



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**Algunos aspectos ecológicos y reproductivos del ajolote
(*Ambystoma altamirani*, Dugés, 1895) del Municipio de
Jilotzingo Estado de México.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I Ó L O G A
P R E S E N T A:**

ITZEL BERENICE GARCÍA RODRÍGUEZ



**DIRECTOR DE TESIS:
M. EN C. FELIPE CORREA SÁNCHEZ**

2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Algunos aspectos ecológicos y reproductivos del ajolote (*Ambystoma altamirani*, Dugés, 1895) del Municipio de Jilotzingo Estado de México.

ÍNDICE

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
ANTECEDENTES	7
JUSTIFICACIÓN	8
FAMILIA AMBYSTOMATIDAE	8
DISTRIBUCION DE LA ESPECIE	9
DESCRIPCIÓN DE LA ES ESPECIE	10
ÁREA DE ESTUDIO	12
IMPORTANCIA DEL MUNICIPIO	14
OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	15
MATERIAL Y MÉTODOS	16
RESULTADOS	21
DISCUSIÓN	34
CONCLUSIÓN	41
RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	44
GALERIA FOTOGRAFICA	49

RESUMEN

Se trabajó en el municipio de Jilotzingo Estado de México con dos poblaciones de *Ambystoma altamirani*. En la localidad de San Miguel Tecpan, en estas Barrancas se encontró un total de 106 organismos en sus diferentes estadios, predominando en mayor número las larvas. Los adultos transformados de mayor tamaño registraron una LHC de 82mm y 75mm y una LT de 156 y 150mm. Para la localidad de los dos Ríos muestreados, se encontró un total de 118 organismos, predominando los estadios juveniles 1 y 2. Los adultos transformados de mayor tamaño encontrados, fueron de LHC de 97 y 90mm y una LT de 212mm y 197.5 mm. La época de reproducción se observó en los meses de Noviembre a Marzo. En las barrancas se encontró un total de 4 puestas= 210 huevos, con el 88% de fertilidad y el 69% de infertilidad, con un diámetro de 11.38mm. Para los ríos, se encontró un total de 10 puestas=593 huevos con 81% de huevos fértiles y 19% infértiles con un diámetro promedio de 12.01mm. El tamaño de la puesta estuvo relacionado con el tamaño de la hembra ($N= 9$, $R^2= 0.83$, $P < 0.001$; $\alpha = 0.05$), lo que indica que las hembras de mayor talla presentan puestas más grandes que las de talla pequeña. El tiempo que tardan en eclosionar las larvas, varía entre los 3 y 4 meses. Su dieta se conformó de 13 familias de insectos acuáticos y planarias disponibles en el agua, y como depredadores a 6 familias que comprenden culebras de agua, náyades, tricopteros, truchas, gorriones y mapaches. El crecimiento de las larvas mantenidas en cautiverio y semicautiverio no mostraron diferencias significativas $T = 421.000$ $n(\text{small})= 18$ $n(\text{big})= 24$ ($P = 0.394$). Lo mismo se observó para la relación entre la LT: $T = 436.500$ $n(\text{small})= 18$ $n(\text{big})= 24$ ($P = 0.213$). En cuanto al crecimiento, estas crecieron de 10 a 15mm por semana.

INTRODUCCIÓN

Desde la década de los 80's, el tema de la disminución de las poblaciones de anfibios se ha considerado como una emergencia ecológica progresiva (Stebbins y Cohen 1995). A partir de esos años, numerosos estudios han aportado evidencia sobre las posibles causas que han provocado estas disminuciones (Lips 1999, Sarkar 1996, Heyer *et al.* 1988, Pound *et al.* 1999, Stallard 2001).

Los ecosistemas de montaña han sido considerados como unos de los más vulnerables frente a fluctuaciones en las condiciones climáticas (Pauli 2003, Eguiguren *et al.* 2010). Particularmente, las altiplanicies se caracterizan por poseer un equilibrio que puede alterarse fácilmente debido a presiones externas como actividades humanas, siendo el cambio climático uno de los principales factores de amenaza (Aguirre 2008).

La vulnerabilidad de los anfibios a estos cambios, se presenta principalmente por sus características morfológicas así como la ecología de los mismos. El hecho de que su ciclo de vida típico es en parte acuático y en parte terrestre, los hace doblemente vulnerables a la perturbación tanto del agua como de la tierra (Matton. 2000).

Factores como la fragmentación del hábitat; factor tradicionalmente responsable de pérdida de biodiversidad (Middleton *et al.* 2001), aumento de la Radiación Ultravioleta (Blaustein y Wake, 1995; Anzalone *et al.* 1998), el cambio en el pH del agua (Lizana y Pedraza, 1998), el cambio en la temperatura global (Díaz y Graham, 1996; Pound *et al.* 1999; Gibbs y Breisch, 2001; Blaustein *et al.* 2001), la presencia de enfermedades producidas por hongos y bacterias (Berger *et al.* 1998, Lips 2006).

Así mismo, la disminución de la duración del periodo de lluvias, puede alterar dramáticamente la sobrevivencia de huevos y larvas llevando la destrucción de los mismos (Semlitsch, 1983), lo que trae como consecuencia la disminución o extinción de varias poblaciones (Dodd, 1993; Palis *et al.* 2006).

Respectivamente la variación de la temperatura del ambiente puede influir de manera importante en el costo energético de la actividad reproductiva en los machos y las hembras (Finkler, 2004).

Aunado a lo anterior, la pérdida del hábitat, por el crecimiento urbano, que se ha incrementado en los últimos años, ha tenido efecto importante en aspectos ecológicos y biológicos en poblaciones de los anfibios, por el uso de ríos y lagos como centros de recreación (Rubbo y Kiesecker, 2005). Lo que reduce la abundancia y diversidad de los anfibios en las zonas afectadas, y enfrenta a las especies terrestres a cambios microclimáticos drásticos, en los que se involucra la compactación y desecación del suelo, reducción de la versatilidad del hábitat, sedimentación y pérdida de los cuerpos de agua.

La gran mayoría de las especies de anfibios, requieren de medios poco alterados para poder sobrevivir; presentan muchas limitantes y necesidades específicas en la selección del hábitat, como lugares para reproducirse que son esenciales en la sobrevivencia de los mismos (Matton, 2000). La precipitación, temperatura, fotoperiodo y disponibilidad de alimento, son ingredientes importantes, debido a que pueden tener efectos adversos en la disminución de cuerpos o corrientes de agua, afectando las características ecológicas y reproductivas de los anfibios, tales como edad y talla a la madurez sexual, tipo de ciclo reproductivo, frecuencia y tamaño de puestas, sobrevivencia de las mismas, debido a que afectan de manera directa a la vida de un organismo (Palis *et al.* 2006).

En sí, los anfibios han sido considerados como un modelo biológico idóneo para estudiar el esfuerzo reproductivo puesto que mucha de su energía es invertida principalmente en el tamaño de los huevos y el número de huevos que depositan en cada postura (Camargo *et al.* 2008). El modo de reproducción, de los anfibios, se refiere a las características del sitio de deposición de huevos, tipo y duración del desarrollo embrionario y larval, y el tipo de cuidado de los padres si los hay (Duellman y Trueb 1994). Se ha demostrado que rasgos como el tamaño corporal, la edad y las reservas de energía de las hembras, principalmente en anfibios, alteran el esfuerzo reproductivo (Lips 2001) y ante

estas condiciones las especies ovíparas muestran ajustes en el número de huevos y posturas por cada período reproductivo, tiempo máximo de ovoposición y el tamaño de éstos (Sinervo&Licht 1991, Sinervo *et al.* 1992).

Los hábitats acuáticos utilizados por anfibios como sitios nupciales, son a menudo temporal y espacialmente variables, fluctuando con frecuencia en calidad y cantidad dentro de un espacio de tiempo relativamente corto (Semlitsch *et al.* 1996). Los anfibios han desarrollado una gran variedad de adaptaciones que permiten el uso continuo de hábitats acuáticos con condiciones variables, en donde la metamorfosis ha sido considerada una adaptación de los regímenes ambientales locales (Newman, 1989), así como el canibalismo facultativo (Collins y Cheek, 1983; Pfennig, 1990) y la variación de puestas como estrategias de especies que ocurren en zonas templadas (Duellman, 1988).

Los anfibios son indicadores importantes; particularmente de los cambios ambientales, debido a sus características fisiológicas, ecológicas y etológicas, por ello son considerados barómetros del medio ambiente, puesto que las formas larvarias en algunas especies y su piel particularmente permeable, actúan como uno de los receptores más sensibles a los cambios ambientales. Convirtiéndose en un grupo focal de estudio como bioindicadores de la salud ambiental (Angulo en el 2002). Además de ser considerados valiosos indicadores de la salud del ambiente, sus atributos biológicos como piel permeable, ciclo de vida difásico y su variedad de estrategias reproductivas, los vuelve sensibles a cambios o perturbaciones acuáticas, terrestres y atmosféricas (Yáñez 2007).

ANTECEDENTES

Algunos trabajos sobre este organismo, se han enfocado a su descripción y distribución, Vega-López y Álvarez-Solórzano (1993), Lemos-Espinal (2003). Estudios moleculares para la reconstrucción de las relaciones filogenéticas entre las especies del género *Ambystoma* (Shaffer 1984; Matías-Ferrer 2006).

Castro y Vergara (2006), reportan una lista actualizada de 38 especies de anfibios dependiendo del tipo de vegetación; mencionan con respecto a un dendrograma de similitud construido a partir de especies presentes por tipo de vegetación, mencionando que en las zonas frías existe menos diversidad y que la población de *A. altamirani* es baja.

Los niveles de fecundidad son altamente variables entre los anfibios (Salthe y Duellman 1973), así como las especies de mayor tamaño, que en general, tienen un número mayor de huevos que las pequeñas, siendo la fertilidad un parámetro que puede ser importante para medir el éxito reproductivo de una especie. Aunque este parámetro no es considerado uno de los componentes de las estrategias reproductivas propuestas para los anfibios (Zug & Zug 1979).

La variación de la temperatura ambiente, puede tener una influencia importante en el costo energético de la actividad reproductiva en los machos y las hembras como se ha visto en organismos de *Ambystoma texanum* (Finkle 2004), al igual que en otros anfibios de reproducción primaveral. Por lo que Randalen (1993), reporta que la temperatura adecuada para una incubación tardía, una talla mayor y más altos índices de sobrevivencia y desarrollo embrionario, es de 2° C a 10° C, mientras que a temperaturas mayores el tiempo de incubación es menor así como la talla corporal.

Algunos trabajos referentes de la relación de variables ambientales involucrados con la biología de ambystomatidos, como el de Travis *et al.* (2003), en el que manifiestan que en *Ambystoma talpoideum*, el crecimiento está influenciado por los niveles de la alimentación y que las tasas de crecimiento de las larvas, varían en su desarrollo haciéndolas más propensas a la

metamorfosis y por tanto, la tasa de alimento puede ser un factor importante en el ciclo de vida de esta especie.

El conocimiento que se tiene sobre investigaciones con *Ambystoma altamirani*, es muy escaso. Dugés en 1895, menciona que las puestas de *Ambystoma altamirani* son en los meses de febrero y marzo, la incubación de los huevos tarda aproximadamente un mes; la metamorfosis tiene una duración variable ya que depende de factores bióticos como abióticos, encontrando individuos que a los 8 meses ya se han transformado en adultos mientras que otros tardan más de un año.

JUSTIFICACIÓN

Debido a que esta especie no ha sido muy estudiada, y está clasificada como amenazada por la NOM 059 SEMARNAT 2010; a causa de una grave disminución de sus poblaciones, estimada en más del 50% en las últimas tres generaciones, inferida a partir de la extensión de la degradación del hábitat y un número muy reducido de registros de ejemplares silvestres, y a que el área de su distribución es menor de 5.000 km², además de estar muy fragmentada, provocando la disminución en el número de individuos adultos. Con este trabajo se pretende contribuir al conocimiento y generación de información relevante con respecto a biología de esta especie.

FAMILIA AMBYSTOMATIDAE

La familia Ambystomatidae, está formada por 37 especies, de las cuales 17 se distribuyen en el centro y noroeste de México en regiones de mediana a gran altitud (de 1600 a 3800m). De estas, 15 especies son endémicas (SEMARNAT 2009).

