



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Caracterización de los arroyos ocupados por el Ajolote
Arroyero de Toluca (*Ambystoma rivulare*) que habita la
vertiente noroccidental del Volcán Nevado de Toluca,
México.

T E S I S

Que para obtener el título de:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA:
Ilse Torres Vázquez

Director de Tesis:
Dr. Julio A. Lemos Espinal



Los Reyes Iztacala, Edo. de México, 2015



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.

Jornadas con breves recesos
almuerzos entre letras y teclas
silencios prolongados
comunicaciones interrumpidas
dulces sueños
noches de inspiración
y días de disciplina.

A veces uno es
manantial entre rocas
y otras veces un árbol
con las últimas hojas.

Pero hoy me siento apenas
como una laguna verde
inmóvil y paciente
conforme con sus algas
sus musgos y sus peces,
con el anhelo de concluir,
y el ánimo para perseverar.

Ilse T. Vázquez

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a mis padres quienes me han apoyado para poder llegar a esta instancia. Ya que siempre han estado presentes para apoyarme moral, económica y psicológicamente, con su amor y enseñanza para vivir con anhelo y felicidad.

A mis hermanos pues ellos fueron el cimiento para la construcción de todo esto, desde la responsabilidad, hasta los deseos de superación, en ellos tengo el espejo en el que me quiero reflejar pues tengo sus virtudes infinitas y su gran corazón.

A Pato que ha sido el impulso durante toda mi carrera y el pilar principal para la culminación de la misma, que con su apoyo constante y aprecio incondicional ha sido mi amigo, compañero inseparable, fuente de sabiduría, calma y consejo en todo momento, por estar al lado mío en cada paso que doy cuidándome y dándome fortaleza para seguir en pie y lograr realizar mi sueño como profesional, un sueño que creí distante y ahora en día lo estoy logrando.

A Cristina, Arlette, Janelly, Lorena, José Luis, Mónica y Soe por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de mucha diversión, aprendizaje, experiencia, felicidad, así como permitirme el haber llegado tan lejos con ustedes y compartir este momento tan importante.

A Edgar, Carmen y Gustavo por su compañía, apoyo y ayuda que en aquel tiempo me brindaron incondicionalmente, así como todos esos momentos juntos, que sin duda no tienen descripción, por estar conmigo, aun cuando están lejos, solo estamos por medio del pensamiento a un minuto de distancia, gracias por aguantarme, por escucharme y leerme en su momento.

A Toño, Montse, Adolfo, Abraham y Marcela que me han abrigado con su motivación, cariño y risas, así como las demás personas que en mi camino he tenido el placer o tormento de haber conocido y que hoy indudablemente forman parte de lo que soy.

A mi director de tesis, el Dr. Julio. A. Lemos, quien me apoyo a lo largo de este proyecto brindándome su tiempo, consejos y sabiduría

A los sinodales: Dr. Raymundo Montoya, M. en C. Felipe Correa, Biól. Raúl Rivera y Biól. Beatriz Rubio, quienes estudiaron mi tesis y la aprobaron.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM que a través del proyecto IN200114: Historia natural y demografía de tres especies de ajolotes de montaña (género *Ambystoma*) del centro del país pude realizar esta investigación, así como a la DGAPA-UNAM por la beca recibida para desarrollar el presente trabajo.

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	3
ANTECEDENTES.....	7
OBJETIVO GENERAL.....	9
Objetivos particulares.....	9
MATERIAL Y METODO.....	10
Descripción del área de estudio.....	10
Descripción del organismo de estudio.....	11
Características Abióticas.....	14
Características Bióticas.....	14
RESULTADOS.....	16
Utilización del Recurso Espacio.....	21
DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIONES.....	29
LITERATURA CITADA.....	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valores mensuales de los promedios \pm un error estándar (n = 10) de las características físicas del Arroyo Buenavista, México.	17
Cuadro 2. Promedios \pm un error estándar (n = 111) de los espacios ocupados por <i>Ambystoma rivulare</i> en el Arroyo Buenavista, México.....	18
Cuadro 3. Promedios \pm un error estándar (n = 57) de las características físicas del Arroyo Buenavista, México, en sitios no ocupados por <i>Ambystoma rivulare</i>	18
Cuadro 4. Gacetero para <i>Ambystoma rivulare</i>	19
Cuadro 5. Utilización del recurso espacio por crías de la población de <i>A. rivulare</i> de Buenavista, estado de México (bbasura = bajo basura; broca = bajo roca; sroca = sobre roca)	22
Cuadro 6. Utilización del recurso espacio por hembras de la población de <i>A. rivulare</i> de Buenavista, estado de México (bbasura = bajo basura; broca = bajo roca; sroca = sobre roca).....	22
Cuadro 7. Utilización del recurso espacio por machos de la población de <i>A. rivulare</i> de Buenavista, estado de México (bbasura = bajo basura; broca = bajo roca; sroca = sobre roca).....	23
Cuadro 8. Utilización del recurso espacio de la población (datos agrupados: crías, hembras y machos) de <i>A. rivulare</i> de Buenavista, estado de México (bbasura = bajo basura; broca = bajo roca; sroca = sobre roca).....	23

Cuadro 9. Valores de amplitud en la utilización del recurso espacio por las diferentes clases de la población: crías, hembras y machos.....	23
---	----

Cuadro 10. Matriz de sobreposición en el uso del recurso espacio entre las Diferentes clases de la población: crías, hembras y machos.....	24
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la localidad estudiada.	11
---	----

Figura 2. Diferencias entre <i>Ambystoma rivulare</i> (1) y <i>Ambystoma altamirani</i> (2) según Taylor en 1940.	13
--	----

Figura 3. Distribución de <i>Ambystoma rivulare</i> . Cada punto representa una de las localidades mencionadas en el Cuadro 1. El punto amarillo es La localidad de estudio (Buenavista); el punto verde es la localidad tipo (13 km al oeste de Villa Victoria); el punto azul es la localidad de Río Lerma (posiblemente en error); los puntos rojos son localidades de registro.	20
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estatus de las 18 especies de <i>Ambystoma</i> presentes en México.....	4
--	---

RESUMEN

Dentro de la ecología uno de los objetivos principales es entender qué determina la distribución de las especies y las limitantes que tienen como la tolerancia fisiológica o interacciones interespecíficas (competencia, depredación) en un hábitat en específico o el uso de microhábitats. Para los anfibios que se reproducen en cuerpos de agua la distribución parece estar condicionada por las características químicas o físicas del lugar en donde se encuentren.

Por tanto se caracterizaron los arroyos ocupados por *Ambystoma rivulare* en la vertiente noroccidental del Volcán Nevado de Toluca, Estado de México, para investigar si la distribución de esta especie depende de condiciones particulares que en la actualidad están siendo fuertemente alteradas o las características de los arroyos ocupados pueden ser encontradas en una cantidad grande de arroyos.

Se revisó cada arroyo de la vertiente noroeste del Vólcan con una periodicidad mensual (marzo a octubre). Cada arroyo se midió a intervalos de 100 m de long., así como la profundidad, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura. Se registró la presencia y distribución de fauna acompañante (utilizando redes de arrastre y técnicas de barrido descritas por Shaffer *et al.*, 1994), la distribución de los depredadores y la presencia o ausencia de masas de huevos y larvas.

Todos los ajolotes observados fueron capturados con redes de mango protáctil de 75 cm a 2 m, de 50 cm de diámetro y mallas de 40 cm de profundidad con 1 mm de abertura de malla. También se utilizaron redes fijas de 75, 50 y 25 cm de mango, de 50, 30 y 20 cm de abertura y mallas de 40 y 15 cm de profundidad. Todos los individuos fueron secados con papel absorbente, pesados y medidos (Longitud Hocico-Cloaca (LHC) y Longitud Total (LT)).

Se calculó la amplitud en la dimensión espacio del nicho obteniendo un valor de 0.69 (lo que indica que no tiene gran preferencia por un solo tipo de espacio, pero si ocupa en mayor medida dos o más microhábitats) y la sobreposición en la utilización del espacio entre sexos y clases de edad (crías y adultos (hembras y

machos) ocupan sitios diferentes en las mismas porciones del arroyo). Por otra parte se obtuvo un mapa de distribución puntual a través de registros curatoriales proporcionados por la CONABIO.

