



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS**



**MAESTRÍA EN BIOLOGÍA INTEGRATIVA DE LA BIODIVERSIDAD Y
LA CONSERVACIÓN**

**ASPECTOS DEMOGRÁFICOS Y TRÓFICOS DE *AMBYSTOMA ALTAMIRANI*
EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNAS DE ZEMPOALA**

BIOL. JÉSICA GABRIELA GUERRERO DE LA PAZ

**DIRECTOR
DR. NORMAN MERCADO SILVA**

**COMITÉ SINODAL
DR. LUIS ZAMBRANO GONZÁLEZ
DR. RAÚL ERNESTO ALCALÁ MARTÍNEZ**

CUERNAVACA, MORELOS

DICIEMBRE, 2018

“Los ajolotes me han enseñado a fluir en la vida con serenidad, fuerza y gratitud”



Chel Salinas, 2018

“Jess y los ajolotes”, ilustración por Chel Salinas, 2018.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Al Dr. Norman Mercado Silva, por abrirme las puertas y hacer mancuerna trabajando con ajolotes, por su apoyo incondicional en el desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Raúl Alcalá Martínez, por sus valiosas aportaciones a este proyecto, por continuar apoyándome incondicionalmente en este camino de la ecología y conservación de anfibios.

Al Dr. Luis Zambrano González, por sus valiosas observaciones y seguimiento durante este proyecto, por compartirme de su amplia experiencia trabajando con estos seres maravillosos.

Al Dr. José Antonio Guerrero y al Dr. Víctor Jiménez Arcos por sus aportaciones y observaciones como revisores en la etapa final de este trabajo.

Al Biól. Eric Centenero Alcalá y a la Sra. Juanita Alcalá por su valiosa amistad y hospitalidad durante mi estancia en la UNAM FES Iztacala.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, al M. en C. Marcelo Aranda, al Biól. Jorge Chávez y a los guardaparques del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, por su apoyo durante el trabajo de campo.

A mis compañeros del posgrado que me apoyaron durante este trabajo: Ilse, Luz Teresa, Darely, Gabriel y Cecilia.

A mis amigos que me acompañaron durante el trabajo campo: Susi, José, Memo, Liz, Richie, Karencita, Marco, Samu e Isra.

Y claro, ¡Gracias a los increíbles ajolotes que me tienen tan enamorada y nunca dejarán de sorprenderme♥😊!

Quiero dedicar este trabajo con todo mi amor y cariño para mis padres: Maricela de la Paz y Jesús Guerrero; a mis hermanas de sangre: Mabel y Zuleica; y a mis hermanas del alma: Susi, Zyanya y Egna Victoria. Gracias por siempre estar, ¡Los amo♥!

RESUMEN. Factores antrópicos como la introducción de especies exóticas, la fragmentación del hábitat, la deforestación y la extracción de recursos hídricos, han ocasionado el declive de poblaciones de anfibios. *Ambystoma altamirani* (Caudata), un ajolote endémico de la Faja Neovolcánica Transmexicana y se encuentra en peligro de extinción. Hasta 2016 la especie estaba reportada para cuatro arroyos dentro del Parque Nacional Lagunas de Zempoala (PNLZ). En este trabajo se evalúan aspectos ambientales, demográficos y alimenticios de la especie que pudieran tener incidencia sobre la conservación de la especie. Durante un periodo de muestreo de octubre a diciembre 2017 se registró solamente una de las cuatro poblaciones previamente reportadas. Las observaciones y análisis estomacales sugieren que la introducción de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) puede ser la principal causa de la desaparición de poblaciones de *A. altamirani* en la zona. En 9 muestreos entre enero a diciembre del 2017 se capturaron 354 ejemplares y se marcaron 247 individuos, recapturándose el 56.9%. Usando datos de captura-recaptura de individuos juveniles y adultos se estimó la supervivencia, recaptura y transición de estadios con modelos multiestado. Según el modelo con mayor verosimilitud (98% de apoyo) la probabilidad de supervivencia en la población fue constante, pero la probabilidad de recaptura y transición de estadios variaron a través del tiempo. La probabilidad de supervivencia promedio en juveniles y adultos fue de 0.89 y de 0.97, respectivamente. El tamaño poblacional obtenido con el método de Schnabel fue de 211.70 individuos (142 - 215.7) Los datos alimenticios identificaron al ajolote como un organismo influyente sobre la estructura de la comunidad de macroinvertebrados. El 33.3% de los ítems (10 familias) encontrados en la dieta de los ajolotes también fueron encontrados en las dietas de las truchas.

ABSTRACT. Anthropogenic factors such as the introduction of exotic species, habitat fragmentation, deforestation and water extraction have caused the decline of amphibian populations. *Ambystoma altamirani* (Caudata), is an endemic axolotl of the Trans-Mexican Volcanic Belt and is in danger of extinction. Until 2016 the species was reported for four streams within the Lagunas de Zempoala National Park (PNLZ). Here I evaluate environmental, demographic and nutritional aspects of the species that could have an impact on its conservation in the PNLZ. During a sampling period from October to December 2017, only one of the four populations previously reported was found. Field observations and stomach content analysis of *A. altamirani* and resident Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) suggest that the introduction of the latter may be the main cause of the disappearance of *A. altamirani* populations in the area. In 9 samplings from January to December 2017 in the sole population found, 354 specimens were captured and 247 individuals were tagged, a recapture rate of 56.9%. Using capture-recapture data for juvenile and adult individuals, survival, recapture and transition of life stages with multistage models were estimated. According to the model with the highest likelihood (98% support), the probability of survival in the population was constant, but the probability of recapture and transition of stages varied over time. The average survival probability in juveniles and adults was 0.89 and 0.97, respectively. The population size obtained with the Schnabel method was 211.70 individuals (142 - 215.7). Diet data identified the axolotl as an influential organism on the structure of the macroinvertebrate community. I observed important overlap (33.3%) between axolotl and trout diets (10 families of invertebrates).

INDICE

1. Introducción	13
2. Marco teórico	16
2.1 Salamandras y ajolotes.....	16
2.2 Factores antropogénicos que afectan a los anfibios.....	19
2.2.1 Calidad del agua.....	20
2.2.2 Especies exóticas invasoras.....	21
2.3 Aspectos demográficos.....	22
2.3.1 Métodos de captura-recaptura.....	23
2.3.2 Modelos multiestado.....	24
2.4 Aspectos tróficos.....	25
3. Justificación	26
4. Objetivos	26
5. Metodología	27
5.1 Área de Estudio.....	27
5.2 Elemento uno: Estudio de presencia-ausencia y variables ambientales.....	37
5.3 Elemento dos: Análisis poblacional.....	39
5.3.1 Tamaño Poblacional.....	41
5.3.2 Modelo demográfico (selección de los modelos multiestado).....	42
5.4 Elemento tres: Análisis trófico.....	46
5.4.1 Disponibilidad de alimento.....	46
5.4.2 Lavados estomacales ajolotes.....	47
5.4.3 Contenidos estomacales truchas.....	48
5.4.4 Frecuencia de aparición.....	48
6. Resultados	49
6.1 Elemento uno. Estudio presencia-ausencia y variables ambientales.....	49
6.2 Elemento dos. Análisis poblacional.....	55
6.3 Elemento tres. Análisis trófico.....	59
6.3.1 Disponibilidad de alimento.....	59
6.3.2 Lavados estomacales ajolotes y frecuencia de aparición.....	59
6.3.3 Contenidos estomacales de truchas.....	62
6.3.4 Comparativo de dieta entre ajolotes y truchas.....	62
7. Discusión	66
8. Bibliografía	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	15
----------------------	----

Especies endémicas del género *Ambystoma* en México y sus categorías bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010, la lista roja de las especies de la Unión Internacional para la Conservación de Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) y por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)

Tabla 2	29
----------------------	----

Arroyos de estudio e información respecto su origen y distribución de agua en los poblados de Huitzilac, Morelos y Ocuilan de Arteaga, Estado de México.

Tabla 3	43
----------------------	----

Ejemplo de historias de encuentro de individuos encontrados en estadio juvenil (J) y adulto (A) y su interpretación.

Tabla 4	45
----------------------	----

Modelos que fueron ajustados con los datos de captura y recaptura de ajolotes del PNLZ en el programa MARK, considerando que la probabilidad de supervivencia (ϕ), la probabilidad de recaptura (p) y la probabilidad de transición de estadios (Ψ) pueden ser constantes (.) o diferentes a través del tiempo (t).

Tabla 5	50
----------------------	----

Valores eigen (autovalores) de los componentes principales del ACP llevado a cabo utilizando los valores de fisicoquímica del agua y características del hábitat para todos los sitios de muestreo en los cuatro arroyos del PNLZ.

Tabla 6	51
----------------------	----

Contribución de las variables para cada componente. Los valores marcados muestran las correlaciones más altas.

Tabla 7	54
----------------------	----

Modelo Lineal Generalizado para las variables del ambiente y abundancia en los cuatro sitios.

Tabla 8.....57

Resultados de los 8 modelos ajustados con los datos de captura y recaptura en el programa MARK de la población *Ambystoma altamirani* del PNLZ considerando que la probabilidad de supervivencia (ϕ), la probabilidad de recaptura (p) y la probabilidad de transición de estadios(Ψ) pueden ser constantes (.) o diferentes a través del tiempo (t). Para cada modelo se presenta el criterio de información de Akaike (AIC), la diferencia entre los valores del AIC y el modelo con el menor AIC (Δ AIC) y el peso de cada modelo (w AIC).

Tabla 9.....58

Promedios ponderados entre ocasión para la probabilidad de supervivencia anual (ϕ), recaptura(p) y transición (Ψ) en juveniles y adultos de *A. altamirani* del arroyo Quila en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala.

Tabla 10.....60

Diversidad de macroinvertebrados identificados a nivel de familia en un muestreo por temporada (fría-seca, lluvia y fría húmeda) en dos puntos dentro del arroyo Quila en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala

Tabla 11.....61

Contenidos estomacales de individuos de *Ambystoma altamirani* (N= 47 estómagos) del arroyo Quila, Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Se indica el número de ítems y el número de estómagos, los porcentajes del total de ítems entre paréntesis. 613 ítems en 43 estómagos.

Tabla 12.....62

Contenidos estomacales de *Onchorhynchus mykiss* (trucha arcoíris) (N= 70 estómagos, 48 con contenido y 22 vacíos) de los arroyos Las Trancas y Tonatiahua, Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Se indica el número de ítems y el número de estómagos, los porcentajes del total de ítems entre paréntesis. 592 ítems en 48 estómagos.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	30
Mapa del Parque Nacional Lagunas de Zempoala y los polígonos de las áreas parciales de cuenca de los arroyos donde se ubicaron los sitios de estudio: Trancas, Tonatiahua, Quila y el Pocito.	
Figura 2	32
Mapa del Parque Nacional Lagunas de Zempoala y los polígonos de las áreas parciales de cuenca de los arroyos donde se ubicaron los sitios de estudio: Trancas, Tonatiahua, Quila y el Pocito.	
Figura 3	33
Mapa parcial del arroyo “Tonatiahua” indicando los puntos de muestreo y la laguna de Tonatiahua que es el punto de descarga para el arroyo.	
Figura 4	34
Mapa parcial del arroyo “Quila” indicando los puntos de muestreo y la laguna de Zempoala que es el punto de descarga para el arroyo. Actualmente esta laguna se encuentra seca y sólo en temporada de lluvias se encharca el agua.	
Figura 5	35
Mapa parcial del arroyo “El Pocito” indicando los puntos de muestreo y la laguna de Zempoala que es el punto de descarga para el arroyo.	
Figura 6	36
Diagrama esquemático de la metodología del muestreo en campo y análisis para los tres elementos del estudio de aspectos demográficos y tróficos de <i>Ambystoma altamirani</i> y su conservación en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala.	
Figura 7	52
Asociación de las variables de fisicoquímica del agua y características del hábitat para todos los sitios de muestreo en los cuatro arroyos del PNLZ.	

Figura 8.....53

Distribución de los sitios (Las Trancas, Tonatiahua, El Pocito y Quila) en el espacio generado por el componente principales.

Figura 9.....56

Capturas y recapturas de *A. altamirani* del arroyo Quila en temporada de fría-seca (enero, febrero y marzo 2017), temporada de lluvia (julio, agosto, septiembre 2017) y temporada fría-húmeda (octubre, noviembre y diciembre 2017).

Figura 10.....64

Familias más abundantes en los contenidos estomacales de *Ambystoma altamirani* y proporción en porcentaje de ítems. Baetidae (51.87%), Hydropsychidae (15.49%) y Heptageniidae (15%).

Figura 11.....65

Familias más abundantes en los contenidos estomacales de *O. mykiss* y proporción en porcentaje de ítems. Baetidae (16.89%), Chironomidae (13.51%) y Hydroptilidae (12.67%).

1.-INTRODUCCIÓN

Los anfibios son el grupo de vertebrados más amenazados a nivel mundial debido a sus requerimientos biológicos y ecológicos durante su ciclo de vida. La dependencia de cuerpos de agua, así como zonas con alta humedad los hacen muy sensibles a los cambios ambientales (Houlahan *et al.*, 2000). Factores como la tala de bosques, la extracción del recurso hídrico, la pérdida de la vegetación (Alford y Richards, 1999), el incremento de la radiación UV-B (Blaustein *et al.*, 2001), enfermedades como la quitridomicosis (Blaustein *et al.*, 1994), contaminantes como pesticidas, fungicidas y fertilizantes (Sparling *et al.*, 2001) y la introducción de especies exóticas invasoras (Blaustein y Keisecker, 2002) son asociados con la disminución o extinción de poblaciones. No obstante, la pérdida de especies de anfibios no es aleatoria en términos de las preferencias ecológicas de las especies o poblaciones. Está documentado que las especies que habitan en zonas montañosas-neotropicales asociadas a corrientes de arroyos y ríos son más vulnerables que especies habitando otras zonas (Stuart *et al.*, 2004).

En México, las salamandras del género *Ambystoma* son uno de los grupos de anfibios más amenazados (NOM 059- SEMARNAT, 2010). Las especies del género se distribuyen en zonas de montaña, asociadas a cuerpos de agua loticos y lenticos. En México de las 17 especies registradas, 16 son endémicas. A pesar de que aproximadamente el 70% de especies se encuentran dentro de un área natural protegida (ANP), muchas poblaciones se encuentran distribuidas fuera de ellas y dentro de diferentes categorías de importancia y protección (Tabla 1).

Dentro del PNLZ en los estados de México y Morelos, se encuentra *A. altamirani*, la cual es un ícono emblemático del parque. Sin embargo, la información sobre su historia natural, biología, ecología y estado de conservación es escasa. El objetivo del presente trabajo fue generar información sobre las poblaciones presentes dentro de los arroyos en dónde se reportaron previamente (Las Trancas, Tonatiahua, El Pocito y Quila).

Tabla 1. Especies endémicas del género *Ambystoma* en México y sus categorías bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010, la lista roja de las especies de la Unión Internacional para la Conservación de Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) y por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

ESPECIE	NOM-059-SEMARNAT-2010	LISTA ROJA IUCN	CITES (Apéndice)
<i>Ambystoma altamirani</i>	Amenazada	En peligro	No aparece
<i>Ambystoma amblycephalum</i>	Protección especial	En peligro crítico	No aparece
<i>Ambystoma andersoni</i>	Protección especial	En peligro crítico	No aparece
<i>Ambystoma bombypellum</i>	Protección especial	En peligro crítico	No aparece
<i>Ambystoma dumerilii</i>	Protección especial	En peligro crítico	Si aparece (II)
<i>Ambystoma flavipiperatum</i>	Protección especial	En peligro	No aparece
<i>Ambystoma granulatum</i>	Protección especial	En peligro crítico	No aparece
<i>Ambystoma leorae</i>	Amenazada	En peligro crítico	No aparece
<i>Ambystoma lermaense</i>	Protección especial	En peligro	No aparece
<i>Ambystoma mexicanum</i>	En peligro de extinción	En peligro crítico	Si aparece (II)
<i>Ambystoma ordinarium</i>	Protección especial	En peligro	No aparece
<i>Ambystoma rivulare</i>	Amenazada	Datos deficientes	No aparece
<i>Ambystoma rosaceum</i>	Protección especial	Menor preocupación	No aparece
<i>Ambystoma taylori</i>	Protección especial	En peligro crítico	No aparece
<i>Ambystoma velasci</i>	Protección especial	Menor preocupación	No aparece
<i>Ambystoma silvense</i>	Sin categoría	Datos deficientes	No aparece

2.- MARCO TEÓRICO

2.1 Salamandras y ajolotes

El orden Caudata tiene 714 especies a nivel mundial y está representado por salamandras, tritones y ajolotes (Frost, 2018). Estos organismos son excelentes indicadores de biodiversidad e integridad del ecosistema en ambientes tropicales y templados (Welsh y Droege, 2001).