La distribución de este género abarca desde América del Norte, sur de Canadá y Alaska, hasta el Eje Neovolcánico Transversal de México. En Nuestro país existen dos grandes grupos de ajolotes: los de arroyo, como *Ambystoma altamirani* y los de lago o laguna como *A. mexicanum*. Algunos autores han

señalado que la desecación de las lagunas y lagos del Valle de México, Toluca y Michoacán, así como la erosión y sedimentación, la contaminación y la introducción de depredadores exóticos, pudieran estar jugando un papel importante en la disminución de las poblaciones de estos organismos y en la extinción de sus especies. (Casas-Andreu y Aguilar-Miguel 1999).

DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE

Esta salamandra se distribuye en las montañas de la parte central de la República Mexicana: Distrito Federal (Cañada de Contreras, Parque Nacional Desierto de los Leones, porción norte del Parque Nacional Insurgentes Miguel Hidalgo, porción norte de la Sierra del Ajusco); Estado de México en Sierra de las Cruces (Arroyo las Palomas, Llano las Navajas, Arroyo Las Manzanas, Arroyo Santa Ana Jilotzingo, Arroyo Campo del Gallo, Arroyo Las Animas, Villa del Carbón, Villa Alpina), Estado de Morelos (porción oeste del Parque Nacional Lagunas de Zempoala). A una Altitud de 2,700 a 3,450 m sobre el nivel del mar. La especie vive y se reproduce en pequeños arroyos permanentes que corren a través de Bosques de oyamel en Bosque mixtos de *Abies religiosas* y *Pinus montezumae*, en bosques de *Pino hartwegii* en pastizales de *Festucasp.*, *Stipasp.* y *Muhlenbergiasp.* (Lemos 2003).

Las condiciones físico-químicas del agua necesarias para su sobrevivencia son temperaturas menores a 20° C y una concentración de oxígeno mayor a los 6 mg/l. Se les encuentra mayormente activos durante la mañana, aunque se les puede observar en menor número al atardecer. Prefieren las áreas cubiertas de vegetación acuática, flotante y sumergida, en los recodos de los arroyos y zonas someras de los lagos. Además del hombre, su único depredador conocido son las serpientes acuáticas del género *Thamnophis* sp. (SEMARNAT 2009).

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Ambystoma altamirani fue descrito por primera vez en 1945 por Smith y Taylor en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Es un anfibio urodelo (anfibios con cola) de cuerpo robusto, con 11 surcos costales a cada lado, su piel es lisa, glandular y húmeda. La cabeza es ancha y aplanada en sentido dorso ventral. Tiene una boca de gran capacidad y dientes diminutos dispuestos en hileras al inicio de la cavidad oral, su lengua es retráctil (Vázquez 2008). Presenta tres árboles branquiales formados por tres ramificaciones a los lados de la cabeza. Las extremidades anteriores poseen cuatro dedos y las posteriores cinco. Los labios y la punta de los dedos son blanquecinos o color crema claro. En los individuos que han realizado la metamorfosis, el cuerpo es de color sepia oscuro salpicado de puntos negros en las regiones superiores. Los individuos que aun conservan las branquias presentan una coloración moreno pálida con manchas negras, la región ventral es de color amarilla tendiendo a verdosa o violácea. En los individuos jóvenes la región ventral y gular son de color negruzco y las puntas de los dedos son amarillentas o negras, el pliegue transversal bajo el cuello está bien marcado; el hocico es de forma cuadrangular y delgado, la cabeza se ensancha hacia las sienes y se estrecha enseguida para terminar por dos salientes laterales que la separan netamente del cuello. El cuello es más delgado que el cuerpo y la cabeza. Los orificios nasales son casi terminales y están dirigidos hacia los lados. El tronco es menos ancho que la cabeza y algo deprimido. La extremidad anterior, extendida hacia adelante, llega a la nariz, y dirigida hacia atrás comprende las tres cuartas partes de la distancia que hay entre la axila y la ingle. Los dedos de las patas alcanzan el codo y a veces lo sobrepasan (Dugès, 1895).

El miembro pelviano, aplicado sobre el costado, alcanza el último cuarto de la distancia entre la ingle y la axila, y algunas veces llega un poco más adelante. La mandíbula inferior entra en el labio superior. La boca no puede abrirse hasta el ángulo de las mandíbulas. Los ojos son bastante pequeños, y el iris es de color moreno punteado de oro. La lengua varia de forma, pero en general es elipsoidal, delgada, adherente por todas partes, mal limitada hacia atrás y solo

se distingue por su ligera elevación sobre la mucosa que la rodea (Dugés, 1895).

Presentan un tamaño promedio de 115 mm, incluyendo la cola que mide alrededor de 50 mm. Los machos son más grandes que las hembras, en parte por que poseen una cola más larga. Su peso oscila entre los 32 y los 45 g. Son organismos ovíparos que ponen entre ocho y 20 huevos durante la primavera, mismos que son depositados entre la vegetación acuática (SEMARNAT 2009). Una vez que han sido depositados, los huevos se desarrollan sin la participación de los padres. Esta especie no exhibe cuidados parentales (EDGE 2008). Su principal alimento son insectos acuáticos y terrestres.

Ha sido considerada como una especie paedomorfica facultativa (Armstrong y Malacinski 1989), sin embargo, no se cuentan con registros de su reproducción que sostengan dicha afirmación. La reproducción de esta especie únicamente se cuenta con observaciones del número de huevos que se pueden encontrar a lo largo de los ríos (700 a 1000 huevos) en racimos de 4 a 25 (Uribe-Peña *et al.* 1999), y del diámetro de los huevos 2.5mm. (Campbell y Simmons 1962). Existen observaciones de la talla a la eclosión (aproximadamente 10 mm de longitud hocico-cloaca y 17 mm de longitud total; Brandon y Alting 1973). Las tallas a las que puede ocurrir la transformación van desde 48 hasta 65 mm de longitud hocico-cloaca (LHC) (Cambell y Simmons 1962; Brandon y Alting 1973), en ambientes sombríos y húmedos ocupa pequeños cuerpos de agua. Se les puede encontrar debajo de troncos u hojarasca pero siempre cerca de corrientes fluviales. Su ciclo reproductivo inicia en invierno y las larvas se pueden observar entre finales de marzo y abril (Uribe-Peña *et al.* 1999).

Ambystoma altamirani, según la NOM-059-SEMARNAT-2010, se encuentra como “amenazada” debido al deterioro y modificación de su hábitat natural. En la lista roja de especies amenazadas de la IUCN, aparece también bajo la categoría “amenazada” debido a los diferentes riesgos en los que se encuentra por su distribución restringida a una zona de alto riesgo como son los alrededores de la ciudad de México (UICN 2006).

ÁREA DE ESTUDIO

El área del presente estudio, se encuentra localizada en el municipio de Jilotzingo Estado de México. Comprende dos poblados el de Santa María Mazatla y San Miguel Técpán, lugar de distribución de *A. altamirani*, en dos cuerpos de agua permanentes para cada localidad, comprendido por dos barrancas naturales en Santa María Mazatla y dos ríos naturales en San Miguel Técpán. El municipio de Jilotzingo (Figura 1), se localiza en la porción central del Estado de México. Colinda con los municipios de Isidro Fabela y Atizapán de Zaragoza al norte, Huixquilucan y Lerma al sur, Naucalpan y Atizapán de Zaragoza al este y Xonacatlán, Oztolotepec e Isidro Fabela al oeste. Cuenta con las siguientes coordenadas geográficas: Latitud Norte 19° 24' 59"min 19° 33' 26"max y Latitud Oeste 99° 19' 56"min 99° 28' 25"max.(Gaceta del Gobierno 2011)

El municipio presenta una superficie de 12,490 hectáreas, su clima predominante en Jilotzingo, es de tipo templado húmedo con lluvias en verano C(w), la cual está condicionada por su localización geográfica. La temperatura promedio anual es de 13.7 °C, con una máxima de 29.5 °C y 5.6 °C la mínima.(Gaceta del Gobierno 2011)

La precipitación promedio es de 1,278.5 mm de lluvia anual, que representa una cantidad superior a la que cae en las planicies del Valle de México y de Toluca. Esta cantidad se distribuye, principalmente durante los meses de junio y octubre, que representan menos de la mitad del año. El municipio se encuentra mayoritariamente en la región hidrológica número 26 denominada "Panuco", en la cuenca del Valle de México. Dentro de ella, este municipio se localiza en la cabecera de dos subcuencas importantes; la presa de Guadalupe y la presa Madín, que abastece de agua a la población de Naucalpan, motivo por el cual cobra particular importancia las actividades económicas que se desarrollan en Jilotzingo, ya que tienen influencia en la calidad y cantidad del agua en la parte baja de la cuenca de la sierra de Monte Alto (Gaceta del Gobierno 2011)



Figura 1. Croquis de ubicación de la zona de estudio donde se muestra el Municipio de Jilotzingo y las dos localidades estudiadas; San Miguel Técpán (Rio 1 y Rio 2 y una poza), con coordenadas $19^{\circ} 31' 15.2''\text{N}$ y $99^{\circ} 25' 43.9''\text{O}$ en un área mejor conservada y Santa María Mazatla (Barranca 1 y Barranca 2) con coordenadas $19^{\circ} 31' 21''\text{N}$ y $99^{\circ} 23' 31''\text{O}$ en un área más urbanizada.

IMPORTANCIA DEL MUNICIPIO

En la región donde se ubica Jilotzingo, convergen masas de aire provenientes del Valle de Toluca como del Valle de México, que influyen en los niveles de humedad, lo que incide en la presencia de agua en el medio ambiente y la existencia de vegetación de montaña. El municipio se ubica entre cadenas montañosas, sierras, cerros y hundimientos, que conforman un sistema de lomeríos, por consiguiente la topografía es muy irregular.

Jilotzingo se localiza en la Región Hidrológica del Panúco (RH26), y se localiza en la convergencia y los límites de la Región hídrica antes citada y con la Región Hidrológica Lerma-Cahapala-Santiago(RH12).Resultado de la convergencia de las dos regiones hidrológicas y por la constitución de sus respectivos sistemas, evidentemente hay abundancia de agua, la cual se constituye como un recurso de vital importancia tanto para el Valle de México como para el Valle de Toluca. Se ubican en prácticamente todo el territorio municipal una serie de fallas, especialmente en la zona con estructura geológica de tipo ígnea andesita (Gaceta del Gobierno 2011).

Hay tres usos del suelo generales: Uso Natural, Parque Protegido que ocupa el 82.23% de la superficie municipal; el Uso Agrícola que tiene una extensión del 13.36%; y por último el Uso Urbano con el 4.41 de la superficie del territorio municipal(Gaceta del Gobierno 2011).

Jilotzingo se caracteriza por la localización de dos Áreas naturales protegidas: el Parque Estatal Otomí-Mexica, y la Reserva Ecológica Estatal Espíritu Santo; las cuales carecen de esquemas de manejo que tengan un impacto positivo o en su caso hay ausencia en cuanto administración de estas superficies, que incide con el paso del tiempo, que dichas áreas, se vayan deteriorando al no existir una administración real de las mismas por las entidades de gobierno correspondientes; la invasión de las áreas protegidas por el crecimiento del área urbana, especialmente en las localidades que colindan con está áreas, especialmente en los poblados de santa Ana Jilotzingo, San Miguel Tecpan, Santa María Mazatla y San Luis Acayucan (Gaceta del Gobierno 2011).

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar algunos aspectos ecológicos y reproductivos del ajolote *Ambystoma Altamirani* en dos localidades del municipio de Jilotzingo Estado de México.

ESPECÍFICOS

- I. Determinar el número de organismos y evaluar sus medidas morfométricas (longitud hocico-cloaca; LHCmm) y la longitud total; LTmm), en sus estadios (crías, juveniles 1, juveniles 2 y adultos transformados, diferenciando hembras de machos.
- II. Identificar la época de reproducción, número y diámetro de los huevos, así como la fertilidad.
- III. Evaluar si el tamaño de la puesta está relacionado con el tamaño corporal de la hembra y el tiempo que tardan en eclosionar las larvas.
- IV. Identificar la posible dieta principal y los posibles depredadores naturales de *A. altamirani*
- V. Evaluar el crecimiento de larvas de *A. Altamirani* mantenidas en cautiverio y semi-cautiverio.

MATERIALES Y MÉTODO

Se realizaron 24 salidas en total, en un periodo de 12 meses; los muestreos se realizaron 2 veces por mes, los meses de trabajo fueron de Julio a Diciembre del 2010 para la localidad de Santa María Mazatla, y para la localidad de San Miguel Técpán, los meses de trabajo se realizaron de Julio a Diciembre de 2011.

