

Informe final* del Proyecto AS004
Abundancia y estructura poblacional del axolotl (*Ambystoma mexicanum*) en los sistemas dulceacuícolas de Xochimilco y Chalco

Responsable: Dr. Luis Zambrano González
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología
Departamento de Zoología
Colección Nacional de Peces
Dirección: Av. Universidad # 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, DF, 04510, México
Correo electrónico: zambrano@ibiologia.unam.mx
Teléfono/Fax: Tel.: 5622 9148; Fax: 5550 0164
Fecha de inicio: Junio 28, 2002
Fecha de término: Enero 20, 2004
Principales resultados: Informe final
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Zambrano González, L., Reynoso, V. H. y G. Herrera. 2003. Abundancia y estructura poblacional del axolotl (*Ambystoma mexicanum*) en los sistemas dulceacuícolas de Xochimilco y Chalco. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. AS004.** México D. F.

Resumen:

El ajolote *A. mexicanum* es una especie con una distribución restringida a dos cuerpos de agua muy manipulados por las necesidades humanas: Xochimilco y Chalco. Por lo tanto, la especie está sujeta a presiones poblacionales como son sobreexplotación, contaminación y efectos de especies exóticas, que probablemente la estén disminuyendo. Sin embargo, no hay muchos estudios que sugieran cuál es el estado poblacional de este anfibio. Por lo que es imposible saber si el aumentar la explotación de este animal no generará consecuencias graves o por el contrario, produciría efectos devastadores sobre la especie. El presente proyecto pretende analizar el estado poblacional actual de *A. mexicanum* con el fin de proveer información a la CONABIO de la situación de esta especie. Para lograrlo, se tendrán salidas de colecta continuas a Xochimilco y a Chalco durante todo el año, haciendo énfasis en las épocas de reproducción. En estas colectas se tomarán datos morfológicos y de esfuerzo reproductivo para conocer no sólo la abundancia poblacional del ajolote sino también para generar una tabla de vida que permita conocer y predecir su estado poblacional, así como los cambios poblacionales a causa de explotación.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.



"Abundancia y estructura poblacional del axolotl (*Ambystoma mexicanum*) en los sistemas dulceacuícolas de Xochimilco y Chalco"

INFORME FINAL

Responsable

Dr. Luis Zambrano
Curador de la Colección Nacional de Peces
Departamento de Zoología
Instituto de Biología, UNAM

Corresponsables

Dr. Víctor Hugo Reynoso
Instituto de Biología

Dr. Gerardo Herrera
Instituto de Biología

El presente trabajo cuenta con la amplia colaboración de la Organización No Gubernamental Umbral. En particular, Esteban Prado colaboró con los resultados apoyando con información que hubiera sido muy difícil conseguir de otra manera.

Parte de la información que se está presentando en este informe comparte del trabajo de tesis de Maestría en Restauración Ecológica de la Biol. Elsa Valiente Riveros y de licenciatura en biología de Alejandro Hunab Molina. También se agradece la ayuda prestada a la M en C Estela Sandoval Zapotitla el Jardín Botánico en el Instituto de Biología por su apoyo en los cortes histológicos.

Resumen

El Ajolote *Ambystoma mexicanum* se distribuye únicamente a los cuerpos de agua cercanos a la Ciudad de México. En particular a los sistemas de Xochimilco y Chalco. Esta especie de ajolote ha sido objeto de explotación con diferentes fines: alimenticios, para ornato, y de investigación en diferentes ramas de la medicina. A pesar de que esta explotación ha sido realizada desde hace cientos de años y que la Ciudad ha crecido alrededor de los dos únicos cuerpos de agua donde vive, las poblaciones de esta especie han sobrevivido hasta nuestros días.

Sin embargo, las condiciones de esta especie son precarias puesto que sus poblaciones han venido disminuyendo en la última década en Xochimilco. Las densidades obtenidas en este proyecto son cinco veces menores a densidades obtenidas cinco años atrás. Por lo mismo ahora son mucho más difíciles de coleccionar de lo que eran hace algunos años. Estas bajas densidades de ajolotes en Xochimilco contrastan de manera alarmante con aquellas que alcanzan las especies de peces exóticas como las carpas y las tilapias. La estructura poblacional sugiere que los estadios más susceptibles son cuando el ajolote no ha cumplido todavía el año. Pero los pocos organismos que llegan a la fase adulta son presa fácil de la colecta furtiva.

La posición del ajolote en la red trófica es la de depredadores activos. Esta posición lo hace vulnerable puesto que son de los primeros en sufrir cualquier cambio en el sistema acuático como la introducción de una especie o la desaparición de algún eslabón en la cadena trófica por contaminación, depredación o excesiva explotación humana. De hecho, su escasez y la recién revaloración del ajolote por parte de la sociedad ha generado un fenómeno social muy interesante dentro de los pobladores de Xochimilco. El ajolote se ha vuelto así un organismo muy preciado que sólo unos cuantos pescadores saben coleccionar y del cual están reticentes a hablar sobre la forma de colecta o su biología.

Por su parte en Chalco aún existen ajolotes dentro de una región del cuerpo de agua que comparten la delegación de Tlahuac y El Estado de México. La facilidad con la que se coleccionaron los organismos en este sitio hace suponer que existen mayores densidades en este lugar. Sin embargo, las colectas realizadas en el proyecto no fueron planeadas para

obtener densidades reales en este lugar, por lo que no se puede asegurar categóricamente que existen más organismos en esta región.

Las condiciones ecológicas y sociales en las que está inmerso en estos momentos *A. mexicanum* hacen suponer que sus poblaciones en Xochimilco están disminuyendo drásticamente por dos causas fundamentales: a) el aumento excesivo en densidad de especies exóticas, lo que afecta directamente su sobrevivencia en estados iniciales y b) la pesca furtiva que está disminuyendo drásticamente a la población de adultos en edad reproductiva.

Xochimilco y Chalco.

