



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Laboratorio de Ecología de la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO)

**“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

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO

PRESENTA:

JUAN MANUEL MORALES SANDOVAL

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. JULIO ALBERTO LEMOS ESPINAL



TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO

MAYO, 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada gracias al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM a través del proyecto IN200114: Historia natural y demografía de tres especies de ajolotes de montaña (género *Ambystoma*) del centro del país. Agradezco a la DGAPA-UNAM la beca recibida para desarrollar el presente trabajo de tesis.

Con mucho cariño y respeto a mi maestro Doctor Julio Alberto Lemos Espinal, que siempre ha sido una fuente de inspiración y admiración por su trabajo como docente, investigador y humano. Gracias por su amistad, paciencia, confianza, apoyo, por compartir sus conocimientos y tiempo.

A mi papá Nahúm que siempre ha estado al lado mío, echándome la mano en todo momento, que ha sido un ejemplo a seguir, quisiera ser como tú y tomar las mejores decisiones, no tengo palabras para agradecerte todo lo bueno que has hecho por mí, te quiero mucho.

A mis dos mamás: Rosa y Natalia, muchas gracias por inculcarme los valores y virtudes con las que cuento; por enseñarme que la vida cuando se vive con calidad vale realmente la pena. Mamá Rosa gracias por sus enseñanzas diarias, por todo su cariño y comprensión, por sus ricas comidas y aguas. Mamá Natalia, te agradezco que desde que comencé con mis estudios todos los días te levantas a prepararme mi desayuno, a tu apoyo económico, que implico que trabajaras duro y a diario, por tus palabras de aliento cuando las necesito, por tu enorme esfuerzo, cariño, humildad y nobleza. Te agradezco que inconscientemente tú hayas sido la que me impulso a estudiar esta magnífica carrera, pues si recuerdas, cuando era pequeño me regalaste mi primera

Enciclopedia que se llama "Mis amigos los Cachorros", me diste mis primeros amigos animales: mi pez betta, mis ranas y tortugas, mis patos, pollos y perros. Gracias por ser la arquitecta de mi vida.

A mis 5 tíos que me han apoyado de diferentes maneras. Tío Guillermo siempre me has impulsado a hacer ejercicio, a disfrutar la vida, a reflexionar, a ser fuerte, a valorar las cosas, admiro todo lo que haces para mantener una familia feliz y unida, a enseñarme como realmente debe ser un padre con sus hijos. Tío Tomás eres un ejemplo a seguir, inteligente, respetuoso, tolerante, honesto y dedicado a tu carrera y familia, se necesitan más médicos y personas como tú, muchas gracias por todo lo que has hecho por mí, que es bastante. Tía Lesly que te puedo decir, más que tía eres como una hermana, siempre hemos estado juntos viviendo aventuras y alegrías. Tío Tito eres un ejemplo de independencia y valentía, muchas gracias por estar siempre pendiente de mí. Tío Homobono de pequeño fuiste un padre para mí, aún recuerdo las canciones que me cantabas de Pedro Infante (Conejo Blas y El Oso Carpintero), te lo agradezco mucho, admiro tu ética, habilidad y conocimientos que tienes en la carrera que decidiste estudiar.

Con mucho cariño a todos mis primos que han sido mis hermanos y compañeros de juegos y aventuras: Ángel, Mario, Miguel, Itzamara, Alejandro, Hugo, Tomás, Adrian, Danielticooooo jeje, y mi primito Gusy que ha traído a mi vida infinita felicidad, que me alegra la vida todos los días, que me hace reír y que aún siendo pequeño me enseña muchas cosas.

A mi novia Laurita que ha cambiado completamente mi vida (para bien he! jeje), que me ha mostrado cosas que desconocía de la vida y que sin duda han enriquecido

mi vida, por ser la compañera de mis viajes, locuras y aventuras, por motivarme, por brindarme todo ese amor y apoyo incondicional y sobre todo sincero, por esas horas magnificas de juegos (básquet, bici, fut, americano, tenis y carreras). TE AMO

A mis mejores amigos de la carrera, que sin ellos esto no hubiera sido tan magnífico como lo fue, siempre los recordare con mucha alegría y nunca olvidare lo vivido con ustedes, sobre todo en las prácticas de campo, de todos aprendí algo. Los quiero mucho: Alejandro, Lalito, Dan, Licha, Edgar, Aldo, Edwin, Aurelio, Chucho, Mario, y todos con los que compartí vivencias.

A mis dos mejores amigos de mi casa Alejandro y Oscar, son grandes personas con los cuales he compartido alegrías, tristezas, éxitos y fracasos. Muchas gracias por brindarme su amistad, por las horas de juegos y pláticas, por su apoyo cuando no me iba tan bien en la escuela, los quiero amigos.

A mis perritas Lulú, Nala, Zucky y Manzana, que han llenado mi vida de puras alegrías, a veces enojos jejeje, ustedes son la muestra de cariño incondicional, de verdadero amor hacia los demás y fidelidad, las amo.

A mis revisores de tesis, Betty, Raúl, Dr. Ray y Dr. Felipe, gracias por sus correcciones que sin duda sirvieron para mejorar este trabajo.

Podría continuar con los agradecimientos, pero sin duda ocuparían más espacio que mi propio trabajo de investigación, aunque a veces los agradecimientos son la parte llamativa de las tesis jejeje, una disculpa si alguno me falto de mencionar, espero que no, aunque hay muchísimas personas que formaron parte de esta gran aventura.

...muchas gracias a Dios y a la Vida.

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
ANTECEDENTES.....	5
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS PARTICULARES.....	8
MATERIAL Y MÉTODO.....	9
ÁREA DE ESTUDIO.....	9
ORGANISMO DE ESTUDIO.....	11
OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN.....	11
RESULTADOS.....	15
DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIÓN.....	27
LITERATURA CITADA.....	28
ANEXO.....	35

RESUMEN

El ajolote arroyero de Toluca: *Ambystoma rivulare*, está clasificado bajo el estatus de “amenazado” en el listado de la NOM-059-ECOL 2010. Un censo desde 1991 a 1996 en el Eje Transvolcánico encontró a *A. rivulare* en sólo dos localidades, ambas consistían de arroyos altamente contaminados. Se ha publicado poco sobre la ecología e historia natural de este ajolote, excepto por observaciones sobre reproducción, huevos y larvas, canibalismo y uso del hábitat. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue examinar la dieta de *A. rivulare* de un arroyo de la estribación noroeste del Volcán Nevado de Toluca, Estado de México. Con esto se pretende lograr un entendimiento de la ecología de este organismo, que brinde información acerca de las condiciones y características del hábitat necesarias para que esta especie endémica y amenazada pueda persistir u hospedarse en cautiverio. Se obtuvo el contenido estomacal de un total de 60 individuos. La dieta de estuvo altamente dominada por ostrácodos, los cuales representan el 90% de todas las presas encontradas en los contenidos estomacales. Los resultados no muestran evidencia de un cambio en la composición de la dieta por el tamaño o por el sexo de *A. rivulare*, el índice de amplitud de dieta fue muy bajo para todos los meses, el valor de sobreposición de la dieta fue muy similar durante el tiempo de estudio, lo que indica que no hubo variación en el tipo ni proporción de las presas consumidas entre la época de secas y lluvias. Los resultados de amplitud bajos y el valor de sobreposición similar, podrían indicar un tipo de dieta especialista.