Posteriormente se efectuó una última visita a los sitios de muestreo, para verificar el estado de las poblaciones en los meses de Enero, Febrero y Marzo del 2012.

Método de Captura.

Se delimitó un transecto lineal con una cuerda a lo largo de los ríos y las barrancas muestreados, los cuales tenían un ancho de un metro y medio a dos metros con diferentes profundidades, desde los 5 cm hasta 1 m de profundidad; los muestreos se realizaron aguas arriba (contra corriente), esto se efectuó para no colectar el mismo ajolote, lo que se reforzó con la toma de fotografías a cada uno de los organismos, los cuales se diferenciaban con su patrón de manchas característico de cada individuo. El muestreo terminaba una vez que se encontraba alguna barrera (piedra que cubriera por lo menos un metro de alto, una cascada o cualquier obstáculo que impidiera el paso de los ajolotes hacia sitios más arriba). A los ajolotes encontrados se les tomaron medidas morfométricas como la Longitud Hocico Cloaca ($LHC \pm 0.1 \text{ mm}$) y la longitud Total ($LT \pm 0.1 \text{ mm}$) *in situ*, tanto en crías como en adultos con la ayuda de una hoja milimétrica.

1. Para la determinación del número de organismos en cada localidad y en sus diferentes estadios (larvas, juveniles y adultos). Se colectó la mayor parte de los organismos en cada visita, con una red de cuchara con apertura de 5mm. Estos se mantuvieron en una transportadora de plástico transparente con agua del mismo sitio por el tiempo necesario para hacer las mediciones (Heyer *et al.* 1994).

Tabla 1. Método empleado para describir cada una de las categorías de estadios definidos para la población de *Ambystoma altamirani*.

CATEGORIA	CARACTERÍSTICAS
Recién eclosionados	Larvas de 30mm o menos de LHC
Juveniles 1	Presencia de branquias y LHC mayor a 30mm y hasta 56mm.
Juveniles 2	Con branquias y LHC mayor a 57mm Incluye individuos de talla relativamente grande que aun no han perdido los caracteres larvarios.
Adultos (salamandras)	Sin branquias (individuos que han experimentado metamorfosis). Independientemente de su talla.

Se verifico el sexo mediante la forma de la cloaca de los organismos, ya que en la estación reproductiva los machos presentan la cloaca más prominente de lo normal, siendo esta la diferencia entre los dos sexos (Noble y Pope 1929), como se muestra en las figuras 2 y 3.

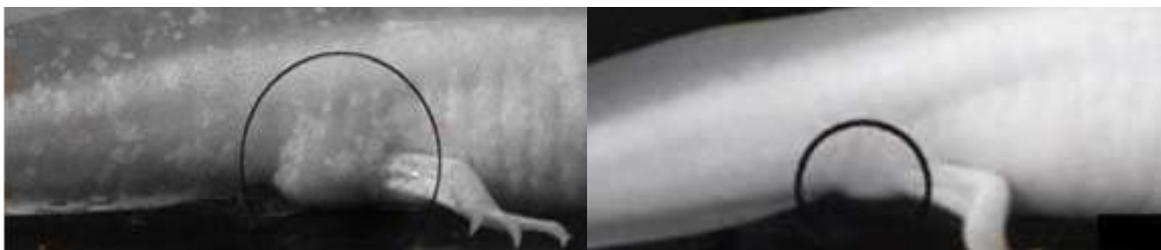


Figura 2. Macho con la cloaca prominente. **Figura 3.** Hembra con la cloacamenos abultada.

Las mediciones de los ajolotes, se realizaron utilizando una hoja milimétrica por debajo de la transportadora para no dañar al organismo y evitar que se estresara, debido a que estos organismos al ser manipulados manualmente con o sin protección de algún guante, secretan una sustancia blanca y pegajosa, que puede causarles la muerte (Obs. pers.). Esto se realizo con todos los organismos encontrados (larvas, juveniles y adultos).

2. La época de reproducción se identifico visualmente; para determinar el tamaño de la puesta se estableció de acuerdo al número de huevos que

desovaba cada hembra los cuales fueron contados visualmente y medidos cuidadosamente con un Vernier (± 0.01 mm) manipulándolos sin dañarlos e identificando los huevos fértiles de los no fértiles. El porcentaje de fertilidad se determinó considerando los huevos en segmentación como evidencia del inicio del desarrollo.

3. Para evaluar si el tamaño de la puesta está relacionado con el tamaño de la hembra, se realizó una correlación de Pearson. Relacionando el número de huevos contra la longitud hocico cloaca de las hembras. Para ver y comparar el tiempo que tardan en eclosionar las larvas, se escogió *in situ* a 3 hembras ovopositando a las cuales se les tomó una pequeña muestra de 10 huevos por hembra, dando lugar a 30 huevos al azar, de *Ambystoma altamirani*. Para mantener a los huevos en semi-cautiverio y evaluar el tiempo que tardan en eclosionar, se construyó un estanque de 1m^2 con 50 cm de profundidad cerca de las zonas de estudio (San Miguel Tecpan), donde se incorporó piedras y arena del río, y se adaptó una tubería provisional, donde se captaba agua del río que llegaba directo al estanque para oxigenar el agua, semejando sus condiciones naturales, y para no alterar el desarrollo de los huevos. Para no revolver los huevos de las diferentes hembras, se hicieron bolsas con tela mosquitera y fueron etiquetados para su reconocimiento.

Para las diferentes puestas se clasificaron en base al tamaño morfológico de la hembra, (Longitud Hocico Cloaca (LHC) y Longitud Total (LT)). Las hembras primerizas presentaban un tamaño más pequeño, hembras en su segunda o tercera reproducción, eran un poco más grandes, y hembras experimentadas presentaban una longitud mayor y una coloración diferente. Esto se basó en observaciones personales, donde cada hembra adopta diferentes formas en sus ovoposiciones.

4. Para conocer de que se alimenta esta especie y cuáles son los depredadores potenciales de estos organismos, se colectó mediante el lavado de las rocas y con ayuda de una red de cuchara a los invertebrados presentes en los cuerpos de agua donde ocurren los ajolotes, y visualmente a los depredadores (reptiles, aves y mamíferos).

Los reptiles se identificaron de acuerdo al manual de Flores-Villela *et al.* 1995. Los mamíferos se identificaron de acuerdo al manual de Aranda (2000), las aves se identificaron de acuerdo a la guía Peterson (1989), identificando hasta nivel de familia; las familias de insectos acuáticos se identificaron con ayuda de las claves de Merrytt & Cummins (1996).

5. Para comparar el desarrollo larvario en **cautiverio**, se colectaron 15 huevos al azar, los cuales se mantuvieron 3 huevos por pecera, dando lugar a un total de 5 peceras con capacidad de 5 litros, a los cuales se les suministró oxígeno las 24 horas del día, su alimento diario fue de grillos (*Acheta domestica*) como alimento principal hasta que ya no quisieron comer más criados en cautiverio. El experimento se llevó a cabo en las FES Iztacala en el laboratorio de Herpetología.

La evaluación del desarrollo de ajolotes en **semi-cautiverio**, se realizó mediante la colocación de 15 huevos al azar que se introdujeron en una poza construida con cemento de 1m² y 20 cm de profundidad. Se les suministró oxígeno con una bomba de aire y una manguera improvisada que colectaba agua de la llave (proveniente de un ojo de agua) que caía a una altura de 30 cm, la cual oxigenaba el agua, se introdujeron piedras colectadas de las barrancas, su principal alimento de estos organismos fueron insectos acuáticos colectados en las barrancas y que comúnmente comen en estado natural. A ambos experimentos se les tomó el máximo y mínimo de temperatura (°C) a la que se mantuvieron. El experimento se llevó a cabo en un terreno de la primera localidad.

La medición de las larvas en cautiverio y semi-cautiverio, fue cada semana y cada 15 días respectivamente, utilizando una hoja milimétrica por debajo de una pecera para no manipularlos y lastimarlos. Se registró la LHC (0.01mm), midiendo desde la punta del hocico hasta la cloaca y LT (0.01mm), desde la punta del hocico hasta la punta de la cola (Casas *et al.* 1991, Heyer *et al.* 1994).

A los organismos en semi-cautiverio se les proporcionó insectos acuáticos, cada fin de semana, que comúnmente se alimentan en estado natural, se colectaron

con una red de cuchara con luz de malla con apertura de 5mm y lavado de rocas logrando así capturar una suficiente cantidad de insectos que cubrían sus necesidades alimentarias. El experimento se realizó en los meses de Marzo a Octubre del 2011. Para ver si existían diferencias de crecimiento entre las dos poblaciones, se aplicó una pruebaU de Mann-Whitney, para datos no paramétricos.

RESULTADOS

A las larvas recién eclosionadas y algunos organismos juveniles que presentaban un tamaño menor a los 50mm de LHC, no fue posible identificar su dimorfismo sexual, ya que aún no era notable.

Los resultados arrojados en la primera localidad “Santa María Mazatla”, fueron realizados en el 2010, y los de la localidad del paraje denominado el “Rincón en San Miguel Tecpan”, en el 2011, en los meses de Julio a Diciembre y un recorrido en los meses de Enero, Febrero y Marzo de 2012.

Los organismos fueron encontrados regularmente a una profundidad de 40cm a 60cm y un ancho de 1 a 2 metros de longitud.

I. Determinación del número de organismos, evaluación de las medidas morfométricas (longitud hocico-cloaca (LHCmm), longitud total (LTmm) en sus estadios (crías, juveniles1, juveniles 2 y adultos transformados e identificación de las hembras y los machos.

Los datos obtenidos en los cuerpos de agua de la localidad de Santa María Mazatla, se registraron en dos barrancas que mantienen algunos ejemplares de *Ambystoma altamirani*.

En la Barranca 1 (1000m de longitud), se registraron 54 organismos, encontrando **2** machos de los cuales 2 eran metamórficos y **25** hembras, de las cuales 3 ya eran metamórficas. En total se encontraron 18 larvas, 13 juveniles1, 18 juveniles2 y 5 salamandras (Tabla2 y figura 4).

Para la Barranca 2, (700m de longitud), se registraron 52 organismos donde solo se encontró **1** macho metamórfico y **4** hembras de las cuales solo 1 era metamórfica. En total se encontraron 47 larvas, 1 juveniles1, 2 juveniles2 y 2 salamandras (Tabla2 y figura 5).

Tabla 2. Muestra el número de organismo en sus diferentes estadios, las tallas promedio y desviación estándar de LCH y LT de los organismos encontrados en la Barranca 1 y en la Barranca 2 de la localidad Santa María Mazatla.

ORGANISMOS	Número de organismos	LHC (mm)	LT(mm)
BARRANCA 1			
LARVAS	18	18±0.08	34.9±0.66
JUVENILES 1	13	50	117±0.44
JUVENILES 2	18	66.6±0.81	148.5±1.5
ADULTOS	5	82±1.70	156±1.5
TOTAL	54		

ORGANISMOS	Número de organismos	LHC (mm)	LT (mm)
BARRANCA 2			
LARVAS	47	20±2.3	38±4.2
JUVENILES 1	1	61	14
JUVENILES 2	2	67	145±7
ADULTOS	2	75±7	150±14
TOTAL	52		

Semuestra el número de organismos encontrados en la Barranca 1 (Figura 4) y en la Barranca 2 (Figura 5), indicando así, que la Barranca 1 cuenta con más ejemplares en sus diferentes estadios que la Barranca 2, donde predominan más las larvas, aun así, la presencia de esta especie es muy escasa.

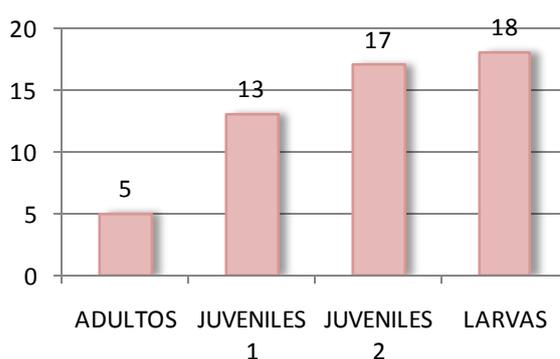


Figura 4. Muestra el número de organismos encontrados en la Barranca 1. El número sobre la barra indica el tamaño de la muestra, lo indicado en esta grafica será lo mismo para las demás figuras, a menos que se indique lo contrario.

