G.D. Mroz, B.L. Brookshire and J.F. Franklin. 1999. Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology. *BioScience* 49:288-297.

Clarke, K. R. and R. N. Gorley. 2001. PRIMER version 5: User Manual Tutorial, PRIMER-E, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK.

Colwell, R. and J. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*. 345:101-118.



Colwell, R. K. 2005. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. User's guide and application. University of Connecticut, Storrs. Available from <http://purl.oclc.org/estimates> (accessed November 2006).

Crump, M. L. and N. J. Scott. 1994. Visual Encounter Surveys. In: Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians. Eds. Heyer, W. , M. A. , Donnelley, R. A. , McDiarmid, L. C., Hayec & M. C. , Foster. Smithsonian Institution Press, Washington DC.

Darveau, M., P. Beaudesne, L. Belanger, J. Hout and L. Larue. 1995. Riparian forest strips as habitat for breeding birds in boreal forest. *Journal of Wildlife Management* 59: 67–78.

Darveau, M., P. Labbe, P. Beaudesne, L. Belanger and J. Hout. 2001. The use of riparian forest strips by small mammals in a boreal balsam fir forest. *Forest Ecology and Management* 143: 95–104.

Décamps, H. 1993. River margins and environmental change. *Ecol. Appl.* 3:441–445

Donald, T.A., S. B. Marks and H. H. Welsh, Jr. 2006. Evidence of continued effects from timber harvesting on lotic amphibians in redwood forests of northwestern California. *For. Ecol. Manage.* 221: 183-193.

Feinsinger, P. 2001. Designing field studies for biodiversity conservation. The Nature Conservancy. Island Press. 212 p.



- Fischer, R. A. and J. C. Fischenich. 2000. Design recommendations for riparian corridors and vegetated buffer strips. EMRRPTN-EMRRP-SR-24 U.S. US Army Engineer Research and Development Center.17 pp.
- Fry, J., F.R. Steiner and D. M. Green. 1994. Riparian evaluation and site assessment in Arizona. *Landscape Urban Plan.* 28:179–99
- García, A. y A. Cabrera-Reyes. 2008. Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* 24:91-115.
- García-Vázquez, U. O. y O. Flores-Villela. 2010. Capítulo 2. Biodiversidad. Anfibios y Reptiles. Páginas 96-97, en: S. Cram, L. Galicia e I. Isarade-Alcántara, (comps.). *Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo: análisis de su geografía y entorno socioambiental.* Universidad Nacional Autónoma de México y Universida Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Gibbons, J. W., J. W. Coker and T. M. Murphy. 1977. Selected aspects of the life history of the rainbow snake (*Farancia erytrogamma*). *Herpetologica* 33: 276–281.
- Gienger, C. M., D. D. Beck, N.C. Sabari and D. L. Stumbaugh. 2002. Dry season habitat use by lizards in a tropical deciduous forest of Western Mexico. *J. Herpetol.* 36: 487-490.
- Gotelli, J. N. and G. R. Graves.1996. *Null Models in Ecology.* Smithsonian Institution Press. Washington and London.



Gotelli, N.J. and G.L. Entsminger. 2004. EcoSim: Null models software for ecology. Version 7. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. Jericho, VT 05465. <http://garyentsminger.com/ecosim/index.htm>.

Gregory, S. V., F. J. Swanson, W. A. Mckee and K. W. Cummins. 1991. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience* 41:540-551.

Hernández-Mora, A. 1994. Los mamíferos silvestres no voladores del lado Este del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Tesis profesional. Escuela de Biología, UMSNH. 86 pp

Hodges, M.F. and D. G. Krementz. 1996. Neotropical migratory breeding bird communities in riparian forests of different widths along the Altamaha River, Georgia. *Wilson Bulletin* 108:496–506.

Israde, A. I. 1997. Neogene diatoms of Cuitzeo Lake, Central sector of the Trans-Mexican Volcanic Belt and their relationship with the volcano-tectonic evolution. *Quaternary International*. 43/44, 137-143, en: Chacón, T. A., C. Rosas y J. Alvarado. 2007. El lago de Cuitzeo, en: *Las aguas interiores de México. Conceptos y Casos*. Eds. De la Lanza, G. E. y Hernández, S. P. AGT Editor, S. A.

IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. www.iucnredlist.org. Downloaded on March 2014.

Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8 (31):151-161.



Junk, W.J., P. B. Bayley and R. E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. P. 110-127. In D. P. Dodge (ed.) Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Publ. Fish.Aquat. Sci. 106.

Kluber, M. R., D. H. Olson and K. J. Puettmann. 2008. Amphibian distributions in riparian and upslope areas and their habitat associations on managed forest landscapes in the Oregon Coast Range. For. Ecol. Manage. 256:529-535.

Kovalchik, B. L. and L. A. Chitwood. 1990. Use of geomorphology in the classification of riparian plant associations in mountainous landscapes of central Oregon, USA. For. Ecol. Manage. 33-34:405-18

Lee, P., C. Smyth and S. Boutin. 2004. Quantitative review of riparian buffer width guidelines from Canada and the United states. J. Environ. Manage. 70: 165-180.

López, E., M. Mendoza y A. Acosta. 2002. Cambio de cobertura vegetal y uso de la tierra. El caso de la cuenca endorreica del lago de Cuitzeo, Michoacán. Gaceta Ecológica, núm. 63, pp. 19-34.

Madison, D. M. 1997. The emigration of radio-implanted spotted salamanders, *Ambystoma maculatum*. J. Herpetol. 31: 542-552.

Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Oxford: Blackwell Science.



- Maisonneuve, C. and S. Rioux. 2001. Importance of riparian habitats for small mammal and herpetofaunal communities in agricultural. *Agric., Ecosyst. Environ.* 83: 165–175.
- Malanson, G. P. 1993. *Riparian Landscapes*. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press.
- McComb, W. C., C. L. Chambers and M. Newton. 1993. Small mammal and amphibian communities and habitat associations in red alder stands, Central Oregon Coast Range. *Northwest Science* 67:181–188.
- Mendoza, M. E., E. López y G. Bocco. 2001. Regionalización Ecológica, Conservación de Recursos Naturales y Ordenamiento Territorial en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán. SIMORELOS-CONACyT (Proyecto 98306024).
- Mendoza, M. E., G. Bocco, E. López y M. Bravo. 2007. Tendencias recientes de las superficies ocupadas por el lago de Cuitzeo. Un enfoque basado en percepción remota, sistemas de información geográfica y análisis estadístico. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM.* 64: 43-62
- Morales, M. L. M. 2010. Capítulo 1. Características Físicas. Área de Estudio. Páginas 20-23, en: S. Cram, L. Galicia e I. Isarade-Alcántara, (comps.). *Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo: análisis de su geografía y entorno socioambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.



- Morales, C. I. L. 2012. Listado herpetofaunístico de la ribera del Lago de Cuitzeo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. 87 pp.
- Naiman, R. J., H. Décamps and M. Pollock. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications* 3:209–212.
- Naiman, R.J. and H. Décamps. 1997. The ecology of interfaces. Riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28:621-658
- Naiman, R. J., H. Décamps, J. Pastor and C.A. Johnston. 1988. The potential importance of boundaries to fluvial ecosystems. *J. North Am. Benth. Soc.* 7:289–306
- Naiman, R. J., K. L. Fetherston, S. J. McKay and J. Chen. 1998. Riparian forests. Pages 289-323, in R.J. Naiman and R.E. Bilby, editors. *River ecology and management*. Springer-Verlag, New York.
- Naiman, R. J., and R. E. Bilby (eds.). 1998. *River Ecology and Management: Lessons From the Pacific Coastal Ecoregion*. New York: Springer-Verlag.
- Núñez, G. A. 2010. Capítulo 2. Biodiversidad. Mamíferos Silvestres. Páginas 108-109, en: S. Cram, L. Galicia e I. Isarade-Alcántara, (comps.). *Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo: análisis de su geografía y entorno socioambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México y Universida Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.



Pérez-Arteaga, A., K. J. Gaston and M. Kershaw. 2002. Undesignated Sites in Mexico Qualifying as Wetlands of International Importance. *Biological Conservation* 107. pp. 47-57.