INTRODUCCIÓN

La familia Ambystomatidae está limitada al norte de América. Se distribuye desde el sur de Canadá y norte de los Estados Unidos hasta el Eje Transvolcánico de la parte central de México. La familia está representada por un solo género: *Ambystoma* y 33 especies, 18 de éstas habitan en México. Nueve de estas especies están consideradas “Críticamente en Peligro de Extinción” en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (*A. amblycephalum*, *A. andersoni*, *A. bombypellum*, *A. dumerillii*, *A. granulatus*, *A. leorae*, *A. lermaense*, *A. mexicanum*, y *A. taylori*); dos están consideradas en “Peligro de Extinción” (*A. altamiranoi* y *A. ordinarium*); otras dos tienen el estatus de “Bajo Riesgo - Preocupación Menor” (*A. rosaceum* y *A. velasci*); tres más se encuentran con “Datos Insuficientes” para ubicarlas en alguna categoría de protección (*A. flavipiperatum*, *A. rivulare* y *A. silvensis*); y las dos restantes no han sido estudiadas (*A. mavortium* y *A. subsalsum*).

El género *Ambystoma* siempre ha sido deseado por los acuaculturistas, herpetólogos y coleccionistas de todo el mundo, debido a sus características descritas tales como la neotenia (mantención de un estado larvario que, sin experimentar metamorfosis, alcanza la madurez sexual, debido a una escasa o nula producción de tiroxina) y la regeneración de extremidades y otras partes del cuerpo, como parte de la masa encefálica, debido a la capacidad de provocar la proliferación de células madre en la región afectada, las cuales se multiplican y diferencian dando lugar al tejido faltante (Atlas visual de la Ciencia, 2006).



Tres de las 18 especies de ambystomatidos mexicanos (*A. altamiranoi*, *A. leorae* y *A. rivulare*) eran consideradas como especies del género *Rhyacosiredon* debido al patrón único de paedomorfosis o juvenificación que presentan en la retención de las características larvales en el palatino, aparato hiobranquial, morfología de la corona de los dientes y morfología de la lengua. Estas características se consideran como adaptaciones para facilitar la alimentación acuática en organismos metamorfoseados que habitan arroyos de aguas frías en ambientes de montañas altas. Reilly y Brandon (1994), argumentaron el origen polifilético de este género e indicaron que *Rhyacosiredon* debe ser considerado como una sinonimia de *Ambystoma*.

Sin embargo, estas tres salamandras comparten varias características a través de las cuales se pueden agrupar. Las tres habitan en arroyos de aguas claras y limpias, altamente oxigenadas y de temperaturas frías del centro de México. Las tres tienen poblaciones que se desarrollan cerca de grandes centros urbanos y están sufriendo por la desecación y contaminación de los cuerpos de agua que habitan. Las tres especies han estado expuestas a la transformación de sus arroyos debido a la introducción del cultivo de Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*: que en la actualidad es considerada por la UICN como una de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo), que ha causado la contaminación de arroyos y la depredación de larvas y adultos de las especies nativas de ajolotes. Dos de estas especies de ajolotes (*A. altamiranoi* y *A. rivulare*) han sido utilizadas como recurso alimenticio por Otomíes y Mazahuas. Los habitantes de los ejidos Los Tachos y Las Palomas (Otomíes), en el estado de México, aún consumen en pequeña escala individuos de *A. altamiranoi*;



igualmente los habitantes del ejido Buenavista (Mazahuas), también en el estado de México, incluyen en su dieta a *A. rivulare*.

Ambystoma rivulare está clasificado bajo el estatus de “amenazada” en el listado de la NOM-059-ECOL 2010 (Frías-Álvarez *et al.*, 2010). Un censo desde 1991 a 1996 en el Eje Transvolcánico encontró a *A. rivulare* en sólo dos localidades, ambas consistían de arroyos altamente contaminados (Lemos-Espinal *et al.*, 1999b). Se ha publicado poco sobre la ecología e historia natural de *A. rivulare* excepto por observaciones sobre reproducción (Legorreta-Balbuena *et al.*, 2014), huevos y larvas (Brandon y Altig, 1973), canibalismo (Lemos-Espinal *et al.*, 1999a) y uso del hábitat (Bille, 2009).

Por lo anterior, en este estudio se examinó la dieta de *A. rivulare* de un arroyo de la estribación noroeste del Volcán Nevado de Toluca, Estado de México. Con esto se pretende lograr un entendimiento de la ecología de este organismo, que brinde información acerca de las condiciones y características del hábitat necesarias para que esta especie endémica y amenazada pueda persistir u hospedarse en cautiverio, posiblemente para su posterior reintroducción.



ANTECEDENTES

La familia Ambystomatidae destaca en importancia para México por la gran cantidad de especies y endemismos de estas para nuestro país. Su presencia llamó la atención de los primeros colonizadores de América lo que se aprecia en los trabajos de Hernández (1548), al cual se refieren Ximenes (1615) y Nieremberg (1635) (citados en Calderón y Rodríguez, 1986). Taylor (1940), describió *Rhyacosiredon rivularis* (ahora *Ambystoma rivulare*). Reilly y Brandon (1994), reportaron sobre las similitudes que se presentan en miembros de los géneros *Rhyacosiredon* y *Ambystoma* y sugirieron que éstas deberían considerarse como un solo género, desde entonces el único género válido es *Ambystoma*. Bille (2009), reportó la historia natural de salamandras de la familia Ambystomatidae y Plethodontidae en el Nevado de Toluca, México. Lemos Espinal *et al.*, (1999b), reportaron el estatus de conservación para poblaciones de *Ambystoma altamiranoi*, *A. leorae* y *A. rivulare*. Lemos Espinal (2003) presentó fichas diagnósticas de *Ambystoma altamiranoi*, *A. leorae*, y *A. rivulare*.

Lemos-Espinal *et al.*, (1999a) reportaron canibalismo en la población de *Ambystoma rivulare* del arroyo que cruza el poblado Buenavista, México. Brandon y Altig (1973), reportaron los huevos y larvas de *Ambystoma altamiranoi* y *A. rivulare*. Legorreta-Balbuena *et al.*, (2014), reportaron una nota sobre la reproducción de *A. rivulare*. Hernandez-García (1989), reportó la presencia de *A. rivulare* en la Sierra de Taxco, Guerrero.

Sin embargo, los trabajos sobre hábitos alimentarios de salamandras inician con Barbour y Lancaster (1946), donde analizaron la dieta de *Desmognathus fuscus*. Farner (1947), analizó la dieta de *Ambystoma macrodactylum* y *Triturus granulosus* en



el Lago Cráter de Oregon, encontrando que hay una separación marcada entre las dietas de estas dos especies, *A. macrodactylum* se alimenta principalmente de artrópodos terrestres mientras que *Triturus granulosus* se alimenta de artrópodos acuáticos. Adams (1968), estudió la dieta de *Batrachoseps attenuatus* en California, encontrando que esta especie se alimenta de una variedad de especies de insectos, crustáceos, arácnidos y moluscos. Whitaker y Rubin (1971), estudiaron la dieta de las subespecies *Plethodon jordani metcalfi* y *P. j. shermani* y encontraron diferencias significativas entre la dieta de estos dos taxa. Dodson y Dodson (1971), estudiaron la dieta de larvas de *Ambystoma tigrinum* del oeste de Colorado, reportando que las crías de hasta 2 cm de longitud total se alimentan de zooplancton, los juveniles de amphiopodos, moluscos y larvas de insectos y los adultos de camarones y copépodos.