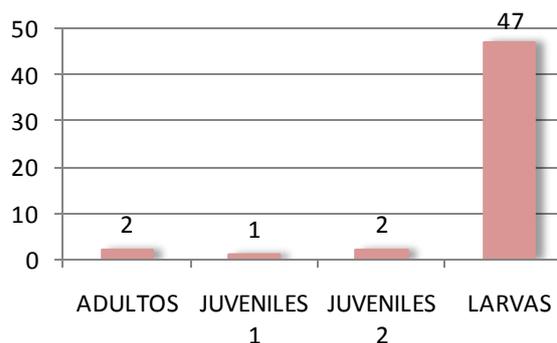


Figura 5. Muestra el número de organismos encontrados en la Barranca 2.

En la localidad del paraje denominado el Rincón en San Miguel Tecpan, se registraron dos ríos que mantienen algunos ejemplares de *Ambystoma altamirani*.

En el Río 1 (1000m de longitud), se registraron 75 organismos, de los cuales **3** eran machos metamórficos y **49** hembras, de las cuales 12 eran metamórficas. En total se encontraron 13 larvas, 24 juveniles¹, 23 juveniles², y 15 adultos (salamandras). Los cuales se pueden observar en la tabla 3 y en la figura 6.

En el Río 2 (1000m de longitud), se registraron 43 organismos, los cuales solo se observó la presencia de **2** machos metamórficos y **33** hembras, de la cuales solo **2** eran metamórficas. En total se encontraron 8 larvas, 13 juveniles¹, 18 juveniles², y 4 adultos (salamandras). Los cuales se pueden observar en la tabla 3 y en la figura 7.

La tabla 3. Muestra las tallas promedio de LCH y LT de los organismos encontrados, En el río 1 y el río 2 de la localidad del paraje denominado el Rincón en San Miguel Tecpan. Las figura 6 y 7, muestran el número de organismos por cada clase de edad en los dos Ríos.

RIO 1	Número de organismos	LHC □ (mm)	LT □ (mm)
LARVAS	13	29±1.3	64±5
JUVENILES 1	24	47.7±7.3	108.2±21.3
JUVENILES 2	23	62±4.1	135±8.2
ADULTOS	15	97±19.0	212±34.8
TOTAL	75		

RIO 2	Número de organismos	LHC □ (mm)	LT □ (mm)
LARVAS	8	29.6±1	66.5±6
JUVENILES 1	13	51.5±2.4	119.2±7.0
JUVENILES 2	18	61.4±2.3	134.4±4.9
ADULTOS	4	90±12.2	197.5±25.6
TOTAL	43		

Las graficas muestran el número de organismos encontrados en el río 1 (Figura 6) y en el río 2 (Figura 7)), indicando así, que el Río 1 cuenta con más ejemplares en sus diferentes estadios respecto al Río 2.

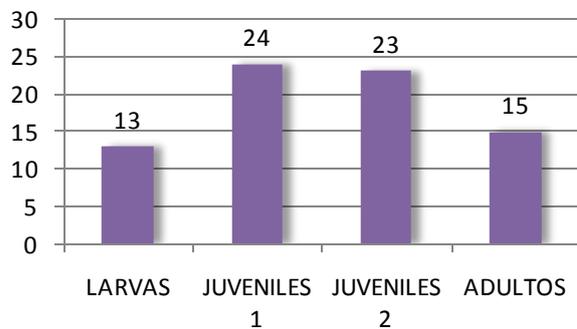


Figura 6. Muestra el número de organismos encontrados en el Río 1.

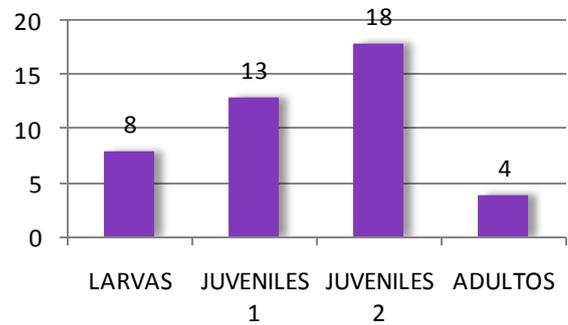


Figura 7. Muestra el número de organismos encontrados en el Río 2.

II. Identificación de la época de reproducción, número y diámetro de los huevos así como la fertilidad.

La época de reproducción para ambas barrancas, se observó en los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo 2010. En el mes de (Marzo 2012), se realizó una la última visita para ver el estado de las poblaciones estudiadas encontrando una puesta en esta primera localidad.



Figura 8. Hembra (izquierda) y Macho (derecha) de *Ambystoma altamirani*. Las hembras presentan una forma más rechoncha para el almacenamiento de los huevos, a comparación de los machos que su forma es más alargada y un poco más delgada.

En la primera localidad (Barrancas), se encontró un total de 4 puestas, dando lugar a un tamaño de puesta de 210 huevos, de los cuales fueron fértiles 181 (88 %) e infértiles 69(12%) (Figura 11), y un diámetro promedio de huevo de 11.38mm (Tabla 4). En estas puestas se presentaron 10 huevos poliembrionarios, donde existían 2 embriones por huevo y huevos que presentaban 3 embriones por cada huevo (Figuras 9 y 10), los huevos fueron encontrados principalmente debajo de las rocas y en vegetación acuática. *Ambystoma altamirani* se reproduce en estado metamórfico, nunca se encontró a alguna hembra con características larvales ovopositando. En general, existe muy poca presencia de esta especie, aunque se encontraron más hembras que machos.

En la **figura 9 y 10**. Se pueden observar a los huevos con más de un embrión, que se encontraron en algunas puestas de las poblaciones estudiadas.



Figura 9. Huevo con 2 embriones

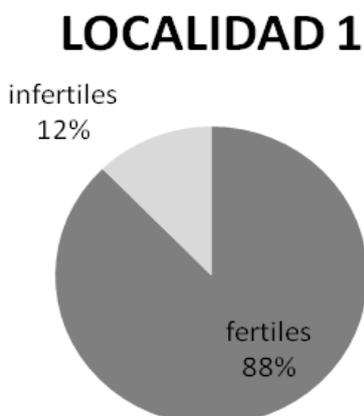


Figura 10. Huevo con 3 embriones

Tabla 4. Muestra el número de huevos por cada puesta encontradas en las barrancas 1 y 2, la fertilidad de los huevos observados y el diámetro promedio.

BARRANCAS	Número de puestas	Número de Huevos	Huevos	
			fértiles	infértiles
1	1	44	36	8
	1	53 individuales	40	13
		10 gemelos=20 2 trillizos=6	26	0
2	1	45	35	10
	1	56	44	12
TOTAL	4	210	181	43
DIAMETRO PRMEDIO DE LOS HUEVOS: 11.38 mm				

Figura 11. Porcentaje de fertilidad de los huevos encontrados en ambas barrancas de Santa María Mazatla.

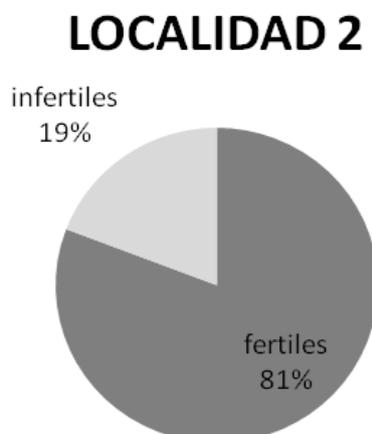


En la segunda localidad de San Miguel Técpán(Ríos), se observó que la época de reproducción se presenta en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero. En esta localidad se encontraron más puestas a comparación de la primera localidad con un total de 10 puestas dando lugar 593 huevos, los cuales hubo 520 huevos fértiles (81%), e infértiles 73 (19%) (Figura 12), y un diámetro promedio de huevo de 12.01mm (Tabla 5).

Tabla 5. . Muestra el número de huevos por cada puesta en los Ríos 1 y 2, de San Miguel Técpán, la fertilidad de los huevos encontrados y el promedio.

RIOS	Número de puestas	Número de Huevos	Huevos	
			fértiles	infértiles
1	1	200	193	7
	1	48	46	2
	1	33	26	7
	1	25	17	8
	1	20	16	4
	1	50	43	7
	1	77	68	9
2	1	20	12	8
	1	47	34	13
	1	73	65	8
TOTAL	10	593	520	73
DIAMETRO PROMEDIO DE LOS HUEVOS: 12.01 mm				

Figura 12. Porcentaje de fertilidad de los huevos encontrados en ambas barrancas de San Miguel Tépán.



III. Relación del tamaño de la puesta respecto al tamaño de la hembra y el tiempo que tardan en eclosionar las larvas.

Se observa que las hembras más grandes pueden poner mayor número de huevos. El tamaño de la puesta estuvo relacionado al tamaño de la hembra ($N=9$, $R^2=0.83$, $P<0.001$), con un alfa de 0.05. (Figura 12, tabla 7), las hembras evaluadas para el experimento solo fueron 9.

Tabla 6. Muestra el crecimiento promedio del diámetro del huevo a la ovoposición entre el primer y quinto día (mantenidos a una temperatura promedio de 9°C), y la Longitud Total (LT) al momento de la eclosión.

Clasificación de las Hembras	1a semana (talla <input type="checkbox"/> mm)	1 mes (talla <input type="checkbox"/> mm)	2 meses (talla <input type="checkbox"/> mm)	3 meses (talla <input type="checkbox"/> mm)	4 meses (talla <input type="checkbox"/> mm)	Longitud total a la eclosión (talla mm)
Primerizas	10.1	16.2	18.1	19.7	21.3	15.4
2ª o 3ª Reproducción	12.2	19.0	20.2	21.2	23.5	16.5
Experimentadas (longevas)	13.9	20.1	24.0	25.9	28.7	17.7

Tabla 7. Muestra las diferentes clasificaciones de las hembras y su longitud, observando que existe una relación con el tamaño de la puesta.

UBICACIÓN	HEMBRAS	LTmm	LHCmm	TAMAÑO DE LA PUESTA
Rio 1	Primerizas	130	65	20
Rio 1	Primerizas	90	40	25
Rio 1	Primerizas	120	55	33
Barranca 1	2 o 3 Rep	160	90	65
Rio 1	2 o 3 Rep	140	70	50
Barranca 2	2 o 3 Rep	155	70	56
Rio 1	Longevas	200	90	77
Rio 1	Longevas	235	150	200
Rio 2	Longevas	215	100	73

Coefficiente de correlación de Pearson

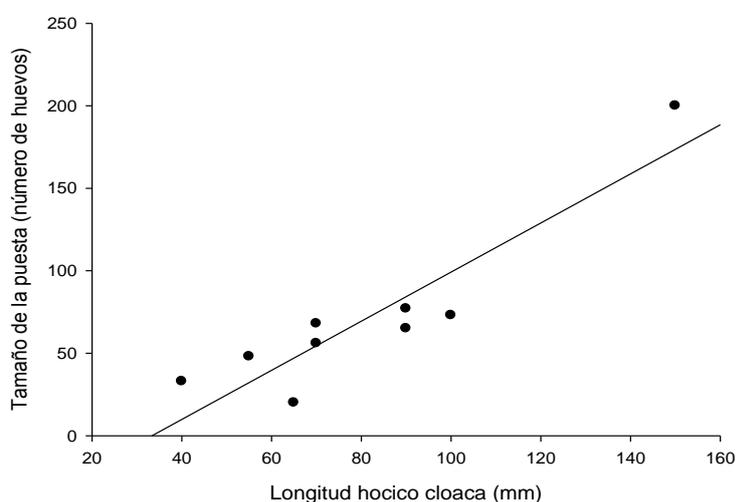


Figura 12. Muestra una correlación positiva respecto al tamaño de las hembras con relación al número de huevos producidos (tamaño de puesta).

Las muestras tomadas de cada puesta, se realizaron en diferentes fechas, debido a que las hembras se encontraron ovopositando en diferentes días. Se registraron diferencias en cuanto al tamaño del huevo de las hembras que los ovopositaba desde el momento de poner los huevos hasta el momento de eclosionar, y el tiempo de desarrollo de los embriones mantenidos en semicautiverio, tardó aproximadamente 4 meses para que eclosionaran (Tabla 6, Figuras 13 a 18).

Se registraron diferencias en cuanto al tamaño de la puesta y la forma al ovopositarlos huevos ya que cada hembra dependiendo de su tamaño corporal

adopta diferentes ovoposiciones, clasificándolas en hembras primerizas, hembras en su segunda o tercera reproducción y hembras experimentadas.