La familia Ambystomatidae está representada por 37 especies de salamandras y ajolotes a nivel mundial. En México se encuentran 17 especies (Frost, 2018), de las cuales 16 son endémicas (Parra-Olea *et al.*, 2014) (Tabla 1). La distribución de los ambistomátidos es en Canadá, Estados Unidos, y México (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayen, 2010). Entre las características diagnósticas de los ambistomátidos están que las larvas o adultos acuáticos presentan tres pares de branquias externas, filamentosas con branquiespinas ocultas en la base de las branquias, la cola aplanada dorsolateralmente en forma de aleta, y pulmones poco desarrollados. Los adultos terrestres tienen cuerpos robustos, alargados y extremidades cortas, pulmones desarrollados, cabeza amplia con ojos pequeños y surcos costales prominentes (Larson, 1996; Guerrero-de la Paz, 2016). Algunas especies tienen la capacidad de reproducirse cuando aún cuentan con características de etapas larvarias, a lo que se conoce como paedomorfosis. Los ambistomátidos pueden habitar en cuerpos de agua tanto lénticos como lóticos (Canseco-Márquez y Gutiérrez Mayen, 2010; Soto- Rojas, 2012).

*Taxonomía, biología y antecedentes de *Ambystoma altamirani**

La taxonomía de *A. altamirani* ha cambiado a lo largo del tiempo. Taylor y Smith (1945) describieron a *A. zempoalense* para las lagunas de Zempoala a mediados del siglo XX con base en un registro nuevo al sur de la localidad tipo para *A. altamirani*, entre los estados de México y Morelos. Su descripción fue con base en las características morfológicas de *A. altamirani*, pero se diferenció de esta por tener extremidades más esbeltas, las puntas de los labios y dedos de color blanco. Aunque Taylor y Smith (1945) presentaron como localidad tipo las Lagunas de Zempoala, Maldonado-Koerdell (1947) consideró a *A. zempoalense* exclusiva de la Quinta Laguna de Zempoala (“Quila”). Sin embargo, dado que *A. altamirani* se ha registrado a no más de 400 m de la localidad tipo de *A. zempoalense*, Uribe-Peña *et al.* (1999) señalaron que *A. zempoalense* no está restringida a Quila, sino que también se encuentra en otros arroyos de la zona y la laguna Zempoala.

Reyli y Brandon (1999) fueron los primeros en cuestionar la taxonomía de *A. zempoalense*, respecto de *A. altamirani*. Por otra parte, Shaffer y Mc. Knight (1996) Casas-Andreu *et al.* (1997) y Uribe-Peña *et al.* (1999) la consideraron una especie válida. Más tarde Matías-Ferrer (2006) realizó la diferenciación genética y sistemática de *A. altamirani*, *A. leorae*, *A. rivulare* y *A. zempoalense*. Determinó que *A. zempoalense* es muy parecida a *A. altamirani*. Las diferencias entre ambas son mínimas y los intervalos de variación de ambas especies se solaparon, además de que presentaron una distancia genética de 0.9-1.3%. Por ello, éste mismo autor sugirió sinonimizar las cuatro especies (ponerlas aquí) bajo *A. altamirani*. Es

importante destacar que existen dos morfotipos: uno que caracteriza a los ajolotes de aguas lóaticas y otro característico de ambientes lénticos.

Ambystoma altamirani es una especie endémica de ajolote que se encuentra distribuida en la Faja volcánica transmexicana (Lemos-Espinal *et al.*, 2015). Se le encuentra en Villa del Carbón (Estado de México), las partes altas de Sierra de las Cruces, Sierra del Ajusco, Cañada de Contreras (Estado de México - Ciudad de México), Lagunas de Zempoala (Morelos y Estado de México,) y, en la parte alta de la Cuenca del Lerma y límites del área metropolitana de la Ciudad de México (Reilly y Brandon, 1994, Lemos-Espinal *et al.*, 2015, Woolrich- Piña *et al.*, 2017) De acuerdo con la lista roja de las especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) se encuentra en categoría de “peligro de extinción” y en categoría de “Amenazada” bajo la NOM-SEMARNAT-059-2010, debido a una grave reducción de sus poblaciones (Shaffer *et al.*, 2008).

Las poblaciones de *A. altamirani* se encuentran generalmente a altitudes entre los 2700 y 3450 msnm, habitando en bosques de coníferas en ambientes sombríos, húmedos y en el fondo de cuerpos de agua (Uribe-Peña *et al.*, 1999; Lemos-Espinal *et al.*, 2016). Para la especie se han reportado puestas de 19 a 23 huevos en el mes de junio, los cuales son depositados en plantas acuáticas cerca de la superficie (Lemos-Espinal *et al.*, 2016). Su dieta consiste de ostrácodos, gasterópodos, dípteros, lepidópteros y tricópteros (Lemos-Espinal *et al.*, 2015). Mendoza-Almeralla *et al.* (2015) reporta la presencia del hongo que provoca la quitridiomycosis (*Batrachochytrium dendrobatidis*) en esta especie.

En el Parque Nacional Lagunas de Zempoala (PNLZ) además de los trabajos descriptivos para la especie y mencionados en líneas anteriores solo se ha realizado un monitoreo, del año 2003 al 2008, donde se ubicaron poblaciones de *A. altamirani* en los arroyos Tonatiahua, Quila, Las Trancas y El Pocito (CONANP, 2009).

2. 2 Factores antropogénicos que afectan a los anfibios

El declive de las poblaciones de anfibios está ocurriendo rápidamente a una escala global (Gibbon *et al.*, 2000). Algunas causas del declive son la introducción de especies exóticas (depredadores, competidores, patógenos), las enfermedades infecciosas emergentes (hongos quítridos, ranavirus), la sobreexplotación de recursos acuáticos y la degradación y fragmentación del hábitat (Young *et al.*, 2001; Collins y Storfer, 2003). En México, numerosos anfibios han sufrido reducciones en sus poblaciones debido a que las causas antes mencionadas están operando en sinergia (Frías-Álvarez *et al.*, 2010; Parra-Olea *et al.*, 2014). Está documentado que los eventos más graves, rápidos y masivos de mortalidad en anfibios han ocurrido en numerosos puntos de EUA, Canadá y Centro América, pero se sabe poco sobre el estado de las poblaciones en México (Rovito *et al.* 2009, Wilson *et al.*, 2010; Lips *et al.*, 2004). El efecto del deterioro de la calidad del agua y las especies exóticas pueden ser dos de los factores más importantes afectando a *A. altamirani* y por ello se discuten a continuación.

2.2.1 Calidad del agua

Dado que la mayoría de las especies de anfibios pasan parte o incluso todo su ciclo de vida dentro del agua (Dodd, 2010) la calidad y fisicoquímica de ésta influye directamente sobre su desarrollo y supervivencia (Pollet y Bendell-Young, 2000). La conductividad y la concentración de oxígeno, por ejemplo, son importantes para el desarrollo y el proceso metamórfico del género *Ambystoma* (Shaffer, 1989; Contreras *et al.*, 2009). La afectación de la conductividad eléctrica del agua por el uso de fertilizantes y productos químicos (Smith *et al.*, 2007) influye negativamente en algunas especies de salamandras afectando sus niveles de corticosterona disminuyendo su capacidad consumo de presas y por ende afectando su supervivencia (Chambers, 2011). Bajas concentraciones de oxígeno disuelto (<40% OD) provocan un desarrollo embrionario lento y baja tasa en la supervivencia de huevos y crías (Mills *et al.*, 2001), también un bajo nivel en el pH puede dar lugar a una alta mortalidad de los huevos, anomalías en el desarrollo y disminución en sus poblaciones (Pough y Wilson, 1977; Horne y Dunson, 1995).

2.2.2 Especies exóticas invasoras

La introducción de especies exóticas invasoras, ya sea de manera accidental o intencional representa uno de los impactos antropogénicos más perjudiciales en

sistemas acuáticos (Vitousek et al., 1997; Lovell et al., 2006). Las especies no nativas generalmente presentan alta capacidad de persistir, establecerse y colonizar, y suelen generar impactos negativos severos sobre los ecosistemas receptores. Por ejemplo, las especies exóticas invasoras han jugado un papel en la extinción de aproximadamente el 40% de las especies nativas de anfibios que han desaparecido (Pimentel et al., 2001, Russell & Blackburn, 2017). Las especies exóticas invasoras son la segunda causa de amenaza y extinción de especies, precedida tan sólo por la pérdida de hábitat (Lowe et al., 2004).

La alteración del sistema dulceacuícola por especies exóticas invasoras puede ocurrir de forma tanto directa como indirecta. Respecto a la directa, se puede correlacionar la disminución de las poblaciones de especies nativas con el aumento de las poblaciones de especies no nativas, debido a la depredación y/o competencia por los recursos. En cuanto a la indirecta, especies exóticas invasoras pueden modificar el entorno y los ciclos de nutrientes creando condiciones no propicias para especies nativas (Zambrano et al., 1999). Ambos modos de afectación han sido documentados en especies del género *Ambystoma* en México (Zambrano y Valiente, 2008).

Cuatro de las 100 peores especies exóticas invasoras acuáticas a nivel mundial (IUCN, 2004) se encuentran en México: *Cyprinus carpio* (carpa común), *Onchorhynchus mykiss* (trucha arcoíris), *Micropterus salmoides* (perca americana) y *Oreochromis sp.* (tilapia) (Lowe et al., 2004). Dos de ellas (*C. carpio* y *O. mykiss*) fueron introducidas en 1965 y se encuentran actualmente en el PNLZ (CONANP, 2008). La carpa herbívora (*Ctenopharygodon idella*) fue introducida con la finalidad

de controlar la vegetación acuática; la carpa común (*C. carpio*) con la finalidad de promover la pesca y la trucha arcoíris (*O. mykiss*) para fomentar la pesca deportiva (Contreras-MacBeath y Urbina, 1995). Los lagos en el PNLZ han sido manejados como reservorios para la producción piscícola y para la recreación (Contreras-MacBeath y Urbina, 1995) y *Ambystoma altamirani* puede estar siendo afectada por los peces invasores, como se ha descrito en otras poblaciones de la especie (Estrella- Zamora *et al.*, 2018).

2.3 Aspectos demográficos

El estudio a nivel poblacional requiere del conocimiento estructural de la misma. La demografía ecológica o poblacional es una disciplina que estudia el número de individuos representantes de una especie y su distribución espacial y temporal (Begon *et al.*, 2006). La dinámica poblacional estudia cómo varía el número de individuos en una población a lo largo del tiempo y los factores que influyen en dicho número (Begon *et al.*, 1990). Tomando aspectos de la dinámica poblacional, la demografía ecológica se enfoca en el análisis de parámetros básicos como natalidad (B), mortalidad (D), inmigración (I) y emigración (E) (Begon *et al.*, 2006). La estimación de las tendencias demográficas es fundamental en el análisis de viabilidad de una población y guía las acciones de conservación de especies en peligro (Zuñiga-Vega *et al.*, 2008). La investigación de la dinámica de poblaciones también proporciona una visión de las estrategias de historia de vida desarrolladas por especies y poblaciones distintas (Metcalf y Parvard, 2007).

Debido al complejo ciclo de vida de los anfibios, es difícil recopilar información completa de sus datos demográficos (Schmidt *et al.*, 2002). Sin embargo, utilizando métodos de captura-recaptura y modelos multiestado es posible estimar su crecimiento poblacional, supervivencia y reclutamiento, para comprender la dinámica de sus poblaciones (Nichols *et al.*, 2000; Biek *et al.*, 2002).

2.3.1 Métodos de captura-recaptura

El método de captura-recaptura se basa en la captura de individuos que son marcados individualmente, de manera que se les puede identificar en futuras ocasiones de muestreo (Caswell *et al.*, 1999). Cinco son los supuestos que se deben cumplir en este método para una inferencia válida (Lindberg y Rextad, 2002; Lemos-Espinal *et al.*, 2005):

- 1) Todos los individuos marcados en la población deben ser reconocidos y las marcas deben de tener una duración mínima que abarque el tiempo total del experimento.
- 2) Los animales no aprenden a evitar ser marcados y el marcaje no afecta su conducta.
- 3) Todo proceso que involucre la captura, manipulación y marcaje, no afecta la supervivencia natural del animal.
- 4) El marcaje de un individuo es independiente y no afecta a otro individuo.
- 5) Debe de existir un lapso entre el día en el que se marca, libera y se recaptura a los organismos, con el fin de que los individuos marcados y los no marcados se

distribuyan de manera uniforme dentro de la población (Lindberg y Rextad, 2002; Lemos-Espinal *et al.*, 2005).

Algunas técnicas de marcaje en anfibios son las etiquetas codificadas con alambre, el corte de dedos (Clarke, 1972), tatuajes (Perret y Joly, 2002), el marcaje con hielo seco (Beebee, 1996), las bandas elásticas con cuentas (Gavin y Haas, 1989), el etiquetado con radioisótopos, el reconocimiento por fotografías de características únicas (Gill, 1987, Bailey, 2004;), el implante inteligente (chip) (Perret y Joly, 2002), las etiquetas alfanuméricas (Gower *et al.*, 2006), y los elastómeros (VIE) (Bailey, 2004) (Murray y Fuller, 2000; Heemeyer y Homyack, 2007).

2.3.2 Modelos multiestado

Utilizando las técnicas de marcaje, se pueden obtener datos que son necesarios para su implementación en modelos multiestado. Los modelos multiestado son una serie de modelos demográficos que permiten estimar las probabilidades de supervivencia (ϕ), recaptura (p) y movimiento o transición (ψ) de organismos en una población (Cooch y White, 2017). Proporcionan un marco para modelar diversas situaciones, como aspectos espaciales y/o de variación individual, es decir, de cómo cada individuo cambia a través de espacio-tiempo y de la dinámica poblacional (Lebreton y Pradel 2002). Algunas de las aplicaciones más importantes de estos modelos son la estimación de supervivencia en diferentes estratos de una población (p.e., entre individuos reproductivos y no reproductivos), las tasas de transición de juveniles a adultos y el movimiento de individuos de un sitio a otro (White *et al.*, 2006).

2.4 Aspectos tróficos

Los estudios de los hábitos alimenticios de los anfibios son importantes para conocer su historia natural y comprender como estos organismos se insertan en los procesos de flujo energético y el ciclo de nutrientes del cuerpo de agua en el que se desarrollan (Crump, 2010; Crovetto *et al.*, 2012). El análisis de la composición de su dieta ayuda a comprender el papel de los ajolotes como depredadores dentro de su hábitat (Cecala *et al.*, 2007). En ausencia de peces, los ajolotes son a menudo los depredadores superiores y pueden estructurar comunidades como los macroinvertebrados a través de la depredación (Davic y Welsch, 2004).