Yanev (1978), reportó que el género *Batrachoseps* se alimenta preferentemente de presas grandes e ignora las presas pequeñas cuando hay disponibilidad de estas dos. Brophy (1980), estudió la dieta de *Ambystoma tigrinum* y *Notophthalmus viridescens*. Tyler y Buscher (1980), reportaron notas de historia natural sobre *Ambystoma tigrinum* del condado Cimarron, Oklahoma, Estados Unidos. Petranka y Petranka (1981), estudiaron la competencia intraespecífica entre larvas de *Ambystoma opacum*. Holomuzki y Collins (1987), reportaron la dieta de *Ambystoma tigrinum nebulosum*. Taylor *et al.*, (1988), estudiaron las relaciones tróficas entre larvas de salamandras de una poza. McWilliams y Bachmann (1989), reportaron el comportamiento forrajero de *Ambystoma texanum*. Nyman (1991), reportó la dieta de *Ambystoma maculatum* y miembros del complejo *A. laterale-jeffersonianum* en Nueva Jersey, Estados Unidos. Huacúz-Elías (2001), reportó el estado de conservación del



género *Ambystoma* en Michoacán. McCoy y Savitzky (2004), reportaron la dieta de *Ambystoma mabeei*. Whiles *et al.*, (2004), estudiaron la dieta de *Ambystoma cingulatum* de Florida y Carolina del Sur. Bardwell *et al.*, (2007), estudiaron la selección de la dieta entre clases de talla de *Ambystoma jeffersonianum*. Frías-Álvarez *et al.*, (2008), reportaron Chytridiomycosis survey en varias especies de anfibios mexicanos, incluyendo especies de *Ambystoma*. Ghioca-Robrecht y Smith (2008), estudiaron la ecología alimentaria de *Ambystoma tigrinum* en las Grandes Planicies de Estados Unidos. Bride *et al.*, (2008) y Griffiths *et al.*, (2004), reportaron los problemas de conservación que enfrenta *Ambystoma mexicanum* en Xochimilco, México. Contreras *et al.*, (2009), reportaron la disminución que ha sufrido la población de *Ambystoma mexicanum* en Xochimilco, México. Robles-Mendoza *et al.*, (2009), reportaron sobre los efectos de pesticidas en *Ambystoma mexicanum*. Chaparro-Herrera *et al.*, (2013), estudiaron la dieta de *Ambystoma mexicanum* variando la calidad del agua en organismos mantenidos en cautiverio. Ruiz-Martínez *et al.*, (2014) reportaron la dieta de *Ambystoma ordinarium* para segmentos degradados y no degradados de un arroyo del Eje Transvolcánico.



OBJETIVO GENERAL

Obtener la dieta de una población de *Ambystoma rivulare* que se desarrolla en la vertiente noroccidental del Nevado de Toluca, Estado de México.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Comparar la dieta de hembras y machos de una población de *Ambystoma rivulare*.
2. Evaluar la dieta entre la época seca y la de lluvias de la población de estudio.
3. Obtener la amplitud de la dieta para hembras y machos de la misma población.



MATERIAL Y MÉTODO

ÁREA DE ESTUDIO

La población que se estudió habita un arroyo permanente que corre sobre el lado noroeste del Volcán Nevado de Toluca, Estado de México. Éste es un arroyo pequeño que recibe agua del Río La Fábrica y de dos ojos de agua naturales. El arroyo corre a través de la parte media del poblado de Buenavista (19°12'23.9"N, 99°49'13.2"O, 3,148 m de altitud) (Mapa 1). El terreno en 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, las cuales tienen de 2 a 5 m de anchura dependiendo de la estación (más anchas en la estación de lluvias y más angostas en la estación seca).

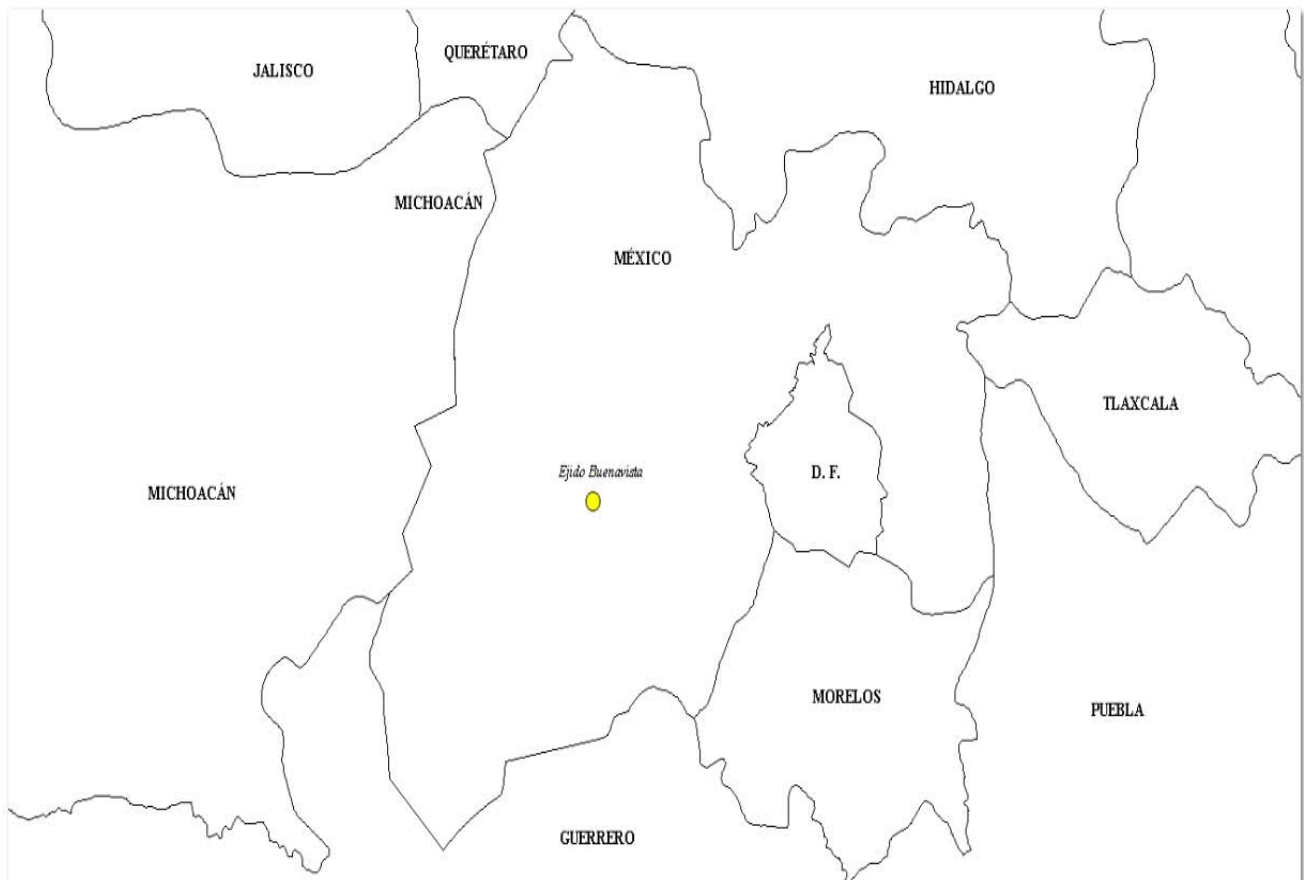
Antes de que el arroyo llegue al poblado de Buenavista, este se divide en dos arroyos pequeños separados por aproximadamente 70 m de construcciones humanas. Río abajo el arroyo se divide en varios canales pequeños y someros, de aproximadamente 25 cm de ancho y 20-30 cm de profundidad (Anexo).