Figura 13



Figura 14

Figura 13 y 14. Muestran el tipo y forma de puesta de las hembras primerizas; estas hembras presentaban una talla que va desde los 60 hasta los 70mm de LHC y 155mm de LT (juveniles 2). Son hembras totalmente transformadas, y por el tamaño y forma en que ponen sus huevos (de plasta con pocos huevos), podría deberse a que son hembras en su primera ovoposición con huevos de 10.1mm de diámetro en promedio.



Figura 15



Figura 16

Figura 15 y 16. Muestran el tipo de ovoposición de hembras que posiblemente ya pasaron por su primera oviposición, estas hembras presentaban un tamaño arriba de los 75mm de LHC y 170mm de LT; la forma del huevo era más redonda y el diámetro del huevo media 12.2mm en promedio.



Figura 17



Figura 18

Figura 17 y 18. Muestran el tipo de ovoposición de posibles hembras más experimentadas (longevas), estas hembras presentaban un tamaño arriba de los 120mm de LHC, y 20mm de LT, la forma en que ponían sus huevos era más uniforme y compacta el diámetro del huevo llegaba a medir 13.9 mm en promedio.

IV. Identificar la posible dieta principal y los posibles depredadores naturales de *Ambystoma altamirani*.

Respecto a los recursos disponibles en las dos localidades estudiadas, se encontraron larvas de insectos como alimento principal y algunos depredadores. Encontrándose como principal recurso alimentario a 13 familias de insectos acuáticos y una de la familia *Planariidae* (tabla 9), y como depredadores potenciales se registraron 6 familias de los cuales comprenden, culebras de agua, larvas de libélula, tricopteros, truchas, gorriones y mapaches (tabla 10). Estos fueron encontrados en ambas localidades a excepción de la familia *Chironomidae* (larvas rojas de mosco), que solo se encontró en la primera localidad (Santa María Mazatla) y la familia *Perlidae* que solo se encontró en la segunda localidad (San Miguel Tecpan).

Tabla 9. Muestra los insectos acuáticos más representativos y de los que muy probablemente se alimenta *Ambystomaaltamirani*.

CLASE	ORDEN	FAMILIA
Insecta	Diptera	<i>Simuliidae</i>
		<i>Ephydriidae</i>
		<i>Chironomidae</i>
		<i>Culicidae</i>
		<i>Tibullidae</i>
	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>
		<i>Leptophlebiidae</i>
		<i>Heptageniidae</i>
	Odonata	<i>Agrionidae</i>
		<i>Libellulidae</i>
	Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>
		<i>Hydroptilidae</i>
	Plecoptera	<i>Perlidae</i>
<i>Turbellaria</i>	<i>Seriata</i>	<i>Planariidae</i>

Tabla 10. Muestra los posibles depredadores encontrados de *Ambystomaaltamirani* registrados en las 2 localidades estudiadas, a excepción de la familia *Procyonidae* (mapache), que solo se encontró en la segunda localidad.

CLASE	ORDEN	FAMILIA
<i>Reptilia</i>	<i>Squamata</i>	<i>Colubridae</i>
Insecta	<i>Trichoptera</i>	<i>Hydroptilidae</i>
	<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>
<i>Actinopterygii</i>	<i>Salmoniformes</i>	<i>Salmonidae</i>
Aves	<i>Passeriformes</i>	<i>Passeridae</i>

<i>Mammalia</i>	<i>Carnívora</i>	<i>Procyonidae</i>
<i>Amphibia</i>	<i>Caudata</i>	<i>Ambystomatidae</i>

V. Evaluación del crecimiento de larvas de *A. altamirani* mantenidas en cautiverio y semicautiverio.

Las larvas mantenidas en cautiverio tardaron para su eclosión aproximadamente 3 meses, mantenidas a una temperatura ambiente de 20° a 23°C. En la figura 19, se observa el crecimiento de *Ambystoma altamirani* posterior a la eclosión. Su longitud inicial promedio fue de 11 mm de LHC y una LT de 19.7 mm. El crecimiento de las larvas varía, pero en promedio crecen de 10 a 15 mm por semana.

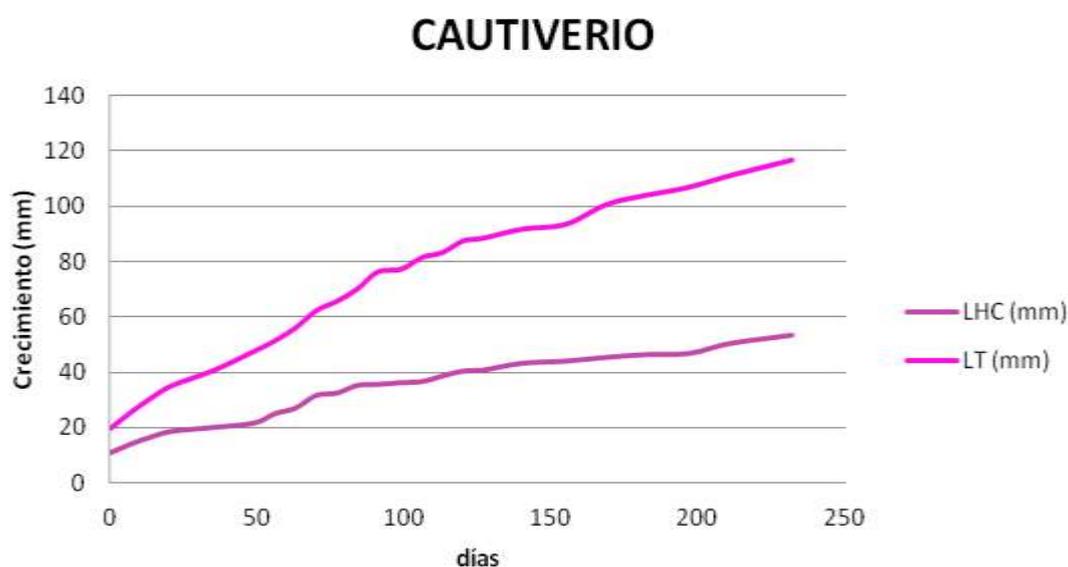


Figura 19. Muestra el crecimiento de *Ambystoma altamirani*, mantenidos en cautiverio, la línea rosa muestra la Longitud Hocico Cloaca (mm) y la línea magenta muestra la Longitud Total (mm).

Las larvas mantenidas en semicautiverio, el tiempo que tardaron en eclosionar fueron de aproximados 4 meses, mantenidos a una temperatura promedio de 7° a 10° C. La figura 20, muestra el crecimiento promedio de las larvas de *A. altamirani*. El crecimiento fue muy similar a las mantenidas en cautiverio.

SEMICAUTIVERO

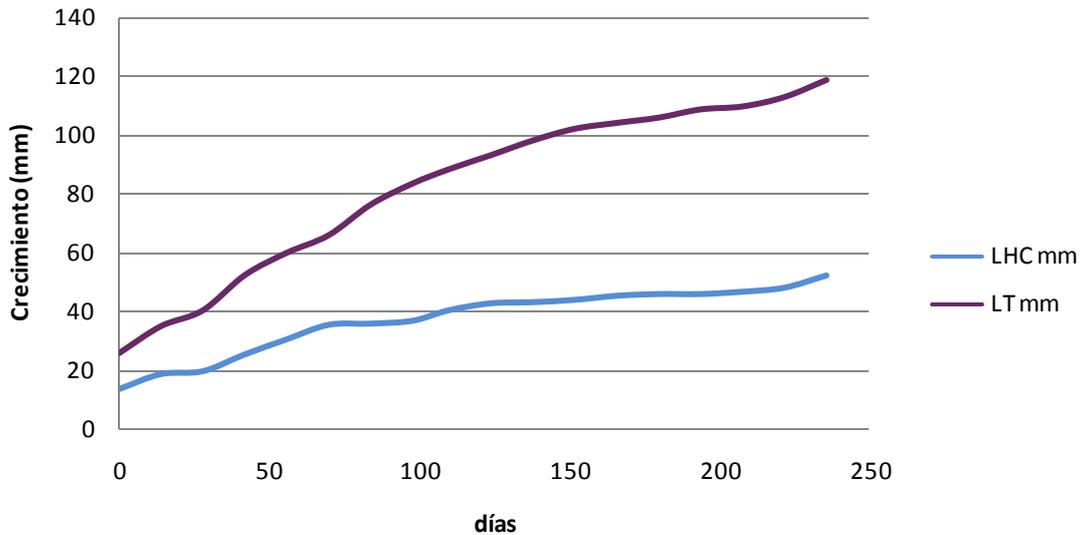


Figura 20. Crecimiento promedio de *A. altamirani*, mantenidos en semicautiverio, la línea morada indica la Longitud Hocico Cloaca (8mm) y la línea azul indica la Longitud Total (mm).

Respecto a este experimento no hubo diferencias respecto al crecimiento en la LHC y LT de las dos poblaciones estudiadas (cautiverio y semicautiverio). La prueba U de Mann-Whitney entre la LHC de las dos poblaciones no mostró diferencias significativas: $T = 421.000$ $n(\text{small}) = 18$ $n(\text{big}) = 24$ ($P = 0.394$). Lo mismo se observó para la relación entre la LT: $T = 436.500$ $n(\text{small}) = 18$ $n(\text{big}) = 24$ ($P = 0.213$).



Figura 21. Se muestran imágenes de las tallas de crecimiento de *A. altamirani* en cautividad.

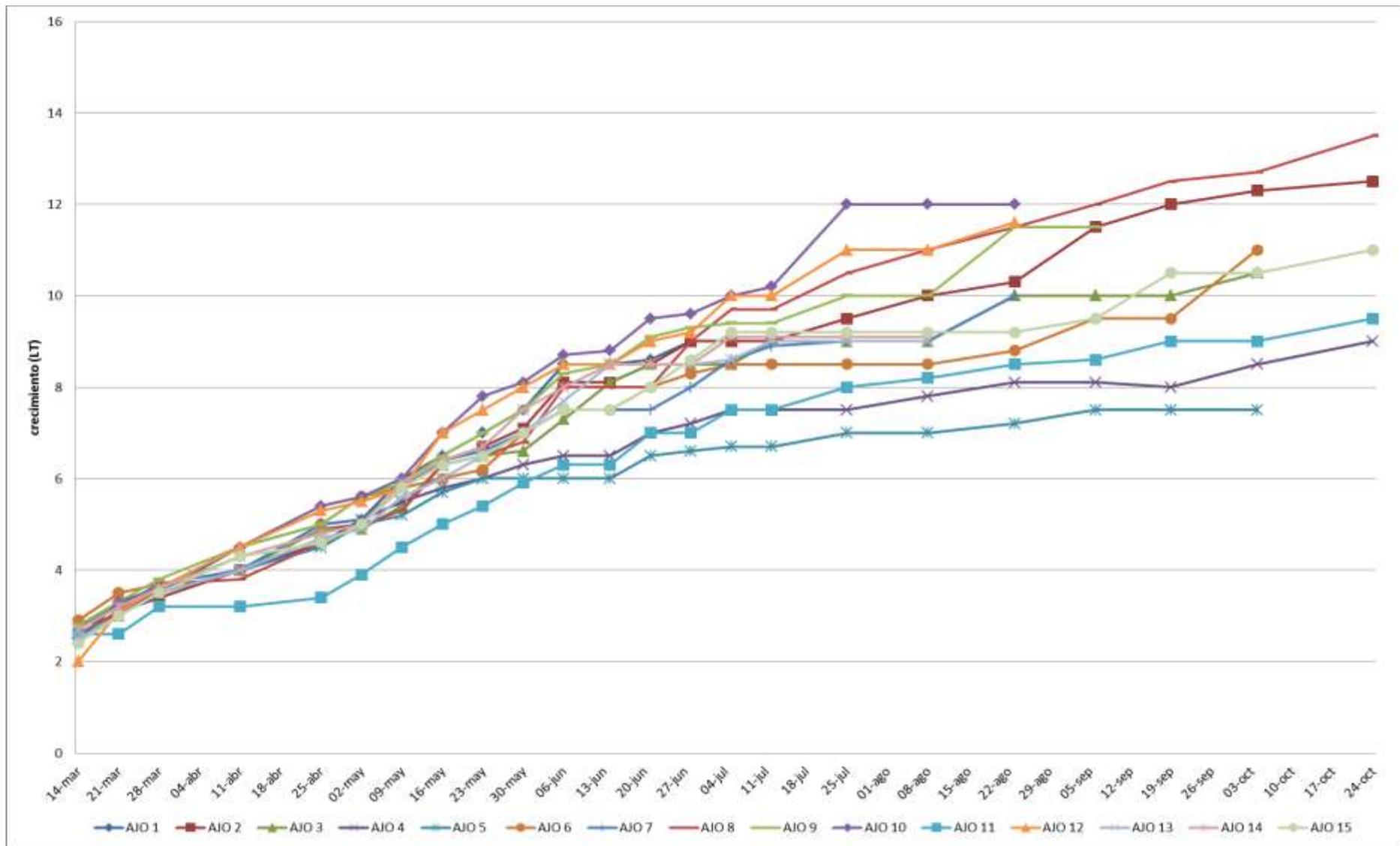


Figura 19. Muestra el crecimiento (Longitud Total) de las 15 larvas de *A. altamirani* mantenidas en cautiverio, en un tiempo aproximado de 250 días (6 meses). Las líneas que en algún momento se detienen fue por la muerte del organismo).