En total se registró la presencia de 111 organismos observados (78 sexados) en tres sitios del arroyo que corre a través del poblado de Buenavista los cuales son sitios que representan partes contaminadas con desechos como llantas de automóvil, latas de comida, costales, bolsas y botellas de plástico, alambres oxidados, etc. En sitios menos contaminados, la presencia de los ajolotes fue menos constante, posiblemente esto se debe a que tienen mayor cantidad de refugios. Obteniendo que estos organismos prefieren porciones de arroyos relativamente angostas (1.93 ± 0.08 m) y poco profundos (71.6 ± 1.85 cm), con alto contenido de oxígeno disuelto (5.09 ± 0.16 mg/l); y de temperatura relativamente fría ($16.12 \pm 0.13^{\circ}\text{C}$).

Desafortunadamente, los arroyos han sufrido el impacto de la introducción de trucha arcoíris, la cual es un depredador potencial de las larvas de ajolotes, también altera la corriente natural de los arroyos, desviándolos y, quitándole fuerza a las corrientes, lo que disminuye la cantidad de agua y oxígeno disuelto.

Aunque existe cierta tolerancia por parte de *A. rivulare* a condiciones de alteración como la presencia de desechos humanos en la forma de basura, y cantidad de sales de 0.1 partes por mil, en el arroyo que habita la población estudiada.

INTRODUCCIÓN

Uno de los temas fundamentales en nuestros días es la conservación de la biodiversidad, en la actualidad se define a la biodiversidad como toda la variación de la base hereditaria en todos los niveles de organización, desde los genes en una población local o especie, hasta las especies que componen toda o una parte de una comunidad local, y finalmente en las mismas comunidades que componen la parte viviente de los múltiples ecosistemas del mundo (Wilson, 1997).

Dentro de la biodiversidad, México es el único país tropical con una reconocida mega diversidad, entre 10 y 12% de las especies del planeta se encuentran en este territorio sumando más de 200 mil especies (Toledo, 1994), ocupando el segundo lugar en riqueza de anfibios y reptiles (herpetofauna). Alberga alrededor de 1165 especies de las cuales 606 son endémicas (Flores-Villela y Canseco-Mártinez, 2004). La alta diversidad de especies ha motivado a realizar diversos trabajos sobre sistemática, biogeografía, ecología y así continuar con el conocimiento de la herpetofauna a nivel regional y/o estatal en México (Nieto-Montes de Oca, 1997).

Dentro de la ecología uno de los objetivos principales es entender qué determina la distribución de las especies, una pregunta que frecuentemente nos hacemos sobre la distribución de una especie en particular es ¿Qué la limita? Más específicamente ¿Está limitada por tolerancia fisiológica o por interacciones interespecíficas (por ejemplo: competencia, depredación) o por la interacción de estos dos factores?. Estas preguntas pueden hacerse para una variedad amplia de escalas, que abarcan desde el intervalo completo de la distribución de una especie en un hábitat en específico o el uso de microhábitats.

Para los anfibios que se reproducen en cuerpos de agua la pregunta relevante es ¿Por qué se reproducen en algunos arroyos pero no en otros?. En algunos casos, la distribución de los anfibios parece estar condicionada por las características químicas o físicas del lugar en donde se encuentren (Eason y Fauth, 2001; Welch y MacMahon, 2005). En otro caso, parece que la distribución en estos hábitats puede ser explicada por la comunidad de especies presentes en ese cuerpo de agua

(Blaustein y Margalit, 1995; Eason y Fauth, 2001). Adicionalmente, la interacción del ambiente fisicoquímico con el ambiente biótico puede determinar potencialmente el éxito de larvas de anfibios y por lo tanto afectar su distribución (Sadinski y Dunson, 1992; Warner *et al.*, 1993; Skelly, 1996; Smith *et al.*, 2006).

Por tanto es necesario explorar este tipo de preguntas para conocer si la distribución del Ajolote Arroyero de Toluca (*Ambystoma rivulare*) depende de condiciones particulares que en la actualidad están siendo fuertemente alteradas o las características de los arroyos ocupados pueden ser encontradas en una cantidad grande de arroyos.

Ambystoma rivulare pertenece a la familia Ambystomatidae, la cual se distribuye al norte de América (Sur de Cánada, Norte de Estados Unidos y en el Eje Transvolcánico del centro de México).

Estatus (UICN)	Especies
Críticamente en Peligro de Extinción	<i>A. amblycephalum</i> , <i>A. andersoni</i> , <i>A. bombypellum</i> , <i>A. dumerillii</i> , <i>A. granulatus</i> , <i>A. leorae</i> , <i>A. lermaense</i> , <i>A. mexicanum</i> , y <i>A. taylori</i> .
Peligro de Extinción	<i>A. altamiranoi</i> y <i>A. ordinarium</i>
Bajo Riesgo – Preocupación Menor	<i>A. rosaceum</i> y <i>A. velasci</i>
Datos insuficientes	<i>A. flavipiperatum</i> , <i>A. rivulare</i> y <i>A. silvensis</i>
Sin estudios	<i>A. mavortium</i> y <i>A. subsalsum</i>

Tabla1. Estatus de las 18 especies de *Ambystoma* presentes en México.

Aunado a esto y al interés científico, la relevancia radica en el estatus de conservación del ajolote, puesto que en México se encuentran 18 especies de las 33 que representan al género *Ambystoma*. En la tabla 1 se muestran las especies marcadas en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (<http://amphibiaweb.org> – consultada el 28 de febrero del 2014).

Anteriormente *A. altamiranoi*, *A. leorae* y *A. rivulare* pertenecían al género *Rhyacosiredon* por las similitudes en las adaptaciones en la alimentación acuática (morfología de la corona de los dientes y lengua, aparato hiobranquial y retención del estado larval en algunas partes del palatino), posteriormente en 1994 Reilly y Brandon indicaron que podía ser considerado como una sinonimia de *Ambystoma* debido al origen polifilético y al patrón único de paedomorfosis o juvenificación.

Por otra parte las poblaciones de *A. altamiranoi* y *A. rivulare* se encuentran cerca de zonas urbanas por lo tanto se han encontrado expuestas a la contaminación de los cuerpos de agua, sumándole que habitantes Otomies (ejidos los Tachos y Las Plamas) y Masahuas (ejido Buenavista) en el Estado de México los utilizan como recurso alimenticio (Lemos-Espinal, com. pers.).

Estas especies por lo regular habitan en ambientes de montañas altas, donde los arroyos comúnmente son de aguas frías, claras, limpias y con alto contenido de oxígeno, sin embargo constantemente sufren de la transformación de los arroyos debido a la introducción del cultivo de Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), la cual es considerada por la UICN como una de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo, la cual ha causado la contaminación de arroyos y la depredación de larvas y adultos de las especies nativas de ajolotes.

Por otra parte, el estatus de conservación que posee *Ambystoma rivulare* de acuerdo con el gobierno mexicano está siendo analizado durante este año (Lemos-Espinal com. pers.) y es probable que éste cambie de “amenazada” a “en peligro de extinción”, debido a esto esta especie merece una atención especial ya que aunque su estatus de conservación no cambie en la revisión que actualmente se está realizando de la NOM-059-ECOL, es evidente que sus poblaciones corren un gran riesgo de desaparecer por la acelerada modificación del hábitat que esta especie ocupa. Esta modificación incluye: la desecación de arroyos por consumo de agua para las necesidades de humanos; introducción de especies exóticas, específicamente de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*); la contaminación de arroyos con compuestos nitrogenados utilizados en campos de cultivo a través del uso de fertilizantes; la canalización y entubación de arroyos resultado del crecimiento urbano y el cambio climático (Lemos-Espinal, com. pers.).

Existe un conocimiento a grandes rasgos de las condiciones en que viven estas salamandras, se sabe que habitan arroyos de aguas frías y corrientes rápidas, en ocasiones de carácter estacional pero comúnmente permanentes. Sin embargo, no se sabe con precisión cuáles son las condiciones bióticas y abióticas que el Ajolote Arroyero de Toluca necesita para desarrollarse adecuadamente en su ambiente natural. Se necesita saber qué cantidades de oxígeno, pH, profundidad de arroyo, conductividad (contenido de sales), velocidad de corriente, cantidad de compuestos nitrogenados, fauna acompañante, tipo de hábitat, microhábitats ocupados, etc., prefiere esta especie de ajolote. Este conocimiento es básico para poder proponer planes de conservación y manejo de este.

Es probable que en un futuro muy cercano se tenga la necesidad de establecer granjas de cultivo para este organismo y la información sobre las características bióticas y abióticas de los arroyos que esta especie ocupa puedan ser útiles para desarrollar un método de cultivo para de esta forma poder recuperar las poblaciones silvestres de este ajolote.