El sistema de Xochimilco se encuentra en la parte centro-sur del Distrito Federal y ha sido poblado por asentamientos humanos desde antes de la colonización. Los primeros en ocuparlos fueron tribus nahuatlacas. Desde los primeros asentamientos, el lago fue alterado al crearse las chinampas en la zona lacustre. Ya en la colonia en el lago se explotaban los recursos pesqueros (entre ellos el ajolote). A principios del siglo XX la necesidad por agua de la creciente Ciudad de México hizo que se comenzaran a explotar los manantiales de Xochimilco. Además el lago seguía siendo utilizado para las actividades pesqueras y comerciales de la región (Vidrio y Ávila, 2000).

Actualmente el Lago de Xochimilco se encuentra confinado a un cinturón central en la Delegación con el mismo nombre. El lago cuenta con 189 Km de canales que son alimentados por plantas de tratamiento ubicadas en el cerro de la Estrella y en otros puntos cercanos a la región de canales. Muchas de estas plantas de tratamiento no están arrojando al sistema agua con la calidad normada incluso para uso agrícola, ocasionando que la calidad del agua no sea homogénea en todo el sistema (Sandoval, 2003). Estos canales se encuentran rodeados tanto por zonas habitacionales e industriales como por zonas agrícolas de cultivo.

Los altos valores en la tasa de crecimiento demográfico de la región (de 3.41 en 1995, una de las más altas de la ciudad de México) han generado problemas de asentamientos irregulares en particular en la zona de conservación en donde se encuentra casi el 65% de las 169 familias irregulares. Asimismo, el cambio del uso del suelo que entre 1980 y 1990 pasó del 11% al 16% de superficie urbana, mientras que el área de rescate y

preservación ecológica disminuyó de 87% en 1980 a 42.2% en 1997, siendo la zona lacustre la más afectada. Otros factores que inciden en la alteración del sistema son la explotación forestal inadecuada y las especies de plantas introducidas como el lirio acuático que han generado una disminución los niveles de agua por efecto de la evapotranspiración durante la fotosíntesis. Además existen 78 pozos de extracción de agua que en Xochimilco han ayudado a la sobreexplotación de este recurso y producido hundimientos de terreno en la parte norte de la delegación.

Chalco se encuentra en la zona oriente de la Ciudad de México y también ha tenido asentamientos humanos desde la época precolombina hace más de mil años. Sin embargo, Chalco fue utilizado más como región para la comunicación que como sitio de explotación (Núñez et al., 1987). Este cuerpo de agua ha contado con perturbaciones mayores puesto que el lago fue desecado en la primera mitad del siglo XIX. Sin embargo, los hundimientos de la región (Mazari, com pers.) han provocado que el cuerpo de agua resurja en los últimos años. Este año en particular, con las cuantiosas lluvias, se ha formado un cuerpo de agua de dimensiones poco vistos en los años recientes. Es probable que este cuerpo de agua sea en su mayoría temporal. Sin embargo, existen dos espejos de agua permanentes en donde el ajolote puede sobrevivir. Uno de los espejos de agua está en la delegación de Tlahuac, mientras que el otro pertenece a Chalco. Ambos sitios sirven como reservorios para la siembra y necesidades urbanas de ambos sitios. Cerca y dentro del lago existen varios pozos que sirven para la agricultura de hortalizas y los asentamientos urbanos. El lago está dividido en cuatro cuerpos de agua, dos de ellos se secan parcial o completamente en época de secas. En una de las partes perennes no existen o hay muy bajas densidades de especies introducidas.

Calidad del agua

La pobre calidad del agua puede ser un factor que genere enfermedades en los ajolotes (Duhon, 1989). En particular los canales de Xochimilco han sido receptáculo de contaminación tanto biótica como abiótica. Algunos de químicos contaminantes en el agua son extremadamente altos y pueden ser causa de la baja sobrevivencia de éstos en ciertas zonas de Xochimilco.

Variables fisicoquímicas.

Las variables fisicoquímicas básicas tanto de Xochimilco como de Chalco están dentro de los rangos permitidos para la sobrevivencia y reproducción de los organismos. En Xochimilco, la temperatura varía entre los 16 y 20 grados centígrados. Los niveles de oxígeno disuelto son elevados (14.18 mg/l en promedio). El pH varía de neutro a básico alcanzando valores de 9.18, mientras que la salinidad se encuentra en condiciones normales de cuerpos de agua dulce (0.52 a 0.58 mg/l en promedio). La turbidez del agua siempre está en niveles altos a causa del lodo de los canales alcanzando hasta 125 UTS. Mientras que la conductividad se encuentra en condiciones normales. (**Tabla 1**)

Tabla 1. Valores fisicoquímicos básicos promedio obtenidos en los sistemas de Xochimilco y Chalco en 2003. Tmp = Temperatura, C = conductividad, OD = Oxígeno disuelto, S = Salinidad Turb = Turbidez

Localidad	T °C	C	OD mg/l	pH	S mg/l	Trb UTS
Xochimilco						
Bordo	16.51	0.88	33.97	9.18	0.58	86.59
Celada	19.12	0.91	6.00	7.69	0.45	53.68
Costetexpan	17.74	0.86	5.28	7.77	0.42	35.64
Güerologo	20.02	0.92	5.40	8.36	0.96	35.99
Huetzali	19.50	0.90	6.26	9.12	0.44	125.20
Japon	19.23	0.97	7.23	8.60	0.48	32.21
Puente de Urrutia	16.97	1.02	10.53	7.91	0.51	20.71
Laguna del toro	16.92	1.11	38.79	8.24	0.56	64.37
Promedio	18.25	0.95	14.18	8.37	0.55	55.72
Chalco						
Chalco SW	19.35	2.80	1.49	8.90	1.43	110.50
Chalco NW	19.54	3.11	2.15	9.55	1.61	368.00
Chalco SE	19.55	4.56	0.28	9.05	2.43	160.00
Promedio	19.48	3.49	1.31	9.17	1.82	212.83

Los factores fisicoquímicos en Chalco difieren en algunos aspectos de los encontradas en Xochimilco. Mientras que los valores de temperatura y el pH son muy parecidos entre ambos sistemas, la salinidad y la conductividad se encuentran casi tres veces más altos. El oxígeno es un factor que se encuentra en mucha menor proporción en Chalco (**Tabla 1**). Finalmente, la turbidez se encuentra en casi cuatro veces del valor del hallado en Xochimilco. Sin embargo, estas condiciones aparentemente son todavía suficientes para la sobrevivencia de los ajolotes en ambos sitios.