Anteriormente, en los estudios de dieta se sacrificaban un gran número de anfibios para diseccionar y examinar su contenido estomacal (Solé y Rödder, 2010). Actualmente esta no es una opción aceptable debido a que numerosas especies se encuentran en declive o en peligro de extinción (Stuart *et al.* 2004). Una técnica efectiva y no letal para examinar las dietas de anfibios es la utilización de lavados estomacales; esta técnica se ha utilizado en anfibios desde 1976 (Fraser, 1976). Otra técnica que no implica la muerte de los organismos es el análisis de dieta con muestras fecales (Crovetto *et al.*, 2012). En México la dieta de los ajolotes ha sido poco estudiada (Cortés, 2003; Valiente, 2006; Chaparro- Herrera, 2007; Zambrano, 2010; Ruíz- Martínez, 2014 y Lemos- Espinal *et al.*, 2015). Sin embargo, se ha utilizado la técnica de lavados estomacales (Legler y Sullivan, 1979), no es tan

precisa como la disección, pero representa una alternativa viable para especies en peligro o amenazadas.

3. JUSTIFICACIÓN

El Área Natural Protegida PNLZ carece de información puntual acerca del estado actual de las poblaciones de *A. altamirani* a 10 años del último estudio, pese a que es una especie bandera e ícono del parque. El presente trabajo aporta información para identificar factores antrópicos que pueden afectar a *A. altamirani* dentro del PNLZ y evaluar aspectos demográficos y tróficos de las poblaciones existentes, información que puede usarse en un futuro para el desarrollo de estrategias de conservación.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar aspectos demográficos y tróficos de las poblaciones existentes de *A. altamirani* en el PNLZ con el objetivo de generar información para futuros esfuerzos relacionados a su conservación.

4.2 Objetivos particulares

- Realizar un estudio de presencia-ausencia de *A. altamirani* en los arroyos del PNLZ donde la especie fue reportada previamente por el trabajo de monitoreo del ajolote realizado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2009).

- Cuantificar las variables ambientales y evaluar su relación con la ocurrencia de *A. altamirani*.
- Estimar las probabilidades de supervivencia (ϕ), recaptura (p) y las probabilidades de transición entre estadios (ψ) de las poblaciones de *A. altamirani* en arroyos del PNLZ.
- Realizar un estudio de disponibilidad de alimento y dieta de *A. altamirani*, y comparación de dieta con *Onchorhynchus mykiss* (trucha arcoíris).

5. METODOLOGÍA

5.1 Área de Estudio

El Parque Nacional Lagunas de Zempoala (PNLZ), se ubica aproximadamente a los 19° 06' 00" de latitud Norte y 99° 16' 00" de longitud Oeste, a altitudes de 2 400 - 3,000 msnm. Comprende 4,790 ha, las cuales el 82.78% corresponden al Estado de México y el 17.22% al de Morelos (Vargas-Márquez, 1977). Tiene una subzona de uso público de 146 ha., 132 ha en el Estado de México y 14 ha. en el Estado de Morelos (DOF, 2012). Se ubica en la Región Hidrológica 18 "Balsas", cuenca 18 F "Río Amacuzac", y la subcuenca 18Fd "Río Tembembe" (CONANP,2008). Esta ANP se caracteriza por tener un clima de tipo templado subhúmedo, temperatura media anual entre 12 y 18°C y semifrío, temperatura media anual entre 5 y 12°C. Con una precipitación de 1550.6mm anuales. Sus inclinaciones montañosas o pendientes forman desagües naturales los cuales fluyen el agua de las partes altas a las zonas bajas formando cuerpos de agua y arroyos en donde habitan especies de peces,

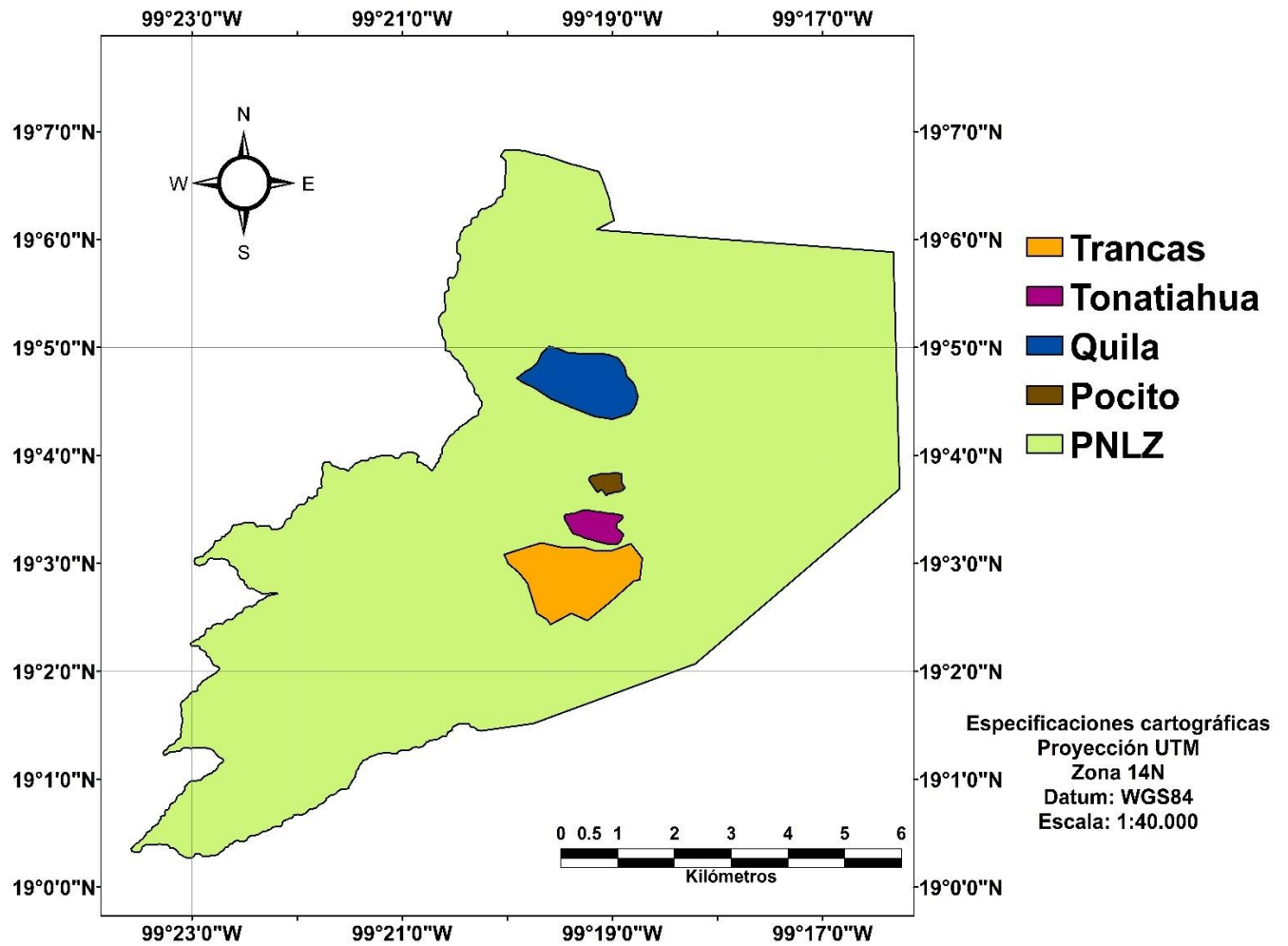
macroinvertebrados y anfibios. Sin embargo, muchos de estos arroyos son utilizados como fuentes de dotación para consumo de las comunidades aledañas.

Específicamente, arroyos donde se han reportado poblaciones de ajolote y en donde se llevaron a cabo las actividades para este trabajo son los arroyos “Las Trancas”, “Quila”, “El Pocito” y “Tonatiahua”; la mayoría de ellos ubicados y drenando hacia los lagos de nombre correspondiente (Tabla 2, Figura 1). De manera general, todos estos arroyos tienen aguas transparentes y bajas temperaturas. La relativamente buena calidad de agua con la que cuentan estos arroyos han llevado a que sean utilizados para consumo humano por las poblaciones cercanas. Algunos de los atributos generales de los arroyos y lagos, así como las poblaciones que les usan como fuentes de agua se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Arroyos de estudio e información respecto su origen y distribución de agua en los poblados de Huitzilac, Morelos y Ocuilan de Arteaga, Estado de México (Bonilla- Barbosa y Novelo, 1995).

Arroyo	Ubicación	Origen del manantial	Cuenca endorreica	Provee agua	Poblado
<i>Las Trancas</i>	N 19°03' W 99°18'42"	Suroeste de los cerros de las Trancas y el Campanario	Lago Zempoala	Si	Huitzilac, Morelos.
<i>Quila</i>	N 19° 04' 45" W 99° 19' 09"	Suroeste del cerro Chalchihuites y del llano de la Piedra	Lago Quila	Si	Huitzilac, Morelos. Ocuilan de Arteaga, Estado de México.
<i>Tonatiagua</i>	N 19° 03'19" W 99° 19'	Oeste del cerro de Ocuilán	Lago Tonatiagua	No	-
<i>El Pocito</i>	N 19° 03' 43" W 99° 19'	Cerros de Los Alumbres y la Cachucha.	Lago Acoyotongo	No	-

Figura 1. Mapa del Parque Nacional Lagunas de Zempoala y los polígonos de las áreas parciales de cuenca de los arroyos donde se ubicaron los sitios de estudio: Trancas, Tonatiahua, Quila y el Pocito.



Transecto.

Dentro de cada arroyo, se ubicó un transecto de muestreo (Figuras 2 – 5). Cada uno de estos transectos tuvo una longitud aproximada de 1 a 4 km a lo largo del arroyo. Dentro del transecto se establecieron puntos donde se llevaron a cabo esfuerzos de muestreo para los diferentes grupos de organismos con los que se trabajó.

Procedimiento de Estudio

Este estudio incluyó tres diferentes elementos de análisis. (Figura 6). El primer elemento consistió en realizar un estudio de presencia/ausencia en los sitios reportados previamente (CONANP, 2008) con presencia de *Ambystoma altamirani*. En el transecto definido para cada sitio se establecieron procesos de búsqueda de ejemplares utilizando diferentes técnicas de colecta. Además, se tomaron variables ambientales. El segundo elemento consistió en realizar un estudio poblacional en la población encontrada, tomando medidas morfométricas y peso y haciendo un análisis demográfico con datos de captura- recaptura. Finalmente, un tercer elemento consistió en realizar un estudio de la dieta del ajolote y de ejemplares de trucha arcoíris. En este elemento se hizo una identificación a nivel de familia de la disponibilidad de alimento y las presas obtenidas en contenidos estomacales y de la frecuencia de aparición de ítems en la dieta de la trucha arcoíris.

Figura 2. Mapa parcial del arroyo “Las trancas” indicando los puntos de muestreo y la laguna de Zempoala que es el punto de descarga para el arroyo.

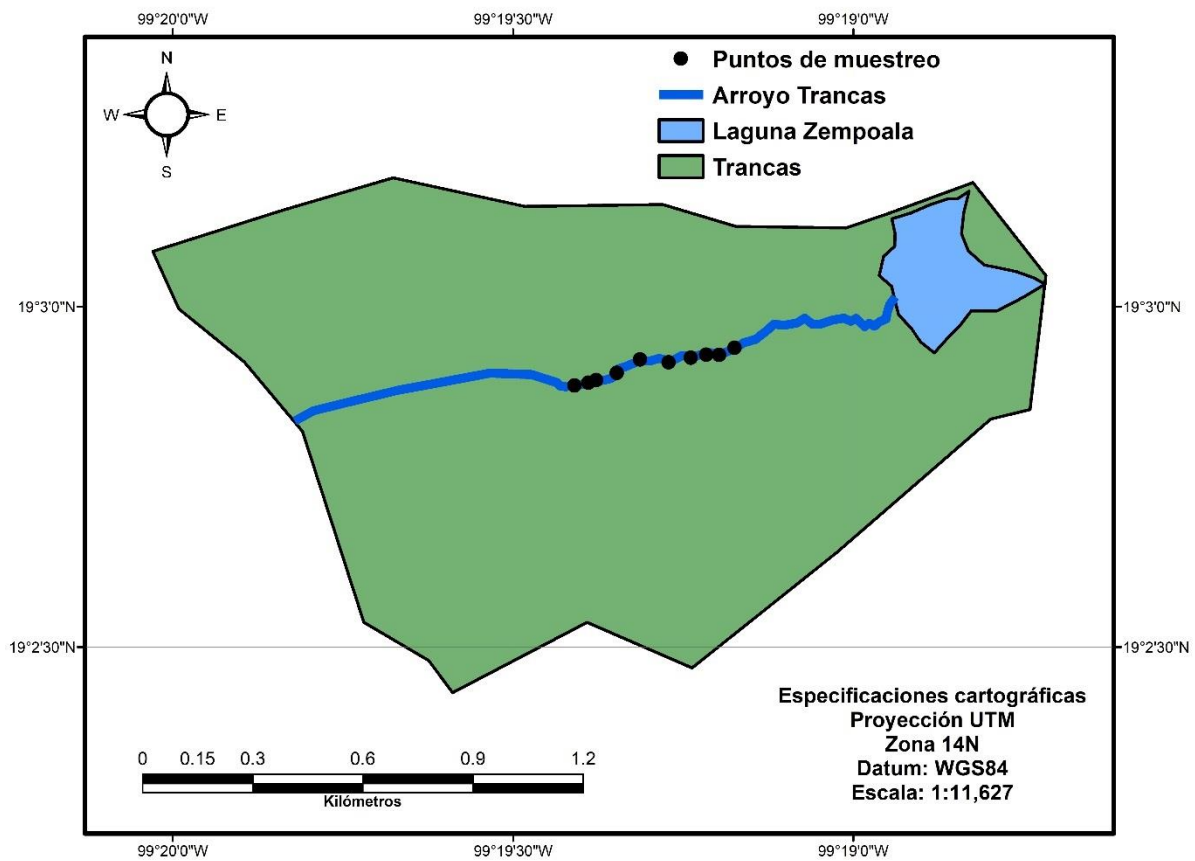


Figura 3. Mapa parcial del arroyo “Tonatiahua” indicando los puntos de muestreo y la laguna de Tonatiahua que es el punto de descarga para el arroyo.

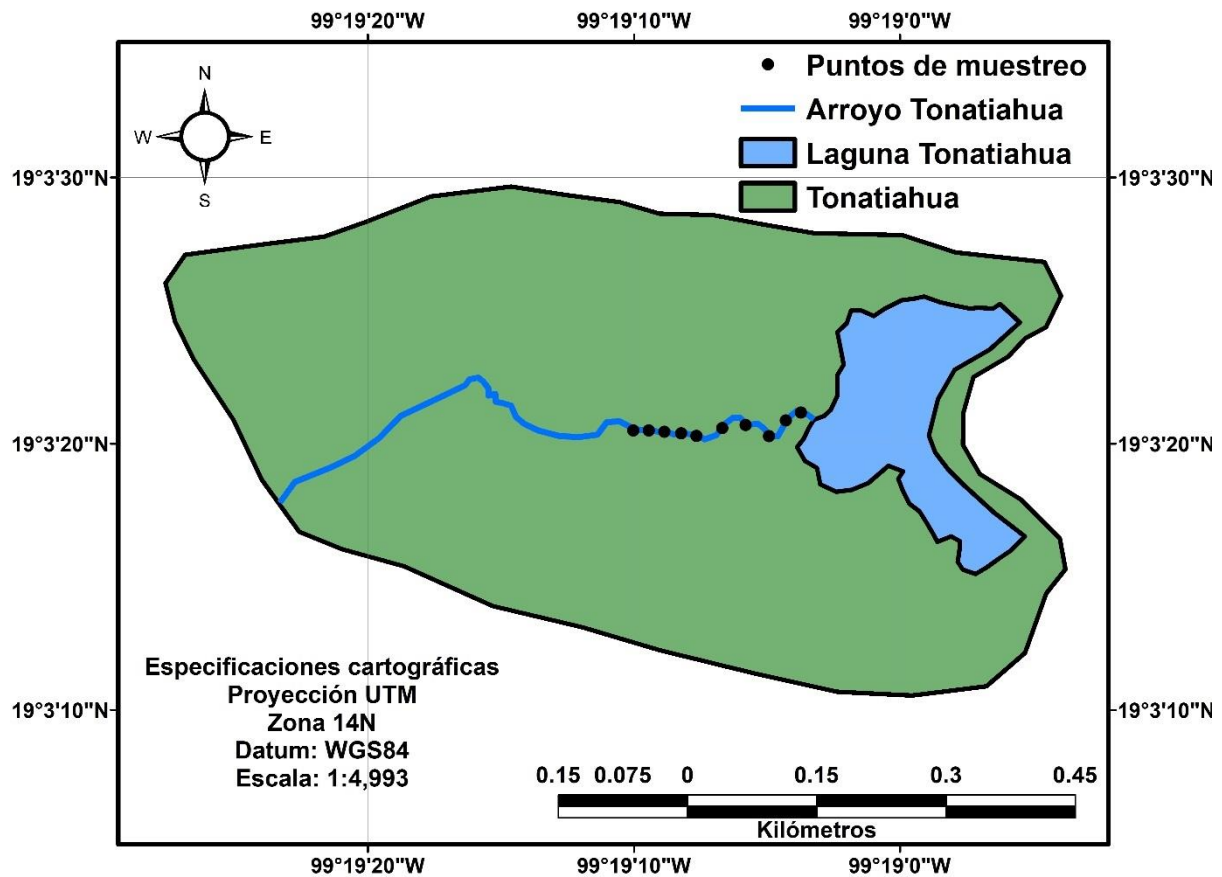


Figura 4. Mapa parcial del arroyo “Quila” indicando los puntos de muestreo y la laguna de Zempoala que es el punto de descarga para el arroyo. Actualmente esta laguna se encuentra seca y sólo en temporada de lluvias se encharca el agua.