Sobre la base de los argumentos anteriores, a través de este estudio se podrán contestar preguntas básicas de tipo ecológico y se caracterizará el ambiente donde vive esta especie endémica de México, contribuyendo así a enriquecer el conocimiento que se tiene de ella, el cual en la actualidad es muy pobre pues se limita a la descripción original de Taylor en 1940 y a registros distribucionales sobre la especie en el Estado de México, Michoacán y Guerrero.

ANTECEDENTES

Ambystoma rivulare fue descrito por Taylor en 1940, como localidad tipo a 13 km al oeste de Villa Victoria, Municipio Villa Victoria, México (19° 28' 45"N; -100° 15' 23" O). Los organismos que recolectó fueron capturados en un pequeño arroyo de aproximadamente 1 m de ancho y 25 cm de profundidad, en aguas muy claras. Desde su descripción original los estudios sobre esta especie se han limitado a notas distribucionales o de historia natural. Brandon y Altig en 1973 reportaron los huevos y larvas de la especie.

Por otra parte Hernández-García en 1989 reportó la presencia de *Ambystoma rivulare* en la Sierra de Taxco, Guerrero, una localidad muy al sur de la distribución conocida y separada de cualquier otra población de esta especie, en arroyos de aguas tranquilas en pozas con profundidades entre 30 y 70 cm.

En 1994, Reilly y Brandon argumentaron que las características que presentan las especies de *Rhyacosideron* y *Ambystoma* son similares, por lo que sugirieron que estas especies deberían en realidad pertenecer al género *Ambystoma*.

Lemos-Espinal et al., en 1999a reportaron canibalismo en la población de *Ambystoma rivulare* del arroyo que cruza el poblado Buenavista, México. Esta observación se hizo sobre organismos que mantenían provisionalmente en contenedores de plástico al lado del arroyo.

Lemos Espinal en 1999b reportaron el estatus de conservación para las poblaciones de *Ambystoma rivulare* y discutieron problemas como el crecimiento urbano, contaminación por fertilizantes y pesticidas, disminución de hábitats disponibles, etc., que en ese entonces enfrentaban estas poblaciones, así como el registro de esta especie en pequeños arroyos que corren a lo largo de llanos de *Festuca sp.*, *Stipa sp.* y *Muhlenbergia sp.*

Huacúz-Elías en 2001 reportó el estado de conservación del género *Ambystoma* en Michoacán, observando a esta especie en un pequeño arroyo con condiciones similares a las reportadas por Taylor en 1949, también proporcionó una ficha diagnóstica para *Ambystoma rivulare*.

Lemos Espinal en 2003 presentó fichas diagnósticas de *Ambystoma altamiranoi*, *A. leorae*, y *A. rivulare*, en un trabajo enfocado al estado de conservación que presentaban estas especies y la posibilidad de reclasificación en la NOM-059-ECOL.

Bille en 2009, estudió y reportó la historia natural de *Ambystoma rivulare* y salamandras de la familia Plethodontidae en el Nevado de Toluca, México.

Parra-Olea et al., en 2011 discutieron la pérdida de diversidad genética en poblaciones de *Ambystoma*, incluyendo *A. rivulare*, mientras que Legorreta-Balbuena et al., en 2014 escribieron sobre la reproducción de *Ambystoma rivulare*.

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar los arroyos ocupados por *Ambystoma rivulare* en la vertiente noroccidental del Volcán Nevado de Toluca, Estado de México.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Describir la distribución y abundancia del Ajolote Arroyero de Toluca (*A. rivulare*) en el complejo de arroyos de la vertiente noroccidental del Volcán Nevado de Toluca, México.
2. Determinar la importancia relativa de los factores bióticos y abióticos en la distribución del Ajolote Arroyero de Toluca (*A. rivulare*) en el complejo de arroyos de la vertiente noroccidental del Volcán Nevado de Toluca, México.
3. Determinar las características bióticas y abióticas adecuadas en el complejo de arroyos de la vertiente noroccidental del Volcán Nevado de Toluca, México, para que estos puedan ser habitados por el Ajolote Arroyero de Toluca (*A. rivulare*).
4. Obtener la amplitud de la utilización del recurso espacio para el Ajolote Arroyero de Toluca (*A. rivulare*) en el complejo de arroyos de la vertiente noroccidental del Volcán Nevado de Toluca, México.
5. Obtener la sobreposición de la utilización del recurso espacio para diferentes categorías (sexo y clases de edad) del Ajolote Arroyero de Toluca (*A. rivulare*) en el complejo de arroyos de la vertiente noroccidental del Volcán Nevado de Toluca, México.

MATERIAL Y MÉTODO

Descripción del área de estudio:

El área de estudio se localiza en la parte central y ligeramente hacia el sur del estado de México, en lo que comprende la vertiente noroeste del Nevado de Toluca (Figura 1). Esta zona recibe agua de una serie de arroyos que escurren de las laderas del volcán y que llevan agua durante todo el año. Estos arroyos desembocan en los Ríos: La Comunidad, La Fábrica y Agua Blanca. Todos ellos tienen una anchura promedio de aproximadamente 2 m (más anchas en la estación de lluvias y más angostas en la estación seca) y una profundidad de 70 cm.

El terreno de este sitio tiene una pendiente promedio de 25° lo que produce un flujo constante de agua. Hay varias áreas pantanosas someras a lo largo de las partes planas del arroyo. En algunas partes el fondo del arroyo es extremadamente blando, con lodo de entre 15 y 25 cm pero puede ser hasta más de 50 cm de profundidad.

Estos arroyos están rodeados de especies de zacate amacollado de los géneros *Festuca*, *Stipa* y *Mühlenbergia*. Los pastizales en donde corren estos arroyos tienen aproximadamente 3 km de largo por 1 km de ancho, presentando un intervalo altitudinal que va de 2,450 a 3,000 m sobre el nivel del mar, tienen una anchura promedio de 100 m a los lados del arroyo, más allá de estos 100 m de anchura se encuentra bosques de *Abies religiosa*, *Pinus hartwegii* y *P. montezumae*, así como pastos de crecimiento secundario y otras plantas a lo largo del arroyo.

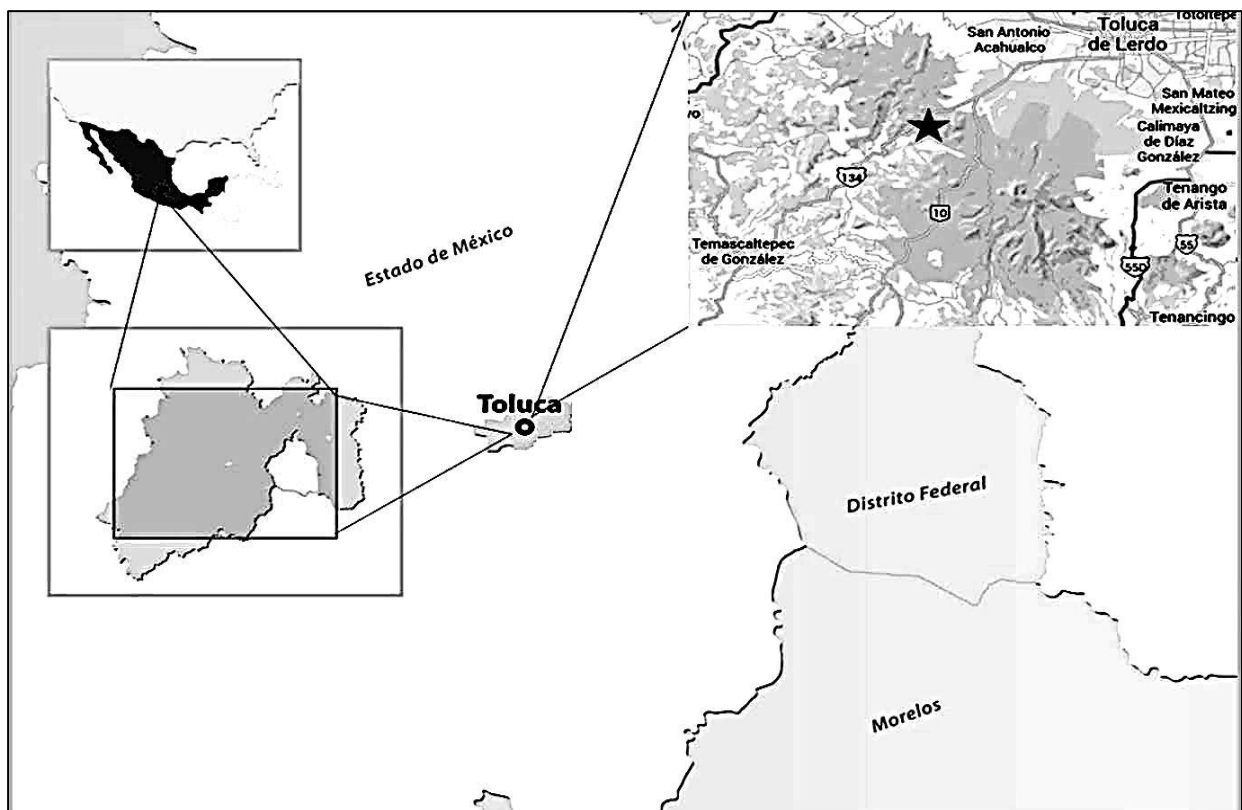


Figura 1. Ubicación de la localidad estudiada (Tomado de Google earth, 2015).

