

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

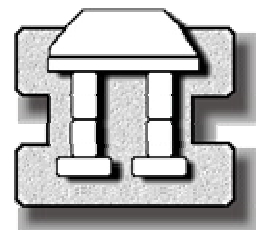
"ASPECTOS DE MANTENIMIENTO Y DESARROLLO  
EN CAUTIVERIO DEL AJOLOTE MEXICANO  
(*Ambystoma mexicanum*)"

TESIS  
PARA OBTENER EL TITULO DE  
BIÓLOGO  
PRESENTA:  
MAYA MONROY GAMALIEL OMAR

DIRECTOR DE TESIS M. en C. FELIPE CORREA SÁNCHEZ

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, EDO. DE MÉXICO

2006





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## AGRADECIMIENTOS

A mi asesor M. en C. Felipe Correa Sánchez por haber dirigido este trabajo, por todos sus consejos y su apoyo.

A mis sinodales M. en C. Patricia Ramírez Bastida, M. en C. Tizoc Adrián Altamirano Álvarez, M. en C. Rodolfo García Collazo, Biol. Tomás Ernesto Villamar Duque, por sus consejos y sugerencias.

A mis padres Edmundo y Carmen por todo lo que me han enseñado, por toda la paciencia que me han tendido y sobre todo porque siempre se han preocupado por mis hermanos y yo

A mis hermanos Bety, Alfredo y Mario porque juntos hemos aprendido muchas cosas.

A mis sobrinos Isaac, Andrea, Rebeca y Susana por todos esos momentos divertidos.

A Alma por todos los momentos compartidos, por todo tu apoyo y cariño, especialmente porque se que siempre puedo contar contigo.

A mí equipo de toda la carrera Edgar, Sandra, Jesús, Tomás y Roberto, por todo lo que pasamos juntos: prácticas, fiestas, proyectos, exámenes, en fin, el mejor equipo y los mejores amigos que pude tener. Gracias.

A mis amigos de generación Alejandra, Axel, Claudia, Dulce, Griselda, Karina, Luis, Martín, Miguel, Monserrat, Oswaldo, Vladimir, a todos y cada uno, gracias.

A todos en el vivario Bety, Raúl, Librado, Andrea, Beto, Carlos, Chava, Daniel, Edith, Erica, Laura, Lupe, Mara, Mayra, Nancy, Reyna, Sarai, Samuel.

A José, Beto, Yarisel, Sergio, Abraham (couch), Waldo, los conocí ya al final de la carrera, ojalá los hubiera conocido antes, grandes amigos.

A Mónica y Oscar por su amistad, y por todos los recuerdos y buenos momentos que hemos tenido juntos.

A todos los ajolotes que cuide por espacio de año y medio, aprendí muchas cosas de estos animales tan fascinantes. Igualmente al vivario por todo lo que aprendí y la gran experiencia que tuve.

A todo aquel que pueda estar olvidando, gracias.

## INDICE

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
ANTECEDENTES	8
SISTEMATICA DE LA ESPECIE	11
OBJETIVOS	12
METODOLOGÍA	13
RESULTADOS	17
DISCUSIÓN	25
CONCLUSIONES	31
RECOMENDACIONES	31
LITERATURA CITADA	32
ANEXO I	35
ANEXO II	36

## RESUMEN

El ajolote *Ambystoma mexicanum* es un urodelo endémico del valle de México, habita en los canales de Xochimilco y lago de Chalco. Era apreciado por las culturas prehispánicas pues lo usaban como alimento y como remedio contra enfermedades. Debido al crecimiento de la mancha urbana, la contaminación, la introducción de especies exóticas, entre otros factores, las poblaciones silvestres se han visto seriamente amenazadas. Sin embargo, debido a que es un excelente modelo de estudio en diversas áreas, se han establecido diversas colonias de reproducción, principalmente en el extranjero cuyo propósito es no solo fomentar la investigación sino también contribuir a la conservación de la especie. Por ello en este trabajo se evaluaron aspectos de mantenimiento de *A. mexicanum* dentro de la colonia de reproducción de la FES Iztacala. Las condiciones en que se mantuvieron a los organismos fueron adecuadas para su mantenimiento en cautiverio: temperatura 18.5 °C, pH 8.2 y alimentados tres veces por semana. Se obtuvieron en un periodo de 24 meses un total de diez puestas con un promedio de 301.7 huevos cada una. Las puestas se registraron durante el invierno, siendo noviembre el mes con más frecuencia de puestas. Al incubar las puestas a mayor temperatura (25°C) eclosionaron en promedio 5 días antes que las incubadas a temperatura del agua ambiente (18.5°C), aunque el porcentaje de crías que lograron eclosionar fue casi idéntico. La supervivencia de las crías presentó valores bajos de 0 - 4.65% lo cual puede deberse al canibalismo así como a enfermedades y competencia por alimento debido a la sobrepoblación de las peceras en las que se mantuvo a las crías, es por ello que deben mejorarse las técnicas de manejo de crías para poder alcanzar porcentajes de supervivencia mas altos. Se evaluó el crecimiento de ajolotes juveniles sometidos a tres dietas diferentes (tortuguetas, grillos y una dieta mixta). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las variables evaluadas, longitud hocico-cloaca ANOVA  $F_{1,3} = 6.259$ ,  $P = 0.00417$  y peso ANOVA  $F_{1,3} = 12.893$ ,  $P = 4.30754^{-12}$ . Se aplicó una prueba LSD para encontrar qué medias eran diferentes, en ambos casos la dieta de grillos presentó un mayor efecto.

## INTRODUCCIÓN

México es uno de los países con mayor diversidad biológica del mundo. Se considera que junto con Colombia, Brasil, Madagascar, Zaire, Indonesia y Australia alberga alrededor del 60% de todas las especies de plantas y animales del planeta (Mittermeier, y Goettsch, 1992). Respecto a la diversidad herpetofaunística, asciende a 1164 especies de anfibios y reptiles, de las cuales 784 son de reptiles y 351 de anfibios (Santos y García, 2006), lo que representa un 9.1% de la herpetofauna mundial. Del total de especies de anfibios, el 4.7% está representado por la familia de los ambistomátidos (Amphibiaweb, 2006), los cuales en nuestro país se distribuyen en el eje volcánico transversal y en el centro del país. El grupo de los urodelos ha visto reducidos sus hábitats naturales por la contaminación, deforestación, incremento de la mancha urbana, entre otros factores, lo que consecuentemente los ha puesto en peligro de desaparecer.

Dentro de los urodelos, se encuentra el ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*), cuya distribución actual se limita a los canales de Xochimilco y el lago de Chalco, ubicados en el Distrito Federal (Fig. 1). Los ajolotes adultos pueden alcanzar los 30 cm. de longitud, las extremidades anteriores presentan cuatro dedos y las posteriores cinco. En el dorso presenta una aleta, misma que corre hasta la cola; su coloración es parda con manchas negras. Puede respirar por las branquias (tres pares de branquias laterales y externas) y con los pulmones (Ortega, 1999). Los ojos del ajolote están localizados a los lados de la cabeza, y no comparten el mismo campo de visión, por lo que dependen parcialmente del tacto y del olfato para detectar su alimento. En su hábitat natural, las crías de ajolote se alimentan principalmente de plancton, posteriormente en la etapa juvenil y adulta comen pulgas de agua (*Daphnia pulex*), gusanos, insectos y pequeños peces (Heredia *et al.*, 1999).

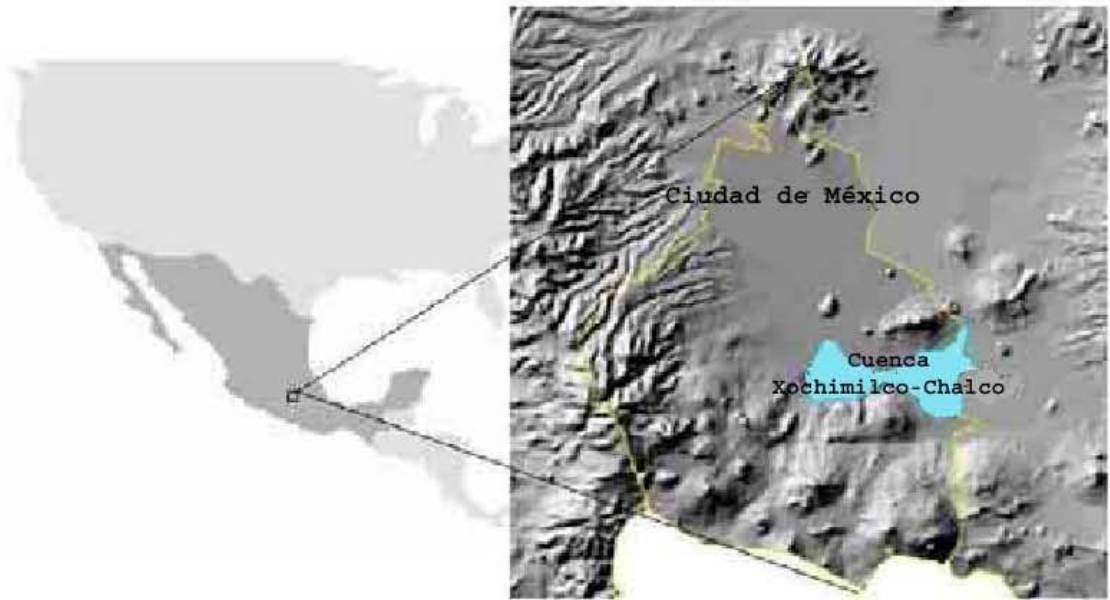


Figura 1. Área de distribución de *A. mexicanum*

En el ciclo reproductivo de *Ambystoma* al igual que en otros urodelos las hormonas juegan un papel importante. Antes del apareamiento se lleva a cabo un cortejo, en donde el macho inicia golpeando a la hembra con su hocico, a continuación ambos realizan una danza de apareamiento (Duhon, 1994), posteriormente el macho deposita un espermátforo que es secretado por las glándulas cloacales, sobre el que se posa la hembra para introducirlo en su cloaca y se lleve a cabo la fecundación (Huacuz, 2002).