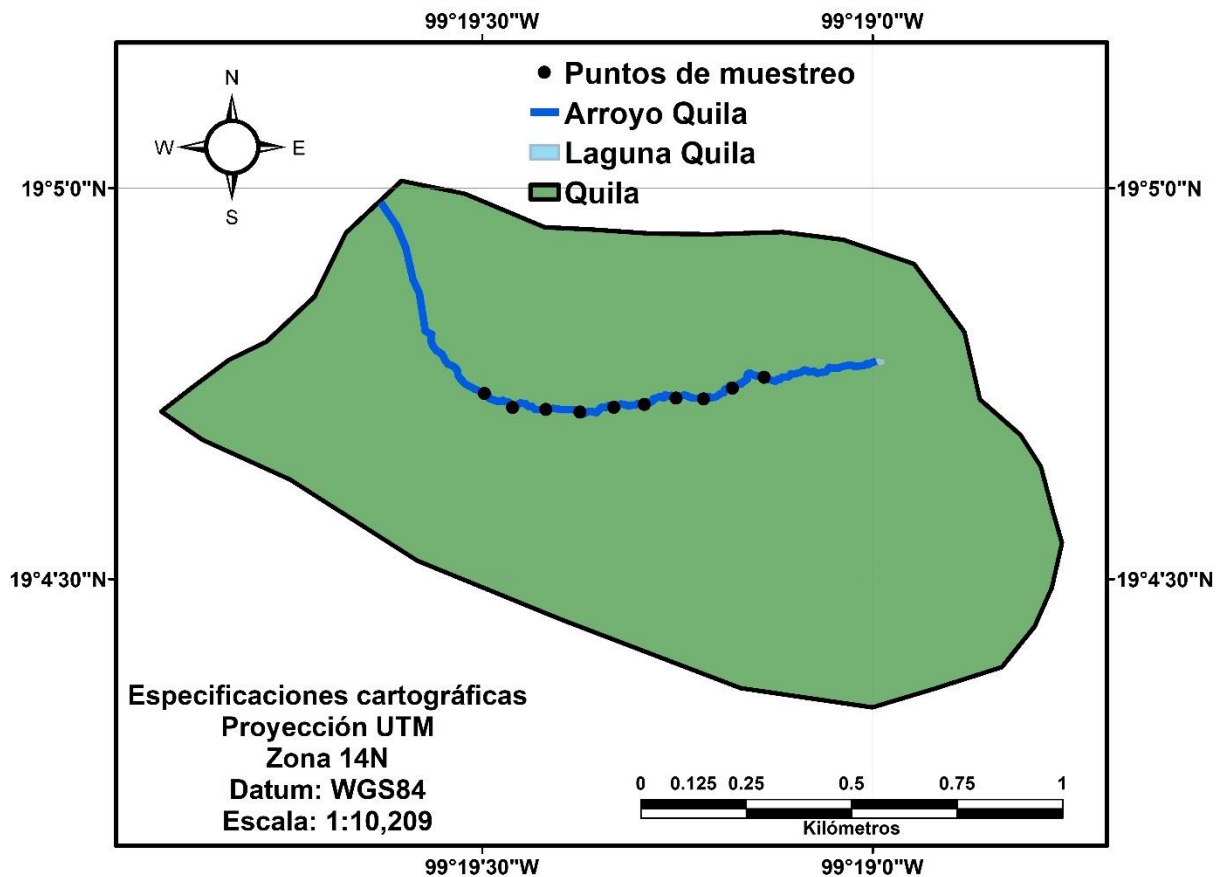


Figura 5. Mapa parcial del arroyo “El Pocito” indicando los puntos de muestreo y la laguna de Zempoala que es el punto de descarga para el arroyo.

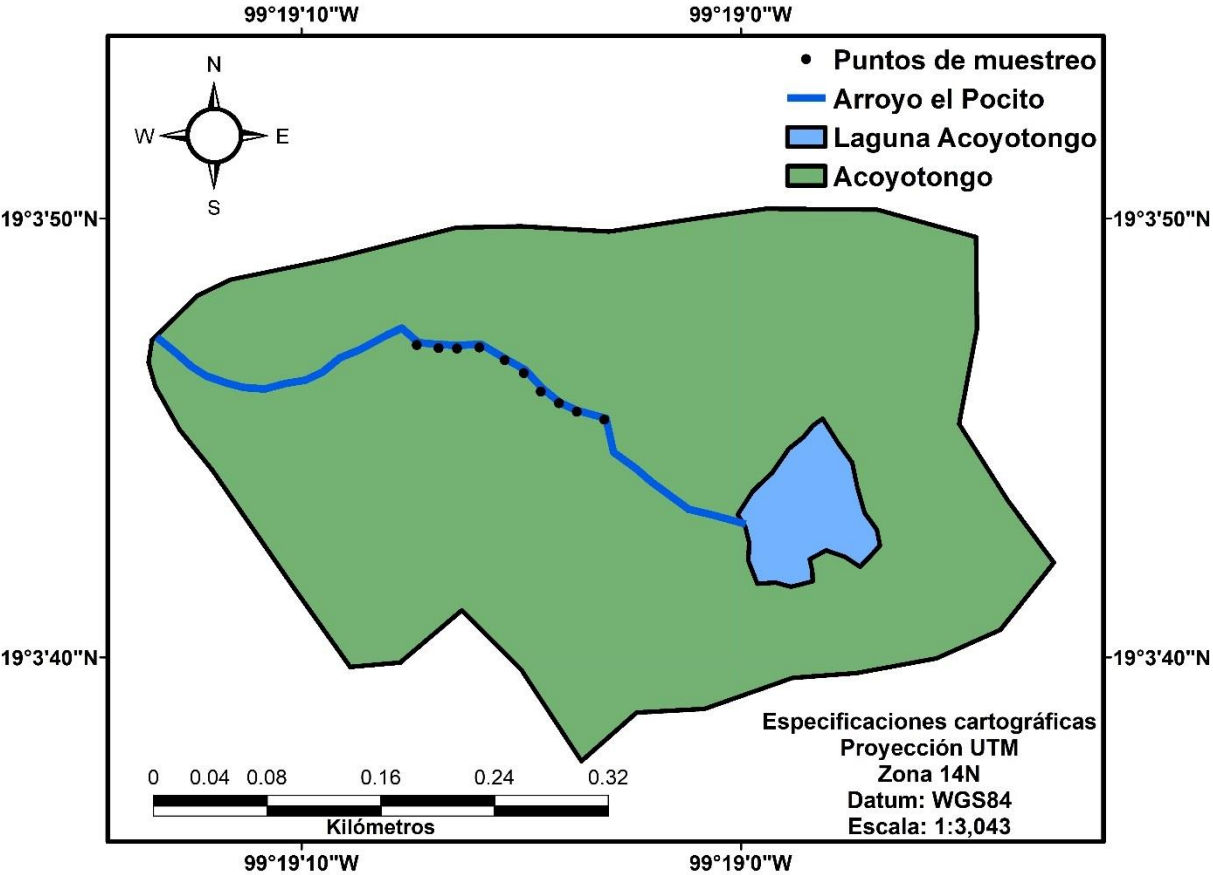
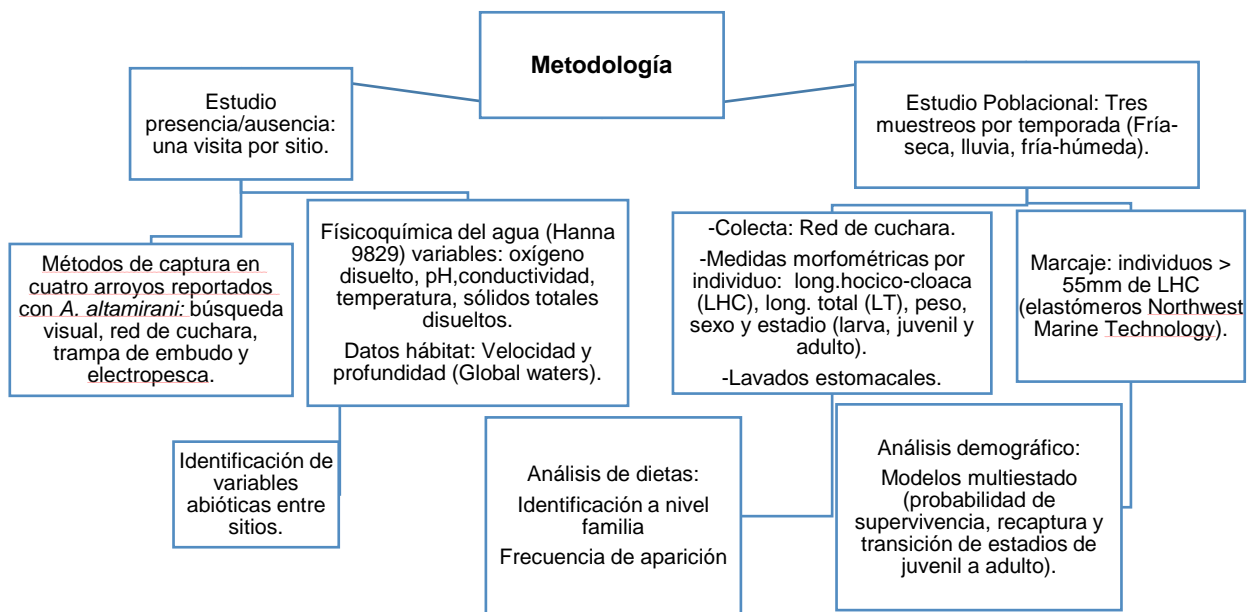


Figura 6. Diagrama esquemático de la metodología del muestreo en campo y análisis para los tres elementos del estudio de aspectos demográficos y tróficos de *Ambystoma altamirani* y su conservación en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala.



5.2 Elemento uno: Estudio de presencia-ausencia y variables ambientales

Para identificar las poblaciones a estudiar se revisó inicialmente la distribución de *A. altamirani* dentro del PNLZ. Se consultaron fuentes de información proporcionadas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) a través del documento: “Monitoreo del Ajolote (*Ambystoma altamirani*) en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala” (CONANP, 2009). En este estudio se identificaron cuatro poblaciones que se decidió evaluar durante el año 2016 para este trabajo.

Para verificar la permanencia de cada una de las poblaciones se llevaron a cabo actividades de búsqueda y colecta de octubre a diciembre del 2016. Todos los arroyos fueron visitados en al menos una ocasión en este periodo. En cada uno de los arroyos se establecieron diferentes transectos de muestreo que permitieron abarcar longitudes de aproximadamente 1-4 km de arroyo (Trancas: 4km, Tonatiahua: 1.3km, El Pocito: 2.2km, Quila: 1.2km) y donde se llevaron a cabo eventos de muestreo y toma de datos ambientales. A lo largo del transecto en cada punto se tomaron 3 repeticiones de las siguientes medidas en el punto más profundo del cauce (talweg) : profundidad (m), flujo (velocidad de la corriente) (m/s) con un flujómetro Global Waters ® (SIMTECH), oxígeno disuelto (OD) (mg/l), temperatura del agua (T) °C, sólidos totales disueltos (TDS)(ppm), potencial de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (S/m) utilizando un multiparamétrico Hanna 9829 ® (Hanna Instruments). Con estos datos se realizó un Análisis de componentes principales (ACP) para evaluar las variables ambientales y se realizó un Modelo lineal generalizado (GLM, por sus siglas en inglés) para ver si hubo relación entre la abundancia de los ajolotes y las variables del ambiente.

Los esfuerzos de muestreo en cada uno de los arroyos no fueron homogéneos debido a las condiciones particulares de cada uno. Se utilizaron diferentes métodos para capturar ajolotes de acuerdo a las características de los sitios y las técnicas de colecta que se adecuaron a las mismas. Se utilizaron redes de cuchara, trampas embudo, búsquedas visuales para los ajolotes y electropesca para la de peces. Las redes de cuchara son las herramientas de muestreo más comunes para la colecta de larvas de anfibios y ajolotes (Werner *et al.*, 2007). Se usan para la captura directa de individuos detectados; el esfuerzo de colecta en este trabajo consistió en la actividad de dos colectores durante 30 minutos por punto a lo largo del transecto (Gunzburger 2007).

Las trampas embudo fueron utilizadas en varios puntos dentro de un transecto, este método de captura es altamente recomendable por su efectividad (Wilson y Dorcas, 2003) al interceptar y atrapar ajolotes dentro de los embudos (Sparling, *et al.*, 2001). En los sitios donde se utilizaron las trampas, se colocó una trampa por punto de muestreo durante 24 horas y se contabilizó el número de ejemplares capturados. La electropesca es una técnica desarrollada inicialmente para muestrear peces principalmente en arroyos y ríos. Sin embargo, con un voltaje controlado puede aturdir y facilitar la captura de larvas de anfibios también (Brown y May, 2007). Esta técnica se utilizó sólo en la búsqueda preliminar de los ajolotes con el fin de capturar peces haciendo un recorrido de 15 a 20 minutos en un transecto de muestreo abarcando todos los hábitats disponibles.

La implementación de búsquedas visuales involucra al personal de campo buscando de manera sistemática y focalizada organismos en un área determinada por un periodo de tiempo conocido (Rodda *et al.*, 2007). En todos los sitios se hizo una búsqueda visual con el apoyo de 3 a 4 personas durante 15 a 20 minutos por área muestreada.

5.3 Elemento dos: Análisis poblacional

Debido a que solo se registraron ajolotes en el arroyo Quila, se procedió a llevar a cabo un análisis poblacional. El análisis fue llevado a cabo en un transecto de 1.2 km en una zona de pastizal sin cobertura arbórea con un ancho promedio de 1.3 m (44cm- 1.8m) y profundidad promedio de 47.3 (24cm- 52cm). Dentro de este transecto se realizaron 9 muestreos de enero a diciembre del 2017, tres de ellos en la temporada fría-seca (enero, febrero y marzo 2017), tres en temporada de lluvia (julio, agosto, septiembre 2017) y tres en temporada fría-húmeda (octubre, noviembre y diciembre 2017).

Para el análisis poblacional y el proceso de captura-recaptura en cada evento de muestreo los individuos se capturaron con red de cuchara. El segmento de río referido anteriormente se dividió en 10 puntos cada 120 m. Dos colectores recorrieron el transecto, buscando visualmente y redeando en toda su longitud. Los redeos se realizaron a medio canal y también debajo de los cortes de orilla. Cada ajolote capturado fue mantenido en contenedores de plástico con agua y en su número de contenedor respectivo del punto de colecta hasta ser procesados.