En este sitio, la mayor parte del arroyo tiene basura (Anexo), como llantas de carro, latas vacías de comida, bolsas de plástico, piezas de metal, etc. En algunas partes el fondo del arroyo es extremadamente blando, con lodo de entre 15 y 25 cm de profundidad pero puede ser de hasta más de 50 cm de profundidad. El arroyo consistentemente tuvo una salinidad de 0.1 ppm de sal en contraste con otros arroyos en los cuales el registro de salinidad fue de 0.0 ppm.



A lo largo de los lados del arroyo hay un bosque denso de *Abies religiosa* al que le sigue un extenso pastizal de *Festuca* spp. y *Mulhenbergia* spp. Este pastizal cuenta con aproximadamente 3 km de largo por 1 km de ancho. En y cerca del poblado de Buenavista hay varios pastos de crecimiento secundario y otras plantas a lo largo del arroyo (Anexo). *Ambystoma rivulare* es común en la parte del arroyo que corre cerca y a través de este poblado, donde encuentra refugio debajo de basura y en el lodo denso del fondo, así como en los lados erosionados del arroyo.

Mapa 1. El punto amarillo representa la ubicación del área de estudios, ejido de Buenavista, Toluca, Estado de México.



ORGANISMO DE ESTUDIO

El Ajolote Arroyero de Toluca (*A. rivulare*) es una salamandra que se caracteriza por tener un cuerpo corto y grueso, con cola corta y atenuada, extremidades relativamente cortas y cabeza ancha y robusta. 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 (Anexo). La coloración ventral es gris negruzca con pequeños puntos oscuros o reticulaciones (Taylor, 1940). Hernández-García (1989), realizó la siguiente descripción “*A. rivulare* es una salamandra 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 salamandra 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 *Muhlenbergia* 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.*, 1999 a; Lemos-Espinal, 2003; Huacúz-Elías, 2001).

OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

El área de estudio fue visitada con una periodicidad mensual de enero a diciembre del año 2014, en cada visita se revisó detenidamente el arroyo para detectar a los ajolotes, todos los ajolotes observados mayores a 35 mm fueron capturados



utilizando redes de mango protáctil que se extienden de 75 cm a 2 m en 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 estos organismos se encuentran en grupos de más de 10 individuos de la misma clase de talla). Todos los individuos fueron secados con papel absorbente y pesados con una balanza electrónica portátil marca TANGENT KP-103 con una precisión de 0.1 gr, posteriormente se midió su longitud hocico cloaca (LHC) y longitud total (LT) con una regla de plástico transparente con una precisión de 1 mm (Anexo). A todos los individuos capturados se les lavó el estómago con una jeringa de 5 cm³ que en la punta tenía unido un pequeño tubo de plástico flexible de 3 cm de largo; se colocó al ajolote cabeza abajo en posición vertical introduciéndole con cuidado el tubo de plástico flexible a través de la boca por lo menos 1.5 cm de profundidad. Luego se le aplicó, igualmente con cuidado, 2 cm³ de agua para que el contenido estomacal saliera por la boca y pudiera ser recolectado para su análisis, ya habiéndose obtenido el contenido estomacal se liberaron a los ajolotes en su sitio de captura. Los contenidos estomacales fueron analizados en el laboratorio para identificar los organismos consumidos a nivel de orden utilizando claves de identificación de Borror *et al.*, (1989), Borror y White (1998), Arnett (2000) y Eaton (2007). Para determinar el tamaño de las



presas (material consumido) se utilizó el desplazamiento de fluidos, esto se realizó con ayuda de una probeta de cristal graduada con una precisión de 0.1 ml.

Para describir la importancia de cada categoría de presa consumida (**p**), se utilizó el índice de importancia relativa de Pinkas *et al.*, (1971): $IRIp = \%Op (\%Np + \%Vp)$

Donde:

% Op porcentaje del número de estómagos que contienen la presa tipo “**p**”

% Np porcentaje del número de presas tipo “**p**” en todos los estómagos analizados

% Vp porcentaje del volumen de presas tipo “**p**” en todos los estómagos analizados

Se utilizó un análisis de covarianza (ANCOVA) con la LHC como covariable para examinar las diferencias en el tamaño de presas ingeridas entre machos y hembras, para detectar si hay diferencias en las dietas de los diferentes sexos y entre adultos y juveniles para ver si hay cambios ontogenéticos en la dieta.

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

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

Donde:

P_i proporción de ocurrencia de cada especie de presa en la dieta de cada categoría de edad y sexo.

N es el número de especies de presa en la dieta de *Ambystoma rivulare*

D_s amplitud de la dieta en una categoría específica.



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

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

Donde:

O_{jk} sobreposición de la dieta 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 de la presa “i”, por la categoría “j”.

P_{ik} proporción de utilización de la presa “i” por la categoría “k”.



RESULTADOS

Se obtuvo el contenido estomacal de un total de 60 individuos (5 individuos con estómagos vacíos y 55 con estómagos llenos). Las capturas se obtuvieron de marzo a septiembre, en los meses de enero, febrero, octubre, noviembre y diciembre, no fue posible obtener el contenido estomacal de los individuos por el tamaño de los organismos (≤ 35 mm), o porque no se capturó ningún individuo en ese mes (Cuadro 1). La dieta de *Ambystoma rivulare* estuvo altamente dominada por ostrácodos, los cuales representaron el 90% de todas las presas encontradas en los contenidos estomacales (Cuadro 2). La siguiente presa más numerosa fueron los gasterópodos, los cuales representaron el 9% de todas las presas consumidas. El resto de las presas representó únicamente el 1%. En cuanto la presencia de ostrácodos en los estómagos analizados, éstos estuvieron presentes en casi el 71% de los estómagos y únicamente un poco más del 50% de los organismos presentaron gasterópodos. La siguiente presa más frecuente fueron las larvas de coleópteros que se encontraron en 14.5% de los estómagos. El valor del índice de amplitud de Levin para todos los datos agrupados fue de 0.053, lo que sugiere una dieta especializada. El número total de presas en el estómago de los ajolotes incremento con su longitud total ($N = 55$, $r^2 = 0.11$; $p = 0.012$; Número total de presas = $-127.0 + 19.8$ longitud total). Asimismo, el número de ostrácodos en el contenido estomacal incremento con la longitud total del ajolote ($N = 55$, $r^2 = 0.10$, $p = 0.016$; ostrácodos = $-130.2 + 19.5$ longitud total). La proporción de ostrácodos en relación al resto de las presas consumidas por individuo no cambio con el tamaño del ajolote ($N = 55$, $r^2 = 0.004$, $p = 0.64$; proporción de ostrácodos = $0.42 + 0.02$ longitud total). El número de gasterópodos en los contenidos estomacales no



estuvo relacionado con la longitud de la larva ($N = 55$, $r^2 = 0.003$, $p = 0.69$). La proporción de gasterópodos en relación al resto de las presas consumidas por individuo no cambio con el tamaño del ajolote ($N = 55$, $r^2 = 0.006$, $p = 0.56$).