*A. mexicanum* es un animal neoténico obligado, lo que significa que sus gónadas pueden madurar y por lo tanto pueden reproducirse en etapa larvaria, conservando características morfológicas como las branquias externas y aleta dorsal. Investigaciones recientes sugieren que el ajolote es neoténico debido a que presenta niveles reducidos de tiroxina y de hormona estimulante de la tiroides (Coleman y Hessler, 1997)

Esta especie ha sido objeto de explotación con diferentes fines: alimenticios, para ornato, y de investigación en diferentes ramas. A pesar de la explotación que ha sufrido esta especie desde hace cientos de años, y a que la mancha urbana ha crecido alrededor de los dos únicos cuerpos de agua donde vive (Lago de Xochimilco y Laguna de Chalco), las poblaciones de esta especie han logrado sobrevivir hasta nuestros días.

Sin embargo, sus condiciones son precarias debido a que en Xochimilco, las poblaciones han disminuido significativamente en la última década (AC21, Ginebra, Suiza, 2005).

Otra problemática para el ajolote han sido las especies de peces introducidas en su ambiente, las cuales depredan a los huevos y juveniles, siendo las especies exóticas que más afectan el ecosistema la carpa (*Cyprinus carpio*) y la tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Stephan-Otto, 1998).

En la actualidad el ajolote cuenta con protección especial de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT, 2002), y se encuentra en el apéndice II de la CITES, en el cual se incluyen especies que no necesariamente se encuentran en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia. (CITES, 2003)



## ANTECEDENTES

El ajolote *Ambystoma mexicanum*, endémico de México, habita en los canales y lagunas de Xochimilco. Los grupos humanos asentados en las riberas del lago lo llamaron axolotl, “monstruo de agua” en náhuatl; perro o gemelo de agua en español. Era apreciado como alimento, además de que también lo usaban con fines terapéuticos. Lo anterior, aunado a la desaparición de su hábitat lo han puesto al borde de la extinción (Stephan-Otto, 2002; Armstrong y Malacinski, 1989).

Una de las primeras referencias del ajolote aparece en un libro de historia natural de 1615. En donde se indica que Humboldt transportó dos ajolotes a París y se los entregó a George Cuvier para que los estudiara. En 1863, se enviaron varios ajolotes a París, los cuales se reprodujeron y sus descendientes sufrieron metamorfosis, sin embargo sus padres nunca sufrieron metamorfosis (Ortega, 1999).

En los últimos años, en algunas universidades del extranjero (principalmente de los Estados Unidos) se han realizado varias investigaciones relacionadas con este animal, en áreas diferentes, como la genética, en donde se investiga su genoma y su relación con otros vertebrados (Voss et al., 2001) y Anatomía craneana (Olvera, 2003). En cardiología, mutaciones del ajolote han sido objeto de varios estudios, en los que se investigan proteínas necesarias para el desarrollo y diferenciación cardíaca (Zadjel et al., 1999). Varias universidades mantienen con éxito colonias de ajolotes, siendo la más importante la de la Universidad de Indiana en los Estados Unidos, en donde se realizan labores de investigación, además de proveer de material de investigación a laboratorios y escuelas en todo Estados Unidos (Duhon, 1994). En nuestro país hasta donde se tiene conocimiento existen dos colonias de reproducción, una en la UAM (Campus Xochimilco) y otra en la UNAM (FES Iztacala) en las que se ha logrado mantener satisfactoriamente un número considerable de estos animales con el propósito no solo de ayudar a la conservación de la especie, sino también para fomentar la investigación en diferentes campos.

Investigaciones relacionadas con su conservación se han efectuado en Xochimilco, donde se ha encontrado que la densidad de las poblaciones de ajolotes ha disminuido considerablemente en un periodo de seis años, de 0.006 org m<sup>-2</sup> (Graue,

1998) a  $0.001 \text{ org m}^{-2}$  (González, 2004). También se han realizado esfuerzos para lograr reintroducir al ajolote dentro del Parque Ecológico Xochimilco (Stephan-Otto, 1998).

Otros estudios incluyen, cultivo de *A. mexicanum* en condiciones de semicautiverio para su conservación (Enstastigue, 2002), además existen trabajos referentes a su capacidad de regeneración de extremidades (Yang y Bryant, 1994), y debido a su habilidad para regenerar células cerebrales, ha atraído la atención de muchos investigadores (Heredia et al., 1999), lo que lo ha hecho un organismo importante para la docencia e investigación.

En anfibios la temperatura afecta el desarrollo embrionario, influye en el tamaño corporal y en el tiempo de eclosión (Voss, 1993). Existen varios trabajos enfocados a observar los efectos de la temperatura en el género *Ambystoma*, entre los que podemos mencionar a Anderson (1972) quien establece la temperatura de tolerancia para el desarrollo embrionario de algunas salamandras del género. Feder (1982) investigó las preferencias térmicas de pletodóntidos en laboratorio, encontrando que algunas especies de habitats montañosos seleccionaron temperaturas frías, mientras que especies de habitats templados prefirieron temperaturas menos drásticas.

Los anfibios en general depositan un gran número de huevos, lo cual sugiere que tienen una alta mortalidad en los estadios larvales (Herreid y Kinney, 1966), este tipo de estrategia de reproducción está representada por curvas del tipo III, que pueden presentarse en organismos como *Rana sylvatica* (Herreid y Kinney, op. cit), Petranka (1989) encontró para poblaciones silvestres de *Ambystoma sp* curvas de tipo II, aunque se pueden presentar otros tipos diferentes a las encontradas por Petranka.

La disponibilidad de alimento en cautiverio es muy importante, autores como Wallays (2000) recomienda utilizar, para la cría de ajolotes en cautiverio, alimentos tales como lombrices de tierra, artemia, daphnia, trozos de carne o corazón de res, y alimento para peces, y reporta que alimentar a ajolotes juveniles exclusivamente con lombrices de tierra, resulta en un crecimiento de 15 centímetros en un año.

Anteriormente en la colonia de la FES Iztacala se empleaban como alimento, hígado y carne de res, sin embargo se presentó una alta mortalidad de ajolotes debido a

que estos alimentos estaban contaminados por parásitos. Se optó entonces por alimentos alternos como los grillos (que son criados en el laboratorio de herpetología vivario de la FES Iztacala) y las tortuguetas (PETMAL).

Grillo (*Acheta domesticus*).

*Acheta domesticus* (Familia *Gryllidae*, Subfamilia *Gryllinae*) es un grillo de aproximadamente 10-18 mm de longitud, con coloración amarillenta a café clara y es una especie introducida de Europa (Arnett, 2000). Los grillos de la familia *Gryllidae* tienen antenas largas, órganos estridulatorios en las alas delanteras de los machos, órganos auditivos en las tibias, no más de tres segmentos tarsales y un ovipositor cilíndrico o en forma de aguja. *A. domesticus* es común en praderas, pastizales y jardines e incluso algunos entran a las casas. Al igual que otros miembros de la familia, cantan tanto de día como de noche (Borror et al., 1989). Debido a que es un organismo de fácil mantenimiento y reproducción en cautiverio, *A. domesticus* es utilizado ampliamente como alimento para anfibios y reptiles (Finke, 2002).

“Tortuguetas”

Las tortuguetas son un tipo de alimento comercial balanceado, elaborado principalmente a base de pescado, camarón, carne, huevo, leche, avena, levadura, calcio y vitaminas, es usado en la alimentación de tortugas en cautiverio. Sin embargo, también puede usarse como alimento para anfibios.



Figura 2. Alimentos empleados en la dieta de *A. mexicanum*. A) Tortuguetas; B) Grillos

## SISTEMATICA DE LA ESPECIE (Shaw, 1789)

- ✓ Phylum: Chordata
- ✓ Clase: Amphibia
- ✓ Orden: Urodela (Caudata)
- ✓ Familia: Ambystomatidae
- ✓ Genero: *Ambystoma*
- ✓ Especie: *Ambystoma mexicanum*
- ✓ Nombre común: Ajolote mexicano, Axolotl, Monstruo de agua.



OBJETIVOS:

GENERAL:

Establecer y adecuar estrategias para evaluar algunos aspectos de la reproducción y desarrollo del ajolote *Ambystoma mexicanum* en condiciones de cautiverio en la colonia reproductora existente en el Laboratorio de Herpetología de la FES-Iztacala, UNAM.

PARTICULARES:

- a) Adecuación de las condiciones para el buen estado y desarrollo de los ajolotes.
- b) Evaluar la efectividad del método de inducción de puestas.
- c) Determinar el efecto de la temperatura en la eclosión de los huevos.
- d) Evaluar la supervivencia de puestas hasta la etapa juvenil
- e) Evaluar el crecimiento de organismos juveniles de *A. mexicanum* sometidos a diferentes dietas.

## METODOLOGÍA

Mantenimiento de juveniles y adultos.

Los ajolotes se mantuvieron de forma individual en contenedores de plástico con medidas de 15 X 30 X 15 cm., con agua suficiente (2 litros por ajolote) de manera que el animal estuviera completamente sumergido. Lo anterior para evitar la agresión y/o canibalismo entre larvas (Duhon, 1994).

Debido a que los ajolotes son organismos completamente acuáticos, es de vital importancia tener en cuenta que pueden intoxicarse fácilmente, por lo que se tuvo mucho cuidado en eliminar los residuos de cremas y sustancias olorosas de las manos durante su manejo. El manejo se realizó siempre con la ayuda de redes para acuario las cuales se mantuvieron siempre limpias y desinfectadas con “cyprix” de la marca BIOMAA (que es un compuesto totalmente inofensivo para los anfibios) cada vez que se manipuló a los animales.

La rutina de la limpieza y desinfección de los contenedores, que se mantienen sin filtración, se efectuó dos veces por semana (martes y jueves). Los contenedores y redes, después de ser desinfectados fueron enjuagados con agua corriente del grifo.

El cloro (usado para matar microorganismos en el agua potable) fue removido del agua de filtro manteniéndola en reposo por 24 horas y agregándole pentabio-care de la marca BIOMAA como acondicionador para agua en una proporción de 5 ml /40 l. Esto, porque beneficia y elimina los residuos de cloro, además de que protege la piel del ajolote lo que reduce el estrés (Godínez com. pers.) y el pH mantenido entre 6.5 y 8, ya que el agua dura ayuda a mantener la salud del animal, previniendo que sea afectado por parásitos y hongos (Duhon, op. cit.). El pH se midió mediante un kit específico de la marca BIOMAA.