Descripción del organismo de estudio.

El Ajolote Arroyero de Toluca (*A. rivulare*) es un anfibio del orden Urodela, que pertenece a la familia Ambystomatidae, misma que agrupa algunas salamandras; esta especie posee características únicas que solo los anfibios pueden llegar a presentar, ya que pueden regenerar todas las partes de su cuerpo, incluido el sistema nervioso, además de no presentar un proceso de metamorfosis como la mayoría de los anfibios alcanzando la madurez sexual sin perder las características morfológicas de su estado larvario. Este proceso recibe el nombre de neotenia, por lo que permanecen en un medio acuático toda su vida, aun cuando en algunos individuos se puede presentar metamorfosis por influencia hormonal y del ambiente. (Zippel, 2007).

Esta especie se caracteriza por tener un cuerpo corto y grueso, con cola corta y atenuada, extremidades relativamente cortas y cabeza ancha y robusta en comparación con *A. altamirani* (Figura 2). La coloración dorsal es más o menos negra; la coloración de los lados es menos intensa mostrando marcas más oscuras en la parte baja de los lados y en la cola. La coloración ventral es gris negruzca con pequeños puntos oscuros o reticulaciones (Taylor, 1940).

Hernández-García en 1989 hicieron la siguiente descripción de *A. rivulare* basada en especímenes recolectados en los alrededores del km 10 de la carretera Taxco-Tetipac, Guerrero: “Ésta es una especie de tamaño mediano, su longitud hocico cloaca varía de 31.0 a 73.3 mm; la cabeza es moderadamente profunda y es más ancha que larga, el hocico está redondeado aunque en algunos ejemplares se encuentra truncado, presenta un lóbulo supralabial, posee numerosas fosetas en la región supraorbital y en la barbilla; el piso de la boca está engrosado con un pliegue en el extremo externo, las coanas son más largas que anchas”.

Esta especie ocupa pequeños arroyos en Bosques de Oyamel (*Abies religiosa*), Bosques de Pino (*Pinus* spp.), Bosques de Pino-Encino (*Pinus* spp. - *Quercus* spp.), Pastizales (*Festuca* sp., *Stipa* sp. y *Mühlenbergia* sp.) y Bosques Mesófilos de Montaña. En general los arroyos que ocupa son de agua clara y libres de contaminación (Taylor, 1940; Hernández-García, 1989; Lemos-Espinal *et al.*, 1999a; Lemos-Espinal, 2003; Huacúz-Elías, 2001).

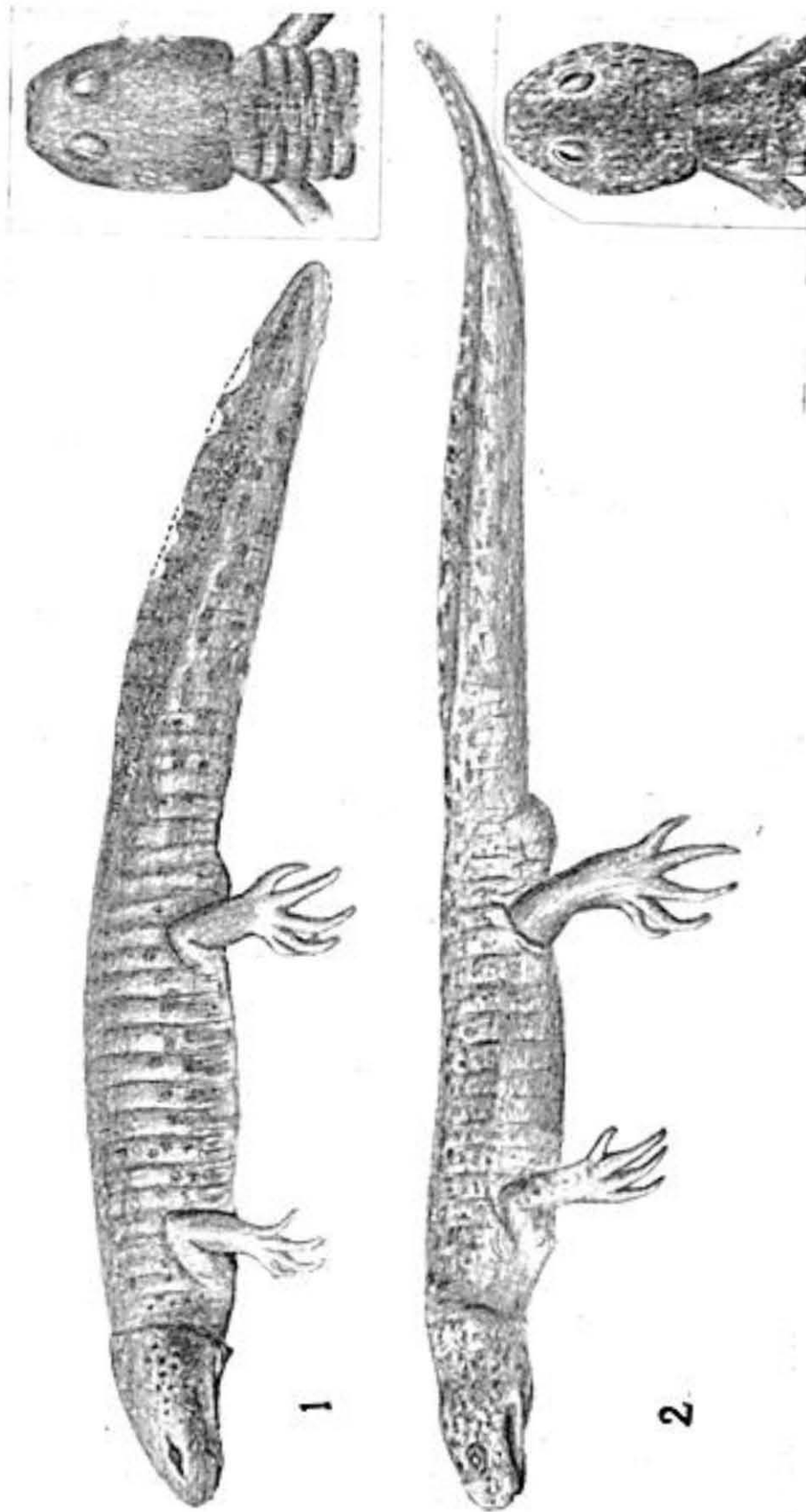


Figura 2. Diferencias entre *Ambystoma rivulare* (1) y *Ambystoma altamirani* (2)
(Tomado de Taylor, 1940).

Características Abióticas.

El área de estudio fue visitada con una periodicidad mensual. En estas visitas, cada arroyo de la vertiente noroeste del Volcán Nevado de Toluca fue meticulosamente revisado para cada uno de ellos y a intervalos de 100 m de longitud del arroyo se midió: su profundidad, conductividad (partículas de sales disueltas), oxígeno disuelto y temperatura, todo esto utilizando un medidor de conductividad portátil modelo YSI85DO.

Adicionalmente se midió la anchura del arroyo con un flexómetro cada diez metros y directamente en los lugares donde se observaron las agregaciones de ajolotes.

Características bióticas.

Se registró la presencia y distribución de fauna acompañante, así como la distribución de los depredadores potenciales (macroinvertebrados, peces, anuros, tortugas, serpientes) en los arroyos ocupados por *A. rivulare*. Además, estos arroyos fueron revisados sistemáticamente para determinar la presencia o ausencia de masas de huevos y larvas. La ubicación de masas de huevos y larvas se registró describiendo el microhábitat específico del sitio de observación (sumergidos, pegados a la vegetación, flotando libremente, presencia de larvas, clases de talla de las larvas observadas, etc.).