Cuadro 1. Consumo de presas mensual por la población de *Ambystoma rivulare* de Buenavista, México.

	Moluscos	Coleópteros		Ácaros	Dípteros	Tricópteros	Anélidos	Crustáceos	
	Gasterópoda	Dystiscidae	Larva	Hydrphantidae	Larva	Larva	Hirudineo	Ostrácoda	Amphipoda
Marzo	35	0	7	0	1	0	1	440	0
Abril	31	0	0	0	1	0	0	455	0
Mayo	14	1	1	1	1	0	0	391	0
Junio	70	0	9	0	0	0	0	501	0
Julio	35	2	3	0	0	0	0	178	0
Agosto	36	0	0	7	2	2	0	403	0
Sept	50	0	1	1	0	0	0	334	3
Total	271	3	21	9	5	2	1	2702	3



Cuadro 2. Contenido estomacal de *Ambystoma rivulare* (N = 55 estómagos) del poblado de Buenavista, Estado de México. Los porcentajes se muestran entre paréntesis. IRIp = Índice de Importancia Relativa. # presas: representa el número de presas encontradas en el total de estómagos analizados; # estómagos: Representa el número de estómagos en donde se encontró determinada presas (frecuencia de aparición).

Presa	# presas	# estómagos	IRIp
Annelida			
Hirundineo	1 (0.03)	1 (1.8)	1.83
Arthropoda			
Acaridae			
Hydrophantidae	9 (0.30)	4 (7.3)	7.6
Crustacea			
Amphipoda	3 (0.1)	1 (1.8)	1.9
Ostracoda	2702 (89.6)	39 (70.9)	160.5
Insecta			
Coleóptera			
Dytiscidae	3 (0.1)	3 (5.4)	5.5
Larvas	21 (0.7)	8 (14.5)	15.2
Díptera			
Larvas	5 (0.16)	4 (7.3)	7.46
Trichóptera			
Larvas	2 (0.07)	2 (3.6)	3.67
Mollusca			
Gasterópoda	271 (9.0)	29 (52.7)	61.7
Total	3017	55	



Se obtuvo el porcentaje de aparición de cada categoría de presa para cada uno de los meses con organismos capturados. Los valores porcentuales más altos estuvieron representados por ostrácodos seguidos por gasterópodos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de aparición en los contenidos estomacales de cada categoría de presa para cada mes para la población de *Ambystoma rivulare* de Buenavista, México. El primer número representa el número de estómagos en que apareció determinada presa; el número entre paréntesis representa el total de contenidos estomacales analizados en ese mes; el número después del signo de igual representa el porcentaje de estómagos en los que apareció determinada presa.

	Moluscos	Coleópteros		Ácaros	Dípteros	Tricópteros	Anélidos	Crustáceos	
	Gasterópoda	Dystiscidae	Larva	Hydrphantidae	Larva	Larva	Hirudineo	Ostrácoda	Amphipoda
Marzo	2(8)=25	0(8)=0	2(8)=25	0(8)=0	1(8)=12.5	0(8)=0	1(8)=12.5	4(8)=50	0(8)=0
Abril	2(7)=29	0(7)=0	0(7)=0	0(7)=0	1(7)=14	0(7)=0	0(7)=0	3(7)=43	0(7)=0
Mayo	2(6)=33	1(6)=17	1(6)=17	1(6)=17	0(6)=0	0(6)=0	0(6)=0	6(6)=100	0(6)=0
Junio	5(11)=45	0(11)=0	2(11)=18	0(11)=0	0(11)=0	0(11)=0	0(11)=0	5(11)=45	0(11)=0
Julio	5(10)=50	2(10)=20	2(10)=20	0(10)=0	0(10)=0	0(10)=0	0(10)=0	7(10)=70	0(10)=0
Agosto	6(9)=67	0(9)=0	0(9)=0	2(9)=22	1(9)=11	2(9)=22	0(9)=0	6(9)=67	0(9)=0
Sept	4(9)=44	0(9)=0	1(9)=11	1(9)=11	0(9)=0	0(9)=0	0(9)=0	6(9)=67	3(9)=33

Asimismo, se obtuvo el porcentaje de aparición de cada categoría de presa para cada sexo. Los valores porcentuales más altos estuvieron representados por ostrácodos seguidos por gasterópodos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de aparición en los contenidos estomacales de cada categoría de presa para hembras y machos de la población de *Ambystoma rivulare* de Buenavista, México. El primer número representa el número de estómagos en que apareció determinada presa; el número entre paréntesis representa el total de contenidos estomacales analizados en ese mes; el número después del signo de igual representa el porcentaje de estómagos en los que apareció determinada presa.

	Moluscos	Coleópteros		Ácaros	Dípteros	Tricópteros	Anélidos	Crustáceos	
	Gasterópoda	Dystiscidae	Larva	Hydrphantidae	Larva	Larva	Hirudineo	Ostrácoda	Amphipoda
♀	16(26)=62	1(26)=4	4(26)=15	3(26)=12	1(26)=4	2(26)=8	0(26)=0	15(26)=58	0(26)=0
♂	13(34)=38	2(34)=6	4(34)=12	1(34)=3	3(34)=9	0(34)=0	1(34)=3	24(34)=71	1(34)=3
Total	29(60)=48	3(60)=5	8(60)=13	4(60)=7	4(60)=7	2(60)=3	1(60)=2	39(60)=65	1(60)=2



El índice de amplitud de dieta fue muy bajo para todos los meses (Cuadro 5).

Todos los valores, excepto el del mes de julio, fueron menores a 0.1.

Cuadro 5. Amplitud de la dieta de la población de *Ambystoma rivulare* en el poblado de Buenavista, México. El valor Ds tiene un intervalo de 0 a 1, valores cercanos a “0” indican una dieta especialista; valores cercanos “1” indican una dieta generalista.

Mes	Amplitud - DS
Marzo	0.027
Abril	0.074
Mayo	0.010
Junio	0.069
Julio	0.105
Agosto	0.048
Septiembre	0.024

El valor de sobreposición de la dieta fue muy similar para todos los meses (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores de sobreposición de la dieta entre meses para la población de *Ambystoma rivulare* de Buenavista, México.

	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre
marzo	-	0.967147362	0.998794017	0.990941136	0.96027301	0.997326135	0.997312456
abril		-	0.964056009	0.989250435	0.992360105	0.98332581	0.970245236
mayo			-	0.985008577	0.948458344	0.982669253	0.975267673
junio				-	0.988304032	0.997112331	0.994512526
julio					-	0.975332149	0.968770338
agosto						-	0.996806118
septiembre							-



En el Cuadro 7 se muestra el número de nemátodos encontrados en los contenidos estomacales de los ajolotes. Se muestran estos resultados porque aunque son parte del contenido estomacal no son parte de la dieta, ya que estos son parásitos. Éstos fueron encontrados en 21 de los 60 estómagos analizados (35%).