La temperatura a la que se mantuvieron los organismos en el laboratorio fue de  $18.5^{\circ}\text{C} \pm .06$  (intervalo 17 – 21 °C), lo que concuerda con lo dicho por Duhon (op. cit.).

Inducción de puestas.

El método de inducción de puestas que se practicó consistió en dejar en seis contenedores (de aproximadamente 60 X 100 x 50 cm) a uno o dos machos por contenedor junto con 7 u 8 hembras para que las cortejaran, con lo que se alcanzan un aproximado de 42 puestas potenciales. Se colocó rafia para que las hembras tuvieran un sustrato en el cual adherir los huevos. Los organismos se mantuvieron en un fotoperíodo de 12 horas de luz por 12 horas de oscuridad aproximadamente, controlado por un timer. Se registró la frecuencia de las puestas y la época del año en que éstas ocurrieron. Así mismo se calculó el porcentaje de efectividad al hacer una relación entre el número de puestas obtenidas y el número de puestas potenciales.

Los huevos depositados, se recogieron de los contenedores y fueron colocados en peceras de vidrio de aprox. 15 X 20 X 30 cm., así mismo las peceras contaron con aeración permanente proporcionada por un compresor de aire.

Incubación y mantenimiento de crías.

Dos de las puestas obtenidas se dividieron en dos lotes con el mismo número de huevos, y se evaluaron dos temperaturas del agua para ver el efecto de éstas sobre la eclosión de los huevos, una a 18°C aproximadamente y otra controlada mediante calentadores con termostato en 25°C, esta última es la temperatura máxima a la que se aconseja mantener los huevos (Duhon, 1994). En cada muestra se registró el tiempo que tardaron en eclosionar los huevos, así como el porcentaje de huevos que eclosionaron. Al momento de la eclosión de las crías se les alimentó diariamente con larvas nauplio de *Artemia salina*, como parte de la rutina de limpieza diariamente se extraían los restos de alimento utilizando una manguera como sifón. Al pasar a una talla mayor de 2 centímetros de longitud total, fueron alimentadas con los adultos de *Artemia salina*. Para diferenciar entre crías y juveniles, se tomaron los criterios de la Universidad de Indiana, en los que se considera una talla de 2 a 5 cm. para las crías; y para juveniles de 5 a 8 cm.

La supervivencia de las puestas fue evaluada mediante conteos periódicos en los que se anotó el número de crías muertas, para de esta manera establecer cuál es la etapa

más crítica en su desarrollo y elaborar una tabla de vida (Anexo 1). Fueron considerados como huevos infértiles aquellos que no mostraron un desarrollo embrionario lo que se evidencia por una coloración blanquecina del polo animal. El porcentaje de sobrevivencia se calculó dividiendo el número de crías a una edad de 5 meses entre el número de crías eclosionadas y multiplicando el resultado por 100.

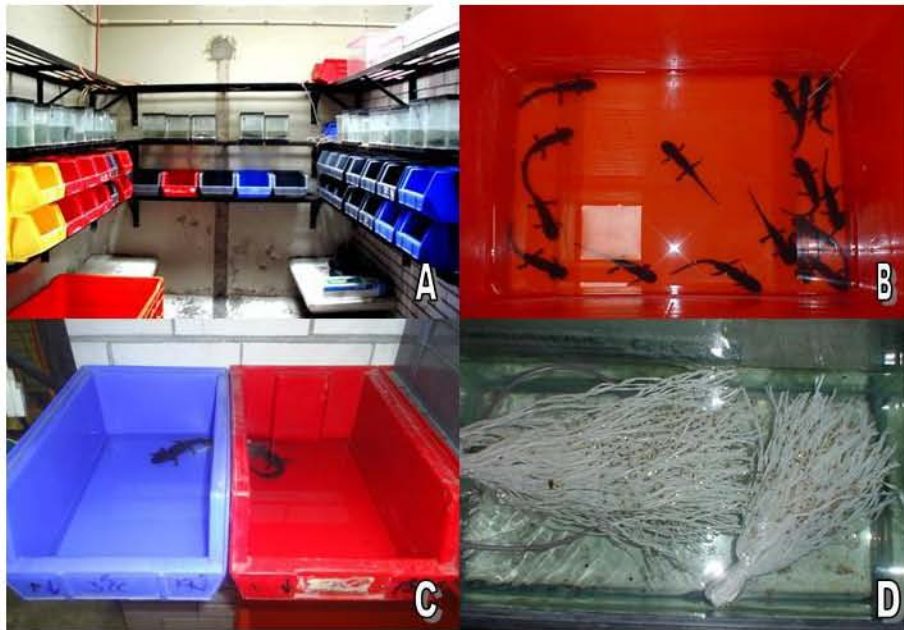


Figura 3. A. Rack de contenedores individuales. B Contenedores de Adultos. C Ajolotes juveniles en contenedores individuales. D Puesta de *A. mexicanum* sobre rafia.

### Alimentación.

Para la evaluación del crecimiento de los juveniles, el alimento seleccionado consistió de tortuguetas como alimento balanceado y grillos (*Acheta domestica*). Estos alimentos se seleccionaron por ser los más comúnmente usados en la crianza de ajolotes en cautiverio y por su disponibilidad. Se utilizaron 45 organismos estableciendo dos lotes experimentales con 15 organismos c/u y un testigo o control. Todos los organismos utilizados para este propósito fueron de una edad aproximada de 4 meses por lo que no era posible determinar el sexo a esta edad. Los lotes experimentales fueron sometidos a las dietas a probar (tortuguetas al grupo 1 y grillos al grupo 2), y el control al alimento mixto. La cantidad de alimento ofrecido a cada ajolote fue dada en proporciones iguales de peso, 0.40g y fueron alimentados tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes). Como parámetros de crecimiento se consideraron la talla corporal



(LHC) para cuya evaluación se inmovilizó al ajolote con una red y se le midió la longitud hocico-cloaca con un vernier ( $\pm 0.01$  mm); así como el peso corporal el cual fue evaluado con una balanza semianalítica OHAUS, con una precisión de  $\pm 0.001$  g.

Los datos obtenidos mensualmente durante 12 meses (talla y peso) se analizaron evaluando la diferencia entre los valores finales e iniciales, para lo que se aplicó una prueba ANOVA de un factor para analizar si existían diferencias de crecimiento entre las muestras. El grado de significancia fue de  $\alpha = 0.05$ . En los casos de los organismos que metamorfosearon se tomaron en cuenta para el análisis, el último registro de talla y peso previo a su metamorfosis. Posteriormente se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias con un  $\alpha$  de .025, para ver entre que tratamientos se encontraban las diferencias.

## RESULTADOS

Durante los 12 meses de estudio, la temperatura del agua se mantuvo estable, registrando una temperatura promedio de 18.5 °C (Figura 4), las temperaturas del aire máximas, mínimas y promedio de la colonia también mostraron un comportamiento estable a lo largo de la investigación (temperatura máxima 24.95 °C, temperatura mínima 17.97 °C, temperatura promedio 21.17 °C, temperatura H<sub>2</sub>O 18.55 °C). (Figura 2.)

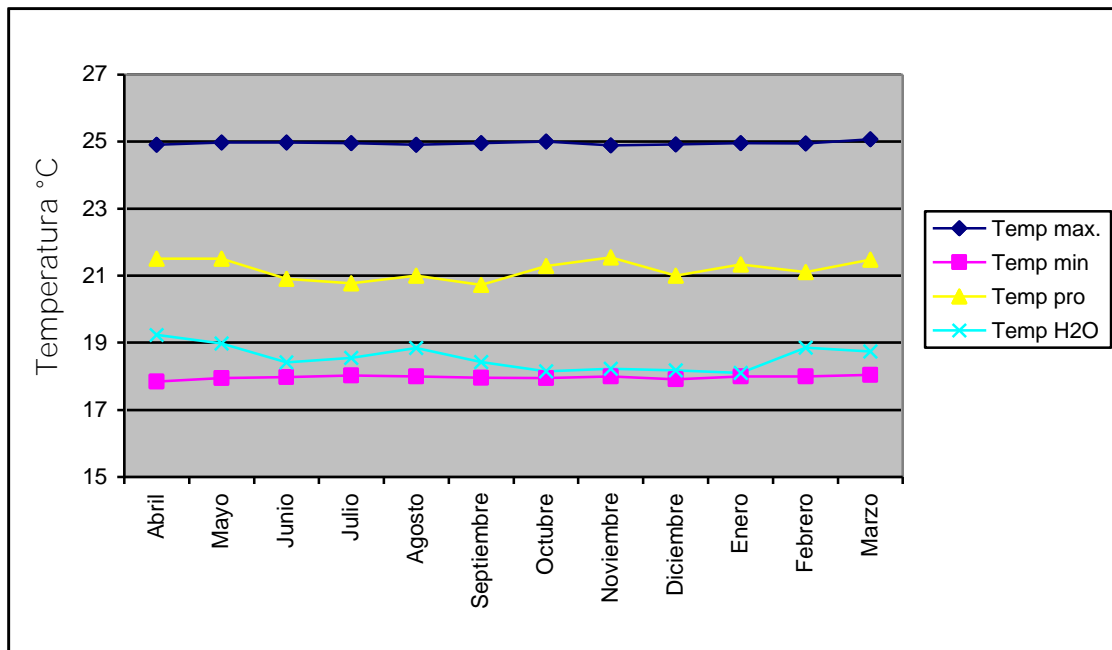


Figura 4. Fluctuación anual de las temperaturas máximas, mínimas, promedio y del agua en la colonia de ajolotes de la F.E.S. Iztacala.

El método de inducción de puestas practicado produjo, en un periodo de 24 meses un total de 10 puestas, siendo Noviembre el mes con mayor frecuencia de puestas (Figura 5), las puestas se ubicaron durante el invierno, época en la cual la temperatura del agua presentó un ligero descenso. El porcentaje de efectividad para un periodo de 12 meses fue de 11.9%.