Contaminantes

Los contaminantes pueden ser un factor que reduzca la sobrevivencia de los ajolotes. Con base en otros estudios realizados anteriormente, los contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos tienen niveles muy altos en Xochimilco. En particular las altas concentraciones de nitrógeno amoniacal (Sandoval, 2003) y es uno de los causantes de mortalidad de ajolotes (Dham 1989 y observaciones personales). También las variables inorgánicas están muy por encima de lo que la NOM-127-SSAI-1994 estipula como calidad de agua aceptable: cloro residual libre, nitratos y trihalometanos totales. Estos contaminantes, junto con los metales pesados pueden también estar ejerciendo presión sobre las poblaciones de los ajolotes.

En cuanto a los contaminantes orgánicos los Coliformes totales y fecales (familia de las Enterobacterias, géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*) están por arriba del 50 % de lo especificado por la NOM-003-ECOL-1997. Mientras que los Estreptococos (especies *Enterococcus fecalis*, *Streptococos avium*, *S. equinus* y *S. gallinarum*) se presentan en más de un 90 % por arriba de la misma norma. Otro grupos de bacterias infecciosas (que incluye los géneros *Pseudomonas* y *Aeromonas*) superan del 30 al 80 % lo especificado por la norma. La mayoría de los contaminantes bacterianos se encuentran en mayores concentraciones en la zona turística y su origen principalmente es humano. Una zona de alta densidad bacteriana corresponde a las zonas de descarga de las plantas tratadoras de agua (Sandoval, 2003). Algunas enfermedades reportadas de los ajolotes están relacionadas con los géneros de bacterias mencionados arriba (Brothers, 1977 en Duhon, 1989).

Especies de peces que coexisten con el ajolote

Las especies de peces presentes en Xochimilco son una muestra de lo perturbado que está este sistema. Muchos de los peces que están ahí son introducidas. Por ejemplo, cuatro de las especies nativas de la familia Cyprinidae están extintas mientras que otras tres son introducidas, quedando únicamente una especie nativa de esta familia dentro del lago. De las especies introducidas se encuentra la carpa (*Cyprinus carpio*). Esta especie ha generado grandes cambios en la red trófica donde ha sido introducida en México (Zambrano, et al., 2001). Su densidad en Xochimilco es de 0.032 org. m⁻² por lo que recibe gran parte de la

energía del ecosistema se va en la producción de estos organismos. Aún cuando la carpa no depreda a juveniles de ajolotes es probable que esté depredando sus puestas. Además, de manera indirecta, las carpas pueden estar reduciendo los sitios de puestas de los ajolotes al generar una disminución en la cobertura de plantas sumergidas (Zambrano et al., 1999) que son fundamentales para la reproducción y mantenimiento de las poblaciones de ajolotes. El análisis del contenido estomacal indica que su alimentación se basa en insectos, plantas y peces pequeños y aun cuando no se han encontrado huevos de ajolote (estructuras muy blandas y rápidas de digerir) es muy probable que los ingieran al consumir la vegetación acuática.

Otras dos familias que no se encontraban en el sistema son la familia Centrarchidae y Cichlidae. Las especies de ambas familias pueden ser muy perjudiciales para los ajolotes. Por ejemplo, la lobina (*Micropterus salmoides*) es una especie típicamente depredadora que puede estar reduciendo las poblaciones de ajolotes por depredación directa de juveniles, mientras que la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) puede estar consumiendo directamente las puestas de los ajolotes. La dieta de esta especie, es similar a la del pez dorado (*Carassius auratus*) que come larvas de *Ambystomas* en los sitios donde se introduce (Monello y Wright, 2001). La tilapia cuenta con densidades mayores a $0.093 \text{ org. m}^{-2}$ dentro del ecosistema. En los ejemplares analizados se han encontrado evidencias de consumo de materia vegetal únicamente; sin embargo, la estructura blanda del huevo hace pensar que pueden estar digiriéndolos de manera rápida. Es necesario hacer estudios específicos de esta interacción para definir a ciencia cierta, el efecto de la depredación de las tilapias sobre los huevos de los ajolotes.

Hay dos especies de la Familia Goodeidae en Xochimilco de las cuales una se encuentra amenazada (*Girardinichthys viviparus*) y es una de las presas del ajolote. La otra especie (*Goodea atripinnis*), es de reciente introducción. Esta segunda especie crece a tallas mayores a la capacidad de depredación del ajolote. No existía ningún organismo de la familia Poeciliidae hasta hace poco cuando se introdujeron cinco especies aparentemente con fines ornamentales. Es posible que algunas de estas especies sean presas de los ajolotes.

De la familia Atherinopsidae existen dos especies y ambas están amenazadas. No existen datos de sus densidades y son difíciles de encontrar en los sistemas.

Biología del ajolote

La edad de reproducción en condiciones óptimas es después del año. Sin embargo, es común que se tarden año y medio en madurar sexualmente (Amstrong et al., 1989). La cantidad de huevos que puede poner una hembra adulta es de alrededor de 660 por puesta (Amstrong et al., 1989). En condiciones ideales las hembras en cautiverio son capaces de tener puestas cada 2 meses, sin reducir la cantidad de huevos en las puestas. Sin embargo, estas cantidades de huevos únicamente se mantiene durante 5 o 6 años, y después el número de huevos decrece y los que se ponen cuentan con bajos valores de sobrevivencia, por lo que no son útiles para la reproducción (Amstrong et al., 1989).