El procesamiento de cada individuo colectado consistió en la toma de las siguientes medidas morfométricas: longitud total (LT, mm), longitud hocico-cloaca (LHC,mm) y peso (g) (Altig y McDiarmid, 1999). También se determinó el sexo y estadio (larva, juvenil, o adulto) de desarrollo de cada individuo siguiendo las categorías de Semlitsch y Willbur (1988).

Para el procedimiento de marcaje se consideraron individuos de LHC mayor a 55 mm y se marcaron con elastómeros (Northwest Marine Technology). Estos son un líquido a base de silicona que al ser iluminado con luz UV resalta y permite identificar de manera única a cada individuo y es de relativamente larga duración (7 a 8 meses). A los ejemplares se les realizó una marca bajo la piel mediante la implantación del pigmento elastomérico líquido fluorescente (Heemeyer *et al.*, 2007). Se utilizaron dos colores, verde y rosa para llevar a cabo los marcajes en las diferentes temporadas de colecta. Cabe destacar que estos colores resultaron muy efectivos al poder distinguirse bajo la luz UV.

Para darle una identidad a los individuos, se hizo una marca única a cada uno, utilizando un código basado en la implantación de marcas en zonas específicas del cuerpo: por encima del dorso, detrás de las patas delanteras y delante de las patas traseras (Binckley *et al.*, 1988) Las unidades se colocaron en las patas delanteras con el siguiente código: número 1 y 3 (dorso derecho) 5, 7, 9 (vientre derecho) en color rosa; número 2 y 4 (dorso izquierdo) 6 y 8 (vientre izquierdo) en color verde. Las decenas en la pata derecha con el siguiente código: número 10, 30, 50, 70 y 90 (dorso) en color rosa, número 20, 40, 60 y 80 (vientre) en color verde. Y finalmente

las centenas en la pata izquierda con el siguiente código: número 100 (dorso) color rosa y 200 (vientre) color verde.

Después de ser marcados y procesados los individuos fueron devueltos al arroyo, al mismo punto del transecto donde se le colectó, sin ser lastimados. Este sistema de marcaje se realizó durante los nueve muestreos. El registro del número de organismos capturados y recapturados en cada evento de muestreo es la base para los análisis poblacionales (Cooch & White, 2017),

5.3.1 Tamaño Poblacional

Para estimar el tamaño poblacional se siguió el método Schnabel, el cual funciona con los datos de captura-recaptura por más de dos ocasiones (Krebs, 1999). Este método utiliza los datos de marcaje y recaptura múltiple mediante el paquete estadístico Ecological Methodology 6.0 (Montés- Calderón, 2011), el cual es una extensión del método de Peterson (Krebs, 1999), donde se toman hasta n muestras (ocasiones de encuentro). En el proceso de revisión y marcado se debe de distinguir entre dos tipos de individuos: Los individuos con marcaje, capturados en una o más ocasiones y los individuos sin marcaje, que nunca fueron capturados anteriormente.

Este método utiliza una serie de muestras (varias ocasiones de captura) y obtiene una estimación poblacional como un promedio ponderado de tipo Peterson (Badii *et al.*, 2012)

$$\text{Fórmula: } \check{N} = \Sigma(C_t M_t) / \Sigma R_t$$

Donde:

\check{N} = Estimación del tamaño de la población al tiempo de poner la marca.

C_t = Suma de individuos capturados en muestra "t."

M_t = Número de individuos marcados (en la población) justo antes de la toma de la muestra "t".

R_t = Número de individuos con marcaje (por tanto, habían sido capturados anteriormente) recapturados en muestra "t".

5.3.2 Modelo demográfico (selección de los modelos multiestado)

La información generada a partir de las capturas y recapturas de individuos fueron analizadas a través del programa MARK (White y Burnham, 1999) para generar modelos demográficos. Los modelos demográficos permiten, entre otras cosas, estimar si una población se encuentra en equilibrio, crecimiento o decrecimiento. En el programa MARK se generaron modelos demográficos multiestado para estimar las probabilidades de supervivencia (ϕ), probabilidades de recaptura (p) y las probabilidades de transición entre estadios de jóvenes a adultos (ψ) de la población.

Para generar los modelos, los datos de captura-recaptura se organizaron para construir historias de encuentro. En este proceso, para indicar un encuentro se utilizan letras o números que reflejan el estado particular en el que se encontró el individuo, en este caso juveniles o adultos. Se utiliza 0 para indicar que el individuo no se encontró en ninguno de los estados o en una ocasión en particular. En el caso de que un individuo sea encontrado, se le asigna una letra específica que describe el estado u ocasión en que se le encontró (Cooch & White, 2017; Tabla 3). Un ejemplo que permite comprender el proceso de marcaje y remarcaje se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Ejemplo de historias de encuentro de individuos encontrados en estadio juvenil (J) y adulto (A) y su interpretación (Modificado de Cooch & White, 2017).

Historias de encuentro	Interpretación
<i>JJA0AA</i>	Marcado en juvenil en ocasión 1, visto de nuevo en juvenil en ocasión 2, visto en adulto en ocasión 3, no es visto en ocasión 4, y visto en adulto en ocasiones 5 y 6.
<i>JAAA00</i>	Marcado en juvenil en ocasión 1, visto en adulto en ocasión 2, visto en adulto en ocasión 3, visto en adulto de nuevo en ocasión 4, y no es visto más en ninguna de las ocasiones 5 y 6.
<i>JOJJJJ</i>	Marcado en juvenil en ocasión 1, no fue visto en ocasión 2, y visto en juvenil durante todas las ocasiones restantes.

Para elegir los modelos se hizo una mezcla de posibles combinaciones de cambios en la población a través del tiempo y de manera constante. Es decir, se hicieron combinaciones de las probabilidades de supervivencia, recaptura y transición de estadios modificándose a través del tiempo o que se mantuvieran constantes durante todos los periodos de muestreo.

Para determinar el modelo más verosímil, se utilizó el Criterio de Akaike (AIC), este modelo es el que tiene mejor ajuste de todos por parsimonia y posee el valor más bajo de AIC; penalizando a los modelos que estiman una gran cantidad de parámetros (Akaike, 1973; Anderson, 2008). Se utilizó la versión corregida del AIC (AICc) que es apropiado para muestras pequeñas (Burnham y Anderson, 2004). El valor más pequeño del AICc indentifica el modelo que mejor se ajusta a los datos, utilizando la menor cantidad de parámetros. También se calcularon los pesos de Akaike específicos del modelo (w_{AIC}), que indican el soporte de cada modelo en los datos (Amstrup *et al.*, 2005). Con base en estos valores fue posible calcular, para cada población, los promedios ponderados de las tasas anuales de supervivencia, recaptura y transición en individuos en los diferentes estadios (Burnham y Anderson, 2002).

Tabla 4. Modelos que fueron ajustados con los datos de captura y recaptura de ajolotes del PNLZ en el programa MARK, considerando que la probabilidad de supervivencia (ϕ), la probabilidad de recaptura (p) y la probabilidad de transición de estadios(Ψ) pueden ser constantes (.) o diferentes a través del tiempo (t).

Modelo	Descripción
$\phi(t) p(t) \Psi(t)$	Probabilidad de supervivencia, recaptura y transición de estadios diferentes entre estadios a través del tiempo.
$\phi(.) p(.) \Psi(.)$	Probabilidad de supervivencia, recaptura y transición de estadios constantes
$\phi(t) p(t) \Psi(.)$	Probabilidad de supervivencia y recaptura diferente a través del tiempo, transición de estadios constante.
$\phi(t) p(.) \Psi(t)$	Probabilidad de supervivencia y transición de estadios diferentes a través del tiempo, probabilidad de recaptura constante.
$\phi(t) p(.) \Psi(.)$	Probabilidad de supervivencia diferente a través del tiempo y probabilidad de recaptura, transición de estadios constante.
$\phi(.) p(t) \Psi(t)$	Probabilidad de supervivencia constante y probabilidad de recaptura, transición de estadios diferente a través del tiempo.
$\phi(.) p(t) \Psi(.)$	Probabilidad de supervivencia constante y probabilidad de recaptura diferente a través del tiempo.

5.4 Elemento tres: Análisis trófico.

5.4.1 Disponibilidad de alimento

Para conocer la disponibilidad de alimento para los ajolotes se realizaron tres muestreos de macroinvertebrados en el arroyo de Quila, uno por temporada (uno en fría-seca, uno en lluvia y uno en fría-húmeda). Se seleccionaron tres puntos de muestreo a lo largo del transecto de arroyo. Los tres puntos se ubicaron uno cerca del extremo oeste del transecto, otro en la parte media y otro en el extremo oeste del transecto. Se realizaron dos colectas por cada punto utilizando una red para macroinvertebrados tipo D de 50cm x 25cm con abertura de 1mm y se hizo un raspado de sustrato contra corriente del arroyo durante 15 segundos (Springer *et al.*, 2010). Una vez transcurrido el tiempo de muestreo, el material colectado (organismos macroinvertebrados) fue colocado en frascos con alcohol al 70% y se llevó al laboratorio para su análisis (ver líneas más adelante en el documento).

Además de hacer un análisis de la disponibilidad de alimento en el arroyo Quila, se llevó a cabo un análisis de contenido estomacal para los ajolotes dentro de la población encontrada. Aunado a ello, también se analizaron dietas de trucha arcoiris (*O. mykiss*) provenientes de otros arroyos dentro del PNLZ (capturadas durante los procedimientos de búsqueda de ajolotes en aquellos sistemas en dónde se reportaron previamente ajolotes). Los análisis de dietas de ambas especies se llevaron a cabo con el fin de poder identificar similitudes en los contenidos de ambas especies.

5.4.2 Lavados estomacales ajolotes

A partir de los individuos de *A. altamirani* que se fueron procesando durante los muestreos en el arroyo Quila se tomó una submuestra de 50 individuos de LHC >60mm, a los que se les realizó un lavado estomacal para obtener su contenido digestivo y analizar su dieta. La técnica de lavado estomacal implica el desplazamiento del contenido desde el estómago hasta la boca con agua del arroyo a baja presión (Solé *et al.* 2005). Esto se logra colocando un tubo de catéter lubricado (con agua o lubricante a base de agua) conectado a una jeringa, que se inserta en el esófago del organismo. Durante el procedimiento, el ajolote se sostiene con la cabeza hacia abajo y sobre un recipiente se recogen los materiales y el fluido desplazado.

El contenido se colecto en una charola y con un embudo se colocó en un frasco con etanol al 70%. Cabe señalar, si se realiza correctamente (siguiendo la metodología de Solé *et al.*, 2005) resulta inofensiva y muy efectiva porque se obtienen contenidos frescos del estómago (Solé y Rödder, 2010). Posteriormente, se procedió a procesarlos en el laboratorio e identificar los organismos contenidos en la dieta hasta nivel de familia mediante el catálogo de macroinvertebrados acuáticos de la cuenca del río Balsas (CONAGUA, 2010).

5.4.3 Contenidos estomacales truchas

Durante los muestreos para la búsqueda de los ajolotes en el sitio de las Trancas y Tonatiahua se colectaron mediante electropesca 70 ejemplares de *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris), 41 individuos en el arroyo las Trancas y 29 en el arroyo Tonatiahua. La longitud total de estos organismos osciló entre 53 mm- 210mm, el peso entre 10g - 200g. Los ejemplares fueron colocados en etanol al 70% y se transportaron al laboratorio, donde fueron disectados para extraer el estómago y analizar su contenido digestivo. El contenido estomacal fue identificado hasta nivel familia mediante el catálogo de macroinvertebrados acuáticos de la cuenca del río Balsas (CONAGUA, 2010).

5.4.4 Frecuencia de aparición

Para llevar a cabo el análisis de las dietas de ajolotes y truchas a partir de las muestras obtenidas se utilizó el análisis de frecuencia de aparición. La frecuencia de aparición (FA) permite conocer el porcentaje del número de estómagos en los cuales estuvo presente una presa, respecto al total de los estómagos llenos (Hyslop, 1980).

$$FA_x = \left(\frac{N^\circ \text{ estómagos con la presa "x"}}{N^\circ \text{ total de estómagos llenos}} \right) 100$$

Donde N representa el número de veces que aparece una presa o componente de la dieta y N , el número total de los tractos o estómagos analizados.

6. RESULTADOS

6.1 Elemento 1. Estudio presencia-ausencia y variables ambientales.

De las cuatro poblaciones previamente reportadas de *Ambystoma altamirani* dentro de los arroyos del PNLZ, sólo se encontró una, en el arroyo Quila. Ninguna de las técnicas de colecta utilizadas para ejemplares de ajolote logró capturar organismos en los arroyos de las Trancas, El Pocito y Tonatiahua. Pese a un esfuerzo consistente de 48 horas- trampa y 180 minutos de muestreo por transecto con red de cuchara y búsqueda visual. La electropesca fue efectiva para la captura de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). En el arroyo Las Trancas se capturaron 41 individuos y en el arroyo Tonatiahua 29 individuos. Esta especie también fue observada en el arroyo del Pocito.

En el análisis de componentes principales (ACP) para las variables ambientales se observó que los primeros tres componentes arrojaron eigenvalores mayores a cero y explicaron el 56% de la variación. De este porcentaje, el componente principal (CP) 1 explicó el 22.75%, el CP 2 el 18.28%, mientras que el restante 18.01% se debe al CP 3 (Tabla 5).

Tabla 5. Valores eigen (autovalores) de los componentes principales del ACP llevado a cabo utilizando los valores de fisicoquímica del agua y características del hábitat para todos los sitios de muestreo en los cuatro arroyos del PNLZ.

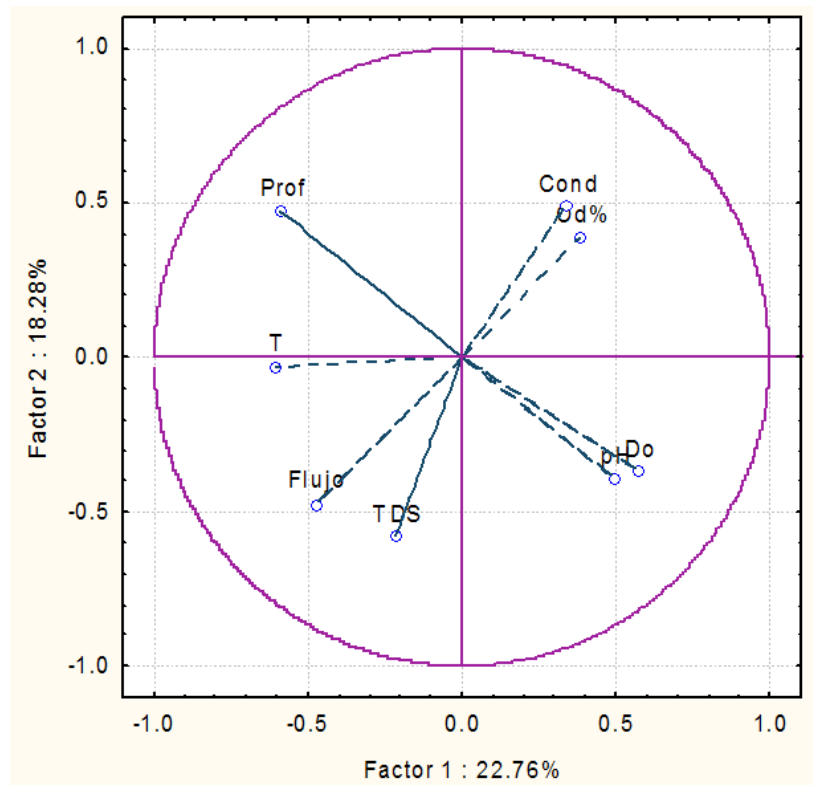
	Valor eigen	% total de la varianza	Valor eigen acumulado	% acumulado
CP1	1.820447	22.75559	1.820447	22.7556
CP2	1.462564	18.28205	3.283011	41.0376
CP3	1.202299	15.02873	4.485310	56.0664
CP4	0.925659	11.57074	5.410969	67.6371
CP5	0.798921	9.98651	6.209890	77.6236
CP6	0.689542	8.61928	6.899432	86.2429
CP7	0.655678	8.19597	7.555110	94.4389
CP8	0.444890	5.56113	8.000000	100.0000

Las variables temperatura del agua (T) y profundidad contribuyeron fuertemente al CP1. Para el CP2, la conductividad y el oxígeno disuelto (Od%) se encontraron asociadas. Para el CP3 las variables que contribuyeron fue el total de sólidos disueltos y el flujo. En el CP4 el potencial de hidrógeno (pH) y el oxígeno disuelto (Do) mostraron una asociación, sin embargo, su contribución no fue lo suficientemente fuerte debido a que su eigenvalor fue menor a cero (Tabla 6, Figura 7). La distribución de los cuatro arroyos fue heterogénea en los sitios, lo que indica que no hubo agrupaciones en los componentes principales y el ambiente de los sitios no se diferenciaron unos de otros (Figura 8).