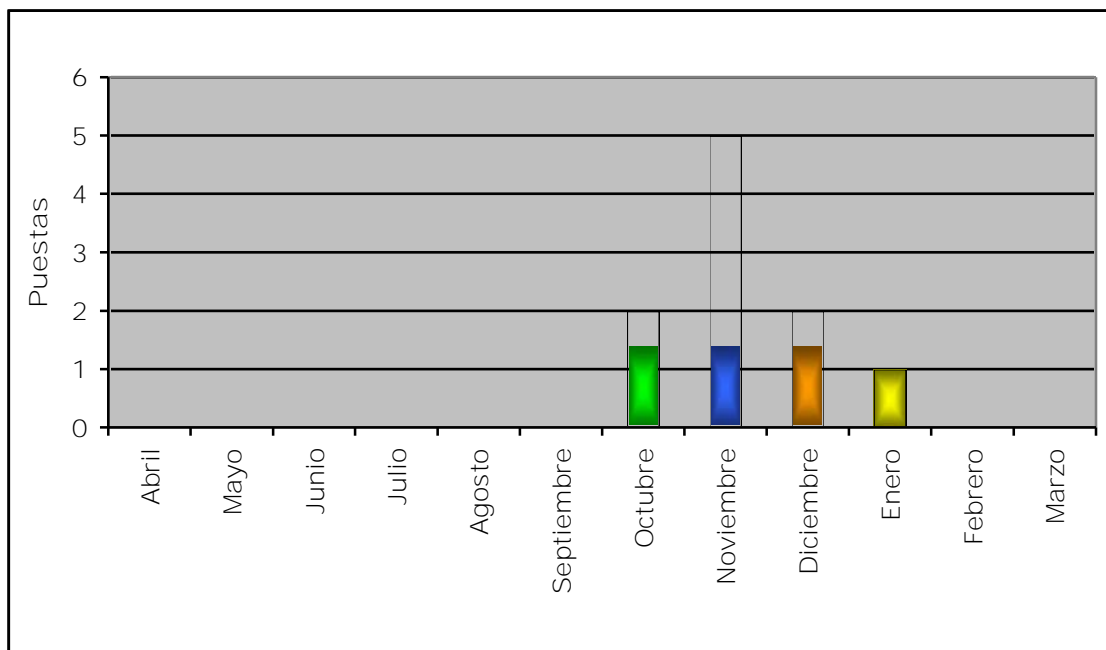


Figura 5. Frecuencia de puestas de *Ambystoma mexicanum* en la colonia de la FES Iztacala durante un periodo de dos años

Tabla 1. Detalle de las puestas registradas en un periodo de 24 meses.

Puesta	Fecha	# de Huevos
1	02/10/2004	225
2	18/10/2004	540
3	08/11/2004	88
4	08/11/2004	425
5	12/11/2004	190
6	02/11/2005	214
7	21/11/2005	286
8	17/12/2005	257
9	19/12/2005	364
10	21/01/2006	428
Promedio		301.7

En la tabla 1 se muestran las fechas en las que se registraron cada una de las puestas, así como el número de huevos de cada una. Solamente las puestas obtenidas durante el 2004 fueron empleadas para observar el efecto de la temperatura en la eclosión de los huevos.

Las puestas que se mantuvieron a 25 °C eclosionaron en promedio 5 días antes que las que se mantuvieron a temperatura ambiente (Figura 6). La temperatura del agua fue en promedio de 18.5 °C.

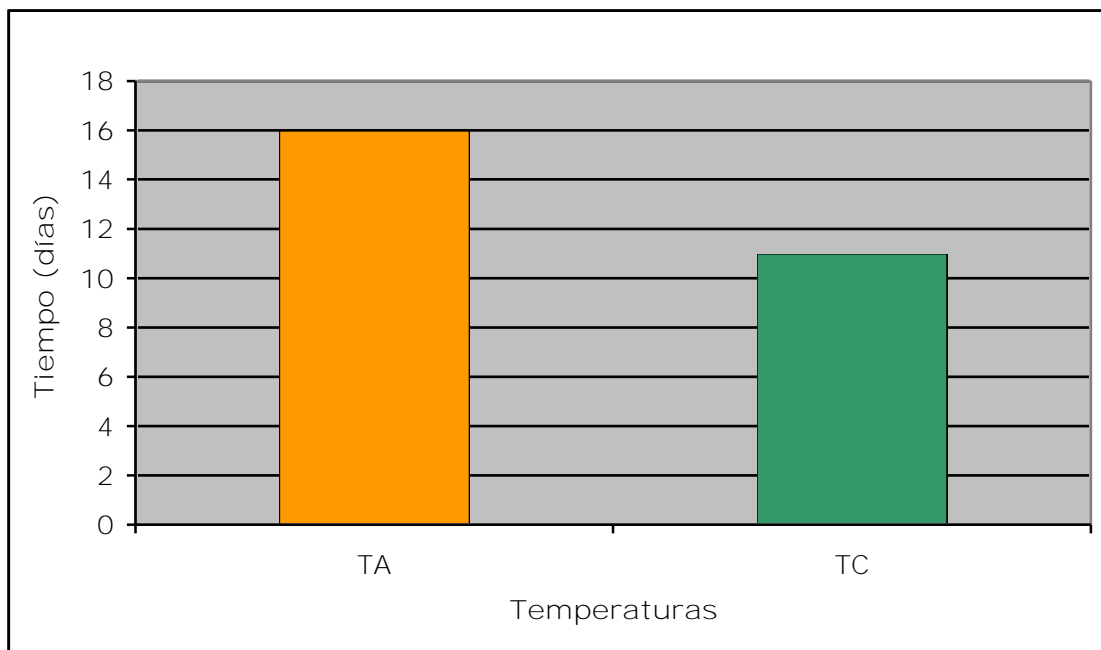


Figura 6. Tiempo de incubación promedio de las puestas. TC = Temperatura controlada 25 °C; TA = Temperatura ambiente 18.5 °C

El porcentaje de huevos que lograron eclosionar fue casi idéntico para las dos temperaturas de incubación probadas (Figura 7), siendo de 77.33% para 18.5 °C y de 77% para la temperatura 25°C.

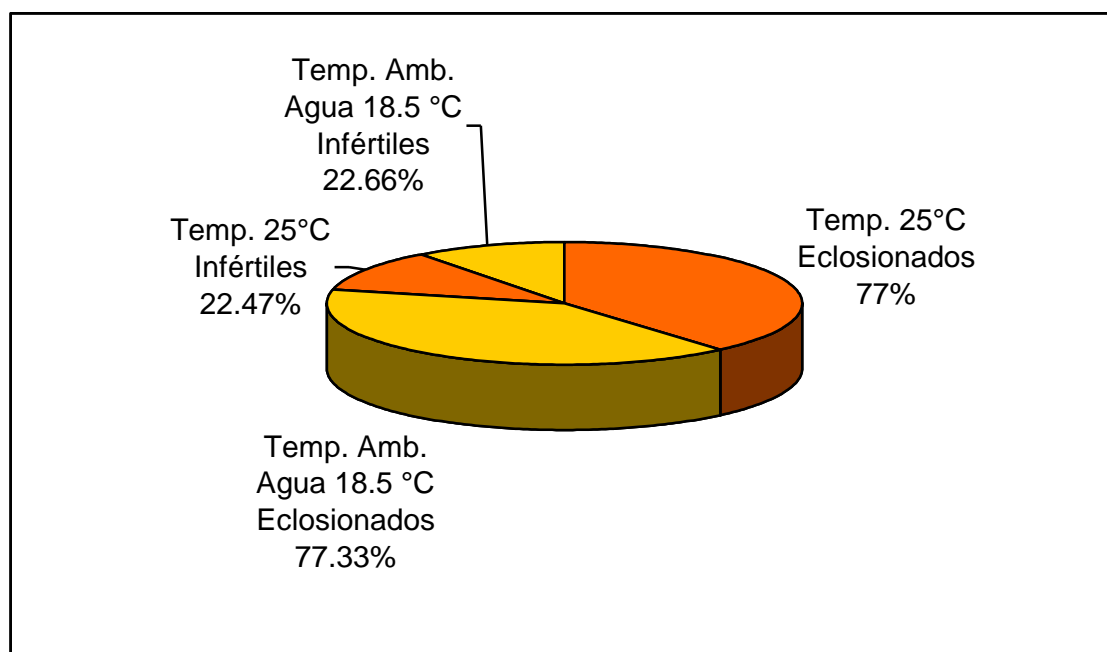


Figura 7. Porcentaje de huevos eclosionados e infértiles, comparando las dos diferentes temperaturas de incubación.

Tabla 2. Supervivencia de las puestas de *A. mexicanum* en cautiverio sometidas a dos temperaturas diferentes

Puesta	Fecha	# huevos	No eclosionados	Temperatura del agua(°C)	Tiempo de incubación (días)	% de supervivencia
1	02/10/2004	225	111	18	16	0.90
2	18/10/2004	540	143	18	13	0
3	08/11/2004	88	53	18	17	2.85
4	08/11/2004	425				
		212	60	25	11	0.64
		213	57	18	16	0
5	12/11/2004	190				
		95	9	25	11	0
		95	6	18	18	4.65

En la tabla 2, se muestran los datos de supervivencia de las puestas obtenidas durante el 2004, la supervivencia de las puestas es baja oscilando entre 0% y 4.65%.