La tasa de eclosión es muy alta en cautiverio. En dos estudios realizados independientemente se observó que la tasa de eclosión está cerca del 90% de la puesta (Hernández, 1996; Prado, et al 1996.). Sin embargo, es posible que la tasa de eclosión en la naturaleza sea mucho menor a la que sucede en cautiverio. Aún así estos parámetros fueron los utilizados para generar parte de la tabla de vida utilizada para conocer el estado poblacional del organismo.

Colecta de los ajolotes

Abundancia

En Xochimilco, la colecta de los ajolotes se llevó a cabo desde el 31 Enero del 2002 hasta el 12 Septiembre 2003. De Enero a Septiembre del 2002 la colecta fue parte de un proyecto de la Delegación de Xochimilco, mientras que de Septiembre del 2002 a Septiembre del 2003 las colectas fueron parte del proyecto de la CONABIO. Durante todos los meses se recorrieron 62 canales y 8 lagos en 50 visitas a Xochimilco (**Figura 1**). En estas visitas se probaron diferentes artes de pesca como la red de arrastre, red de cuchara y trampas. Sin embargo, no se colectó ningún ajolote con estas artes de pesca. La única forma de colectar ajolotes sin lastimarlos resultó ser por medio de lances de atarraya específica para ajolotes con pescadores profesionales. En total se realizaron 1821 lances de atarraya. Estos lances cubrieron alrededor de 39,173 m² de canales, colectando en total 42 ajolotes (**Tabla 2**) 17 durante la primera etapa y 25 en la segunda.

A partir de estos datos se puede considerar que la densidad de ajolotes es de 0.001 org. m⁻². Contrastando este resultado con densidades de estudios anteriores que obtuvieron 0.006 ajolotes por m⁻² (Graue 1998), se puede afirmar que en cinco años las poblaciones de ajolotes se han reducido en seis veces. Esta baja densidad de ajolotes contrasta con aquellas mencionadas para las especies introducidas: las carpas y tilapias.

En Chalco no se realizó un muestreo estratificado para conocer las densidades específicas de los ajolotes. En época de lluvias Chalco está dividido en cuatro espejos de agua (divididos por carreteras y por su temporalidad). Los cuerpos de agua NE y NO son los cuerpos de agua que pueden ser mas permanentes mientras que los SE y SO son mas someros y se seca una buena parte de su porción en época de secas. Se realizaron cuatro visitas a estos cuerpos de agua en donde se llevaron a cabo 80 lances. Puesto que la prioridad era buscar la presencia de ajolotes en la región se hizo énfasis en las zonas donde posiblemente encontraríamos más ajolotes (libres de especies introducidas). Se intensificó por lo tanto el muestreo en esta zona, colectando cuatro ajolotes (**Tabla 2**). No hay estudios anteriores para poder hacer análisis comparativos de aumento o disminución de las poblaciones en este sitio. Además, puesto que el muestreo fue dirigido, es muy poco posible estimar las densidades correctas de estos organismos en Chalco.

Distribución espacial

La distribución de los ajolotes no es homogénea. En los canales cercanos a la zona agrícola de Xochimilco, se colectó más del 70 % de los ajolotes. Aparentemente, esta distribución varía dependiendo del año puesto que en años anteriores se encontraban en otros canales. La distribución poco homogénea de los ajolotes año con año, sugiere que existe una diferenciación en la sobrevivencia en los distintos estadios de edad.

Contenido estomacal

Se ha reportado que en Xochimilco y Chalco los ajolotes comen peces, insectos, larvas de insectos, crustáceos y oligoquetos (Gadow 1903, en Duhon, 1989). Los análisis de contenido estomacal de ajolotes, realizados a la fecha, indican un consumo preferente de

insectos y en menor cantidad de peces pequeños. Este resultado no indica forzosamente una preferencia, sino que refleja la disponibilidad de alimento existente.

Esqueletocronología

La esqueletocronología es un método histológico que ayuda a determinar la edad de vertebrados terrestres, como los anfibios y reptiles, en donde las estructuras óseas poseen un patrón de crecimiento cíclico (Castanet and Smirina, 1990; Castanet et al. 1993 en Rossell, 1998). Se utilizó esta técnica puesto que ha comprobado ser muy útil en la identificación de edades de algunas salamandras como *Ambystoma talpoideum* (Rossell, 1998).

De los 42 organismos capturados a 36 se les amputó el segundo dedo de las patas anteriores para el estudio esqueletocronológico. La amputación se realizó con unas tijeras desinfectadas previamente. Los dedos fueron fijados según lo propuesto por Rossell (1998). Cada dedo fue conservado en viales con alcohol etílico al 90%. El resto del procesamiento se realizó con ayuda del laboratorio de apoyo de investigación del Jardín Botánico del Instituto de Biología. El dedo se trasladó a Formalina neutral al 10% o formalina Buffer al 10% por 24 horas y se preservó y almacenó la muestra en alcohol etílico al 70%. Se colocó en el refrigerador a una temperatura aproximada de 5 °C. El dedo entero se descalcificó introduciéndolo en una solución de ácido nítrico con un tiempo que varió de las 8 a las 12 horas y 24 horas como máximo. Transcurrido este lapso de tiempo, la pieza ósea se lavó con agua corriente de 3 a 12 horas. Posteriormente el dedo fue deshidratado en alcohol terbutílico (TBA), en una serie de distintas concentraciones porcentuales con 24 horas para cada solución, el proceso duró 10 días para cada dedo. Después del proceso la muestra se infiltró en Paraplast y se incluyó en un bloque de Paraplast puro y cortadas transversalmente con un micrótopo de rotación, cada corte tuvo un grosor de 10 y 5 micras. Posteriormente a las muestras se les retiró el Paraplast en el cual aún se encontraban embebidas, y se tiñeron los cortes en una serie de Hematoxilina de Harris y Eosina azulosa para evidenciar las estructuras óseas presentes. Finalmente las muestras fueron montadas en resina sintética y secadas en la estufa a 60° C por un mes. Cada preparación se observó en el microscopio óptico con una amplificación de 10x, 40x (Rossell, 1998; Sandoval, En prensa).