Pérez-Arteaga, A., S. F. Jackson, E. Carrera and K. J. Gaston. 2005. Priority Sites for Wildfowl Conservation in Mexico. *Animal Conservation*.8, pp. 41-50.

Petranka, J. W. and C. K. Smith. 2005. A functional analysis of streamside habitat use by southern Appalachian salamanders: implications for riparian forest management. *For. Ecol. Manage.* 210: 443-454

Pielou, E. C. 1984. The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination. John Wiley & Sons, Inc., New York. 263 p.

Pineda, E. and G. Halffter. 2004. Species diversity and habitat fragmentation: frogs in a tropical montane landscape in México. *Biological Conservation* 117: 499-408.

Richter, S., J. E. Young, R. A. Seigel and G. N. Johnson. 2001. Post Breeding movement of the dark gopher frog, *Rana sevosia* Goin and Netting: implications for conservation and management. *J. Herpetol.* 35:316-321.

Rojas, J. M. y A. Novelo. 1995. Flora y Vegetación Acuática del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana.* 31:1-17



Rudolph, D. C. and J. G. Dickson. 1990. Streamside zone width and amphibian and reptile abundance. *Southwestern Naturalist* 35: 472–476.

Rzedowski, J. 2010. Capítulo 2. Biodiversidad. Flora de la Cuenca. Páginas 76-79, en: S. Cram, L. Galicia e I. Isarade-Alcántara, (comps.). Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo: análisis de su geografía y entorno socioambiental. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Salo, J., R. Kalliola, I. Häkkinen, Y. Mäkinen, P. Niemelä, M. Puhakka and P.D. Coley. 1986. River dynamics and the diversity of Amazon lowland forest. *Nature* 322:254–258.

Scatena, P. N. 1990. Selection of riparian buffer zones in humid tropical steepplands. In *Research Needs and Applications to Reduce Erosion and Sedimentation in Tropical Steeplands*, IAHS Publ. No. 192, pp. 328–337. Wallingford, CT: Int. Assoc. Hydrologic. Sci.

SEMARNAT. 2008. <http://www.semarnat.gob.mx/estados/michoacan/temas/Paginas/CUENCADELLAGODECUITZEO.aspx>

Semlitsch, R. D. and J. R. Bodie. 2003. Biological criteria for buffer zones around wetlands and riparian habitats for amphibians and reptiles. *Conserv. Biol.* 17: 1219-1228.

Soberón, J. and J. Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for prediction of species richness. *Conservation Biology* 7: 480-488.



Spackman, S.C. and J. W. Hughes. 1995. Assessment of minimum stream corridor width for biological conservation: species richness and distribution along mid-order streams in Vermont, USA. *Biological Conservation* 71:325–332.

Suazo-Ortuño, I., J. Alvarado-Díaz and M. Martínez-Ramos. 2008. Effects of conversion of dry tropical forest to agricultural mosaic on herpetofaunal assemblages. *Conserv. Biol.* 22: 362–374.

Suazo-Ortuño, I., J. Alvarado-Díaz and M. Martínez-Ramos. 2011. Riparian Areas and Conservation of Herpetofauna in a Tropical Dry Forest in Western Mexico. *Biotropica*. 43, 237-245.

Tenorio-Guzmán, J. P. 2010. Distribución espacial y temporal de las aves acuáticas en el Lago de Cuitzeo, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 122 pp.

Urbina-Cardona, J. N. y V. H. R. Reynoso. 2005. Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior en Los Tuxtlas, Veracruz, México. Pp. 191-207, en: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Meliá (eds.), *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio, Vol. 4 SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS y CONACyT, Zaragoza, España.



Vidal, Z. R. 2010. Capítulo 1. Características Físicas. Clima. Páginas 24-27, en: S. Cram, L. Galicia e I. Israde-Alcántara, (comps.). Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo: análisis de su geografía y entorno socioambiental. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Ward, J. V. 1998. Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes and aquatic conservation. *Biol. Conserv.* 83: 269- 278.

Washington, H.G. 1984. Diversity and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Res.* 18 (6): 653-694.