La supervivencia de las puestas evaluadas fue baja, se observa que durante los dos primeros meses se presenta una alta mortalidad en las crías, para después estabilizarse. Se aprecia de igual manera que la temperatura no ayuda a mejorar la supervivencia de las crías. (Figura 8)

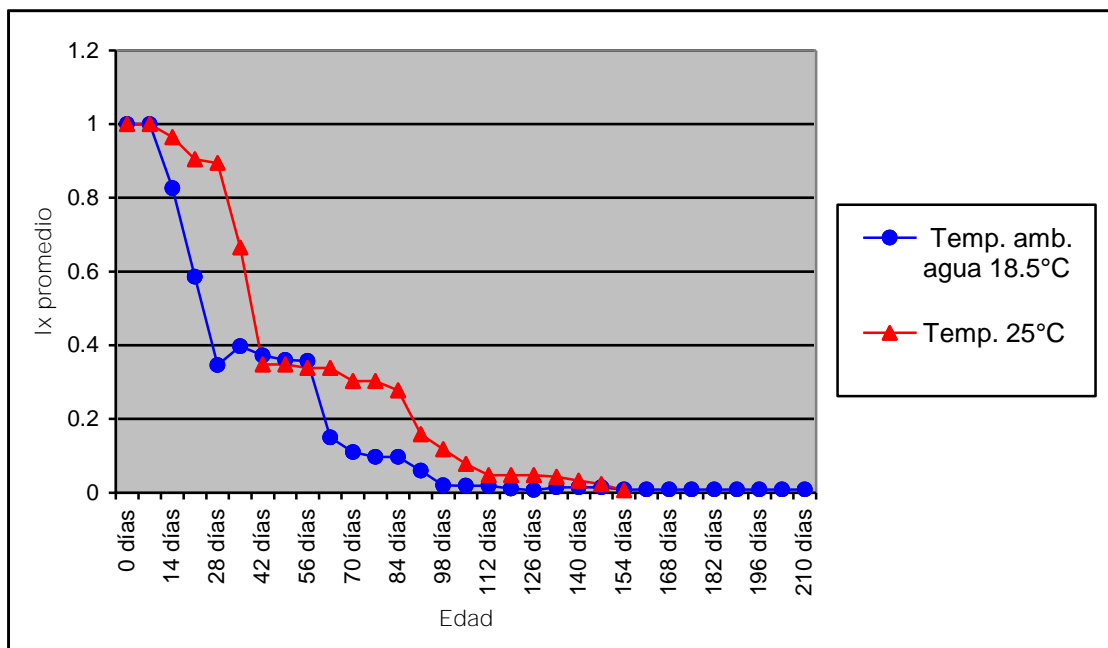


Figura 8. Curva de supervivencia de las crías de *A. mexicanum* comparando entre dos diferentes temperaturas

La curva de supervivencia obtenida es similar a una curva de tipo III, en la que se observa una alta mortalidad inicial, posteriormente los pocos individuos restantes sobreviven sin problemas, no existiendo diferencias entre las dos temperaturas.

En cuanto al crecimiento de los juveniles la prueba de ANOVA mostró diferencias significativas entre los grupos en al menos una pareja de medias (ANOVA LHC:  $F_{1,3} = 6.259$ ,  $P = 0.00417$  ; ANOVA PESO:  $F_{1,3} = 12.893$ ,  $P = 4.30754^{-12}$ ) (Figuras 9 y 10). Para establecer qué medias eran diferentes se utilizó la prueba de LSD (diferencia mínima significativa) con un  $\alpha$  de .025. El resultado de dicha prueba arrojó que las diferencias entre medias que resultaron significativas fueron, para la LHC,  $\bar{X}$  Grillos -  $\bar{X}$  Tortuguetas y  $\bar{X}$  Grillos -  $\bar{X}$  Mixto; y para el peso las diferencias se presentaron en los mismos pares de medias  $\bar{X}$  Grillos -  $\bar{X}$  Tortuguetas y  $\bar{X}$  Grillos -  $\bar{X}$  Mixto (anexo II) por lo cual la dieta de grillos tuvo un mayor efecto en ambas variables.

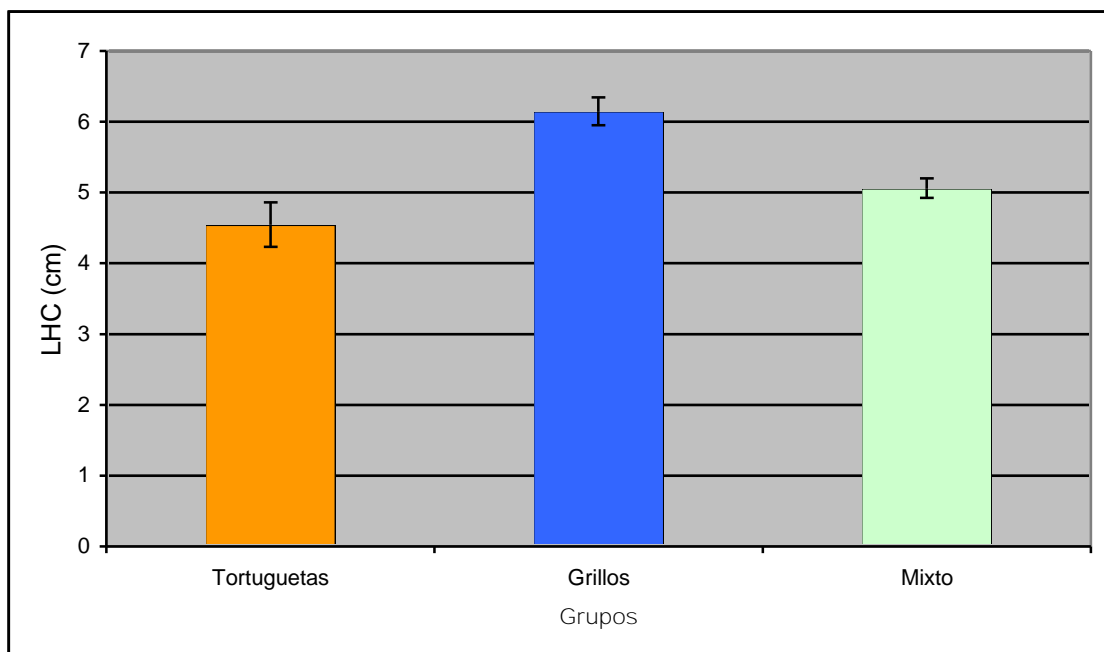


Figura 9. Ganancia de longitud hocico-cloaca promedio al término de un año de *Ambystoma mexicanum* en función del tipo de alimento. Las marcas sobre las barras indican el error estándar

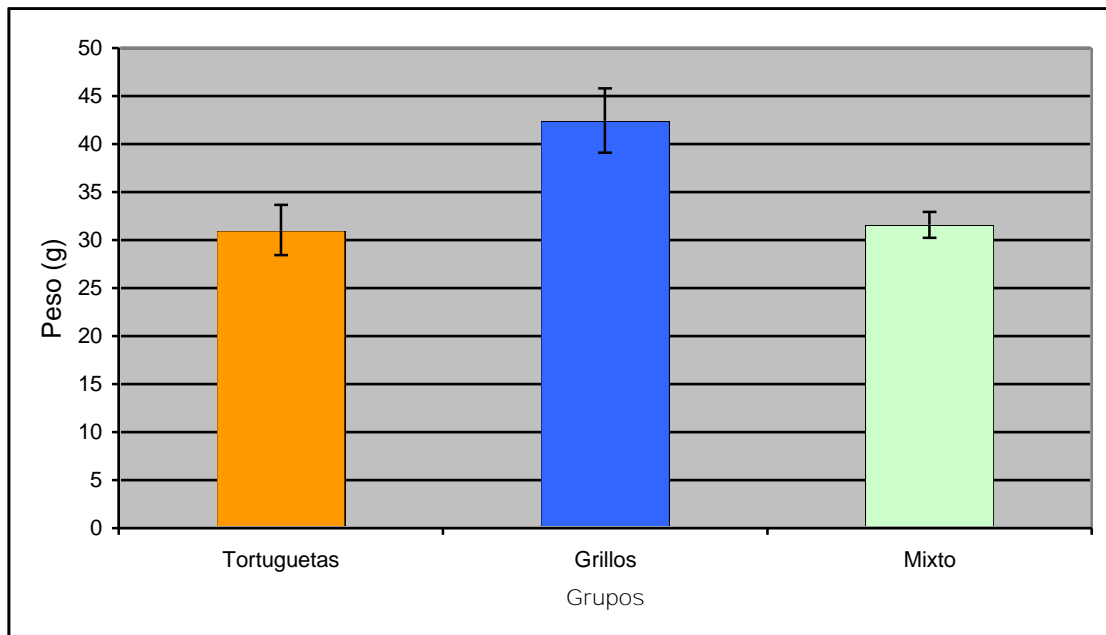


Figura 10. Ganancia de Peso promedio al término de un año en *Ambystoma mexicanum* en función del tipo de alimento. Las marcas sobre las barras indican el error estándar

Durante los 12 meses de la investigación sobre las dietas se observó una tendencia similar, donde el grupo alimentado con grillos presentó una mayor longitud hocico-cloaca que los alimentados con tortuguetas y la dieta mixta. (Figuras 11 y 12)