La técnica de tinción por Hematoxilina-Eosina, permitió distinguir todas las estructuras óseas presentes en las muestras histológicas de *A. mexicanum*. Las muestras fueron fotografiadas (**Figura 2**) y estudiadas, también se consultó a varios histólogos como la M en C. Patricia Rivas Manzano y M en C. Daniel Quezada para reconocer las estructuras. Sin embargo, a la fecha todavía no es posible describir con certidumbre si las estructuras encontradas en los dedos son anillos que reflejan la edad del organismo. A diferencia de las muestras histológicas encontradas por Russell (1998) y de otros organismos como las iguanas (**Figura 3**), estas estructuras son poco nítidas, por lo que ha sido imposible utilizarlas como marcadores eficientes de la edad de los organismos analizados. Es muy posible que las estructuras anulares no sean muy notorias puesto que aún cuando los ajolotes viven en un medio sujeto a grandes cambios climáticos, estos no sean lo suficientemente grandes como para generar marcas en el crecimiento de los ajolotes. Los *Ambystomas* utilizados por Rossell (1998) viven en sitios con condiciones climáticas donde el verano es muy caluroso y nieva durante el invierno. Por lo tanto se buscaron otros mecanismos para obtener la edad de los organismos y formar las tablas de vida.

Modelo de crecimiento von Bertalanffy

Debido a la falta de resultados satisfactorios con la técnica de esqueletocronología, los organismos se les clasificó en edades dependiendo de su tamaño. Para ajustar la relación entre el tamaño y la edad de los organismos se utilizaron datos obtenidos en peceras durante los primeros meses de edad. Estos datos se correlacionaron con base en el modelo de von Bertalanffy (1960) utilizado mucho en pesquerías con los mismos fines (**Figura 4**). El modelo ayudó a relacionar las tallas de los organismos colectados con su edad y de esta manera generar la tabla de vida necesaria para conocer la estructura poblacional y la tasa de crecimiento de estos organismos.

Tabla de vida

Se generaron dos tablas de vida. La primera fue una tabla de vida de cohorte a partir del seguimiento de 40 puestas en tanques controlados generados por el grupo Umbral (Prado, 1996). Esta tabla de vida se construyó por tanto en condiciones óptimas para la población

de ajolotes (sin efectos de depredación, canibalismo o falta de alimento). Algunos aspectos de las tablas de vida se construyeron a partir de datos bibliográficos mencionados en el capítulo de biología del ajolote. La segunda fue una tabla de vida estática y se construyó con los datos de los ajolotes colectados en el campo. En esta tabla también se utilizaron datos bibliográficos para obtener la información que no fue posible obtener en el campo (número de puestas por hembra por año).

Tabla de vida en acuarios

La sobrevivencia del ajolote en condiciones óptimas es del tipo II (**Figura 5**). Esto es, que la mortalidad es muy alta en los primeros estadios de edad, pero una vez llegada a cierta talla, la mortalidad es muy baja. A partir de los datos de las puestas se realizó una regresión no lineal para obtener una curva de sobrevivencia que permitiera interpolar valores a cualquier tiempo durante los primeros tres años de vida del ajolote (**Figura 5**). Con esta información se obtuvo la tabla de vida de cohorte que representa la población de los ajolotes a partir de una sola puesta en condiciones de acuario (**Tabla 3**). Con la tabla de vida se generó una matriz que al iterarse permitió conocer la estructura estable de edades hipotética y la tasa de crecimiento poblacional (λ) que fue de 1.39. Lo que indica que en una granja los ajolotes pueden reproducirse de manera rápida. Es de esperarse que la mortalidad de ajolotes en los canales sea mucho mayor que la que se encuentran en condiciones controladas.

Para entender el efecto real de la sobrevivencia en los canales sobre la tasa de crecimiento poblacional de los ajolotes, se realizó un análisis modificando la sobrevivencia en diferentes estadios del ajolote. La tasa de crecimiento poblacional se reduce diferencialmente dependiendo de cuanto disminuye la sobrevivencia en cada estadio (**Figura 6**). Este ejercicio sugiere que los estadios donde el ajolote es más pequeño (estadios antes del primer año) son aquellos que reducen de manera significativa la tasa de crecimiento poblacional. Por lo tanto, es probable que la reducción de la población del ajolote se deba a una mortalidad mayor sobre las larvas y los juveniles (hasta el primer año).

Tabla 3. Datos de sobrevivencia obtenidos a partir de la regresión Figura 2. Los datos de fecundidad son bibliográficos. S = sobrevivencia y F = fecundidad

Días	# org.	S	F
0.00	660.00	0.50	
50.00	332.94	0.54	
100.00	179.98	0.60	
150.00	108.45	0.69	
200.00	74.99	0.79	
250.00	59.35	0.88	
300.00	52.03	0.93	
350.00	48.61	0.97	
400.00	47.01	0.98	
450.00	46.26	0.99	
500.00	45.91	1.00	
550.00	45.75	1.00	
600.00	45.67	1.00	
650.00	45.63	1.00	437.50
700.00	45.62	1.00	437.50
750.00	45.61	1.00	437.50
800.00	45.61	1.00	437.50
850.00	45.60	1.00	437.50
900.00	45.60	1.00	437.50
950.00	45.60	1.00	437.50
1000.00	45.60	1.00	437.50
1050.00	45.60	1.00	437.50
1100.00	45.60	0.00	437.50