DISCUSIÓN

El número de organismos encontrados en la primera localidad “Santa María Mazatla” fueron escasos, encontrando muy pocos en sus diferentes estadios, a pesar de haber registrado más organismos en etapa larval que probablemente pertenecen a la misma puesta, no es posible aseverar que todos estos organismos llegarán a la etapa adulta y reproducirse. Además en las etapas larvarias existe una alta mortalidad puesto que son más indefensas ante los depredadores y más susceptibles a cambios en el ambiente y a las enfermedades (Cortwright y Nelson 1990, Tyler *et al.* 1998, Blaustein y Kiesecker 2005). Sumando el canibalismo entre estas mismas (Rodríguez 2009), es posible que tengan menos posibilidad de sobrevivir. El hecho de que las larvas prefieren hábitats con menos profundidad 50mm a 200mm, puede deberse al canibalismo entre sus congéneres de mayor tamaño, como lo observado por Cooperrider (1986), donde los microhábitats son utilizados en un grado variable por las diferentes clases de edad de los individuos y el más apto para su sobrevivencia. Es por eso que posiblemente los organismos en sus diferentes estadios, preferían un cierto tipo de microhábitat que cumplía con sus necesidades para sobrevivir.

En la segunda localidad “San Miguel Tecpan”, dado que en esta localidad no ha avanzado mucho la mancha urbana; salvo algunas cabañas que se rentan en la entrada del predio donde se hizo el estudio; las condiciones del agua y sus alrededores están mejor conservados para el desarrollo de esta especie, la vegetación es nativa y no ha sido tan modificada. La cantidad de organismos encontrados fue mayor. Posiblemente los microambientes en los que se encuentra *A. altamirani* en términos de la calidad del agua de estos ríos, sea lo suficientemente saludables para mantener esta especie estable (Ezcurra *et al* 2006), en contraste a lo observado en *A. mexicanum* (Zambrano *et al* 2007), en donde su hábitat ha sido deteriorado por la contaminación y especies introducidas y que actualmente está en declive.

Aunque cabe señalar que en esta localidad al igual que la primera, existen criaderos de truchas, que a veces se escapan al río y por lo tanto pueden tener

un impacto considerable para esta especie. Se ha argumentado que muchas especies distribuidas en zonas de elevadas altitudes experimentan diversos procesos graduales de extinción (Lips 1999; Young *et al* 2004). Aparentemente como es el caso de esta especie que se encuentra a una altitud de los 3100 a los 3400msnm.

Por otro lado cabe mencionar que en esta localidad, se incluyó para el muestreo una pequeña poza de aproximados 100 metros lineales cerca de un llano, la cual se midió con una cuerda de 50 metros, esta poza se mantiene llena gracias a la filtración de agua que escurre de las montañas cercanas, en este lugar se encontraron algunos ejemplares adultos, es decir, salamandras por sus características y tamaño, al parecer eran organismos muy longevos; ya que hembras de mayor edad ponen un mayor número de huevos y de mayor tamaño que las hembras más jóvenes (Gibbons y MCarthy 1983, Elmberg 1991). En este microhábitat se pudo observar su comportamiento, en donde un macho de tamaño muy grande, cortejaba a 3 hembras metamorfoseadas que se presentaban en el mismo lugar, posteriormente, el macho se desplazó a lugares más abajo para luego seguir el cortejo, lo anterior duro aproximadamente 20 minutos. Este microhábitat tiene características muy diferentes al que presentan los 2 ríos que se encuentran cerca del lugar, ya que no presenta tanta oxigenación a falta de las corrientes, el agua es lentic y un poco turbia, el sedimento que presenta es solo lodo compactado y presenta varias profundidades que van desde los 20cm hasta 1m de profundidad y un ancho que va desde los 500mm hasta 1m. Precisamente como son adultos metamorfoseados pueden respirar usando los pulmones de ahí que aunque no exista altos niveles de oxigenación en el agua ello no les afecta tanto como en etapa larval. Desgraciadamente en este microhábitat existen 3 cabañas para uso vacacional, que en algún futuro pudiera causar complicaciones para esta especie y para muchas otras como a algunas Hylas que se encuentran en el mismo lugar.

En comparación con las larvas, los organismos juveniles y adultos, presentan un mayor índice de supervivencia, debido posiblemente a una mayor capacidad de evitar la depredación; y por otra parte los adultos al tener la

capacidad de responder ante un cambio en el ambiente a partir de las salidas al medio terrestre, principalmente para la obtención de alimento y reproducción (Ricklefs 2000). Los estadios metamórficos generalmente pueden tener mejores posibilidades de resistir cambios en el ambiente y una mayor capacidad para adquirir recursos (Ricklefs 2000; Willemsen y Hailey 2001).

Los organismos mayormente encontrados, fueron en estadios juveniles y adultos para esta localidad, ya que en la primera localidad, el número de organismos fue muy escaso; los organismos se encontraban solos o en grupos y algunos presentaban colores más llamativos llegando el moteo a un color amarillo, otros café claro, algunos de tipo leopardo (ObsPers). Algunos adultos transformados presentaban colores más oscuros, como sucede en la mayoría de los anfibios en los que llegan a la edad adulta y la coloración ya no es tan patente (Vitt and Cadwell, 2009).

En el presente estudio, solo se observaron hembras en estado metamórfico ovopositando, ninguna en estado paedomórfico se observó desovando puestas, por lo que no concuerda con lo descrito por Armstrong y Malacinski (1989), dado que la clasificación que presentaba esta especie era como paedomórfica facultativa basada únicamente en observaciones de puestas y sin algún registro directo de eventos reproductivos en organismos con caracteres larvarios.

Husting (1965), reporta que en *Ambystomamaculatum* existen más hembras que machos. El hecho de encontrar más hembras en comparación con los machos puede deberse a una estrategia de supervivencia para así aumentar la población, así más hembras pueden ser fecundadas y por tanto tener un mayor número de puestas, Sin embargo, este resultado observado puede ser erróneo, ya que puede deberse a que algunos organismos juveniles² (hembras y machos), no han alcanzado la madurez sexual por lo tanto, no han desarrollado las gónadas en el caso de los machos, y por lo tanto no es posible diferenciar el sexo (ObsPers).

Rodríguez (2009), observo en esta especie, eventos reproductivos que ocurrieron únicamente en hembras transformadas, lo cual puede ser un indicativo de que en este organismo la especie presenta un ciclo reproductivo que se completa con la presencia de metamorfosis, y que las hembras que no han perdido caracteres larvarios, no sean fisiológicamente capaces de reproducirse; aunque en dicho trabajo, no se menciona nada acerca de los machos por lo que no se sabe exactamente a qué edad o tamaño es posible diferenciar exactamente el sexo de *A. altamirani*, o si solo es notable en época reproductiva, por lo que se sugiere hacer estudios más completos sobre estos organismos en su forma neoténica.

En la primera localidad se recorrieron 1700m en total, los meses de reproducción observados fueron de Diciembre a Marzo, encontrando un total de 4 puestas y 210 huevos; y en la segunda localidad se recorrió un total de 2000m, encontrando un total de 10 puestas y 593 huevos, los meses de reproducción observados, fueron de Noviembre a Enero. Rodríguez (2009), menciona que esta especie puede reproducirse 2 veces por año, aunque las fechas coinciden más con la especie de *A. ordinariun*, que presenta una temporada reproductiva definida en los meses de Noviembre a Marzo (Gracia 2003). Cabe la posibilidad de que esta especie puede alcanzar la madurez sexual a partir de los 70mm de LHC (ObsPers), ya estando en estado metamorfoico (Rodríguez 2009). En el caso de *Ambystoma granulorum* y *A. lermaense*, la madurez sexual se presenta hasta que los organismos alcanzan una talla mayor de 100mm de LHC ((Aguilar *et al.* 2009); o posiblemente entre uno y dos años después de la metamorfosis como en el caso de *A. talpoideum* (Semlitsch 1985, 1987 a, b, Loredó y Vuren 1996).

El número y tamaño de los huevos fue variable, encontrando hembras transformadas ovopositando diferente número de huevos (ejemplo: una puesta de 20 huevos y otra de 200). La variación en el tamaño de puesta entre estas dos hembras, puede deberse a que hembras de mayor talla pueden poner mayor cantidad de huevos que las hembras más pequeñas (Semlitsch 1985). En comparación con *Ambystoma mexicanum* que presenta un tamaño de puesta mayor, (500 a 1000 huevos Martín Martínez 2007), esto se puede deber

a que *A. mexicanum* produce huevos más pequeños y en un lapso menor que *A. altamirani* el cual presenta puesta con huevos de mayor tamaño y con un largo periodo de incubación (3 a 4 meses aproximadamente), a diferencia con lo reportado por Rodríguez (2009), quien observó puestas promedio de 10.4 huevos por hembra en organismos colectados y mantenidos en laboratorio. Señalando así que las diferencias son muy significativas para lo reportado sobre esta especie.

Con respecto al tamaño de los huevos, este fue muy similar para ambas localidades y dependiendo de la hembra que los ovopositó, existiendo una relación en la forma y el diámetro del huevo con respecto a la morfología de las hembras. Estos huevos siguen siendo de mayor tamaño comparados con otras especies como *Ambystoma mexicanum* Anónimo (2011); *A. granulorum* (Correa ObsPers). Con respecto de la fertilidad, evaluada de acuerdo a la definición establecida en la metodología, en el presente estudio se encontraron porcentajes relativamente altos para esta especie de 81 % a 88% de fertilidad respectivamente para cada localidad, este dato sobre esta especie no ha sido evaluado anteriormente, por lo que arroja un resultado interesante, ya que se demuestra que la fertilidad en estas poblaciones no es el problema que presenta esta especie, por lo que las estrategias reproductivas son tan importantes para la sobrevivencia de una especie como lo pueden ser las adaptaciones fisiológicas y morfológicas a su ambiente (Duellman & Trueb 1994).

Se observó que el tamaño de la puesta y el diámetro de los huevos está relacionado al tamaño corporal que presentan las hembras como lo plantean estos autores Gibbons & McCarthy 1983, Elmberg 1991, lo que es similar a lo encontrado en las poblaciones de *A. altamirani* de este trabajo, ya que algunas hembras con talla de 120mm de LHC y 200mm de LT sus huevos fueron más grandes, al igual que las puestas y hembras de 70mm de LHC y 155mm de LT ovopositaron puestas pequeñas con huevos de diámetro menor, cada hembra colocaba sus huevos en diferentes piedras, todas cercanas unas de las otras y en lugares con mucha corriente.

Esta correlación positiva entre el tamaño de la puesta en relación a la hembra también se ha presentado en algunos tritones, salamandras y principalmente en anuros, presentando también una relación positiva entre el tamaño de la hembra y el diámetro del huevo (Perotti 2007). Se ha registrado que entre mayor sea la hembra, mayor puede ser la puesta, pero el diámetro del huevo será menor, o por el contrario, entre mayor sea la hembra puede poner menor número de huevos pero de un diámetro mayor. Al no tener información sobre esta especie, y solo las observaciones en campo, las hembras estudiadas, pueden ovopositar un número mayor de huevos y de mayor tamaño entre más longevas y más grandes sean que las de menor tamaño.

La eclosión de los huevos de las puestas en campo, duro aproximadamente 4 meses para ambas localidades, esto puede deberse a que la temperatura a la que se encuentran en el lugar es muy baja registrándose valores entre los 7 y 10 °C por el día y llegando a los 0°C por la noche. La temperatura adecuada para una incubación tardía, una talla mayor y altos índices de sobrevivencia y desarrollo embrionario es de 2° C a 10°C (Randal 1993), mientras que a temperaturas mayores, el tiempo de incubación puede ser menor al igual que la talla corporal, la sobrevivencia y el desarrollo embrionario (Randal 1993). Los huevos en sus últimas semanas, llegan a medir entre 21.3mm, 23.5mm y 28.7mm de diámetro, similar a lo observado por Campell y Simmons (1962) de 2.5mm. Encontrando una talla mínima en las hembras de 7mm de LHC y 15mm de LT y una máxima de 11mm de LHC y 20mm de LT; que fue similar a la encontrada por Brandon y Alting (1973) de 10mm de LHC y 17mm LT.