Tabla 6. Contribución de las variables para cada componente. Los valores marcados muestran las correlaciones más altas.

Variable	CP 1	CP 2	CP 3
Od%	0.285886	0.320855	0.449951
Do	0.424026	-0.303664	0.303159
pH	0.364520	-0.324954	0.345316
T	-0.448911	-0.023436	0.508732
Cond	0.249924	0.404988	0.374754
TDS	-0.161128	-0.477433	-0.124332
Flujo	-0.352888	-0.391408	-0.318241
Prof	-0.437174	0.391840	0.265351

Figura 7. Asociación de las variables de fisicoquímica del agua y características del hábitat para todos los sitios de muestreo en los cuatro arroyos del PNLZ.



El Modelo lineal generalizado mostró valores de P significativos para todas las variables del ambiente a excepción de la profundidad, lo que indica que la abundancia de los ajolotes en los sitios tiene relación con la calidad y buen estado del ambiente (Tabla 7).

Tabla 7. Modelo Lineal Generalizado para las variables del ambiente y abundancia en los cuatro sitios.

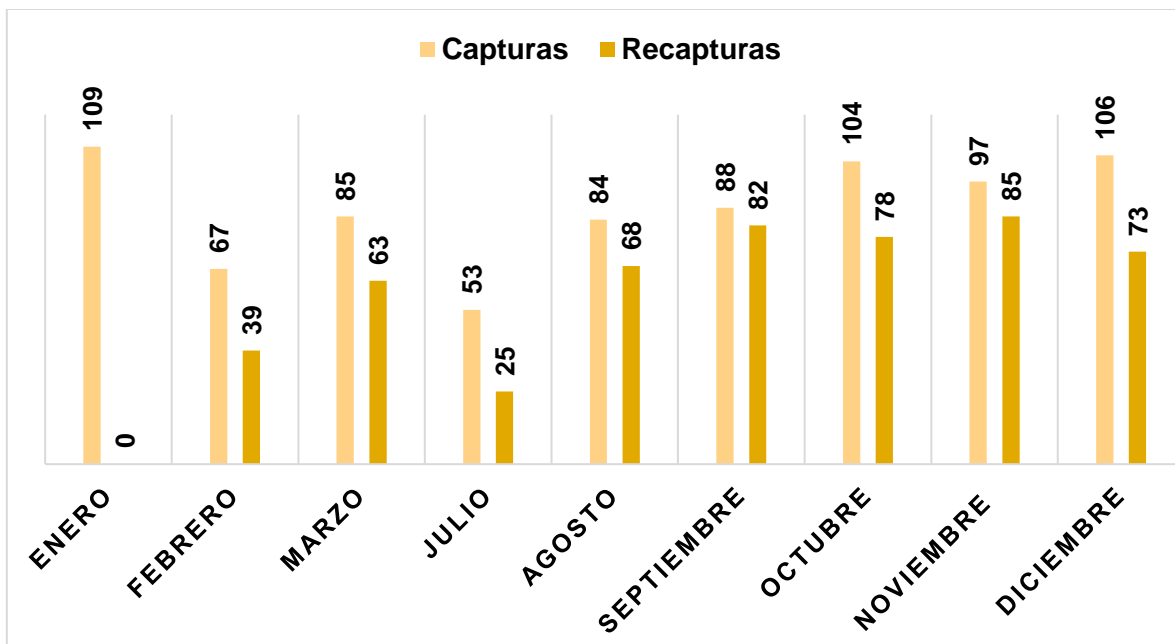
Efecto (Abundancia)	Estadístico de Wald	P
Intercepto	42.2771	0.000000
Oxígeno disuelto (%)	79.2624	0.000000
Oxígeno disuelto (mg/l)	13.8556	0.000197
pH	4.5921	0.032119
Temperatura	32.4639	0.000000
Conductividad Total de Sólidos Disueltos	119.8837	0.000000
Flujo	45.2054	0.000000
Profundidad	7.2938	0.006919
	0.6077	0.435656

6.2 Elemento 2. Análisis poblacional

A partir de los 9 muestreos realizados se capturaron un total de 354 individuos. De estos, se marcaron con elastómeros 247 individuos (70%, juveniles y adultos >55mm de LHC). A lo largo de todo el periodo de muestreos se logró la recaptura del 56.9% de individuos (Figura 9). La proporción sexual total fue de, 62.3% hembras y 37.3% machos. La LT osciló entre 12 mm- 230 mm y el peso de 0.5 g- 59 g y la LHC de los 0.5mm- 240mm. Los muestreos llevados a cabo en la temporada de fría-seca arrojaron un mayor número de individuos colectados respecto a los muestreos de fría-seca y de lluvias.

El tamaño poblacional obtenido con el método de Schnabel fue de 211.70 individuos (con intervalo de confianza de 142 a 215.7) durante las 9 ocasiones de muestreo. El número de recapturas varió entre 25 y 85 individuos entre los diferentes eventos de recaptura. El mayor número de recapturas (valor) se logró en el muestreo de noviembre 2017 (durante la temporada fría- seca). El menor número (25) de recapturas se obtuvo en el mes de julio durante la temporada de lluvias (Figura 9). La mayor tasa de capturas vs recapturas (109 vs 85) se registró en el muestreo de en época fría- seca (mes de enero) y la menor (53 individuos) en el muestreo durante la época de lluvias (mes de julio) (Figura 9).

Figura 9. Capturas y recapturas de *A. altamirani* del arroyo Quila en temporada de fría-seca (enero, febrero y marzo 2017), temporada de lluvia (julio, agosto, septiembre 2017) y temporada fría-húmeda (octubre, noviembre y diciembre 2017).



Con base en la información de las capturas y recapturas, y su integración en los modelos multiestado, el modelo con mayor ajuste de acuerdo fue el de supervivencia constante y probabilidad de recaptura y de transición variando a través de los eventos de muestreo (AIC = 1997.61) (Tabla 8).

Tabla 8. Resultados de los 8 modelos ajustados con los datos de captura y recaptura en el programa MARK de la población *Ambystoma altamirani* del PNLZ considerando que la probabilidad de supervivencia (φ), la probabilidad de recaptura (p) y la probabilidad de transición de estadios(Ψ) pueden ser constantes (.) o diferentes a través del tiempo (t). Para cada modelo se presenta el criterio de información de Akaike (AIC), la diferencia entre los valores del AIC y el modelo con el menor AIC (Δ AIC) y el peso de cada modelo (w AIC).

Modelo	AIC	ΔAIC	wAIC
$\varphi)(.)p(t)\Psi(t)$	1997.61	0	0.98831
$\varphi)(.)p(t)\Psi(.)$	2006.50	8.88	0.01161
$\varphi)(.)p(.)\Psi(t)$	2016.55	18.93	0.00008
$\varphi)(t)p(t)\Psi(t)$	2021.03	23.41	0.00001
$\varphi)(t)p(t)\Psi(.)$	2028.64	31.02	0
$\varphi)(.)p(.)\Psi(.)$	2035.57	37.96	0
$\varphi)(t)p(.)\Psi(t)$	2039.3	41.68	0
$\varphi)(t)p(.)\Psi(.)$	2057.5	59.88	0

Con base en los promedios ponderados para cada probabilidad entre ocasión (muestreo) (Tabla 9) se obtuvo que la probabilidad anual de supervivencia promedio por ocasión para juveniles fue de 0.89 y de 0.97 para adultos. Para las probabilidades de recaptura para los juveniles fueron de 0.20-0.75 y en adultos de 0.15-0.47. La probabilidad de transición de juveniles a adultos osciló entre 0.17-0.43.

Tabla 9. Promedios ponderados entre ocasión para la probabilidad de supervivencia anual (ϕ , recaptura(ρ) y transición (ψ) en juveniles y adultos de *A. altamirani* del arroyo Quila en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala.

Ocación	ϕ Juvenil	ϕ Adulto	ρ Juvenil	ρ Adulto	ψ J-A	ψ A-J
1-2	0.89	0.97	0.38	0.34	0.27	0
2-3	0.89	0.97	0.48	0.47	0.18	0
3-4	0.89	0.97	0.20	0.15	0.43	0
4-5	0.89	0.97	0.37	0.37	0.19	0
5-6	0.89	0.97	0.75	0.39	0.41	0
6-7	0.89	0.97	0.39	0.38	0.32	0
7-8	0.89	0.97	0.32	0.37	0.17	0
8-9	0.89	0.97	0.20	0.30	0.32	0

6.3 Elemento tres. Análisis trófico

6.3.1 Disponibilidad de alimento

A partir de los muestreos de macroinvertebrados en el arroyo Quila se obtuvieron un total de 1002 ejemplares de macroinvertebrados. El total de individuos colectados por temporada fue similar entre temporadas, aunque la mayor cantidad fue capturada en la época fría húmeda (tabla. 10). En general las familias más abundantes en las muestras fueron Baetidae (54.8%), Heptageniidae (11.9%), Leptoceridae (5.7%), Chironomidae (5%) y Oligoneuriidae (5%) (Tabla 11).

6.3.2 Lavados estomacales ajolotes y frecuencia de aparición

Noventa y cuatro por ciento de los 50 lavados estomacales realizados en ajolotes se encontraron con contenidos estomacales. El otro 6% se encontró vacío. Dentro de las dietas de ajolotes, el total de ítems identificados fue de 613 macroinvertebrados. Las familias que se encontraron en mayor proporción en la dieta fueron Baetidae (64.9%), Heptageniidae (44.68%), Hydropsychidae (38.29%) y Chironomidae (23.40%).

Tabla 10. Diversidad de macroinvertebrados identificados a nivel de familia en un muestreo por temporada (fría-seca, lluvia y fría húmeda) en dos puntos dentro del arroyo Quila en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala.

Orden	Familia	Fría-Seca	Lluvia	Fría-Húmeda
Basommatophora	Planorbidae	7	3	0
Coleoptera	Elmidae	9	4	5
	Polyphaga	1	0	0
Diptera	Ceratopogonidae	5	1	0
Diptera	Chironomidae	16	12	23
	Dixidae	8	4	5
	Tabanidae	4	0	0
	Tipulidae	7	11	8
Ephemeroptera	Baetidae	116	211	223
	Heptageniidae	58	35	27
	Oligoneuriidae	23	11	16
Hemiptera	Notonectidae	9	8	12
Odonata	Zygoptera	2	0	0
Trichoptera	Calamoceratidae	5	3	0
	Helicopsychidae	7	0	0
	Hydrobiosidae	3	7	14
	Hydropsychidae	8	0	4
	Leptoceridae	23	5	30
Veneroidea	Corbiculidae	0	3	6
Total		311	318	373

Tabla 11. Contenidos estomacales de individuos de *Ambystoma altamirani* (N= 47 estómagos) del arroyo Quila, Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Se indica el número de ítems y el número de estómagos, los porcentajes del total de ítems entre paréntesis. 613 ítems en 43 estómagos.

Orden	Familia	No. Ítems (%)	No. estómagos	Frecuencia de aparición
Coleoptera	Dytiscidae	2 (0.32)	2	4.25
	Elmidae	1(0.16)	1	2.12
Diptera	Chironomidae	17 (2.77)	11	23.4
	Muscidae	1 (0.16)	1	2.12
	Simuliidae	4 (0.65)	3	6.38
	Syrphidae	1 (0.16)	1	2.12
	Tabanidae	2 (0.32)	2	4.25
	Tipulidae	27 (4.40)	14	29.78
	Ephemeroptera	Baetidae	318 (51.87)	31
Heptageniidae		92 (15.00)	21	44.68
Leptophlebiidae		4 (0.65)	2	4.25
Oligoneuriidae		16 (2.61)	9	19.14
Gastropoda	Ancylidae	9 (1.46)	3 (6.38)	6.38
Trichoptera	Calamoceratidae	4 (0.65)	3 (6.38)	6.38
	Glossostomatidae	2 (0.32)	2 (4.25)	4.25
	Hydropsychidae	95 (15.49)	18 (38.29)	38.29
	Leptoceridae	16 (2.61)	5 (10.6)	10.6
	Polycentropodidae	2 (0.32)	1	2.12
Total		613	47	

6.3.3 Contenidos estomacales de truchas

De las 70 truchas colectadas 41 individuos del arroyo Las Trancas y 29 individuos del arroyo Tonanatihua. El 61.53% de los estómagos se encontraron con contenido estomacal, el 38.43% restante fueron estómagos vacíos (22). Dentro de los primeros se encontraron 592 macroinvertebrados en 9 órdenes y 32 familias. Las familias que más frecuentemente se encontraron fueron Baetidae (16.89%), Chironomidae (13.51%) e Hydroptilidae (12.67%) (Tabla 12).

6.3.4 Comparativo de dieta entre ajolotes y truchas

A pesar de que en este estudio los ejemplares de ajolotes y truchas no provienen de los mismos sistemas, el 33.3% de los ítems (10 familias) encontrados en la dieta de los ajolotes, fueron encontrados en las dietas de las truchas. Las proporciones variaron respecto a la dieta total para ambas especies, sin embargo, ambas especies se alimentan de la familia Baetidae (como los ítems más abundantes), seguido de la familia Chironomidae (Figura 10 y Figura 11).

Tabla 12. Contenidos estomacales de *Onchorhynchus mykiss* (trucha arcoíris) (N= 70 estómagos, 48 con contenido y 22 vacíos) de los arroyos Las Trancas y Tonatihua, Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Se indica el número de ítems y el número de estómagos, los porcentajes del total de ítems entre paréntesis. 592 ítems en 48 estómagos.

Orden	Familia	Número de Ítems (%)	Número de estómagos	Frecuencia de Aparición
Hymenoptera	Apoidea	6 (1.01)	5	10.42
	Formicidae	9 (1.52)	6	12.5
Ephemeroptera	Baetidae	100 (16.89)	25	52.08
	Leptohyphidae	3 (0.51)	4	8.33
	Isonychiidae	35 (5.91)	10	20.83
	Oligoneuriidae	9 (1.52)	3	6.25
	Ceratopogonidae	19 (3.21)	10	20.83
Diptera	Chironomidae	80 (13.51)	29	60.42
	Dixidae	15 (2.53)	8	16.67
	Empididae	13 (2.20)	3	6.25
	Psychodidae	3 (0.51)	2	4.17
	Simuliidae	54 (9.12)	17	35.42
	Tipulidae	4 (0.68)	3	6.25
	Stratiomyidae	2 (0.34)	1	2.08
	Tabanidae	6 (1.01)	4	8.33
	Corixidae	4 (0.68)	2	4.17
	Notonectidae	6 (1.01)	4	8.33
Lepidoptera	Crambidae	4 (0.68)	3	6.25
Coleoptera	Dryopidae	2 (0.34)	1	2.08
	Grynidae	5 (0.84)	2	4.17
Trichoptera	Hydrophilidae	2 (0.34)	2	4.17
	Glossosomatidae	3 (0.51)	2	4.17
	Helicopsychidae	31 (5.24)	10	20.83
	Hydroptilidae	75 (12.67)	13	27.08
	Hydrobiosidae	30 (5.07)	5	10.42
	Hydropsychidae	8 (1.35)	2	4.17
	Leptoceridae	37 (6.25)	7	14.58
	Odontoceridae	8 (1.35)	3	6.25
	Polycentropodidae	3 (0.51)	2	4.17
	Philopotamidae	3 (0.51)	2	4.17
Plecoptera	Rhyacophilidae	9 (1.52)	5	10.42
	Perlidae	4 (0.68)	2	4.17
Total		592	48	

Figura 10. Familias más abundantes en los contenidos estomacales de *Ambystoma altamirani* y proporción en porcentaje de ítems. Baetidae (51.87%), Hydropsychidae (15.49%) y Heptageniidae (15%).