Posteriormente al registro de huevos y larvas, los cuerpos de agua fueron sistemáticamente muestreados utilizando redes de arrastre y técnicas de barrido descritas por Shaffer *et al.*, 1994. Básicamente, se hicieron barridos de 1 m de longitud en varios puntos de cada arroyo para detectar fauna acuática acompañante.

Todos los ajolotes observados fueron capturados utilizando redes de mango protáctil que se extienden de 75 cm a 2 m con el mango de aluminio y que tienen una boca de 50 cm de diámetro con mallas de 40 cm de profundidad y 1 mm de abertura de malla. También se utilizaron redes fijas de 75, 50 y 25 cm de mango, con bocas de 50, 30 y 20 cm de abertura y mallas de 40 y 15 cm de profundidad, todas ellas con abertura de 1 mm de malla.

Los individuos fueron capturados con cuidado tratando de no levantar sedimento para evitar que el agua se enturbiara y no se pudiera localizar a otros individuos en el mismo sitio (por lo general estas salamandras se encuentran en grupos de más de un individuo de la misma clase de talla). Todos los individuos fueron secados con papel absorbente y pesados con una balanza electrónica portátil, posteriormente se midió su longitud hocico cloaca (LHC) y longitud total (LT) con una regla de plástico transparente.

La amplitud en la dimensión espacio del nicho se estimó utilizando la fórmula estandarizada de Levin (Hurlbert, 1978):

$$D_s = (\frac{[\sum P_i^2]^{-1}}{N-1}) - 1/N - 1$$

Dónde:

P_i proporción de ocurrencia de cada microhábitat ocupado por *A. rivulare* en los arroyos revisados.

N es el número de microhábitats disponibles en los arroyos revisados.

D_s amplitud de la dimensión espacio del nicho para una categoría de talla específica.

La sobreposición en la utilización del espacio entre sexos y clases de edad se estimó a través del índice de sobreposición en la utilización de recursos de Pianka (1986):

$$O_{jk} = (\sum P_{ij}P_{ik}) / (\sqrt{(\sum P_{ij})^2 (\sum P_{ik})^2})$$

Dónde:

O_{jk} sobreposición del uso espacio entre diferentes categorías “j” y “k”

“j” y “k” son las categorías a comparar, éstas son: machos, hembras, adultos y juveniles.

P_{ij} proporción de utilización del espacio (microhábitat) “i”, por la categoría “j”.

P_{ik} proporción de utilización del espacio (microhábitat) “i” por la categoría “k”.

RESULTADOS

La mayor parte del fondo de la zona era de un color negro intenso y la claridad del arroyo por lo general era baja. Se necesitaba una sombra muy buena para poder observarlo a plenitud ya que en días con un poco de sol la superficie del arroyo parece un espejo, dificultando así ver el fondo.

Fue muy difícil poder ver a los organismos, especialmente las crías pues éstas medían en promedio 2 cm de longitud total y eran de un color negro intenso, idéntico al fondo del arroyo. La detección de los adultos fue mucho más fácil, especialmente porque individuos de más de 4 cm de longitud total al moverse provocaban corrientes que movían el lodo del fondo y se detectaban inmediatamente, a diferencia de las crías.

Se registró en total la presencia de 111 organismos observados de *A. rivulare* en tres sitios del arroyo que corre a través del poblado de Buenavista en la vertiente noroccidental del Volcán Nevado de Toluca: 19°12'23.9"N, 99°49'13.2"O, 3,148 m altitud.

Los valores promedio de las características físicas del Arroyo Buenavista (ancho del arroyo en metros, profundidad del arroyo en centímetros, oxígeno disuelto en miligramos por litro, salinidad en partes por mil y temperatura en °C) se presentan en el Cuadro 1.

Los promedios (n=111) de las características físicas de los espacios ocupados por *Ambystoma rivulare* en el Arroyo Buenavista, México, se presentan en el Cuadro 2. Estos valores son los promedio exclusivamente para aquellos sitios en donde se observaron individuos de *A. rivulare*. Para sitios en donde se observaron más de un individuo, cada organismo contribuyó con un valor para esa característica. Esto es, si en un sitio donde la anchura del arroyo fue de 2 m y se observaron 4 individuos, se consideró la anchura de estos 2 m en 4 ocasiones.

Los promedios (n=57) de las características físicas del Arroyo Buenavista, en sitios no ocupados por *Ambystoma rivulare* se presentan en el Cuadro 3. No hubo diferencias significativas entre los promedios de sitios ocupados y los de los sitios no ocupados, excepto para la temperatura. La temperatura de los sitios ocupados tuvo un valor promedio que fluctuó entre 15.99°C y 16.24°C, mientras que la temperatura de los sitios no ocupados tuvo un valor promedio que fluctuó entre 18.46°C y 19.3°C.

Cuadro 1. Valores mensuales de los promedios (n = 10) de las características físicas del Arroyo Buenavista, México

	Ancho (m)	Profundidad (cm)	OD (mg/l)	Salinidad (ppmil)	Temperatura (°C)
Febrero	2.12 ± 0.03	56.5 ± 8.56	3.25 ± 0.04	0.1	14.26 ± 0.26
Marzo	2.38 ± 0.29	59.6 ± 5.86	3.12 ± 0.07	0.1	15.5 ± 0.38
Abril	1.84 ± 0.24	80.7 ± 8.09	3.32 ± 0.04	0.1	14.84 ± 0.53
Mayo	1.51 ± 0.12	77.2 ± 5.25	6.50 ± 0.13	0.1	16.6 ± 0.13
Junio	2.34 ± 0.24	82.6 ± 7.74	6.16 ± 0.23	0.1	17.26 ± 0.22
Julio	1.54 ± 0.24	78.8 ± 14.29	5.91 ± 0.35	0.1	21.66 ± 0.44
Agosto	1.65 ± 0.29	73.0 ± 13.38	5.77 ± 0.39	0.1	22.56 ± 0.35
Septiembre	1.37 ± 0.16	66.7 ± 12.38	5.11 ± 0.33	0.1	17.74 ± 0.14
Octubre	1.80 ± 0.35	71.1 ± 12.53	4.88 ± 0.42	0.1	19.9 ± 0.58

Cuadro 2. Promedios (n = 111) de los espacios ocupados por *Ambystoma rivulare* en el Arroyo Buenavista, México.

	Ancho (m)	Profundidad (cm)	OD (mg/l)	Salinidad (ppmil)	Temperatura (°C)
Espacios ocupados	1.93 ± 0.08	71.6 ± 1.85	5.09 ± 0.16	0.1	16.12 ± 0.13

Cuadro 3. Promedios (n = 57) de las características físicas del Arroyo Buenavista, México, en sitios no ocupados por *Ambystoma rivulare*.

	Ancho (m)	Profundidad (cm)	OD (mg/l)	Salinidad (ppmil)	Temperatura (°C)
Espacios ocupados	1.77 ± 0.12	73.5 ± 4.95	4.93 ± 0.19	0.1	18.88 ± 0.42

Por otra parte se obtuvo un mapa de distribución puntual para *A. rivulare* a través de registros curatoriales proporcionados por la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO). Con estos registros y con el registro de la población de este estudio, se construyó el gacetero presentado en el Cuadro 4.

Este gacetero cuenta con 17 localidades distribuidas en tres estados: Guerrero, México y Michoacán, y comprende 9 municipios. Estas localidades siguen la distribución de bosques de coníferas distribuidos entre 2,500 y 3,300 m de altitud, aproximadamente. Excepto por la localidad de Río Lerma, la cual posiblemente se trate de un error ya que cae fuera del patrón distribucional de esta especie y se encuentra en el área de distribución de *Ambystoma lermaense*, por lo que posiblemente haya sido confundida con esta especie. De acuerdo con las localidades de registro, la distribución de *A. rivulare* está muy limitada a arroyos del centro del estado de México, extremo este de Michoacán y extremo norte de Guerrero (Figura 3).