Cuadro 7. Porcentaje de aparición de nemátodos para cada mes, para la población de *Ambystoma rivulare* de Buenavista, México. El primer número representa el número de estómagos en que apareció determinada presa; el número entre paréntesis representa el total de contenidos estomacales analizados en ese mes; el número después del signo de igual representa el porcentaje de estómagos en los que apareció determinada presa.

Mes	Nemátodos
Marzo	2(8)=25
Abril	3(7)=43
Mayo	1(6)=17
Junio	3(11)=27
Julio	3(10)=30
Agosto	5(9)=56
Septiembre	4(9)=44



DISCUSIÓN

El 8.3% de los estómagos analizados de la población de *Ambystoma rivulare* estuvieron vacíos. Éste es un porcentaje relativamente alto comparado con otras especies en donde se ha reportado un porcentaje de estómagos vacíos del 2 al 2.5% para larvas de *Ambystoma* (*A. cingulatum*, Whiles *et al.*, 2004; *A. mabee*, McCoy y Savitsky 2004; *A. tigrinum*, Tyler y Buscher 1980). Sin embargo, algunas especies tienen proporciones similarmente altas de estómagos vacíos comparadas con *A. rivulare*. Bardwell *et al.*, (2007), reportaron que el 6% de los estómagos de las larvas de *A. jeffersonianum* estaba vacío. Para larvas de *A. altamiranoi*, otra especie endémica y en peligro de extinción, de los alrededores de la Ciudad de México, el porcentaje de estómagos vacíos encontrado fue de 13.3% del total de individuos examinados (Lemos-Espinal comunicación personal - 2014). Este porcentaje relativamente alto de estómagos vacíos sugiere que las larvas de *A. rivulare* en esta población podrían estar frecuentemente limitadas por el recurso alimento y que pudieran estar enfrentando una situación muy difícil en cuanto a su dieta (Huey *et al.*, 2001), esto quizá pudiera ser consecuencia de la contaminación o destrucción del hábitat que existe en el área de estudio, ocasionando la reducción de presas disponibles, causando una mayor competencia entre organismos. Esto coincide con lo reportado por Chaparro-Herrera *et al.*, (2013), donde el agua contaminada redujo el consumo de presas por *A. mexicanum*.

En la población estudiada los ostrácodos dominaron la dieta, representando casi el 90% de las presas consumidas. El número de ostrácodos encontrados en el estómago de un individuo incrementó con el tamaño corporal, pero la proporción de las



presas que no fueron ostrácodos no varió con el tamaño del cuerpo. Por lo que aparentemente los ostrácodos son la presa más importante consumida por esta población. Esto está relacionado con el valor obtenido del IRIp para las presa ostrácodos (160.5), un valor muy por encima del valor obtenido para cualquier otra presa. Quizá, es posible que el alto consumo de ostrácodos se deba a la biología y abundancia de este organismo, Canudo en el 2002, reportó que los ostrácodos pueden alcanzar una alta tasa de reproducción y que algunas especies lacustres pueden llegar a ser adultas en un mes, siendo su ciclo vital no mayor a un año. Estos organismos son ovíparos. Los huevos son muy resistentes a la desecación o al frío, permitiéndoles sobrevivir en estaciones secas e inviernos severos. Los ostrácodos tienen una amplia distribución debido a que son tolerantes a diferentes factores ambientales. Lo anterior podría permitir una amplia disposición de ostrácodos que se convertirían en presas de *A. rivulare*.

Otros estudios muestran que las larvas de *Ambystoma* consumen frecuentemente ostrácodos y son una presa muy importante para algunas especies (por ejemplo: McWilliams y Bachmann 1989, Tyler y Buscher 1990, Nyman 1991, Ghioca-Robrecht y Smith 2008). En arroyos del Eje Transvolcánico, los ostrácodos son más abundantes en los estómagos de larvas de *A. ordinarium* que viven en las partes de arroyos que no están perturbados por los humanos en comparación con los estómagos de larvas que viven en sitios perturbados (Ruíz-Martínez *et al.*, 2014). Los resultados obtenidos en el presente estudio no parecen apoyar esta observación, ya que las partes del arroyo del poblado de Buenavista que fueron muestreadas estaban muy perturbadas por las actividades humanas (presencia de basura, desviación del



arroyo, construcción de canales, etc.). Existen estudios donde los ostrácodos han sido utilizados como bioindicadores de diversos tipos de contaminación y calidad del agua, ya que estos organismos responden con variaciones en la abundancia, diversidad o composición taxonómica en sus poblaciones. Rosenfeld *et al.*, 2000, encontró que en los ríos contaminados por descargas de asentamientos humanos las comunidades de ostrácodos presentan una zonación biótica que permite distinguir entre zonas de alta, moderada y baja contaminación, siendo más abundantes en zonas con mayor concentración de materia orgánica (mayor contaminación). Este estudio podría estar respaldando porque en el presente trabajo se encontró una alta tasa de consumo de estos organismos.

La segunda presa más abundante consumida fueron los gasterópodos que representan el 9% del número total de presas consumidas. El consumo de gasterópodos no cambió con el tamaño corporal y esta presa tuvo un IRIp 61.7. Es interesante que se haya encontrado un consumo de caracoles en esta población de *A. rivulare*, pero en una proporción relativamente baja comparada con otras poblaciones de larvas de *Ambystoma* en arroyos cerca de la Ciudad de México (por ejemplo: *A. altamiranoi*, Lemos-Espinal comunicación personal - 2014).

Ruíz-Martínez *et al.*, (2014), encontraron que el consumo de caracoles por *A. ordinarium* fue mayor en áreas con mayor perturbación por humanos y los resultados obtenidos en este trabajo indican que los gasterópodos en la dieta de *A. rivulare* son mayores del 1 – 2% de los caracoles encontrados en la dieta de *A. ordinarium*. Por lo que estos resultados sugieren que la relación entre la perturbación provocada por humanos, el consumo de presas y la disponibilidad de presas en estos arroyos necesita



ser examinada con más detalle. Esta información es importante para entender cómo la perturbación del ambiente de los arroyos provocada por humanos impacta a las poblaciones de estos organismos endémicos y amenazados.

Los nemátodos fueron observados en únicamente un tercio de los estómagos de *A. rivulare* analizados, con un promedio de infección de casi 15 organismos por estómago ocupado. Este nivel de infección es similar al obtenido en larvas de *A. tigrinum*, donde el 34 – 45% estaban parasitados (Brophy 1980, Tyler y Buscher 1980). Se han encontrado este tipo de oportunistas en el 94% de los estómagos de larvas de *A. jeffersonianum* (Bardwell *et al.*, 2007). En contraste, el nivel de la tasa de infección por estos organismos en *A. rivulare* es mucho más bajo que en larvas de *A. jeffersonianum* (94%; Bardwell *et al.*, 2007) y larvas de *A. mabeei* de Virginia (88.9%; McCoy y Savitsky 2004), pero sustancialmente mayor que en larvas de *A. mabeei* de Carolina del Norte (1.5%; McCoy y Savitsky 2004). Esta variación en las tasas de infección por nemátodos, sugiere, que se necesitan estudios que examinen las causas que conducen a la variación en la infección por este parásito, entre poblaciones y especies de *Ambystoma*, para aclarar, especialmente si la infección está relacionada con las condiciones ambientales o con las perturbaciones causadas por el ser humano.