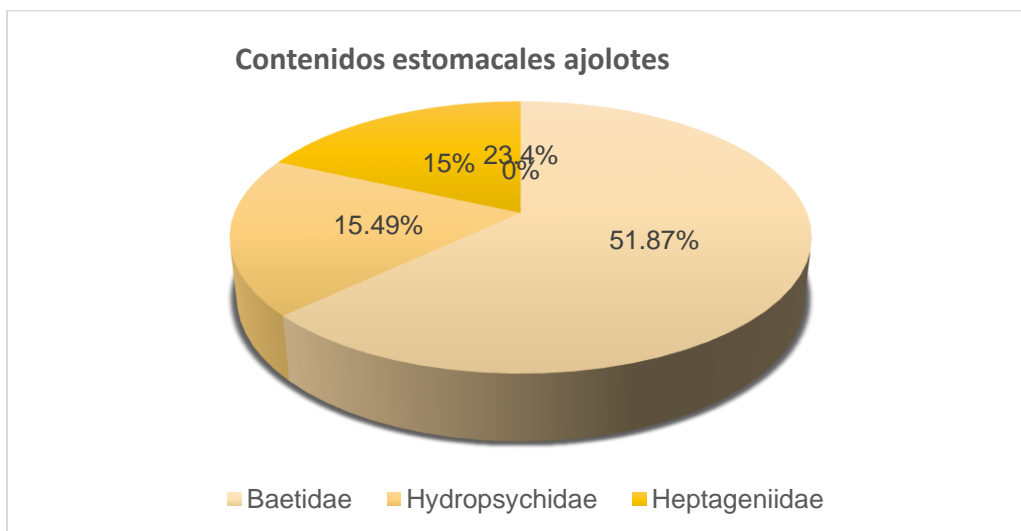
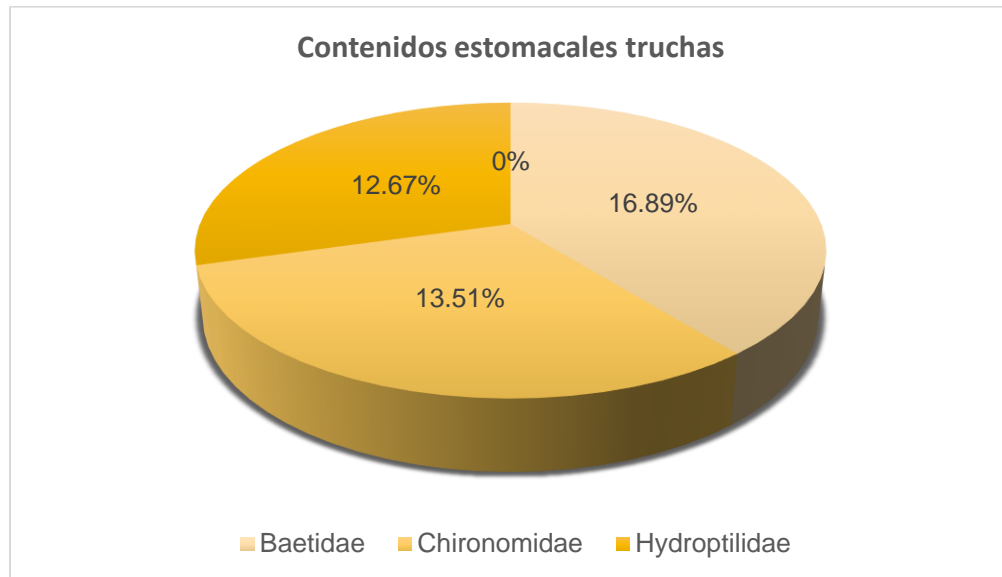


Figura 11. Familias más abundantes en los contenidos estomacales de *O. mykiss* y proporción en porcentaje de ítems. Baetidae (16.89%), Chironomidae(13.51%) y Hydroptilidae(12.67%).



7. DISCUSIÓN

Las especies del género *Ambystoma* requieren información puntual acerca del estado de sus poblaciones y de la identificación de las causas que las ponen en riesgo. En este trabajo se reporta información que puede ser utilizada para la conservación de *A. altamirani* en el PNLZ. Los datos recabados sugieren la desaparición de poblaciones y sugieren a las truchas como uno de los posibles agentes de riesgo para los ajolotes. Sin embargo, los datos de la única población encontrada sugieren que tienen altas posibilidades de ser conservada si se lleva a cabo una estrategia para su conservación.

Las variables de los arroyos fueron similares, por lo que ha cierto nivel las condiciones ambientales parecen ser similares entre arroyos. A pesar de que los arroyos del PNLZ tienen afectaciones como la introducción trucha arcoíris, la extracción del agua por parte del humano y la tala de los bosques, los datos relacionados con la captura de las truchas y la comparación de dieta; sugieren que pueden ser el factor principal que puede determinar la presencia-ausencia de los ajolotes.

La introducción de especies exóticas-invasoras se considera una de las amenazas antropogénicas más alarmantes para los ecosistemas acuáticos. En los últimos años ha tenido un impacto negativo en las comunidades de anfibios nativos, como es el caso de los ajolotes (Larson y Hoffman, 2002; Bosch *et al.*, 2006).

Análisis poblacional

Se ha comprobado en diversos estudios que la tasa de supervivencia en individuos adultos es mayor respecto a otros estadios (juveniles y larvas) ya que pueden poseer una mayor capacidad para evitar la depredación (Reimer y Goater, 2016). Además, los estadios reproductivos pueden tener mayores posibilidades de resistencia al cambio del ambiente y mejor capacidad de adquisición de recursos (Willemsen y Hailey, 2001; Rodríguez-Reyes, 2009).

Tal es el caso de especies como *A. mexicanum* y *A. dumerillii*. Estas especies han sido afectadas por la depredación de la carpa y tilapia en etapas larvales incrementando su mortalidad (Huacuz-Elías, 2002; Valiente, 2006; Zambrano *et al.*, 2010). En el estudio de Zambrano *et al.* (2007) se calculó la tasa de supervivencia de individuos de huevo a individuos de un año, donde se reportó una baja supervivencia (0.0526 lo cual indica una alta susceptibilidad en estas primeras etapas. Huacuz-Elías (2008) experimentó la supervivencia en cautiverio de crías juveniles) de *A. andersoni* y *A. dumerillii*, las cuales fueron de 0.3 y 0.2 respectivamente. En contraste, en el estudio de *A. californiense* durante 1999 al 2003, se marcaron individuos entre juveniles y adultos, en donde obtuvieron una supervivencia anual de 0.70 y al menos el 33% de las salamandras marcadas en el 2002 sobrevivieron para el año 2003 (Cook *et al.*, 2006).

Un estudio que comprueba que en ausencia de especies exóticas la supervivencia es alta, es en el de Rodríguez-Reyes (2009) realizado en una población de *A. altamirani* en la parte alta del Río Magdalena en donde reporta una

supervivencia en juveniles de 0.74 y en adultos de 0.986. Lo que resulta muy similar a la supervivencia que obtuvimos (0.89 en juveniles y de 0.97 en adultos) y que también se descartó la presencia de especies exóticas.

Análisis trófico

La introducción de salmónidos no nativos, como es el caso de la Trucha Arcoíris (*O. mykiss*), ha afectado negativamente la comunidad acuática nativa (Crawford y Muir, 2008), en particular en la abundancia y ocupación de especies de salamandras y ranas en el norte de USA y Canadá (Welsh *et al.*, 2006; Pilliod *et al.*, 2010). En el trabajo de Estrella-Zamora *et al.* (2018) en Sierra de las Cruces, Estado de México, no encontraron la presencia de *A. altamirani* en los sitios donde había trucha arcoíris, pero encontraron *A. altamirani* en casi el 45% de los sitios sin trucha arcoíris.

Los ajolotes se alimentan de presas planctónicas durante sus primeras ocho semanas de desarrollo y cuando alcanzan tallas mayores se alimentan de macroinvertebrados (Chaparro-Herrera, 2007, Lemos-Espinal *et al.*, 2015). La disponibilidad de presas depende del grado de perturbación y la calidad de los cuerpos de agua en donde habitan (Ruíz-Martínez *et al.*, 2003). Lemos-Espinal *et al.* (2015) estudiaron la dieta de una población de *A. altamirani* en Sierra de las Cruces, Estado de México. Realizaron 45 lavados estomacales y sus principales presas fueron ostrácodos (68.3%) y gastrópodos (21.7%), el resto de la dieta consistió en insectos como dípteros, lepidópteros y tricópteros. En nuestro estudio la composición de la dieta de *A. altamirani* fue totalmente distinta donde

predominaron efemerópteros, tricópteros y dípteros, las familias que se encontraron con mayor disponibilidad fueron: Baetidae, Heptageniidae y Chironomidae. Esta dieta fue muy parecida al estudio de Cortés (2003) con *A. rosaceum* donde predominaron ordenes como: Ephemeroptera y Diptera.

8. BIBLIOGRAFÍA

Akaike, H. (1973). Maximum likelihood identification of Gaussian autoregressive moving average models. *Biometrika*, 60(2), 255-265.

Alford, R. A., y Richards, S. J. (1999). Global amphibian declines: a problem in applied ecology. *Annual review of Ecology and Systematics*, 30(1), 133-165.

Altig, R., McDiarmid, R.W. (1999). Body plan: development and morphology. In: McDiarmid R. W., Altig R (eds) *Tadpoles: the Biology of Anuran Larvae*. Chicago: University of Chicago Press, pp 24–51.

Anderson, D. R. (2008). Information Theory and Entropy. *Model Based Inference in the Life Sciences: A Primer on Evidence*, 51-82.

Badii, M. H., Guillen, A., Landeros, J., Cerna, E., Ochoa, Y., & Valenzuela, J. (2012). Muestreo por Métodos de Captura-Recaptura. *Revista Daena (International Journal of Good Conscience)*, 7(1).

Bailey, L. L., Simons, T. R., y Pollock, K. H. (2004). Estimating site occupancy and species detection probability parameters for terrestrial salamanders. *Ecological Applications*, 14(3), 692-702.

Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O., Swartz, B., Quental, T. B. y Mersey, B. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?. *Nature*, 471(7336), 51.

Begon, M., C. R. Townsend, y L. J. Harper.(2006). *Ecology: From individuals to ecosystems*. 4th ed. Blackwell. United Kingdom.

Biek, R., Funk, W. C., Maxell, B. A., y Mills, L. S. (2002). What is missing in amphibian decline research: insights from ecological sensitivity analysis. *Conservation Biology*, 16(3), 728-734.

Blaustein, A. R. y Kiesecker, J. M. (2002). Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology letters*, 5(4), 597-608.

Blaustein, A.R., Belden, L.K., Olson, D.H., Green, D.L., Root, T.L. y Kiesecker, J.M. (2001). Amphibian breeding and climate change. *Conserv. Biol.*, 15, 1804–1809.

Blaustein, A.R., Wake, D.B. y Sousa, W.P. (1994). Amphibian declines: Judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conservation. Biology*, 8, 60–71.

Bosch, J., Rincón, P. A., Boyero, L. U. Z., y Martínez-Solano, I. (2006). Effects of introduced salmonids on a montane population of Iberian frogs. *Conservation Biology*, 20(1), 180-189.

Canseco-Márquez, L., y Gutiérrez-Mayén, M. G. (2010). *Anfibios y Reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán AC.

Caswell, H., Fujiwara, M., y Brault, S. (1999). Declining survival probability threatens the North Atlantic right whale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(6), 3308-3313.

Chambers, D. L. (2011). Increased conductivity affects corticosterone levels and prey consumption in larval amphibians. *Journal of Herpetology*, 45(2), 219-223.

Chaparro-Herrera, D. J. (2007). Biología de la alimentación de *Ambystoma mexicanum*: implicaciones para su conservación. Tesis de maestría, FEZ Iztacala, UNAM; México, D.F., 94.

Collins, J. P., y Storfer, A. (2003). Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and distributions*, 9(2), 89-98.

CONANP, (2008). Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México.

CONANP. (2009) Monitoreo del Ajolote (*Ambystoma altamirani*) en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala.

Contreras, V., Martínez-Meyer, E., Valiente, E., y Zambrano, L. (2009). Recent decline and potential distribution in the last remnant area of the microendemic Mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *Biological conservation*, 142(12), 2881-2885.

Contreras-MacBeath y F. Urbina T. (1995). Historia natural del Área de protección de flora y fauna silvestre: Corredor Biológico Chichinautzin. Editores Topiltzin Cuernavaca, Morelos. SEP-FOMES-UAEM. 35 pp

Cooch, E., y **White**, G. (2017). Program Mark. *A Gentle Introduction*. (Colorado State University.)

Cook, D. G., **Trenham**, P. C., y **Northen**, P. T. (2006). Demography and breeding phenology of the California tiger salamander (*Ambystoma californiense*) in an urban landscape. *Northwestern Naturalist*, 87(3), 215-224.

Crawford, S. S., y **Muir**, A. M. (2008). Global introductions of salmon and trout in the genus *Oncorhynchus*: 1870–2007. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 18(3), 313-344.

Diario Oficial de la Federación. (2012) Actualización del Decreto del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. <http://www.dof.gob.mx>.

Didham, R. K., **Tylianakis**, J. M., **Gemmell**, N. J., **Rand**, T. A., y **Ewers**, R. M. (2007). Interactive effects of habitat modification and species invasion on native species decline. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(9), 489-496.

Dugés, A. (1895). Description d'un axolotl des Montagnes de las Cruces (*Ambystoma altamirani*). *La Naturaleza*, Ser. 2,2:459-461.

Estrella-Zamora, A. B., **Smith**, G. R., **Lemos-Espinal**, J. A., **Woolrich-Piña**, G. A., y **Montoya Ayala**, R. (2018). Effects of nonnative Rainbow Trout on two species of endemic Mexican amphibians. *Freshwater Science*, 37(2).

Frías-Alvarez, P., **Zúñiga-Vega**, J. J., y **Flores-Villela**, O. (2010). A general assessment of the conservation status and decline trends of Mexican amphibians. *Biodiversity and Conservation*, 19(13), 3699-3742.

Frost, D. R. (2018). Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA. Electronic Database accessible. *research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html*.

Fujiwara, M., & Caswell, H. (2002). Estimating population projection matrices from multi-stage mark–recapture data. *Ecology*, 83(12), 3257-3265.

García- Garrido, P. (2003). Características de hábitat y atributos demográficos de *Ambystoma ordinarium* Taylor 1940 (Amphibia: Caudata) en Agua Zarca, Municipio de Morelia. Tesis de Maestría. Facultad de Biología, UMSNH.

Guerrero-de la Paz, J. (2016). Estudio del tamaño poblacional censal y caracterización del hábitat de *Ambystoma sp.* en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Universidad del Estado de Morelos. 90pp.

Heemeyer, J. L., Homyack, J. A., & Haas, C. A. (2007). Retention and readability of visible implant elastomer marks in eastern red-backed salamanders (*Plethodon cinereus*). *Herpetological Review*, 38(4), 425.

Horne, M. T., y Dunson, W. A. (1995). Effects of low pH, metals, and water hardness on larval amphibians. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 29(4), 500-505.

Houlahan, J. E., Findlay, C. S., Schmidt, B. R., Meyer, A. H., y Kuzmin, S. L. (2000). Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature*, 404(6779), 752.

Huacuz-Elias, D. C. (2002). Programa de Conservación y Manejo de *Ambystoma dumerilli*: El Achoque del Lago de Pátzcuaro. FMCN/UMSNH/SEMARNAT. Morelia, México.

Huacuz-Elias, D. C. (2008). Manejo y conservación de las especies del género *Ambystoma* (Caudata: Ambystomatidae) en Michoacán, México. Tesis de Grado. Universidad de Salamanca. 194 pp.

Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis a review of methods and their application. *Journal of fish biology*, 17(4): 411-429.

Larson, A. (1996). Ambystomatidae, Mole Salamanders. Version 01 January 1996 (under construction). Tree of life web project. <http://tolweb.org/> (consultado octubre del 2017)

Larson, G. L., Hoffman, R. L., y Moore, S. E. (2002). Observations of the distributions of five fish species in a small Appalachian stream. *Transactions of the American Fisheries Society*, 131(4), 791-796.

Lebreton, J. D., y Pradel, R. (2002). Multistate recapture models: modelling incomplete individual histories. *Journal of Applied Statistics*, 29(1-4), 353-369.

Lemos-Espinal, J. A., González, R., y Zúñiga-Vega, J.J.(2005). *Técnicas para el estudio de poblaciones de fauna silvestre* (No. 591.5248 L4).

Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R., Ruíz, Á. H., y Ayala, R. M. (2016). Stream use and population characteristics of the endangered salamander, *Ambystoma*

altamirani, from the Arroyo Los Ajolotes, State of Mexico, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 61(1), 28-32

Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R., y Woolrich-Piña, G. A. (2015). Diet of larval *Ambystoma altamiranoi* from Llano de los Ajolotes, Mexico. *Current Herpetology*, 34(1), 75-79.

Lips, K. R., Burrowes, P. A., Mendelson, J. R., y Parra-Olea, G. (2005). Amphibian declines in Latin America: widespread population declines, extinctions, and impacts. *Biotropica*, 37(2), 163-165.

Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., y De Poorter, M. (2004). 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. The invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN).

Maldonado-Koerdell, M. (1947). Notas anfibiológicas. I. Observaciones sobre algunos anfibios de la Cuenca de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 8, 229-242.

Matías-Ferrer, N. (2006) Diferenciación genética y sistemática de las especies *Ambystoma altamirani*, *A. leorae*, *A. rivulare* y *A. zempoalense*. Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM. México.

Mendoza-Almeralla, C., Burrowes, P., y Parra-Olea, G. (2015). La quitridiomycosis en los anfibios de México: una revisión. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(1), 238-248.

Metcalf, C. J. E., y Pavard, S. (2007). Why evolutionary biologists should be demographers. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(4), 205-212.

Mills, N. E., Barnhart, M. C., y Semlitsch, R. D. (2001). Effects of hypoxia on egg capsule conductance in *Ambystoma* (Class Amphibia, Order Caudata). *Journal of Experimental Biology*, 204(21), 3747-375.

Montés- Calderón, A. M., Díaz, J. A., & Ortuño, I. S. (2013). Abundancia, actividad espacial y crecimiento de *Ambystoma ordinarium* Taylor 1940 (Caudata: Ambystomatidae) en Michoacán, México. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, 13(1), 50-53.

Nichols, J. D., y Hines, J. E. (2002). Approaches for the direct estimation of u , and demographic contributions to u , using capture-recapture data. *Journal of Applied Statistics*, 29(1-4), 539-568.

Pilliod, D. S., Hossack, B. R., Bahls, P. F., Bull, E. L., Corn, P. S., Hokit, G., y Wyrick, A. (2010). Non-native salmonids affect amphibian occupancy at multiple spatial scales. *Diversity and Distributions*, 16(6), 959-974.

Pimentel, D., McNair, S., Janecka, J., Wightman, J., Simmonds, C., O'connell, C. y Tsomondo, T. (2001). Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 84(1), 1-20.

Pough, F. H., y Wilson, R. E. (1977). Acid precipitation and reproductive success of *Ambystoma* salamanders. *Water, Air, & Soil Pollution*, 7(3), 307-316.

Reilly, S. M., y Brandon, R. A. (1994). Partial paedomorphosis in the Mexican stream ambystomatids and the taxonomic status of the genus *Rhyacosiredon* Dunn. *Copeia*, 656-662.

Reimer, S. A., y Goater, C. P. (2016). Distribution and Life History of the Western Tiger Salamander (*Ambystoma mavortium*) in Southwestern Alberta, Canada. *Herpetological Conservation and Biology*, 11, 497-504

Rodríguez-Reyes, F. (2009). Dinámica poblacional del ajolote *Ambystoma altamirani* en el río Magdalena, D. F. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Rovito, S. M., Parra-Olea, G., Vásquez-Almazán, C. R., Papenfuss, T. J., y Wake, D. B. (2009). Dramatic declines in neotropical salamander populations are an important part of the global amphibian crisis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(9), 3231-3236.

Ruíz-Martínez, L., Alvarado-Díaz, J., Suazo-Ortuno, I., y Pérez-Munguía, R. (2014). Diet of *Ambystoma ordinarium* (Caudata: Ambystomatidae) in undisturbed and disturbed segments of a mountain stream in the trans-Mexican Volcanic Belt. *Salamandra*, 50, 63-70.

Santos-Barrera, G. y García, A. (2006). La evaluación mundial de anfibios y reptiles y su conservación en México. *Biodiversitas*, 65, 12-15.

Santos-Barrera, G., Pacheco, J. y Ceballos, G. (2004). La conservación de los reptiles y anfibios de México. *Biodiversitas*, 57, 1-6.

Schmidt, B. R., Feldmann, R., y Schaub, M. (2005). Demographic processes underlying population growth and decline in *Salamandra salamandra*. *Conservation biology*, 19(4), 1149-1156.

Seeboonruang, U. (2012). A statistical assessment of the impact of land uses on surface water quality indexes. *Journal of environmental management*, 101, 134-142.

Semlitsch, R. D., y Wilbur, H. M. (1988). Effects of pond drying time on metamorphosis and survival in the salamander *Ambystoma talpoideum*. *Copeia*, 978-983.

Shaffer, H. B., y McKnight, M. L. (1996). The polytypic species revisited: genetic differentiation and molecular phylogenetics of the tiger salamander *Ambystoma tigrinum* (Amphibia: Caudata) complex. *Evolution*, 417-433.

Shaffer, H.B., Parra-Olea, G., Wake, D. y Flores-Villela, O. (2008). *Ambystoma altamirani*. The IUCN Red List of Threatened Species.

Smith, M. J., Schreiber, E. S. G., Scroggie, M. P., Kohout, M., Ough, K., Potts, J., y Clancy, T. I. M. (2007). Associations between anuran tadpoles and salinity in a landscape mosaic of wetlands impacted by secondary salinisation. *Freshwater Biology*, 52(1), 75-84.

Springer, M., Ramirez, A., & Hanson, P. (2010). Macroinvertebrados de Agua Dulce de Costa Rica I, Vol. 58 (Supl. 4). *Revista de Biología Tropical, San Jose, Costa Rica*.

Soto- Rojas, C. (2012) Uso y selección del microhábitat de la salamandra de montaña *Ambystoma ordinarium*. Tesis Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 63pp.

Sparling, D.W., Fellers, G.M. y McConnell, L.L. (2001). Pesticides and amphibian population declines in California, USA. *Environment Toxicology Chemistry*, 20, 1591–1595.

Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S., Fischman, D. L., y Waller, R. W. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306(5702), 1783-1786.

Thorsteinson L. (2005) Aquatic Invasive Species. US Geological Survey.

Uribe-Peña, Z., Ramírez-Bautista, A., y Casas-Andreu, G. (1999). *Anfibios y reptiles de las serranías del Distrito Federal, México* (Vol. 32). Universidad Nacional Autónoma de México.

Valiente, E. (2006). Efecto de las especies introducidas en Xochimilco para la rehabilitación del hábitat del ajolote (*Ambystoma mexicanum*). Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico.D.F.

Vander-Zanden, M. J., y Olden, J. D. (2008). A management framework for preventing the secondary spread of aquatic invasive species. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(7), 1512-1522.

Welsh, H. H., Pope, K. L., y Boiano, D. (2006). Sub-alpine amphibian distributions related to species palatability to non-native salmonids in the Klamath mountains of northern California. *Diversity and Distributions*, 12(3), 298-309.

Welsh, H. H., y Droege, S. (2001). A case for using plethodontid salamanders for monitoring biodiversity and ecosystem integrity of North American forests. *Conservation Biology*, 15(3), 558-569.

White, G. C., Kendall, W. L., y Barker, R. J. (2006). Multistate survival models and their extensions in Program MARK. *Journal of Wildlife Management*, 70(6), 1521-1529.

White, G. C., y Burnham, K. P. (1999). Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird study*, 46(sup1), S120-S139.

Whitfield, S. M., Lips, K. R., y Donnelly, M. A. (2016). Amphibian decline and conservation in Central America. *Copeia*, 104(2), 351-379.

Willemsen, R. E., y Hailey, A. (2001). Variation in adult survival rate of the tortoise *Testudo hermanni* in Greece: implications for evolution of body size. *Journal of Zoology*, 255(1), 43-53.

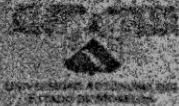
Wilson, L. D., Townsend, J. H., y Johnson, J. D. (Eds.). (2010). *Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles*. Eagle Mountain Press.

Young, B. E., Lips, K. R., Reaser, J. K., Ibáñez, R., Salas, A. W., Cedeño, J. R., y Muñoz, A. (2001). Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conservation Biology*, 15(5), 1213-1223.

Zambrano, L., Valiente, E., y Vander Zanden, M. J. (2010). Food web overlap among native axolotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes: carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Xochimilco, Mexico City. *Biological Invasions*, 12(9), 3061-3069.

Zambrano, L., Vega, E., Herrera, M., Prado, E., y Reynoso, V. H. (2007). A population matrix model and population viability analysis to predict the fate of endangered species in highly managed water systems. *Animal Conservation*, 10(3), 297-303.

Zúñiga-Vega, J. J., Mendez-De La Cruz, F. R., y Cuellar, O. (2008). Demography of the lizard *Sceloporus grammicus*: exploring temporal variation in population dynamics. *Canadian Journal of Zoology*, 86(12), 1397-1409



Cuernavaca, Morelos a 2 de noviembre de 2018

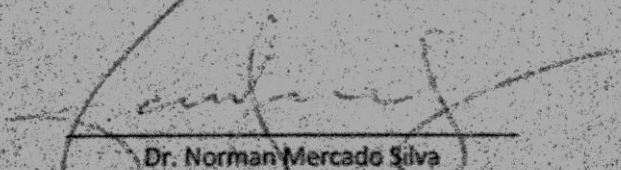
**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación**

Presente

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "Aspectos demográficos y tróficos de *Ambystoma altamirani* en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala" de la alumna Jéssica Gabriela Guerrero de la Paz, con número de matrícula 7920160708, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta


Dr. Norman Mercado Silva
Profesor Investigador Tiempo Completo A
Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación
Universidad Autónoma del Estado de Morelos



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO
CULTURA DE LA INVESTIGACIÓN



Fecha: Noviembre 05 de 2018

Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "Aspectos demográficos y tróficos de *Ambystoma altamirani* en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala" de la alumna Jéssica Gabriela Guerrero de la Paz, con número de matrícula 7920160738, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

Dr. Raúl Ernesto Alcalá Martínez

Ciudad Universitaria a 7 de noviembre, 2018

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "Aspectos demográficos y tróficos de *Ambystoma altamirani* en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala" de la alumna Jéssica Gabriela Guerrero de la Paz, con número de matrícula 7920160708, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi VOTO APROBATORIO.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente



**Dr. Luis Zambrano
Instituto de Biología, UNAM**



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Reacreditado* por el CACEB, A.C.

Fecha: 26/Noviembre/2018

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**Aspectos demográficos y tróficos de *Ambystoma altamirani* en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala**" de la alumna **Jésica Gabriela Guerrero de la Paz**, con número de matrícula **7920160708**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

Dr. José Antonio Guerrero Enriquez



Fecha: 23 de noviembre de 2018

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**Aspectos demográficos y tróficos de *Ambystoma altamirani* en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala**" de la alumna **Jésica Gabriela Guerrero de la Paz**, con número de matrícula **7920160708**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

Dr. Víctor Hugo Jiménez Arcos



COORDINACIÓN GENERAL DE PLANEACIÓN Y ADMINISTRACIÓN

Dirección General de Desarrollo Institucional
Dirección de Desarrollo de Bibliotecas

Formato de Autorización de publicación de tesis en el Repositorio Institucional de Acceso Abierto de la UAEM (RIAA-UAEM)

Datos Generales		Autor/a:	Coautor/a:
Nombre completo (nombre(s), apellidos)		Jésica Gabriela Guerrero de la Paz	
Plan de estudios del que egresa		Maestría en Biología Integrativa de la Biodiv	
Unidad Académica de la que egresa		Centro de Investigación en Biodiversidad y	
Domicilio (calle, número, colonia)		Calle Emiliano Zapata, no. 10. Colonia San J	
Correo electrónico		bio.jesicaguerrodelapaz@gmail.com	
Teléfono domicilio		7771 244397	
Teléfono Celular		7773470997	
Nombre completo del Representante Legal (De ser el caso, acompañar con el original y copia de la carta poder)			
Datos del trabajo recepcional:			
Título y subtítulo		"ASPECTOS DEMOGRÁFICOS Y TRÓFICOS DE AMBYSTOMA ALTAMIRANI EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNAS DE ZEMPOALA"	
Nombre del Director de tesis		Dr. Norman Mercado Silva	
Seleccionar una opción:	<input checked="" type="radio"/> Tesis <input type="radio"/> Tesina <input type="radio"/> Memoria de Trabajo <input type="radio"/> Tesis profesional por etapas <input type="radio"/> Otro: _____	Fecha trámite (DD/MM/AA): 07/12/18	Sello institucional de recepción del trámite de la Dirección de Desarrollo de Bibliotecas de la UAEM.

Por este medio, se hace constar que es mi/nuestra libre voluntad en mi/nuestro doble carácter de egresado(s) de la UAEM y autor/coautor(es) del trabajo recepcional precedentemente especificado lo siguiente:

I.- Hacer entrega a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, en adelante UAEM, una copia digital de la versión que obtuvo los votos aprobatorios, del referido trabajo recepcional en formato PDF con un tamaño de _____ MB misma que se adjunta al presente para efectos de su publicación en el Repositorio Institucional de la UAEM.

II.- Con fundamento en los artículos 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor y 11 Y 15 fracción II de la Ley Orgánica de la UAEM y 5,7,8, 9 y 13 de los Lineamientos Generales para la Política de Acceso abierto de la institución otorgo/otorgamos a la UAEM, la autorización exclusiva para comunicar y exhibir públicamente, total o parcialmente, en medios digitales, la tesis, tesina, memoria de trabajo y/o tesis profesional por etapas, por un periodo de 5 (cinco) años, contados a partir de la fecha de la presente autorización. Dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar quien/quienes esto suscribe(n) aviso expreso por escrito a la UAEM de su terminación; en caso de solicitar la terminación, ésta tendrá efectividad al mes siguiente de la notificación realizada la UAEM. Lo anterior, en el entendido que el referido organismo público autónomo se compromete en todo momento a respetar y atribuir la autoría en la exhibición pública en medios digitales del trabajo recepcional objeto de este trámite.

IV.- Quien(es) esto suscribe(n) manifiesta(n) que el contenido académico, literario, la edición y, en general, cualquier parte de la tesis, tesina, memoria de trabajo y/o tesis profesional por etapas, son de mi/nuestra autoría y se encuentran correctamente referenciados, por lo que deslinda de toda responsabilidad a la UAEM, en caso de que el contenido del trabajo recepcional (Tesis, Tesina, Memoria de trabajo, Tesis profesional por etapas) o la autorización concedida, afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o, en general, cualquier derecho de propiedad intelectual de tercero(s). Asumiré/asumiremos cabal e incondicionalmente las consecuencias de cualquier acción legal que puedan derivarse del caso.

V.- Acepto/Aceptamos que las notificaciones relacionadas al presente trámite se me hagan llegar exclusivamente al correo electrónico que aparece anotado en el presente.

Nombre y Firma del Autor/a Jésica Gabriela Guerrero de la Paz		o del Representante Legal
---	--	----------------------------------