Cuadro 4. Gacetero para *Ambystoma rivulare*

Estado	Municipio	Localidad	Latitud	Longitud
México	Lerma	Río Lerma	19°17'0"	-99°31'0"
México	Temascaltepec	Arroyo La Comunidad, cerca de la carretera	19°8'8"	-99°55'23"
México	Toluca	2.7 km al Este de carretera 55 de Toluca a Atlacomulco en el km 46	19°17'24"	-99°37'12"
México	Toluca	2.7 km al sureste de carretera 55 de Toluca	19°17'1"	-99°39'2"
México	Toluca	Nevado de Toluca	19°7'0"	-99°46'0"
México	Toluca	San Felipe Tlalmimilopán	19°14'12"	-99°39'48"
México	Villa de Allende	16 km al oeste de Villa Victoria	19°24'30"	-100°8'30"
México	Villa de Allende	12.8 km al oeste de Villa Victoria	19°25'0"	-100°7'30"
México	Villa Victoria	13 km al oeste de Villa Victoria	19°28'45"	-100°5'23"
México	Villa Victoria	10.7 km, por carretera, al noroeste de Villa Victoria	19°28'40"	-100°5'20"
México	Villa Victoria	km 15 sobre el camino a Palizada en el arroyo; 13 km al oeste de Villa Victoria	19°26'29"	-100°7'28"
México	Zinacantepec	Ladera oeste del Nevado de Toluca , 4.5 km por carretera de Raíces hacia el Nevado de Toluca	19°7'0"	-99°49'46"
México	Zinacantepec	Buenavista	19°12'23.9"	-99°49'13.2"
Guerrero	Tetipac	Los Llanos, km 10 carretera Taxco - Tetipac	18°36'0"	-99°49'46"
Michoacán	Angangueo	6 km al norte del Llano Las Papas	19°39'36"	-100°16'12"
Michoacán	No disponible	Reserva Mariposa Monarca	19°31'28"	- 100°15'10.8"

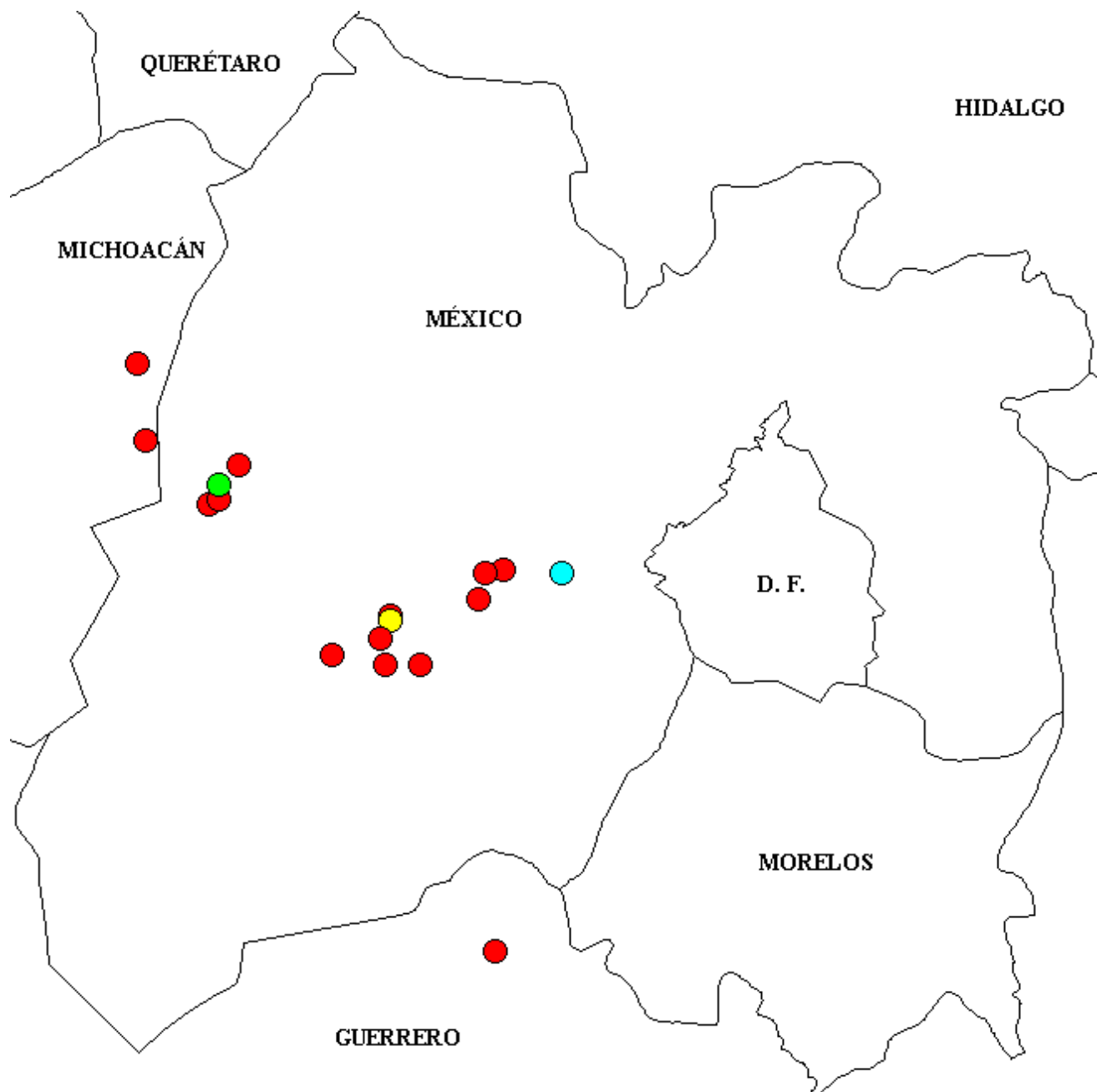


Figura 3. Distribución de *Ambystoma rivulare*. Cada punto representa las localidades mencionadas en el Cuadro 4. El punto amarillo es La localidad de estudio (Buenavista); el punto verde es la localidad tipo (13 km al oeste de Villa Victoria); el punto azul es la localidad de Río Lerma (posiblemente en error); los puntos rojos son localidades de registro.

En el complejo de arroyos de la vertiente noroccidental del Volcán Nevado de Toluca, la presencia de *Ambystoma rivulare* parece ser común (para tres sitios diferentes). Sin embargo, esta especie fue más abundante en el poblado de Buenavista y sus alrededores, los cuales son sitios que representan partes de arroyo contaminadas con desechos como llantas de automóvil, latas de comida, costales, bolsas y botellas de plástico, alambres oxidados, etc.

En este poblado se pudo observar a los ajolotes desde marzo hasta octubre, periodo en el que se registraron y sexaron 78 organismos de un total de 111 organismos observados (organismos no capturados para verificar el sexo no fueron considerados). En contraste, en sitios menos contaminados, la presencia de los ajolotes fue menos constante.

Posiblemente en sitios menos contaminados, los ajolotes tienen mayor cantidad de refugios y aunque están presentes son más difíciles de detectar. En porciones hacia abajo del poblado Buenavista, se registraron 42 y 38 ajolotes en el mismo periodo de tiempo (marzo a octubre), pero con ausencia de registros en junio y julio (meses de lluvia).

UTILIZACIÓN DEL RECURSO ESPACIO

Se obtuvieron registros de ocupación del recurso espacio para un total de 78 individuos registrados (18 crías, 26 hembras y 34 machos). El espacio más utilizado por la población en general (Cuadro 8) fue el de las covachas a los lados del arroyo, que son partes erosionadas por la corriente del arroyo. A ésta le siguió el fondo de los arroyos, bajo basura, bajo roca, entre el fondo lodoso (enterrado), pared, y sobre roca. Las crías tuvieron mayor preferencia por ocultarse bajo basura (Cuadro 5); y las hembras y los machos (Cuadros 6 y 7) por estar en los lados erosionados del arroyo (covachas).

La amplitud en la utilización del recurso espacio mostró valores medios para las tres clases de la población por separado (Cuadro 9), lo que indica que estos individuos, aunque no tienen una gran preferencia por un solo tipo de espacio, si ocupan en mayor medida dos o más microhábitats disponibles en el arroyo en donde se localizan. Los valores para toda la población dan una amplitud de utilización del recurso espacio de 0.69, que es mayor al presentado por cada clase por separado.