Por otra parte, los resultados no muestran evidencias de canibalismo en las larvas de *Ambystoma rivulare* de la población de Buenavista. Lemos-Espinal *et al.*, (1999a), observaron canibalismo en larvas de esta población que mantenían en un recipiente de plástico. Sobre esta observación, ellos especularon que había cierta segregación de tallas en las larvas de *A. rivulare* que observaron en este arroyo (ver también Bille 2009) sugiriendo que esto era una consecuencia del canibalismo



mostrado en la población. Los resultados encontrados en este estudio sugieren que esta hipótesis no puede ser aplicada a la población de Buenavista y que otras explicaciones, tales como competencia, podrían estar ocasionando una segregación espacial por tallas entre las larvas de la población. Sin embargo, se necesitan estudios adicionales para poder explorar estas hipótesis.

El índice de amplitud de dieta fue muy bajo para todos los meses. Todos los valores, excepto el del mes de julio, fueron menores a 0.1, lo que indica una dieta especialista, en la que, aunque se utilizan varias presas, ésta está fuertemente dominada por un solo tipo de presa, en este caso los ostrácodos. El valor máximo se obtuvo para el mes de julio (0.105), lo que puede ser una indicación de que en ese mes hay mayor disponibilidad y riqueza de presas y los ajolotes pueden seleccionar sobre una mayor variedad de presas en comparación a otros meses.

El valor de sobreposición de la dieta fue muy similar para todos los meses, lo que indica que no hubo variación en el tipo ni proporción de las presas consumidas entre la época de secas y lluvias. Estos resultados de sobreposición alta junto con los de amplitud baja se deben a la dieta altamente especialista que tiene la población de *A. rivulare* de la localidad de Buenavista, México.

Estos resultados podrían indicar, que si las condiciones ambientales en el arroyo cambian, tal que los ostrácodos se vean afectados negativamente, entonces la persistencia a largo plazo de la población podría estar en peligro, ya que estos representan la base de su dieta.



Los resultados no muestran evidencia de un cambio en la composición de la dieta por el tamaño o por el sexo de *A. rivulare*, aunque el número de presas consumidas incrementa con el tamaño del organismo, esto puede ser consecuencia de que un mayor tamaño corporal requiere una mayor energía, en este caso obtenida de la dieta. Un cambio en la composición de la dieta es aparente en las larvas de otras especies de *Ambystoma*, incluyendo *A. cingulatum* (Whiles *et al.*, 2004), *A. jeffersonianum* (Bardwell *et al.*, 2007), *A. talpoideum* (Taylor *et al.*, 1988) y *A. tigrinum* (Dodson y Dodson 1971, Brophy 1980, Holomuzki y Collins 1987, Collins *et al.*, 199

El no haber encontrado este cambio en la dieta en relación con el cambio en el tamaño de *A. rivulare*, podría reflejar una ausencia en disponibilidad de otras presas más grandes en el arroyo del poblado de Buenavista. Desafortunadamente no se pudo cuantificar la disponibilidad ambiental de presas, pero las observaciones realizadas en este estudio indican que los ostrácodos fueron muy abundantes en las porciones de arroyo donde *A. rivulare* fue capturado y que las otras presas no fueron tan abundantes, por lo menos esto es cierto en las áreas pantanosas donde la visibilidad permite ver a las presas potenciales más claramente.



CONCLUSIÓN

- ✓ En conclusión, la dieta de *Ambystoma rivulare* en el arroyo del poblado Buenavista es muy especializada y está dominada por un solo tipo de presa, los ostrácodos.
- ✓ La dieta entre la época seca y de lluvias fue muy similar para todos los meses, lo que indica que no hubo variación en el tipo ni proporción de las presas consumidas.
- ✓ Los resultados en el índice de amplitud no muestran evidencia de un cambio en la composición de la dieta por el tamaño o por el sexo de *A. rivulare*,

Es necesario continuar las investigaciones que examinen la relación que existe entre la dieta y las condiciones ambientales de estos organismos, para tener un mejor entendimiento de cuáles son los factores, que permitan la conservación a largo plazo de las poblaciones de *A. rivulare*, así como de otras especies de *Ambystoma* de México.



LITERATURA CITADA

ADAMS, D. R. 1968. Stomach contents of the salamander *Batrachoseps attenuatus* in California. *Herpetologica*, 24, 170-172.

ARNETT, R. H. 2000. American Insects: A handbook of the insects of America North of Mexico. Second Edition. Insects Guides.

ATLAS VISUAL DE LA CIENCIA. 2006. Peces y Anfibios. Editorial Sol 90. Barcelona, España. 74 & 75 pp.

BARBOUR, R.W., & L.Y. LANCASTER. 1946. Food Habits of *Desmosognatus focus* in Kentucky. *Copeia* 1 48-49.

BARDWELL, J.H., C.M. RITZI, & J.H. PARKHURST. 2007. Dietary selection among different size classes of larval *Ambystoma jeffersonianum* (Jefferson Salamanders). *Northeastern Naturalist* 14: 293-299.

BILLE, T. 2009. Field observations on the salamanders (Caudata: Ambystomatidae, Plethodontidae) of Nevado de Toluca, Mexico. *Salamandra* 45: 155-164.

BORROR, D. J., & R. E. WHITE. 1998. A field guide to insects: America North of Mexico. Insects Guides.

BORROR, D. J., C. A. TRIPLEHORN & N. F. JOHNSON. 1989. Introduction to the Study of Insects. Harcourt College Publishers, New York. 875 p.

BRANDON, R.A., & R.G. ALTIG. 1973. Eggs and small larvae of two species of *Rhyacosiredon*. *Herpetologica* 29: 349-351.



BRIDE, I.G., R.A. GRIFFITHS, A. MELÉNDEZ-HERRADA, & T.E. MCKAY. 2008. Flying an amphibian flagship: Conservation of the axolotl *Ambystoma mexicanum* through nature tourism at Lake Xochimilco, Mexico. *International Zoological Yearbook* 42:116-124.

BROPHY, T. E. 1980. Food habits of sympatric larval *Ambystoma tigrinum* and *Notophthalmus viridescens*. *Journal of Herpetology* 14: 1-6.

CALDERÓN, S. I. A., & D. M. T. RODRÍGUEZ. 1986. Estado actual de las especies del género *Ambystoma* (Amphibia: Caudata) de algunos lagos y lagunas de Eje Neovolcánico Central. Tesis de Licenciatura ENEP-Iztacala, UNAM, México. 55 pp.

CANUDO, I. J. 2002. Manual de Micropaleontología. Universidad de Zaragoza, España. Eustoquio Molina Editor. Colección de textos Docentes. Primera edición. 401 & 410 pp.

CHAPARRO-HERRERA, D. DE J., S. NANDINI, & S.S.S. SARMA. 2013. Effect of water quality on the feeding ecology of axolotl *Ambystoma mexicanum*. *Journal of Limnology* 72: 555-563.