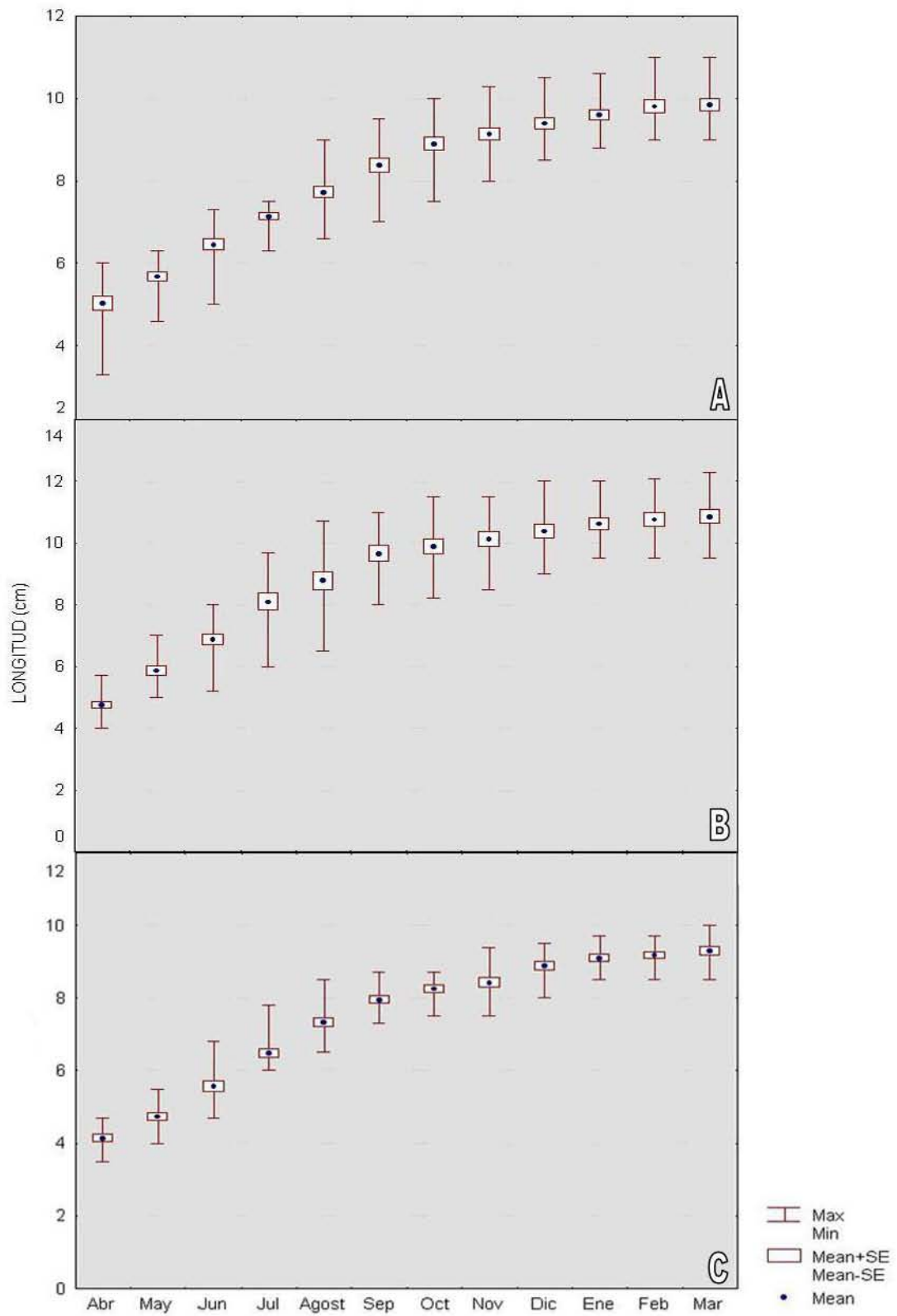


Figura 11. Variación en LHC de *A. mexicanum* durante la investigación. A = Tortugas; B = Grillos; M = Mixto. SE = error estándar



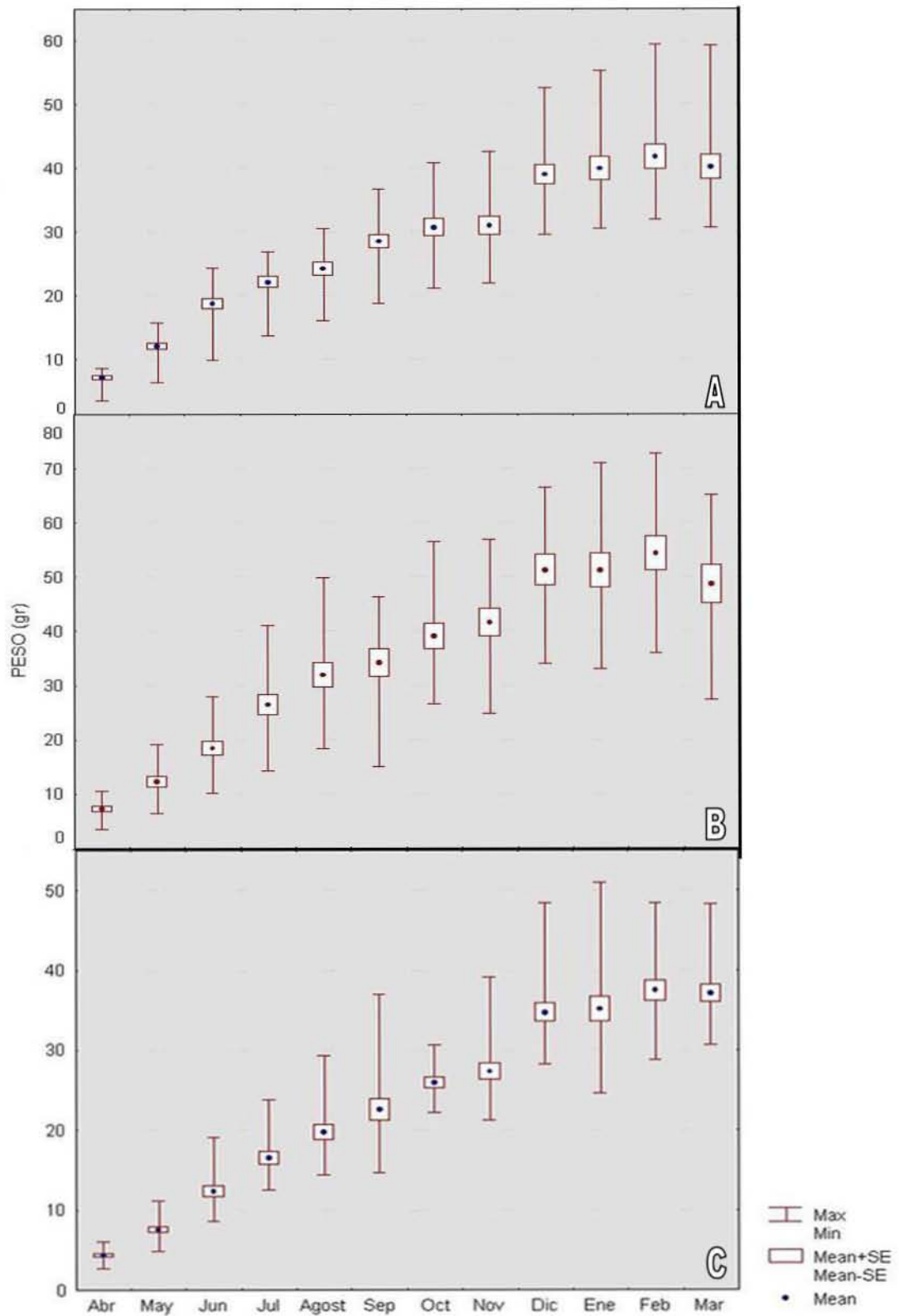


Figura 12. Variación en el peso de *A. mexicanum* durante la investigación. A = Tortuguetas; B = Grillos; M = Mixto. SE = error estándar

## DISCUSIÓN

Para el mantenimiento de los organismos, se siguieron las rutinas de alimentación, limpieza y cuidados establecidas de la colonia de ajolotes de la F.E.S. Iztacala, con lo cual se logró mantener adecuadamente a *A. mexicanum*, aunque se necesitan realizar ajustes en algunos aspectos, especialmente en el mantenimiento y cuidado de las crías.

La temperatura promedio a la que se mantuvo el agua de los contenedores fue de 18.5°C y el pH a 8,2 lo que está dentro de los parámetros recomendados para el manejo de estos organismos (Duhon, 1994). Adicionalmente la temperatura ambiente del laboratorio, se mantuvo en 21.1°C promedio. Bajo estas condiciones no se presentaron muertes de los organismos en ninguno de los grupos experimentales, sin embargo, sí se presentaron cinco casos de organismos que sufrieron metamorfosis, el grupo 1 presentó un caso y los grupos 2 y 3, dos casos respectivamente. Dichos organismos dejaron de formar parte del experimento, debido a que una vez que sufren metamorfosis y se transforman en salamandras su alimentación dentro del laboratorio consiste exclusivamente de grillos, aunque aceptan gustosamente otro tipo de alimentos como las Zoophobas y “Wax worms”. *A. mexicanum* es un animal neoténico obligado, lo que significa que la metamorfosis puede ser inducida en laboratorio por una serie de factores tales como nivel de agua, temperatura o estrés, por lo que es difícil precisar la causa de las metamorfosis que se presentaron en la investigación. Semlitsch y Gibbons (1985) reportan que niveles bajos de agua incrementan la frecuencia de metamorfosis de *A. talpoideum*, aunque es muy posible confundir el efecto del nivel del agua con otros factores como la temperatura del agua, concentración de iones o la cantidad de alimento.

Mediante el método de inducción de puestas practicado dentro de la colonia, se lograron obtener durante un periodo de 24 meses un total de 10 puestas, efectuando una relación con el número de puestas potenciales, el porcentaje de efectividad que se dio fue de 11.9%. Se sabe que existen maneras de inducir la reproducción del ajolote; se puede colocar hielos en el contenedor para bajar la temperatura del agua, aunque se intentó esta técnica no se logró obtener alguna puesta, posiblemente porque no se lograba mantener una temperatura baja el tiempo suficiente como para estimular a los

organismos. Por otro lado el método de inducción hormonal no se practica dentro de la colonia, por causar estrés a los organismos, además de que en otros trabajos se ha visto que las puestas que se obtienen presentan pocos huevos y la mayor parte de éstos han sido infértiles (Stephan-Otto, 1998).

La reproducción de *A. mexicanum* mostró una estacionalidad localizada en la época invernal, periodo durante el cual se presenta una ligera baja en la temperatura del agua, aunque dentro de la colonia se tienen registros de puestas que han tenido lugar durante todo el año, tal vez debido a la temperatura estable de las instalaciones, que ronda en los 18 °C lo que es favorable para la reproducción de la especie. En urodelos el ciclo reproductivo esta asociado con la temporada del año (Lofts, 1974), la baja en la temperatura es determinante para estimular la reproducción (Stephan-Otto, op. cit.), otras especies del género como *A. dumerili* muestran también una estacionalidad localizada en invierno (Huacuz, 2002) lo cual apoya los resultados obtenidos en la investigación.

La eclosión de las puestas mantenidas a 25 °C fue en promedio 5 días menor que le eclosión de las puestas mantenidas temperatura ambiente de 18 °C, esto concuerda con los resultados obtenidos por Voss (1993) para *Ambystoma maculatum*, en donde al monitorear puestas a tres diferentes temperaturas (2°C, 10°C y 15°C), observó que las puestas a temperaturas mas altas eclosionaban primero, en un periodo de 12 días en comparación a los 45 días que tardan las puestas de 2 y 10 °C.