Cuadro 5. Utilización del recurso espacio por crías de la población de *A. rivulare* de Buenavista, estado de México (bbasura = bajo basura; broca = bajo roca; sroca = sobre roca)

	Covacha	Fondo	bbasura	broca	Enterrado	Pared	sroca	Total
Marzo								
Abril								
Mayo								
Junio	1	5	3					9
Julio			3	3		2		8
Agosto			1					1
Septiembre								
Total	1	5	7	3		2		18

Cuadro 6. Utilización del recurso espacio por hembras de la población de *A. rivulare* de Buenavista, estado de México (bbasura = bajo basura; broca = bajo roca; sroca = sobre roca)

	Covacha	Fondo	bbasura	broca	Enterrado	Pared	sroca	Total
Marzo	1		1		1			3
Abril	1	1		1				3
Mayo	1	1		1		1		4
Junio	2			1			1	4
Julio	2	1		1			1	5
Agosto	1			1	1		1	4
Septiembre	2					1		3
Total	10	3	1	5	2	2	3	26

Cuadro 7. Utilización del recurso espacio por machos de la población de *A. rivulare* de Buenavista, estado de México (bbasura = bajo basura; broca = bajo roca; sroca = sobre roca)

	Covacha	Fondo	bbasura	broca	Enterrado	Pared	sroca	Total
Marzo	1	3			1			5
Abril	1	1			1		1	4
Mayo	1		1					2
Junio	5			1		1		7
Julio	3	1				1		5
Agosto	1	4						5
Septiembre	1	1	1		3			6
Total	13	10	2	1	5	2	1	34

Cuadro 8. Utilización del recurso espacio de la población (datos agrupados: crías, hembras y machos) de *A. rivulare* de Buenavista, estado de México (bbasura = bajo basura; broca = bajo roca; sroca = sobre roca)

	Covacha	Fondo	Bbasura	broca	Enterrado	Pared	sroca	Total
Crías	1	5	7	3		2		18
Hembras	10	3	1	5	2	2	3	26
Machos	13	10	2	1	5	2	1	34
Total	24	18	10	9	7	6	4	78

Cuadro 9. Valores de amplitud en la utilización del recurso espacio Por las diferentes clases de la población: crías, hembras y machos

Clase	Amplitud - Ds
Crías	0.45
Hembras	0.57
Machos	0.47
Población	0.69

Los valores de sobreposición en la utilización del recurso espacio se muestran en el Cuadro 10. El valor mayor se observó en los adultos (hembras y machos); las crías presentaron valores relativamente bajos en la sobreposición con hembras y machos adultos. Aunque no se observó algún tipo de segregación entre crías y adultos, estos resultados indican preferencias diferentes en estas clases de talla para ocupar los espacios disponibles.

Cuadro 10. Matriz de sobreposición en el uso del recurso espacio entre las diferentes clases de la población: crías, hembras y machos

	Crías	Hembras	Machos
Crías	-	0.44	0.51
Hembras		-	0.86
Machos			-

DISCUSIÓN

Las características físicas que se evaluaron en partes del Arroyo Buenavista no difieren entre los sitios ocupados y los no ocupados por *Ambystoma rivulare*. Excepto por la temperatura, la cual fue menor en los sitios ocupados, al parecer las otras características evaluadas son igualmente adecuadas para hospedar a esta especie. Sin embargo, todas ellas en conjunto, proporcionan una idea de la calidad del agua que debe presentarse en arroyos que potencialmente puedan albergar poblaciones de *A. rivulare*.

Estas salamandras prefieren porciones de arroyos relativamente angostas (1.93 ± 0.08 m) y poco profundos (71.6 ± 1.85 cm), este rango concuerda con lo reportado por Hernández-García en 1989, pero difiere con lo encontrado por Taylor en 1940, esto puede deberse a la zona orográfica puesto que Villa Victoria se caracteriza por una morfología accidentada, con presencia de arroyos muy angostos, en comparación con el arroyo de Buenavista que cuenta con cuerpos de agua poco desarrollados pero medianamente profundos (GEM, 1998); con alto contenido de oxígeno disuelto (5.09 ± 0.16 mg/l).

Aunado a esto, esta especie se localiza en arroyos de montañas altas, como la base del Volcán Nevado de Toluca, en donde la temperatura ambiente se mantiene relativamente fría a través del año. El alto contenido de oxígeno disuelto está relacionado con la corriente constante que lleva el arroyo pues se ubica en una zona de pendiente. Este contenido alto de oxígeno es una característica común de los arroyos ocupados por las especies que anteriormente eran consideradas en el género *Rhyacosiredon* (*A. altamiranoi*, *A. leorae* y *A. rivulare*). Estas tres especies ocupan arroyos con corriente continua que proporciona un alto contenido de oxígeno y en zonas altas donde la temperatura ambiental es fría (Lemos, 2003), lo que concuerda con lo encontrado puesto que la temperatura oscila entre los $16.12 \pm 0.13^\circ\text{C}$, por tanto *Ambystoma rivulare* prefiere ocupar sitios relativamente fríos en comparación con aquellos sitios disponibles con temperaturas ligeramente mayores.

Todos estos arroyos son relativamente angostos y someros, pocas veces exceden los 2 m de anchura con profundidades que por lo general no sobrepasan un metro, como ya se mencionó anteriormente.

El inusual contenido de sales que se presenta en el Arroyo Buenavista (0.1 ppmil) puede estar relacionado con algún compuesto de origen volcánico que se deslava de las rocas volcánicas por donde corre el río o de algún tipo de contaminante que se desprende de los desechos que arroja la gente del poblado al arroyo, ya que el crecimiento urbano y la contaminación por fertilizantes y pesticidas puede ser considerada un tipo de modificación del hábitat, especialmente para las especies dulceacuícolas (CONABIO, 1998). Sería conveniente investigar el origen preciso de este contenido de sales en el Arroyo Buenavista.

Desafortunadamente, este tipo de arroyos es cada vez más escaso o ha sido modificado en gran medida. Particularmente en las montañas que rodean el Valle de México, en donde esta especie se desarrolla, los arroyos han sufrido el impacto de la introducción de trucha arcoíris, la cual en estado adulto es un depredador potencial de las larvas de ajolotes. Adicionalmente la creación de granjas para el cultivo de este pez altera la corriente natural de los arroyos, desviándolos y en muchas ocasiones, quitándole fuerza a las corrientes, lo que disminuye la cantidad de agua y oxígeno disuelto. Asimismo, el uso de alimento modificado para el rápido crecimiento de las truchas, necesariamente llega al flujo natural y podría estar alterando la calidad del agua de los arroyos, especialmente para la subsistencia de especies como *A. rivulare* (Lemos-Espinal, com. pers.).

Aunado a lo anterior, está el uso de pesticidas y fertilizantes en campos agrícolas, los cuales llegan a los arroyos a través de las lluvias que deslavan los suelos próximos a estos arroyos.

En el poblado de Buenavista, al igual que en la mayoría de los poblados del centro de México, el cultivo de maíz es común y por lo general se utilizan agentes químicos como pesticidas y fertilizantes para obtener cosechas más grandes (GEM, 1998), lo que podría estar afectando a las poblaciones de *A. rivulare*.

Desafortunadamente, la práctica de arrojar desechos a los arroyos parece ser más lo común que la excepción. En el poblado Buenavista, esta práctica parece estar muy extendida, pues a pesar de ser una fuente de donde directamente se aprovecha el agua para uso doméstico, el arroyo contiene gran cantidad de desechos humanos en la forma de basura. Al parecer, *A. rivulare* tiene una alta tolerancia a este tipo de alteración pues los ajolotes son relativamente abundantes en las porciones frente al poblado en comparación con otras porciones del arroyo más alejadas a éste.

Por otra parte, en otros estudios se ha visto que *A. rivulare* tiene preferencia por alimentarse de ostrácodos (Morales-Santillán, 2015) los cuales se observan en abundancia en las partes someras del Arroyo Buenavista, lo que corrobora que esta especie tiene preferencia por zonas poco profundas encontradas cercanas al poblado y no en partes alejadas, lo que posiblemente esté condicionando la presencia de *A. rivulare* en este sitio.

En la ocupación de los espacios disponibles, la clase de talla de las crías se presentó con mayor abundancia sobre el fondo y las dos subclases de la talla de los adultos (hembras y machos) se presentaron principalmente en las covachas que son las partes erosionadas a los lados del arroyo. Posiblemente esta observación esté sesgada por la dificultad que representa poder observar a las crías en este arroyo.

Hembras y machos se presentaron principalmente en lugares ocultos y protegidos de la vista de depredadores terrestres como el ser humano. Sin embargo,

al introducir un objeto largo, como un gancho herpetológico y moverlo suavemente en estos lugares como las covachas, los ajolotes salen y se dejan ver.

Aunque las diferentes clases de talla (crías y adultos (hembras y machos) tendieron a preferir diferentes sitios, no se detectó ningún tipo de segregación de las crías a estar separadas de los adultos. En una misma porción de arroyo se observaron crías y adultos sin que hubiera algún indicio de crías que evadían la presencia de adultos.

Los resultados de amplitud para la población en general indican una preferencia de todas las clases en que se dividió la población (crías, hembras y machos) por cierto tipo de espacio, sin que ésta proporcione alguna idea de especialización hacia el uso de un espacio en particular. Todos los valores por clase se encuentra alrededor del punto medio (0.5) en el intervalo del valor de amplitud (0 – 1). Los resultados agrupados para la población (amplitud de 0.69) indican un uso más equitativo del recurso espacio, sin que exista una gran dominancia por la utilización de un espacio en particular.