Tabla de vida en el campo

Con base en la edad de los organismos colectados obtenida por el modelo de von Bertalanffy, se realizó una tabla de sobrevivencia de ajolotes anual a partir del primer año (**Tabla 4**). Puesto que estos datos son con base datos de campo, no es necesario hacer el ejercicio de modificación de sobrevivencias entre los diferentes años. Sin embargo, puesto que no se conoce la sobrevivencia de huevos a organismos del primer año en el campo, se realizó un análisis modificando el número de huevos en la primera categoría, comparando las tasas de crecimiento en las matrices (**Figura 7**). Este análisis sugiere que una reducción en la sobrevivencia de los huevos afecta directamente la tasa de crecimiento de los ajolotes. Con base en datos teóricos de las puestas de los ajolotes la tasa de crecimiento poblacional sería cercana a uno. Esto sugeriría que la población se mantiene sin crecer o decrecer. Sin embargo, sabiendo que está decreciendo en seis veces, el análisis sugiere que la sobrevivencia de los huevos esta disminuyendo en cinco veces para contar con una tasa de crecimiento poblacional que prediga que en cinco años la población disminuya a las densidades observadas en el campo.

Tabla 4. Tabla de vida de los organismos encontrados en el campo. Los datos de fecundidad son bibliográficos así como el número de organismos en la categoría de Huevos- S = Supervivencia y F = Fecundidad

Categorías	# org.	S	F
Huevos	7500	0.003	
1 año	24	0.792	
2 año	19	0.053	3500
3 año	1	0.000	3500

Explotación

Granjas de reproducción y clientes

El interés por *Ambystoma mexicanum* ha generado la aparición de diferentes granjas de reproducción a nivel internacional. Hasta 1989 se contabilizaban 24 en los siguientes países: Canadá, Holanda, Japón, Corea del Sur, Francia, Unión Soviética, Suiza, Estados Unidos, Suecia, e Inglaterra (Malacinski y Able, 1989). A la fecha, la más importante es “The Axolotl Colony” de la Universidad de Indiana. La colonia está dedicada a la cría del Axolotl *Ambystoma mexicanum*, y es un stock genético dedicado a suplir de embriones, larvas y adultos de esta especie genéticamente bien caracterizadas, a los laboratorios en los Estados Unidos y al exterior.

En la Ciudad de México, existen cuando menos dos granjas de reproducción de esta especie en la FES Iztacala de la UNAM y en la UAM Xochimilco. Estas y otras granjas son las proveedoras de parte del mercado nacional e internacional.

Dentro de los centros de investigación a los que necesitan de estos organismos están:

- Center for Regenerative Biology and Medicine, Indiana University
- School of Clinical Laboratory Sciences at the University of Nottingham
- Axolotl Genome Project, Department of Biology, University of Kentucky, Institute of Cellular and Molecular Biology, University of Texas.
- Section of Evolution and Ecology, University of California at Davis
- NCBI (National Center for Biotechnology Information)
- XenBase, University of Calgary, Canada.
- Laboratory of Regeneration Studies, University of California at Irvine.

- Zoology Department, Neuroscience Program, and Ecology, Evolutionary Biology, and Behavior Program, Michigan State University.

- El Hospital Infantil Dr. Federico Gómez, Instituto Nacional de Cardiología y el Instituto Nacional de Psiquiatría. En estos tres sitios se han realizado investigaciones y tesis de licenciatura y maestría con base en los ajolotes.

Además de la investigación estos organismos se utilizan como mascotas a nivel nacional e internacional. A nivel internacional existe una red de compra-venta de mascotas por medio del internet. Con base en este medio se realizó una investigación para encontrar los centros de comercio más importantes y la forma en la que la obtienen los organismos. La página "Reptilmanía" <http://www.reptilmania.com/tienda/index.html> se dedica a la cría y comercialización de anfibios y reptiles y puede surtir de *A. mexicanum* sobre pedido. Además de esta tienda, existe un grupo de usuarios ("Deutsche Gesellschaft für Herpetologie und Terrarienkunde e. V" <http://www.dght.de>) que sirve de contacto entre las personas interesadas en conseguir un ajolote y criadores especializados contactan. (http://groups.yahoo.com/group/axolotl_list/). Existen otras dos tiendas grandes que venden *Ambistoma mexicanum* a nivel internacional, Niles Biological (<http://www.nilesbio.com/>) y WARD'S Natural Science (<http://www.wardsci.com/>) ambas con posibilidad de distribuir *A. mexicanum* a cualquier parte del mundo.

Por internet también contactamos a compradores de estos organismos en diferentes países (Inglaterra, Alemania, Nueva Zelanda y Escocia). Los compradores de estos reportan que los ajolotes son vendidos principalmente en tiendas de mascotas y estas a su vez las obtienen de criaderos. De hecho algunos de ellos son criadores y venden organismos a las tiendas. Todos ellos aseguren que los organismos que comercializan son de centros reproductores. Además, a pregunta expresa por internet, dueños de ajolotes en Inglaterra consideran que importar un ajolote por medio del contrabando es mas caro y complicado que comprarlo con un criador. Sin embargo, en ningún momento no pudimos constatar que hubiera algún tipo de control por medio del cual este comercio de *A. mexicanum* no cuente con organismos ilegales. Es muy posible que muchas de estas redes funciones con organismos cultivados en centros de reproducción, pero los decomisos de la PROFEPA sugieren que también existe un mercado que demanda de organismos obtenidos en la naturaleza.