Con respecto a la dieta, se encontró que los organismos se alimentan prácticamente de insectos acuáticos como menciona García Paris (2004), y de los cuales, se encontraron en las barrancas y los ríos donde ocurrían los ajolotes. Algunos de estos insectos son indicadores de aguas limpias como la familia *Leutridae*, encontrada en la segunda localidad. En otros lugares de aguas más contaminadas, se puede encontrar insectos de la familia *Chironomidaela* la cual se encontró en la primera localidad; estos insectos juegan un papel muy importante para la supervivencia de esta especie y de muchas otras, dándonos a conocer la calidad del agua a la que se encuentra esta especie.

En cuanto a los depredadores potenciales, se pudo observar a varias especies reportadas como depredadores de *Ambystomas* y Salamandras, así como mamíferos, aves, serpientes e insectos (García-Paris 2004). En este caso, fue necesario sacar fotos y ser evaluados para identificar la especie y constatar que era un posible depredador o alguna evidencia de que estuvieron en el lugar donde se encontraban los ajolotes.

Las larvas en cautiverio tardaron en eclosionar aproximadamente 3 meses respecto a las mantenidas en semicautiverio que tardaron 4 meses aproximadamente. En cuanto al desarrollo observado de las larvas mantenidas en cautiverio y semi-cautiverio, su crecimiento fue de 10mm a 15mm en promedio por semana, las larvas mantenidas en semi-cautiverio se mantuvieron a una temperatura promedio de 10° a 13°C y tuvieron un ligero crecimiento mayor comparadas a las sometidas en cautiverio completamente que estuvieron a una temperatura promedio de 20° a 23°C. La mortandad en etapa larval se basó en el canibalismo por parte de las larvas más grandes hacia las más pequeñas, y la competencia por el alimento, donde las más grandes tenían mayor oportunidad que las pequeñas, por lo tanto, las larvas que no se alimentaban bien, perdían energía y se iban debilitando hasta morir. También se observó que pueden presentar lesiones genéticas, ya que algunas larvas a los 5 meses (24 semanas) reducían el ancho de su cuerpo drásticamente, se doblaba la punta de su cola y dejaban de alimentarse, este proceso duraba de 7 a 10 días, después morían. En otros casos se observó una especie de hongo en sus extremidades, lo que posteriormente y posiblemente causadas por microorganismos oportunistas (bacterias y protozoos; debido a la disminución de sus defensas), empezaban a sangrar y morían (ObsPers).

Otro factor complicado para esta especie, es el hecho de presentar una metamorfosis temprana, ya que al perder sus branquias, forzosamente tiene que respirar por sus pulmones, y para ellas que es un cambio repentino, que resulta difícil su adaptación, por lo que algunas morían en este proceso, y otras se ahogaban al no poder subir a la superficie fácilmente a pesar de las piedras que fueron introducidas para detenerse. Otro factor, pudiera haber sido,

enfermedades causadas por el estrés, ya que estos organismo necesitan el agua con concentraciones de 6.5 a 8 partes por millón de oxígeno disuelto, pH arriba de 7.1 y temperaturas mínimas a los 10 °C.(Anónimo). A partir de la semana 16, el crecimiento se volvió un poco más lento, después se normaliza y a las 24 semanas vuelven a disminuir un poco su crecimiento. Este resultado tuvo variaciones, debido a que de repente crecían al igual que dejaban de crecer; y a las 22 semanas algunos ajolotes empezaban el proceso de la metamorfosis con una LHC de 50mm y 120mm de LT, (las tallas a la que puede ocurrir la transformación van desde los 48 a 65mm de LHC; Cambell y Simmons 1962; Brandon y Alting 1973).

CONCLUSIONES

En la primera localidad "Santa María Mazatla", la población de *A. altamirani* va en declive total se confirmó en la última visita hecha en el 2012, que en la Barranca 2, la población de esta especie se encontró en extinción local ya que no se observó ningún organismo donde se hizo el estudio. La Barranca 1 posiblemente pueda igual desaparecer por la destrucción de su hábitat, la contaminación por las casas aledañas y la falta de conocimiento sobre la existencia de esta especie, encontrando muy pocas individuos comparación de la segunda localidad "San Miguel Tecpan" donde se encontró un mayor número de individuos gracias a la estabilidad del hábitat existente.

Los ajolotes de mayor tamaño y probablemente más viejos, fue un macho de 250 mm de LT y 120 mm de LHC y una hembra de 235 mm de LT y 105 mm de LCH ambos metamórficos.

Para la segunda localidad se registró un mayor número de hembras aunque este dato es confuso.

Los estadios mayormente encontrados en este estudio fueron Juveniles 1 y 2. La época reproductiva estimada en ambas localidades, fue de Noviembre a Marzo.

El número de huevos fue similar en ambas localidades, pero el tamaño de los huevos fue variable respecto a la morfología de la hembra, la fertilidad de los huevos fue alta para ambas localidades.

El tamaño de la puesta estuvo correlacionado con la longitud hocico cloaca de las hembras.

El tiempo de incubación para los huevos mantenidos en semicautiverio fue de aproximadamente 4 meses, y de 3 meses para los de cautiverio por las diferencias en la temperatura.

Ambystoma altamirani se alimenta de los insectos acuáticos disponibles en los cuerpos de agua ocurridos. Sus depredadores principales son las truchas introducidas y las larvas de libélulas (náyades).

Los individuos mantenidos en semicautiverio, tuvieron un crecimiento ligeramente mayor, comparados con los mantenidos en cautiverio, observándose que las complicaciones de sobrevivencia inician a los 5 meses de vida al igual que la metamorfosis.

RECOMENDACIONES

Por último, en este trabajo se demuestra la urgente necesidad de monitorear las poblaciones de *A. altamirani*. Para prevenir la extinción de especies que han disminuido, e incluso desaparecido, sin que nadie haya sido testigo de este hecho. No se tiene más que una vaga idea acerca de cuándo ocurrieron las disminuciones y no hay especímenes recolectados durante la disminución para que den una clave de por qué sucedieron o están sucediendo. Se necesitan claramente programas de monitoreo riguroso de lugares y cuerpos de agua para documentar y comprender mejor los cambios de las poblaciones en el futuro (Merino, Viteri, Coloma 2003).

Es necesario hacer más investigación sobre esta especie, y los lugares en los que todavía se encuentra, ya que algunos habitantes comentaban que esta

especie existe en varios sitios a lo largo de este municipio y colindancias. Las medidas urgentes que se deben de tomar, sería prioritariamente proteger estos bosque y cuerpos de agua en los que aún existe esta especie. De lo contrario, esta especie puede tener diversos sucesos de extinción local y por lo tanto perder un acervo genético indispensable para su variabilidad y su futura sobrevivencia. La reproducción en semicautiverio, nos da una mayor probabilidad de sobrevivencia, ya que en la etapa larval son más indefensos y vulnerables, por lo que se sugiere mantenerlos cautivos hasta que alcancen un tamaño mayor, posteriormente lo ideal sería la reintroducción y así tener más posibilidad de llegar a la madurez y puedan dejar descendencia.

La reproducción en cautiverio es una herramienta de conservación que puede ser empleada en concierto con la protección del hábitat. La protección del hábitat es mucho menos costosa, y con frecuencia más eficaz, que la reproducción en cautiverio y por lo tanto, debería ser el curso normal de acción para la conservación de estas poblaciones pequeñas. En algunos casos, como frente a la amenaza de una enfermedad, la sola protección del hábitat puede no ser suficiente. En la actualidad, no existen técnicas de manejo que permitan prevenir la desaparición de una población silvestre de ajolote por causa de una enfermedad.

Como en estado natural son frecuentes las enfermedades patógenas, se debe considerar la reproducción en cautiverio idealmente, para asegurar la diversidad genética de la especie, por lo que se debería capturar un cierto número de individuos para la reproducción antes que la población colapse.

Bibliografía

Aguilar-Miguel, X., G. Legorreta y G. Casas-Andreu. 2009. Reproducción *ex situ* en *Ambystomagranelum* y *Ambystomalemaense* (Amphibia: Ambystomatidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 25(3): 443-454.

Aguirre, N. 2008. Proyecto para monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas de páramo en el Parque Nacional Podocarpus, Provincia de Loja, Ecuador (MICCAMBIO). Universidad Nacional de Loja, Ec.

Angulo, A. 2002. Anfibios y paradojas: perspectivas sobre la diversidad y las poblaciones de anfibios. En: *Ecología Aplicada*. University of Toronto. Vol. 1.5 p.

Anzalone CR, Kats LB & Gordons MS (1998) Effects of solar UV – B radiation on embryonic development in *Hylacadaverina*, *Hylaregilla*, and *Tarichatorosa*. *Conservation Biology* 12 (3): 646-653.

Armstrong J.B. y G. M. Malacinski 1989. *Developmental biology of the axolotl*. Oxford University Press.

Berger, L. R. Speare, P. Daszak, D. E. Green, A. A. Cunningham, C. L. Goggin, R. Slocombe, M. A. Ragan, A. D. Hyatt, K. R. McDonald, H. B. Hines, K. R. Lips, G. Marantelli, & H. Parks. 1998. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rainforests of Australia and Central America. *Proc. Natl Acad. Sci* 95:9031-9036.

Blaustein, A. R., Hoffman, P. D., Hokit, D. G., Kiesecker, J. F., Walls, S. C. & J. B. Hays. 1995. UV repair and resistance to solar UV-B in amphibian eggs: a link to population declines?. *Proceedings of the National Academy of Science (USA)* 91:1791-1795.

Blaustein, A. R., L. K. Belden, D. H. Olson, D. M. Green, T. L. Root, and J. M. Kiesecker. 2001. Amphibian breeding and climate change. *Conservation Biology* 15: 1804–1809.

Blaustein, A. R. y J. Kiesecker 2005. Complexity in conservation. Lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology Letters* 5:597-608.

Brandon, R. A. y R. G. Alting 1973. Eggs and small larvae of two species of *Rhyacoseridon*. *Herpetologica* 29:349-351.

Camargo, A., M. Sarroca & R. Maneyro. 2008. Reproductive effort and the egg number vs. size trade-off in *Physalaemus* frogs (Anura: Leiuperidae). *Acta Oecológica* 34: 163-171.

Cambell, H. W. y R. S. Simmoons 1962. Notes on the eggs and larvae of *Rhyacoseridon Altamirani* (Duges). *Herpetologica* 18:131-133.

Carey, C., Heyer, W. R., Wilkinson, J., Alford, R. A., Arntzen, J. W., Halliday, T., Hungerford, L. Lips, K. R. Middleton, E. M., Orchard, S. A. & A. S. Rand. 2001. Amphibian declines and environmental change: use of remote-sensing data to identify environmental correlates. *Conservation Biology*. 15(4): 903-910.

Casas Andreu y. Aguilar Miguel 1999. Los ajolotes (Amphibia: urodela: *ambystoma*) del eje Neovolcánico central de México y sus graves problemas de declinación y eventual extinción.

Casas, A., G.; G. Valenzuela L. y A. Ramírez B. 1991 *Como hacer una colección de anfibios y reptiles*. Mexico. UNAM.

Castro y Vergara 2006. Diversidad y Distribución de anfibios en el Estado de Morelos, México.

Collins, J. P., and J. E. Cheek. 1983. Effect of food and density on development of typical and cannibalistic salamander larvae in *Ambystomatigrinum nebulosum*. *American Zoologist* 23: 77-84.

Cooperrider A. T., R. J. Boyd y H. R. Stuart. 1986 Inventory and Monitoring of Wildlife habitat. U.S.A. Dep. Inter. Bur. Land Manage. Service Center, Denver, CO.

Cortwright, S. A. y C. E. Nelson 1990. An examination of multiple factors affecting community structure in an aquatic amphibian community. *Oecologia* 83: 123-131.

Díaz, H.F. and Graham, N.E. 1996. Recent Changes in tropical freezing heights and the role of sea surface temperature. *Nature* 385, 152-155.

Dodd, Jr., C. K. 1993. Cost of living in an unpredictable environment: The Ecology of Striped Newts, *Totophthalmus perstritus*, during a prolonged drought. *Copeia* 1993:605-614.