La sobreposición en la utilización del recurso espacio fue alta en los adultos (hembras y machos), y baja en las crías con respecto a estas dos clases. La preferencia de las crías por utilizar el fondo del arroyo en comparación a los adultos (hembras y machos) por utilizar las covachas produce estos resultados. Aunque los valores marcan una división entre las clases de la población, como se discutió anteriormente, esto no refuerza el que exista algún tipo de segregación de las crías tratando de evadir a los adultos, pues éstas se encuentran en las mismas porciones del arroyo que las ocupadas por los adultos, pero en micro-sitios diferentes.

CONCLUSIONES

A. rivulare es una especie con distribución limitada en cuerpos de agua entre los 2500 y 3300 m de altitud, siendo más abundante en el poblado de Buenavista y sus alrededores, los cuales representan partes de arroyo muy manipulados por las necesidades humanas.

La introducción de especies exóticas como la trucha arcoíris altera la corriente natural de los arroyos, quitándole fuerza a las corrientes y disminuyendo la cantidad de oxígeno disuelto, afectando la subsistencia de especies como *A. rivulare* puesto que es un depredador potencial de las larvas de ajolotes.

Existe cierta tolerancia por parte de *A. rivulare* a condiciones de alteración como la presencia de desechos humanos en la forma de basura, y cantidades de sales de 0.1 partes por mil, en el arroyo que habita la población estudiada.

Altos contenidos de oxígeno disuelto, temperatura fría, porciones relativamente angostas y de poca profundidad son preferidas por *A. rivulare*. Manteniendo este tipo de características esta especie se presenta preferentemente en sitios con presencia de ostrácodos como alimento.

En cuanto a la amplitud de la utilización del recurso espacio no existe segregación de las crías por los adultos, pues no se observó que crías evadieran la presencia de adultos. Crías y adultos pueden presentarse en las mismas porciones de arroyo, ocupando sitios diferentes. Posiblemente este resultado sea consecuencia de la dificultad que representa la observación de las crías en este arroyo.

Hay una sobreposición alta entre las clases de adultos en los sitios ocupados a lo largo del arroyo y a su vez una sobreposición baja de los adultos con las crías en la ocupación de estos sitios. Esto podría deberse a la coloración críptica de las crías en los sitios que éstas ocupan.

LITERATURA CITADA

- Amphibia Web.** <http://amphibiaweb.org> – consultada el 28 de Febrero del 2014.
- Bille, T.** 2009. Field observations on the salamanders (Caudata: Ambystomatidae, Plethodontidae) of Nevado de Toluca, Mexico. *Salamandra* 45: 155-164.
- Blaustein, L., & J. Margalit.** 1995. Spatial distribution of *Culiseta longiareolata* (Culicidae: Diptera) and *Bufo viridis* (Amphibia: Bufonidae) among and within desert pools. *Journal of Arid Environments* 29: 199-211.
- Brandon, R.A., & R.G. Altig.** 1973. Eggs and small larvae of two species of *Rhyacosiredon*. *Herpetologica* 29: 349-351.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO].** 1998. La Diversidad Biológica de México: Estudio de País [versión electrónica]. México. Pág. 62, 82-93
- Diario Oficial. Norma Oficial Mexicana [NOM-059-2010].** 30 diciembre 2010. Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestre – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. México, Segunda Sección 1–77.
- Eason, G.W., & J.E. Fauth.** 2001. Ecological correlations of anuran species richness in temporary pools: A field study in South Carolina, USA. *Israel Journal of Zoology* 47: 347-365.
- Flores-Villela, O., y L. Canseco-Márquez.** 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zool. Mex.* 20: 115-144
- Gobierno del Estado de México [GEM].** 1998. Programa de Áreas Naturales Protegidas del Estado de México. Secretaría de Ecología. México. 84 pp.

- Hernández-García, E.** 1989. Herpetofauna de la Sierra de Taxco, Guerrero. Tesis Facultad de Ciencias UNAM, México, D. F.
- Huacúz-Elías, D. C.** 2001. Estado de conservación del género *Ambystoma* en Michoacán, México. Universidad Michoacán de San Nicolás Hidalgo, UNAM, SEMARNAT. Morelia, Michoacán.
- Hurlbert, S. H.** 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology* 59:67-77.
- Legorreta-Balbuena, G., G. Gutiérrez-Ospina, I. Villalpando Fierro, & G. Parra-Olea.** 2014. *Ambystoma rivulare*. Reproduction. *Herpetological Review* 45: 107-108.
- Lemos Espinal, J. A.** 2003. *Rhyacosiredon altamirani*, *Rhyacosiredon leorae*, *Rhyacosiredon rivulare*. Fichas diagnósticas para 10 especies de anfibios y reptiles mexicanos. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB CONABIO. Proyecto W002. México. D.F.
- Lemos-Espinal, J. A., R. E. Ballinger, & G.R. Smith.** 1999a. *Ambystoma rivulare*. Cannibalism. *Herpetological Review* 30: 159.
- Lemos Espinal, J. A., G. R. Smith, R. E. Ballinger, & A. Ramírez-Bautista.** 1999b. Status of protected endemic salamanders (*Ambystoma*: Ambystomatidae: Caudata) in the transvolcanic belt of México. *British Herpetol. Soc. Bull.* 68: 1-4.
- Morales-Santillán M.** 2015. Análisis de la dieta de una población del Ajolote Arroyero de Toluca (*Ambystoma rivulare*) que habita la vertiente noroccidental del Volcán Nevado de Toluca, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala.
- Nieto-Montes de Oca.** 1997. Ecogeografía de Anfibios y Reptiles. Pp. 523-532. En E. González Soriano., R. Dirzo, y R.C. Vogts (eds.). Historia Natural de los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México y CONABIO, México, D.F.

- Parra-Olea, G., K. R. Zamudio, E. Recuero, X. Aguilar-Miguel, D. Huacuz, & L. Zambrano.** 2012. Conservation genetics of threatened Mexican axolotls (*Ambystoma*). *Animal Conservation* 15: 61-72.
- Pianka, E. R.** 1986. Ecology and natural history of desert lizards. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Reilly, S. M. & R. A. Brandon.** 1994. Partial Paedomorphosis in the Mexican Stream Ambystomatids and the Taxonomic Status of the Genus *Rhyacosiredon* Dunn. *Copeia* 1994: 656-662.
- Sadinski, W. J., & W. A. Dunson.** 1992. A multilevel study of effects of low pH on amphibians of temporary ponds. *Journal of Herpetology* 26: 413-422.
- Skelly, D. K.** 1996. Pond drying, predators, and the distribution of *Pseudacris* tadpoles. *Copeia* 1996: 599-605.
- Smith, G. R., K. G. Temple, H. A. Dingfelder, & D. A. Vaala.** 2006. Effects of nitrate on the interactions of the tadpoles of two ranids (*Rana clamitans* and *R. catesbeiana*). *Aquatic Ecology* 40: 125-130.
- Shaffer, H. B., R. A. Alford, B. D. Woodward, S. J. Richards, R. G. Altig, & C. Gascon.** 1994. Quantitative sampling of amphibian larvae. pp. 130-141 in W.R. Heyer, M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.-A.C. Hayek, and M.S. Foster, eds. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- Taylor, E. H.** 1940. A new *Rhyacosiredon* (Caudata) from Western Mexico. *Herpetologica* 1: 171-176.
- Toledo, V. M.** 1994. La diversidad biológica de México, nuevos retos para la investigación. *Ciencias* 34:43-57 pp.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN]. <http://iucn.org> – consultada el 28 de Febrero del 2014.

Warner, S. C., J. Travis, & W. A. Dunson. 1993. Effect of pH variation on intraspecific competition between two species of Hylid tadpoles. *Ecology* 74: 183-194.

Welch, N. E., & J. A. MacMahon. 2005. Identifying habitat variables important to the rare Columbia spotted frog in Utah (USA): an information-theoretic approach. *Conservation Biology* 19: 473-481.

Wilson E. 1997. Introduction. En Reaka M et al. (Eds.). *Biodiversity II*. Joseph Henry Press. Washington DC, EEUU. Pp. 1-3.

Zippel, K. 2007. Amphibian larval biology and diversity/usbandry of larval amphibian. *Amphibian biology and management. Professional training program. EUA: AZA.* 40-43, 82-83.