Se sabe que los embriones liberan enzimas durante la eclosión para liberarse de la cubierta gelatinosa (Voss, op. cit.), debido a la cinética enzimática es posible que la eclosión ocurra más rápidamente a altas temperaturas que en temperaturas bajas, así mismo a altas temperaturas las crías emergen con menor tamaño corporal en comparación con aquellas que eclosionan a menores temperaturas (Voss, op. cit.). En condiciones naturales el tamaño es de suma importancia, ya que investigaciones han encontrado que las larvas pequeñas son más susceptibles a ser depredadas (Anderson et al., 1971). Aunque las larvas que eclosionan más rápido tienen una ventaja ya que pueden ganar tamaño, aprovechar el recurso y aventajar a las que eclosionan después, pudiendo alimentarse de ellas (Boone et al., 2002).

Limitaciones en el número de calentadores disponibles impidió la realización de más pruebas en el efecto de la temperatura sobre los huevos, por lo que los resultados son solamente descriptivos.

La temperatura máxima a la que se recomienda mantener a los huevos de *Ambystoma mexicanum* es 25°C (Duhon, 1994), sin embargo a esta temperatura el número de crías que lograron eclosionar fue menor al de las puestas mantenidas a temperatura ambiente, lo que coincide con los resultados obtenidos por Anderson (1972), donde encuentra que algunas especies de ambystomatidos presentan alta mortalidad de huevos en temperaturas superiores a los 22 grados centígrados, por lo que es aconsejable mantener las puestas a temperatura ambiente, sin embargo se necesitan realizar ensayos con mas puestas para poder sustentar estos resultados.

El porcentaje de huevos que logran eclosionar es muy similar en ambas temperaturas de incubación, lo que a primera vista nos indicaría que no hay diferencias, sin embargo, debido a que sólo se utilizaron dos muestras no se puede llevar a cabo un análisis estadístico que muestre si es que existen diferencias o no, es necesario seguir experimentando en este aspecto.

La temperatura no parece tener efecto alguno en la sobrevivencia de las crías, debido a que las puestas que fueron sometidas a dos temperaturas diferentes, presentaron por igual un porcentaje bajo de supervivencia.

Los porcentajes de supervivencia obtenidos oscilaron entre 0% y 4.65%, lo cual concuerda con los porcentajes obtenidos por Stephan-Otto (1998) de 0.5% y 3% y Ensastigue (2002) de 0.96% – 2.02%, además de que otras especies del género *Ambystoma* presentan porcentajes de supervivencia similares: *A. tigrinum* 0 – 8.7% (Anderson, 1971) y 6.6% (Huacuz, 2002), *A. maculatum* 4.2 – 12.5% (Ireland, 1989), aunque cabe mencionarse que estos porcentajes fueron calculados para poblaciones en su hábitat natural, o condiciones de semicautiverio.

Durante los dos primeros meses de vida se observa una alta mortalidad en las crías, la cual se puede deber a infecciones ocasionadas por protozoarios del género *Ichtyobodo* y hongos del genero *Saprolegnia*, que ocasionan necrosis y lesiones en piel

y branquias, que pueden ocasionar la muerte por asfixia (Maya et al., 2003). No se realizaron observaciones en microscopio de los organismos enfermos para detectar la causa, sin embargo en dichos organismos se observaron colas torcidas y heridas con apariencia algodonosa que podrían interpretarse como evidencias de presencia de hongos. Petranka (1989) sugiere que las heridas causadas por ataques entre larvas, pueden traer como consecuencia infecciones de hongos como *Saprolegnia*, incrementando la mortalidad de las crías.

Las curvas de supervivencia, fueron similares a una curva de tipo III, propias de poblaciones con estrategias reproductivas tipo  $r$ , caracterizadas por la producción de un gran número de descendientes de tamaño pequeño, cuidado parental mínimo y habitan en ambientes cambiantes o inestables presentando una alta mortalidad (Begon *et. al.*1995). Sin embargo, se esperaría que, dado que las crías están en un medio controlado y en ausencia de depredadores, tuvieran una mayor supervivencia

Otro factor que pudo haber influido en la mortalidad de las crías fue la densidad en la que se mantuvieron; debido a que estudios realizados en otros ambistomátidos (Scott, 1990) muestran que las larvas que crecen en ambientes con alta densidad de organismos crecen mas lentamente y tienen una supervivencia mas reducida que aquellos que crecen en ambientes con menor densidad, lo cual puede deberse entre otras cosas a la fuerte competencia por el alimento, además se ha visto que las larvas de *A. mexicanum* son muy voraces al alimentarse y pueden llegar al canibalismo, situación que se presentó en repetidas ocasiones durante esta investigación y que se presencié en por lo menos un par de ocasiones. Las larvas que se alimentaban de sus congéneres crecían de manera acelerada de manera que en tan solo un par de días alcanzaban tallas 2 o 3 veces mayores a las del resto.

La disponibilidad y frecuencia de alimento es una causa importante que quizás haya contribuido a la mortalidad de las crías, las cuales recién eclosionadas son alimentadas con la larva nauplio de *Artemia salina*, misma que se cultiva dentro del propio laboratorio. La alimentación de las crías se realizó diariamente, sin embargo debido a que no toda la artemia eclosiona al mismo tiempo en ocasiones la cantidad de alimento disponible era reducido. Quizás para resolver este inconveniente se podrían

emplear otros alimentos recomendados para las crías de *A. mexicanum* como *Daphnia* (Duhon, 1994).

Diariamente se retiraban los restos de alimento para evitar el deterioro del agua. Nunca se cambió por completo el agua ya que las crías son muy sensibles y pueden morir, por ello, cada semana se retiraba la mitad del agua de la pecera para reemplazarla con agua de filtro limpia y libre de cloro, a pesar de ello llegaban a ocurrir muertes durante el proceso. La implementación de filtros en las peceras es quizás la mejor alternativa para cuidar la calidad del agua, y evitar que las crías mueran durante la rutina de limpieza.

Es claro que para mejorar el porcentaje de supervivencia es necesario implementar nuevas técnicas de cuidado de las crías, teniendo especial atención en la reducción del número de organismos por pecera, lo cual favorecería el desarrollo de las crías, evitaría el canibalismo y haría más fácil el control y prevención de las infecciones. Actualmente se realiza un trabajo sobre el tema en el laboratorio, en donde se ha visto que alimentar diariamente a las crías junto con la reducción del número de organismos por pecera incrementa la supervivencia (Escudero, com. pers.)

El análisis estadístico aplicado, mostró que la dieta con grillos es la que presenta un mayor efecto tanto en peso como en longitud hocico-cloaca alcanzada. Investigaciones sobre el contenido nutricional de insectos (Finke, 2002) muestran que 1 kilogramo de grillos tiene 205 gramos de proteína y 68 gramos de grasa, en comparación, 1 kilogramo de tortuguetas tiene 300 gramos de proteínas y 50 gramos de grasa. La diferencia de casi 100 gramos en las proteínas, aunado al hecho de que es un alimento balanceado, podría suponer que las tortuguetas serían el alimento que obtendría mejores resultados, sin embargo, el ajolote es un animal que encuentra a sus presas percibiendo sus vibraciones, o en movimiento es por ello que el grillo es muy aceptado por los ajolotes ya que las vibraciones que produce estimulan su actividad depredadora, por el contrario, tortuguetas es un alimento comercial que hay que ofrecer directamente en la boca del animal, y aunque en general es aceptado en ocasiones llega a ser rechazado, pudiendo ser esto un factor que puede alterar el comportamiento del animal, así mismo, algunos organismos después de comer una pieza o dos, se negaban a seguir comiendo. Este rechazo fue más marcado en el grupo 3, muchos de los

organismos de este grupo no se adaptaron a comer tortuguetas, razón por la cual en ocasiones comían solamente dos veces por semana, cuando se les ofrecían grillos. Por lo que la principal limitante del estudio de las dietas es que los resultados estuvieran influenciados por la preferencia de los ajolotes hacia el alimento vivo, lo que puede tener como consecuencia que los organismos de los diferentes grupos no ingirieran la misma cantidad de alimento.

La longitud hocico-cloaca de los grupos, no presentó una variación muy grande una de otra, la diferencia más marcada se encontró en el peso del grupo 3 respecto de las otras dos dietas. El ya mencionado rechazo de las tortuguetas, pudo provocar que los organismos de este grupo no ganaran tanto peso como lo hicieron los que se sometieron a las otras dos dietas. Los grillos se presentaron como la mejor opción para el crecimiento de *Ambystoma mexicanum* en cautiverio, aunque las tortuguetas representan también una buena opción, no sólo por su contenido nutrimental sino también por ser accesibles y fáciles de emplear. En el caso de la dieta mixta, aunque llega a presentar algunos problemas quizás puedan llegar a solucionarse al añadir algún complemento en los alimentos, como calcio a los grillos o vitaminas. La utilización de otro tipo de alimentos como lombrices también sería una muy buena opción para evaluar en un futuro, ya que otros autores las utilizan con éxito en la alimentación de *A. mexicanum* (Stephan-Otto 1998; Wallays 2002).

## CONCLUSIONES

- Es indudable que *Ambystoma mexicanum* se puede mantener exitosamente bajo las condiciones existentes en la colonia de la F.E.S. Iztacala: temperatura 18.5 °C, pH 8.2, alimentación tres veces por semana, aunque es recomendable hacerlo diariamente.
- De las 10 puestas registradas se encontró una estacionalidad en la reproducción de *A. mexicanum*, ubicada principalmente durante el invierno.
- La supervivencia de las crías fue baja, entre 0% y 4.65%, similar a valores reportados para otros ambistomátidos presentando una curva de supervivencia tipo III.
- El incremento en la temperatura del agua, provocó que las larvas eclosionen en un menor tiempo.
- La temperatura no mostró ser un factor en el porcentaje de huevos que lograron eclosionar.
- El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre las tres dietas probadas, la que mostró mejores resultados fue la dieta a base de grillos.