Mercado Negro

Colectas

El mercado negro se basa en algunos grupos de pescadores que todavía surten ajolotes clandestinamente. Este mercado negro era abierto hace más de diez años, el organismo era fácil de encontrar en los mercados y los investigadores que lo utilizan buscaban a los pescadores para obtener el recurso. Sin embargo, con la valoración de este organismo en el CITES y la prohibición de su pesca, la colecta de estos organismos ha ido disminuyendo. Hace seis meses la pesca clandestina se basaba en cuatro pescadores que colectaban unos treinta ajolotes por mes. Lo cual indicaría que están extrayendo alrededor de 1440 ajolotes al año. Sin embargo, la nueva entrada de la policía ribereña en Xochimilco, que cuenta con lanchas que patrullan todos los días, ha hecho mas difícil la colecta para los pescadores. Es muy probable que la disminución de la demanda (puesto que ya se pueden conseguir legalmente en las granjas establecidas y a un precio muy similar) y la dificultad de colecta por la ilegalidad de la obtención del recurso (lo que aumenta el precio) ha hecho que esta práctica esté disminuyendo, aún cuando no ha desaparecido. En los días 9 a 23 de noviembre del año 2003, se detectaron capturas por dos pescadores furtivos en la misma región en donde se colectó la mayor cantidad de ajolotes durante este proyecto. Aparentemente los pescadores detectaron este sitio que tiene una densidad relativa más alta que los demás para enfocar su colecta clandestina. Los pescadores furtivos capturaron alrededor de 60 organismos durante este tiempo.

La pesca clandestina se lleva cabo por pescadores con experiencia para colectar a estos anfibios y obtienen los ajolotes con redes del tipo atarraya. Los pescadores trabajan sobre pedido y con base en la demanda de los mercados de Sonora y el Nuevo Mercado de San Lázaro. Aparentemente, también existen personas dentro de la misma comunidad de Xochimilco que hace de intermediaria entre los pescadores y los solicitantes del organismo.

Demanda

La demanda de los ajolotes es muy diversa ya que esos organismos tienen múltiples usos para diferentes mercados. Los ajolotes se pueden utilizar como mascotas, como objetos de estudio, o como fuentes de alivio de todo tipo de males: desde la tos hasta las reumas. A

continuación se presentan los mayores tipos de demanda que puede hacer uso del mercado negro y la colecta furtiva.

1) Consumidores del mercado de Sonora. Básicamente se utiliza para remedios naturales de enfermedades como la garganta o ungüentos para la artritis. Aparentemente, este tipo de demanda ha venido decreciendo, puesto que únicamente las personas con más edad son las que mantienen la tradición de utilizarlos como fuente medicinal. Es muy difícil saber si los ajolotes o los productos de ajolotes ahí vendidos se realizan con el *A. mexicanum*.

2) Consumidores del mercado Nuevo de San Lázaro. Personas que los buscan como mascotas a nivel nacional o internacional. Posiblemente este mercado varía mucho dependiendo de la demanda. A nivel nacional este mercado no está bien establecido puesto que los ajolotes no son tan populares como mascotas como lo son otras especies. A nivel internacional este mercado compite con las granjas establecidas que cuentan con los permisos necesarios de reproducción y venta, por lo que posiblemente no sean tan solicitados. Sin embargo, una de las ventajas que tienen los organismos colectados contra los de granja es precisamente ese estatus de haber nacido en la naturaleza. Por lo tanto, es probable que este mercado sea un puente para el mercado negro para exportación. De hecho, es muy posible que los organismos colectados en las últimas semanas hayan ido a parar a este mercado en donde los ajolotes se vendieron a precios que van de los 200 a 300 pesos por ejemplar.

3) Consumidores científicos. El ajolote es muy útil para realizar investigación científica (desde neuronal hasta en antibióticos). Algunos de los centros de investigación mencionados pueden estar solicitando todavía a los pescadores de la región. Por ejemplo algunos de los ejemplares de las investigaciones se han obtenido del personas que viven y laboran en Xochimilco que salen a colectar ajolotes. Sin embargo, el número de ajolotes que utilizan para sus investigaciones es bajo.

4) Consumidores para granjas en Xochimilco. La tendencia de conservación está propiciando que muchas personas de la localidad se constituyan en ONGs que forman

granjas de reproducción de ajolotes dentro de la misma área para obtener recursos por esa actividad. Algunas de estas organizaciones son bien intencionadas y han logrado mantener y reproducir ajolotes dentro de sus instalaciones. Sin embargo, existen otras organizaciones que no han sido capaces de mantener a los ajolotes y necesitan contar con adultos en sus instalaciones, por lo que colectan a los organismos.

5) Consumidores en el extranjero. Aún cuando las granjas aparentemente suplen la demanda a nivel internacional, existe mercado negro que traspasa las fronteras. La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) a través de su comité de información nos informó que en los últimos 8 años se han confiscado un total de 128 ajolotes en los diferentes puertos de salida del país. Durante estos años la tendencia en el número de confiscaciones se ha mantenido relativamente constante, por lo que los datos no sugieren que en años recientes exista una disminución en el contrabando. La información enviada por la PROFEPA no especifican si los ajolotes confiscados fueron *Ambystoma mexicanum* puesto que la información la reporta como *Ambystoma sp.* Pero es muy posible que la demanda internacional en este caso no haga diferencias entre las diferentes especies de ajolotes, ya que son muy similares. Por lo tanto, los organismos pueden ser de cualquier especie incluyendo *A. mexicanum*.

Análisis general de la población

Los valores de densidad en Xochimilco sugieren que la población está decreciendo de manera alarmante en seis veces durante cinco años. El análisis de las tablas de vida sugieren que la sobrevivencia durante el primer año de vida es crucial en la tasa de crecimiento poblacional del ajolote. Es probable entonces que los efectos sobre la población se den directamente sobre los ajolotes en esta edad.

Dentro de las amenazas de los ajolotes en esta edad está la baja calidad de agua que puede producir crecimiento de hongos en los huevos o disminución en la viabilidad de eclosión. También está la depredación de los huevos y juveniles, por parte de las especies exóticas. En particular carpas (que pueden depredar a los huevos) como las tilapias (que pueden depredar a los huevos y/o juveniles pequeños). La tercera amenaza sobre esta clase

de edad es la pesca. Los ajolotes de cuatro meses ya pueden ser fácilmente capturados por las atarrayas y por lo tanto sujetos de pesca clandestina.