COLLINS, J. P., K. E. ZERBA & M. J. SREDL. 1994. Shaping intraspecific variation: Development, ecology and the evolution of morphology and life history variation in tiger salamanders. Pp. 169-185 In: Markow, T. A. ed., *Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications*. Kluwer Academic Publishers.

CONTRERAS, V., E. MARTÍNEZ-MEYER, E. VALIENTE, & L. ZAMBRANO. 2009. Recent declines and potential distribution in the last remnant area of the microendemic Mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *Biological Conservation* 142: 2881-2885.



DIARIO OFICIAL. 30 diciembre 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-2010, 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.

DODSON, S. I., & V. E. DODSON. 1971. The diet of *Ambystoma tigrinum* larvae from western Colorado. *Copeia* 1971: 614-624.

EATON, E. R. 2007. Kaufman Field Guide of Insects of North America. Kaufman Field Guides.

FARNER, S.D. 1947. Notes on the Food Habits of the Salamander of Crater Lake Oregon. *Copeia*. No.4.

FRÍAS-ÁLVAREZ, P., V.T. VREDENBURG, M. FAMILIAR-LÓPEZ, J.E. LONGCORE, E.GONZÁLEZ-BERNAL, G. SANTOS-BARRERA, L. ZAMBRANO, & G. PARRA-OLEA. 2008. Chytridiomycosis survey in wild and captive Mexican amphibians. *EcoHealth* 5: 18-26.

FRÍAS-ÁLVAREZ, P., J.J. ZÚNIGA-VEGA, & O. FLORES-VILLELA. 2010. A general assessment of the conservation status and decline trends of Mexican amphibians. *Biodiversity and Conservation* 19: 3699-3742.

GHIOCA-ROBRECHT, D. M., & L. M. SMITH. 2008. Feeding ecology of polymorphic larval barred tiger salamanders in playas of the Southern Great Plains. *Canadian Journal of Zoology* 86: 554-563.

GRIFFITHS, R. A., V. GRAUE, I. G. BRIDE, & J. E. MCKAY. 2004. Conservation of the axolotl (*Ambystoma mexicanum*) at Lake Xochimilco, Mexico. *Herpetological Bulletin* 89: 4-11.



HERNÁNDEZ-GARCÍA, E. 1989. Herpetofauna de la Sierra de Taxco, Guerrero. Tesis Facultad de Ciencias UNAM, México, D. F.

HOLOMUZKI, J. R., & J. P. COLLINS. 1987. Trophic dynamics of a top predator, *Ambystoma tigrinum nebulosum* (Caudata: Ambystomatidae) in a lentic community. *Copeia* 1987: 949-957.

HUACÚZ-ELÍAS, D. C. 2001. Estado de conservación del género *Ambystoma* en Michoacán, México. Universidad Michoacán de San Nicolás Hidalgo, UNAM, SEMARNAT. Morelia, Michoacán.

HUEY, R. B., E. R. PIANKA, & L. J. VITT. 2001. How often do lizards “run on empty”? *Ecology* 82: 1-7.

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.

LEMON 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.

LEMON-ESPINAL, J. A., R. E. BALLINGER, & G.R. SMITH. 1999a. *Ambystoma rivulare*. Cannibalism. *Herpetological Review* 30: 159.



- LEMONS 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.
- McCoy, M. W., & A. H. SAVITZKY.** 2004. Feeding ecology of larval *Ambystoma mabeei* (Urodela: Ambystomatidae). *Southeastern Naturalist* 3: 409-416.
- McWILLIAMS, S. R., & M. BACHMANN.** 1989. Foraging ecology and prey preference of pond-form larval small-mouthed salamanders, *Ambystoma texanum*. *Copeia* 1989: 948-961.
- NYMAN, S.** 1991. Ecological aspects of syntopic larvae of *Ambystoma maculatum* and the *A. laterale-jeffersonianum* complex in two New Jersey ponds. *Journal of Herpetology* 25: 505-509.
- PETRANKA, J. W., & J. G. PETRANKA.** 1981. On the evolution of nest site selection in the marbled salamander, *Ambystoma opacum*, *Copeia*, Vol. 1981, pg. 387-391
- PIANKA, E. R.** 1986. Ecology and natural history of desert lizards. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- PINKAS, L., M. S. OLIPANT & Z. L. IVERSON.** 1971. Food habits of albacore bluefin, tuna and bonito in California Waters. California Department Fish. Game, Fish Bulletin 152:1-1105. *Caribbean Journal of Science* 25: 667-670.
- 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.



- ROBLES-MENDOZA, C., C. GARCÍA-BASILIO, S. CRAM-HEYDRICH, M. HERNÁNDEZ-QUIROZ, & C. VANEGAS-PÉREZ.** 2009. Organophosphorus pesticide effect on early stages of the axolotl *Ambystoma mexicanum* (Amphibia: Caudata). *Chemosphere* 74: 703-710.
- ROSENFELD, A., R. ORTAL, & A. HONIGSTEIN.** 2000. Ostracodes as indicators of river pollution in Northern Israel. *Environmental Micropaleontology. Topics in Geobiology.* 15:167-180.
- RUIZ-MARTÍNEZ, L., J. ALVARADO-DÍAZ, I. SUAZO-ORTUÑO, & R. PÉREZ-MUNGUÍA.** 2014. Diet of *Ambystoma ordinarium* (Caudata: Ambystomatidae) in undisturbed and disturbed segments of a montane stream in the trans-Mexican Volcanic Belt. *Salamandra* 50: 63-70.
- TAYLOR, B. E., R. A. ESTES, J. H. K. PECHMANN, & R. D. SEMLITSCH.** 1988. Trophic relations in a temporary pond: Larval salamanders and their microinvertebrate prey. *Canadian Journal of Zoology* 66: 2191-2198.
- TAYLOR, E. H.** 1940. A new *Rhyacosiredon* (Caudata) from Western Mexico. *Herpetologica* 1: 171-176.
- TYLER, J. D., & H. N. BUSCHER.** 1980. Notes on a population of larval *Ambystoma tigrinum* (Ambystomatidae) from Cimarron County, Oklahoma. *Southwestern Naturalist* 25: 391-395.
- WHILES, M.R., J.B. JENSEN, J.G. PALIS, & W.G. DYER.** 2004. Diets of larval flatwoods salamanders, *Ambystoma cingulatum*, from Florida and South Carolina. *Journal of Herpetology* 38: 208-214.



WHITAKER J.J.O. & D.C. RUBIN. 1971. Food Habits of *Plethodon jordani metcalfi* and *P. jordani shermani* from North Carolina. *Herpetologica* 27:81-86.

YANEV KP. 1978. Evolutionary studies of the plethodontid salamander genus *Batrachoseps*. Ph.D. dissertation, University of California, Berkeley.

PÁGINA DE INTERNET:

UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (UICN). <http://iucn.org>

– consultada el 28 de Febrero del 2014.



ANEXO



ÁREA DE ESTUDIO, POBLADO DE BUENAVISTA, ESTADO DE MÉXICO



AMBYSTOMA RIVULARE





TRABAJO DE CAMPO





TRABAJO DE CAMPO





ARROYOS CONTAMINADOS POR ACTIVIDADES HUMANAS



PASTIZAL DE *FESTUCA SPP.* Y *MULHENBERGIA SPP*

ESPECIE INVASORA:

ONCORHYNCHUS MYKISS