## RECOMENDACIONES

- El trabajo permite reconocer, de los aspectos del manejo en cautiverio de esta especie, cuáles están ayudando a su correcto mantenimiento, y cuales necesitan ser mejorados o modificados.
- Continuar evaluando los efectos de la temperatura en la eclosión y sobrevivencia de las crías de *A. mexicanum*.
- Seguir experimentando con diferentes alimentos para la dieta de *A. mexicanum*, para conseguir una dieta óptima.
- Implementar estrategias de control y prevención de enfermedades en las crías.
- Controlar en la medida de lo posible la densidad de las peceras de las crías, para evitar factores como canibalismo, enfermedades y competencia por alimento.



## LITERATURA CITADA

- Ø AC21, Ginebra, Suiza (2005). Vigésima Primera Reunión del Comité de Fauna Ginebra (Suiza). 20 al 25 de mayo de 2005. 23 pp.
- Ø [AmphibiaWeb](http://amphibiaweb.org/): Information on amphibian biology and conservation. [web Application]. 2006. Berkeley, California: AmphibiaWeb. Available: <http://amphibiaweb.org/>. (Accessed: Mar 8, 2006).
- Ø Anderson, J. D. 1972. Embryonic temperature of tolerance and rate of development in some salamanders of the genus *Ambystoma*. *Herpetologica*. 28:126-130.
- Ø Anderson, J. D., D. D. Hassinger y G. H. Dalrymple. 1971. Natural mortality of eggs and larvae of *Ambystoma tigrinum*. *Ecology* 52:1107-1112
- Ø Armstrong, J. B. y G. M. Malacinski. 1989. Raising the axolotl in captivity. En: John B. Armstrong and George M. Malacinski, Eds. *Developmental Biology of the Axolotl*. Oxford University Press, New York. 320 pág.
- Ø Arnett, R. 2000. *American insects*. 2 ed. CRC Press. USA. 1003 Pág.
- Ø Begon, M., J. Harper y C. Townsend. 1995. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Ed. Omega. Barcelona, España. 124-164 pp
- Ø Boone, M. D., D.E. Scott y P.H. Niewiarowski. 2002. Effects of hatching time for larval *Ambystomatid* salamanders. *Copeia*
- Ø Borror, D., A. Triplehorn y Johnson N. 1989. *An introduction to the study of insects*. 6 ed. Saunders College Publishing. USA.
- Ø CITES (Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestres). 2003. Apendices I, II y III en vigor a partir del 16 de Octubre de 2003. 48 pp
- Ø Coleman, C.M. y A.C. Hessler. 1997. Thyroxine induced metamorphosis in a neotenic axolotl (*Ambystoma mexicanum*): Gills, lungs and capillaries. *The axolotl newsletter*. 26: 4-9
- Ø Duhon, S. 1994. *Short guide to axolotl husbandry*. Indiana University Press
- Ø Ensastigue, L. J. 2002. *Cultivo experimental del Ajolote (*Ambystoma mexicanum*) como estrategia para su conservación en el Parque Ecológico de Xochimilco*. Tesis licenciatura. FES-Zaragoza, UNAM.

- Ø Feder, M. E. 1982. Thermal ecology of neotropical lungless salamanders (Amphibia: Plethodontidae): Environmental temperatures and behavioral responses. *Ecology* 63 (6). Pp 1665-1674
- Ø Finke, M. 2002. Complete Nutrient Composition of Commercially Raised Invertebrates Used as Food for Insectivores. *Zoo Biology* Vol. 21 pp 269-285
- Ø Graue, V. 1998. Estudio genético y demográfico de la población del anfibio *Ambystoma mexicanum* (Caudata: Ambystomatidae) del Lago de Xochimilco. Tesis de doctorado ICMyL, UNAM, México. 108 pp.
- Ø Gonzáles, L. 2004. Abundancia y estructura poblacional del axolotl (*Ambystoma mexicanum*) en los sistemas dulceacuícolas de Xochimilco y Chalco. CONABIO. Informe final del proyecto AS004.
- Ø Herreid, C. F., y S. Kinney. 1966. Survival of Alaskan woodfrog (*Rana sylvatica*) larvae. *Ecology* 47 1039-1041
- Ø Heredia, R.A., F.V. Olivares y M.A. Tovar. 1999. Tasa de supervivencia (huevo-larva) del ajolote *Ambystoma mexicanum* para su reintroducción a los canales de Xochimilco (C.I.B.A.C.). U.A.M. México D.F.
- Ø Huacuz, E.D. 2002. El achoque del lago de Pátzcuaro. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Ø Ireland, P. H. 1989. Larval survivorship in two populations of *Ambystoma maculatum*. *Journal of Herpetology* 23:209-215
- Ø Lofts, B. 1974. Reproduction. En: *Physiology of the amphibian* vol. 2. Academic press, NY pp 107-218.
- Ø Maya, P.M., Benítez, F.J. y Gonzáles, V.M. 2003. Histopatología de la unidad respiratoria piel-branquias-pulmón de larvas de ajolote *Ambystoma mexicanum* (Amphibia: Anura). II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura
- Ø Mittermeier, y Goettsch, (1992). La importancia de la diversidad biológica de México. En: Sarukhán, J. y Dirzo, R. (comps.), México Ante los Retos de la Biodiversidad. CONABIO, México.
- Ø Olvera, R. J. A. 2003. Contribución al estudio del cráneo de *Ambystoma mexicanum* (Ambystomatidae: Urodela). Tesis Licenciatura. FES-Iztacala, UNAM.
- Ø Ortega, C.A. 1999. El ajolote. *Elementos*. 63: 55-57.

- Ø Petranka, J.W. 1989. Density-dependent growth and survival of larval *Ambystoma*: Evidence from whole-pound manipulations. *Ecology* 70 (6) 1752-1767
- Ø Santos, B.G y A.A., García. 2006. Evaluación mundial de anfibios y reptiles y su conservación en México. *BIODIVERSITAS* 65. CONABIO
- Ø Scott, D.E. 1990. Effects of larval density in *Ambystoma opacum*: An experiment in large-scale field enclosures. *Ecology* 71 (1) 293-306
- Ø SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2001, protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 6 de Marzo de 2002, México.
- Ø Semlitsch, R. D. y J. E. Gibbons. 1985. Phenotypic variation in metamorphosis and paedomorphosis in the salamander *Ambystoma talpoideum*. *Ecology* 64 (6) 1123-1130
- Ø Stephan-Otto, E. 1998. Conservación del ajolote (*Ambystoma mexicanum*) mediante su cultivo y siembra en el parque ecológico de Xochimilco. CONABIO. Informe Final del proyecto J087.
- Ø Stephan-Otto, E. y J.E. López. 2002. El ajolote, otro regalo de México al mundo. *Biodiversitas* 35. CONABIO.
- Ø Voss S.R. 1993 Effect of temperature on body-size, developmental stage, and timing of hatching in *Ambystoma maculatum*. *Journal of Herpetology*, 27:329-333.
- Ø Voss, S.R., J.J. Smith, D.M. Gardiner, D.M. Parichy. 2001. Conserved vertebrate chromosome segments in the large salamander genome. *Genetics*. V 158 Pp. 735-746.
- Ø Wallays, H. 2000. Food for Urodela. *The Axolotl Newsletter*. 28: 3-9
- Ø Yang, E.V. y Bryant S. V. 1994. Developmental regulation of matrix metalloproteinase during regeneration of Axolotl appendages. *Developmental Biology*. V 166 (2) Pp. 696-703
- Ø Zadjel, R.W., D.K. Dube, L.F. Lemanski. 1999. The cardiac mutant Mexican axolotl is a unique animal model for evaluation of cardiac myofibrillogenesis. *Experimental Cell Research*. V 248 (2) Pp. 557-566

# ANEXO I

## Tablas de vida

<b>Tiempo</b>	<b>Ix promedio Temperatura ambiente agua 18.5°C</b>	<b>Ix promedio Temperatura 25°C</b>
0 días	1	1
7 días	1	1
14 días	0.826	0.965
21 días	0.586	0.905
28 días	0.3458	0.895
35 días	0.39725	0.665
42 días	0.37225	0.348
49 días	0.35975	0.348
56 días	0.35725	0.338
63 días	0.14975	0.338
70 días	0.10975	0.303
77 días	0.09725	0.303
84 días	0.09725	0.278
91 días	0.05975	0.158
98 días	0.01975	0.118
105 días	0.01875	0.078
112 días	0.01875	0.048
119 días	0.01125	0.048
126 días	0.00725	0.048
133 días	0.0145	0.043
140 días	0.0145	0.033
147 días	0.0145	0.023
154 días	0.009	0.006
161 días	0.009	
168 días	0.009	
175 días	0.009	
182 días	0.009	
189 días	0.009	
196 días	0.009	
203 días	0.009	
210 días	0.009	

## ANEXO II

## ANALISIS ESTADISTICOS

## ANOVAS

Análisis de varianza de un factor. Peso (Gr.)

## RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
G1	15	68,2	4,546666667	1,468380952
G2	15	92,2	6,146666667	0,578380952
G3	15	75,9	5,06	0,282571429

## ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para</i>
Entre grupos	20,02177778	2	10,01088889	12,89324556	4,30754E-05	3,2199380
Dentro de los grupos	32,61066667	42	0,776444444			
Total	52,63244444	44				

Análisis de varianza de un factor. Longitud Hbico de caca

## RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
G1	15	465,57	31,038	103,0312171
G2	15	636,68	42,44533333	167,7154267
G3	15	473,87	31,59133333	26,69285524

## ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para</i>
Entre grupos	1241,213738	2	620,6068689	6,259493486	0,004175724	3,2199380
Dentro de los grupos	4164,152987	42	99,14649968			
Total	5405,366724	44				

LSD

(Diferencia mínima significativa)

*Resultados de la prueba LSD para la variable LHC*

LSD = 7.346

	X G1	X G2	X G3
X G1 = 31.03	-	11.41*	0.57
X G2 = 42.44		-	10.84*
X G3 = 31.6			-

\* diferencias estadísticamente significativas

*Resultados de la prueba LSD para la variable Peso (Gr)*

LSD = 0.645

	X G1	X G2	X G3
X G1 = 4.54	-	1.6*	0.52
X G2 = 6.14		-	1.08*
X G3 = 5.02			-

\* diferencias estadísticamente significativas