Duellman, W.E. & L. Trueb. 1994. *Biology of amphibians*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Duellman, W. E. 1988. Alternative life-history styles in anuran amphibians: evolutionary and ecological implications, p. 101–126. *In: Alternative life-history styles of animals*. M. N. Bruton (ed.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Dugés, A. 1895.

Description d'un axolotl des montagnes de Las Cruces (*Amblystoma altamirani*, A. Dugés). Imprimerie du Ministère de Fomento. Institut Medico-National. México, D.F.

Eguiguren P., Ojeda T., y Aguirre N. 2010. Diversidad Florística del ecosistema paramo del PNP para el monitoreo del Cambio Climático. *Revista Ecología Forestal* Vol 1 No.1:7-18 pp.

Elmberg, J. 1991. Ovarian cyclicity and fecundity in boreal common frogs *Rana temporaria* along climatic gradient. *Functional Ecology* 5: 340-350

Evolutionarily Distinct & Globally Endangered. 2008. Mountain Stream Sireon (http://www.edgeofexistence.org/amphibians/species_info.php?id=585)

Ezcurra, E., M. Mazari, I. Pizanty y A. G. Aguilar 2006. La cuenca de México: Aspectos ambientales críticos y sustentables. Fondo de Cultura Económica: México.

Finkler, Michael S. 2004. Study of Amphibians and Reptiles Effects of Temperature, Sex, and Gravidity on the Metabolism of Small-Mouthed Salamanders, *Ambystomatexanum*, during the Reproductive Season.

Gaceta del gobierno 2011. Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Jilotzingo, Estado de México. 152p

García-Paris, M. Montori. A. y Herrero, P. 2004. Amphibia. Lisamphibia. En *Fauna Iberica*. Vol. 24. Ramos M. A. *et al.* (Eds). Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. Madrid. 640 pp.

Gibbons, M.M. & T.K. McCarthy. 1983. Age determination of frogs and toads (Amphibia, Anura) from north-western Europe. *Zoologica Scripta* 12: 145-151.

Gibbs, J. P., and A. R. Breisch. 2001. Climate warming and calling phenology of frogs near Ithaca, New York, 1900–1999. *Conservation Biology* 15:1175–1178.

Heyer, W. R.; A. Donnelly; R. W. McDiarmid; L. A. Hayek y M. S. Foster 1994 *Measuring and Monitoring Biological Diversity, Standard Methods for Amphibians*. U. S. A. Smithsonian Institution Press.

Heyer, W. R.; A. S. Rand, C. A. Gonçalves da Cruz, y O. L. Peixoto. 1988. Decimations, Extinctions, and Colonizations of Frog Populations in Southeast, Brazil and Their Evolutionary Implications. *Biotropica* 20:230-235.

- Husting, E.L. 1965. Survival and breeding structure in a population of *Ambystomamaculatum* Copeia 1965: 352-362.
IUCN–The World Conservation Union, 2006 IUCN Red List of Threatened Species (<http://www.redlist.org>).
- Lemos, E. J. 2003. *Rhyacosiredonaltamirani*. Fichas diagnósticas para 10 especies de anfibios y reptiles mexicanos. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W002. México.
- Lips, K. R. 1999. Decline of a tropical montane amphibian fauna. *Conserv. Biol.* 12:106-117.
- Lips, K.R. 2001. Reproductive trade-offs and bet-hedging in *Hyalacalypsa*, a Neotropical treefrog. *Oecologia* 128: 509-518.
- Lizana, M. & E. M. Pedraza. 1998. The effects of UV-B radiation on toad mortality in mountainous areas of Central Spain. *Conservation Biology* 12:703-707.
- Loredo, I., & D. Van Vuren. 1996. Reproductive ecology of a population of the tiger salamander. *Copeia* 1996:895-901.
- Martin-Martínez, A. I. 2007. Preferencia de plantas para la oviposición del ajolote *Ambystoma mexicanum* en condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura, UNAM. Facultad de Ciencias. México.
- Matías-Ferrer, N. 2006. Diferenciación genética y sistemática de las especies *Ambystoma Altamirani*, *A. leorae*, *A. rivulare* y *A. zempoalense*. Tesis de Maestría, UNAM. Instituto de Biología México.
- Matton, A. 2000. Amphibian Fading.
- Merino-Viteri, A. y L. Coloma. 2003. Distribución y declinaciones poblacionales de las ranas kailas (Leptodactylidae: *Telmatobius*) en los andes del Ecuador. *Programa y Resúmenes*. VI Congreso Latinoamericano de Herpetología
- Merritt, R.W. and Cummins, K.W., 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America
- Newman, R. A. 1989. Developmental plasticity of *Scaphiopus couchii* tadpoles in a predictable environment. *Ecology* 70:1775–1787.
- Palis, J.G., Matthew J. Aresco, and Sandra Kilpatrick. 2006. Breeding Biology of a Florida Population of *Ambystomacringulatum* (Flatwoods Salamander) During a Drought. *Southeastern Naturalis*. 5(1):1-8.
- Pauli, H; Gottfried, M; Dirnbock, T; Dullinger, S; Grabherr, G. 2003. Assessing the long-term dynamics of endemic plants at summit habitats.
- Perotti 1997. Modos reproductivos y variables reproductivas cuantitativas de un ensamble de anuros del Chaco semiárido, Salta, Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 70: 277-288.
- Pfennig, D. W. 1990. The adaptive significance of an environmentally-cued developmental switch in an anuran tadpole. *Oecologia* 85:101–107.
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Jilotzingo 2011. Gobierno del Estado de México. Gaceta del Gobierno 152 p
- Pounds, J. A., M. P. L. Fogden, & J. H. Campbell. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398:611-615.

- Randal v., S. 1993. Effect of temperature on body Size, Developmental Stage and Timing of Hatching in *Ambystomamaculatum*. U.S. A. *Journal of Herpetology*. 27 (3): 329-333.
- Ricklefs, R. E. 2000. Intrinsic aging-related mortality in birds. *Journal of Avian Biology* 31: 103-111.
- Rodríguez R. 2009. Tesis de Licenciatura. Dinámica poblacional del ajolote *Ambystoma altamirani* en el río Magdalena, D.F.
- Rubbo, M.J. & J.M Kiesecker. 2005. Amphibian breeding distribution in an urbanized landscape. *Conserv. Biol.* 19: 504-511.
- Salas, A.W. 1995. Herpetofauna peruana: una visión panorámica sobre investigación, conservación y manejo. *Biotempo* 2: 125-137.
- Sarkar, S. 1996. Ecological Theory and Anuran Declines. *BioScience* 46(3):199-207.
- Salthe, S.N. & W.E. Duellman. 1973. Quantitative constraints associated with reproductive mode in anurans. Págs. 229- 249 en: J.L. Vial (eds), *Evolutionary Biology of the Anurans*. University of Missouri Press, Columbia.
- SEMARNAT 2009. Monitoreo del Ajolote (*Ambystoma altamirani*) en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala.
- Semlitsch, R. D. 1983. Structure and Dynamics of two breeding populations of the Eastern Tiger Salamander *Ambystomatigrinum*. *Copeia* 1983:608-616.
- Semlitsch, R. D. 1985. Reproductive strategy of a facultative paedomorphic salamander *Ambystomatalpoideum*. *Ecology* 65:305-313.
- Semlitsch, R. D. 1987a. Relationship of pond drying to the reproductive success of the salamander *Ambystomatalpoideum*. *Copeia* 1987: 61-69.
- Semlitsch, R. D. 1987b. Density-dependent growth and fecundity in the paedomorphic salamander *Ambystomatalpoideum*. *Ecology* 68:1003-1008.
- Semlitsch, R. D. Scott, J. K. Pechmann, and J. W. Gibbons. 1996. Structure and dynamics of an amphibian community: evidence from a 16-year study of a natural pond, p. 217–250. *In: Long-term studies of vertebrate communities*. M. L. Cody and J. Smallwood (eds.). Academic Press, Inc., San Diego, CA.
- Shaffer, H. B. 1984. Evolution in a paedomorphic lineage I. An electrophoretic analysis of the Mexican *Ambystomatid* salamanders. *Evolution* 38:1194-1206.
- Sinervo, B. & P. Licht. 1991. Proximate constraints on the evolution of egg size, number, and total clutch mass in lizards. *Science* 252: 1300-1302.
- Sinervo, B., P. Doughty & R.B. Huey. 1992. Allometric engineering: a causal analysis of natural selection on offspring size. *Science* 258: 1927-1929.
- Smith Hobart M. and Edward H. Taylor, 1945. *An annotated checklist and key to the snakes of Mexico*, Bull. U.S. Nat. Mus.
- Stallard, R. F. 2001. Possible Environmental Factors Underlying Amphibian Decline in Eastern Puerto.
- Stebbins, R. C, y N. W., Cohen, A natural history of amphibians, New Jersey, Princeton University Press, 1995, 316 págs.

- Travis J. Ryan* and Raymond D. Semlitsch 2003. Growth and the expression of alternative life cycles in the salamander *Ambystoma talpoideum* (Caudata: Ambystomatidae) Division of Biological Sciences.
- Tyler, T. J., W. J. Liss, R. L. Hoffman y L. M. Ganio 1998. Experimental analysis of trout effects on survival, growth, and habitat use of two species of Ambystomatid salamander. *Journal of Herpetology* 32: 345-349.
- Uribe-Peña, Z., A. Ramírez-Bautista y G. Casas-Andreu 1999. Anfíbios y reptiles se la Serranía del Distrito Federal, México. *Instituto de Biología, UNAM, Cuadernos* 32:19.
- Vázquez, C. D. 2008. El género *Ambystoma* en México. Disponible en Internet desde: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/genero-ambystomamexico/genero-ambystoma-mexico.shtml>
- Vega-López, A. A. y T. Álvarez-Solórzano 1993. Apuntes sobre la variación, biología y poblaciones de ajolote de montaña *Rhyacosideron leorae* (Amphibian: Ambystomatidae) de Río Frio, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México* 38:129-137.
- Willemsen, R. E. y A. Hailey 2001. Variation in adult survival rate of the tortoise *Testudo hermanni* in Greece. Implications for evolution of body size. *Journal of Zoology* 225:43-53.
- Yáñez-Muñoz, M. 2007. Métodos Estandarizados para el muestreo de Anfíbios y Reptiles. Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales. Quito, Ec. 10 p.
- Young, B. E., S. N. Stuart, J. S. Chanson, N. A. Cox y T. M. Boucher. 2004. *Joyas que Están Desapareciendo: El Estado de los Anfíbios en el Nuevo Mundo*. NatureServe, Arlington, Virginia.
- Zambrano, L., E. Vega, L. G. Herrera, E. Prado y V. H. Reynos 2007. A population matrix model and population viability analysis to predict the fate endangered species in highly managed water systems. *ANIMAL Conservation* 10:297-303.
- Zug, G.R. & P.B. Zug. 1979. *The marine toad, Bufo marinus. A natural history resume of native populations*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.

GALERIA FOTOGRAFICA



Salamandra joven 100mm de LCH con manchas amarillas



Salamandra adulta con pigmentación más oscura



Culebra de agua (depredador)



Larva de libélula (náyade)



Primera localidad "Santa María Mazatla", nótese la basura.



Segunda localidad "San Miguel Tecpan"



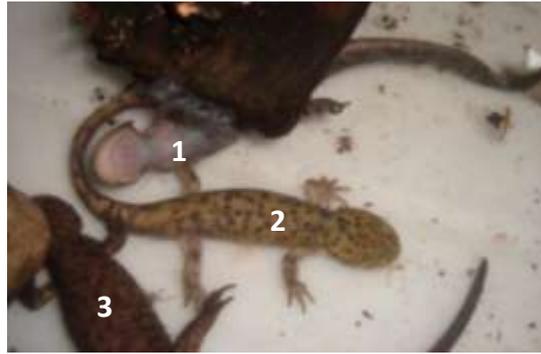
Salamandra muerta encontrada en la primera localidad "Santa MariaMazatla"



Huellas de mapache encontradas en la segunda localidad "San Miguel Tecpan"



Hyla encontrada en la segunda localidad



1-Hembra ovopositando
2- macho
3- Hembra



Supuesta hembra juvenil 2



Medición de ajolote juvenil 2 con 75mm de LHC



Huevos separados con tela mosquitera



Poza construida para mantener los



Salamandra Hembra cargada, caminando cerca del Rio 1. Con una LHC de 100mm



Ambystomas mantenidos en cautividad con 60mm de LHC