La combinación de estas tres amenazas puede explicar por un lado, la distribución muy poco homogénea de los organismos y por otro lado la fuerte disminución de la población en los últimos años. Donde se encontraron los ajolotes eran sitios con pocos contaminantes y poca abundancia de especies introducidas. Es muy probable estas condiciones en los canales de Xochimilco varíen año con año (los contaminantes y la distribución de carpas y tilapias, puede estar variando de canal en canal). Lo anterior sugiere que las poblaciones de ajolotes dependen de eventos fortuitos que generan zonas en donde no existan condiciones adversas para sus puestas. Estas regiones han ido disminuyendo conforme las aguas están aumentando su contaminación y las carpas y tilapias han ido poblando todos los canales del lugar. Por lo tanto, los ajolotes se están concentrando en los pocos sitios libres. Sin embargo, al estar concentrados en sitios específicos, los ajolotes son rápidamente detectados por los pescadores furtivos, como sucedió a finales del mes de Noviembre de este año. Así los ajolotereros pescan en zonas específicas de sobrevivencia. Puesto que sus redes pueden coleccionar individuos menores a un año, afectan fuertemente también la tasa de crecimiento anual del organismo.

Posibles soluciones para la restauración del ajolote

Es fundamental generar un programa de erradicación de las especies exóticas, en particular aquellas que cuentan con altas densidades dentro de Xochimilco (la carpa y la tilapia). La erradicación de especies exóticas del medio acuático requiere de una planeación precisa en cuanto a épocas y áreas de captura, así como seleccionar las artes de pesca apropiadas a fin de no afectar a las especies nativas de peces anfibios y crustáceos. Por lo tanto, son necesarios estudios de dinámica poblacionales por región y por especie a fin de proponer un programa viable con resultados exitosos. Es importante aclarar que la prohibición de la pesca en general solo favorece la proliferación de las especies exóticas y consecuentemente puede mantener el efecto negativos sobre las poblaciones de ajolote. Sin embargo, la pesca debe de ser enfocada únicamente a las especies introducidas. Es fundamental mantener la prohibición de la pesca del ajolote en estado natural. Es importante realizar un monitoreo de las zonas donde el ajolote ha sido encontrado a fin de implementar acciones de

vigilancia y protección más concretas, que impidan que las poblaciones naturales sigan siendo objeto de la pesca furtiva.

Aunado a lo anterior es necesario realizar estudios de las zonas donde habita el ajolote, a fin de conocer a fondo las condiciones fisicoquímicas y biológicas de dichos sistemas que permitan realizar programas de repoblamiento con mayor éxito posible. El mantenimiento de hidrófitas emergentes es fundamental puesto que constituyen zonas de puesta ideales para los ajolotes. La presencia de lirio acuático a los canales aumenta la tasa de evaporación y disminuye la concentración de oxígeno disuelto en el agua, por lo que el fomentar su utilización como insumo en actividades agrícolas podría ser una buena alternativa que mantenga las poblaciones de lirio bajas y funciona como incentivo económico para los pobladores de la región. Es fundamental que se reparen y mantengan las plantas de tratamiento de aguas residuales que vierten a Xochimilco y a Chalco para que la sobrevivencia de las especies nativas no se vea amenazada por los altos índices de contaminación del agua.

Finalmente, la especie debe de mantenerse listada dentro del Apéndice II apéndices de la CITES. Es evidente que la intención de exportación todavía sigue puesto que los decomisos durante los últimos años no han bajado. La regulación de esta especie a nivel internacional dificulta en gran medida el comercio de este organismo cuando se realiza por contrabando. Esto eleva su precio y no es competitivo con los organismos generados en granjas. Por lo tanto reduce el mercado de pesca ilegal de este organismo. Si se libera el comercio, es posible que los precios de los organismos colectados bajen, con esto crecerá la demanda y se incentive la pesca furtiva. La pesca furtiva en estos momentos está afectando a directamente a sitios específicos donde las poblaciones sobreviven. El efecto, entonces, es directo sobre los pocos sobrevivientes, que además (según las colectas de este proyecto) no pasan de los 3 años de edad.

Literatura Citada

- Armstrong J. B., S.T Duhon y G. M. Malacinski. 1989. *Raising the Axolotl in Captivity*. n: Armstong J y Malacinski (eds). *Developmental Biology of the Axolotl*. Oxford University Press. UK. 320pp.
- Barrios, Brianda. 2002. *Subproductos de cloración (trihalometanos) y parámetros físicos y químicos en aguas de la ciudad de México*. Tesis Licenciatura. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Duhon S. T. 1989. Diseases of Axolotls. En: Armstong J y Malacinski (eds). *Developmental Biology of the Axolotl*. Oxford University Press. UK. 320pp.
- Graue, V. 1998. *Estudio demográfico y genético de la población del anfibio *Ambystoma mexicanum* en el lago de Xochimilco*. Tesis de doctorado ICMYL, UNAM, México. 108pp.
- Hernández Aviles J. S. 1996. *Estudio experimental del ajolote (*Ambystoma mexicanum* como guía para su conservación del Parque Ecológico de Xochimilco)*. Tesis de maestría. FES Zaragoza, UNAM, México. PP68.
- Malacinski G. M., y D. Able, 1989. Directory of Axolotl Colonies. En: Armstong J y Malacinski (eds). *Developmental Biology of the Axolotl*. Oxford University Press. UK. 320pp.
- Monello R. J y R. G. Wriyth. 2001. Predation by Goldfish (*Carassius auratus*) on Eggs and Larvae of the Eastern Long-Toed Salamander (*Ambystoma macrodactylum columbianum*). *Journal of Herpetology* 35:350-353.
- Núñez, C., J.L. Rodríguez Parga, R. Rodríguez González, V. Vallejo y L. Ortega. 1988. El Municipio de Chalco de Díaz Covarrubias. En: Garza G. (coordinador) *Atlas de la Ciudad de México*. El Colegio de México, México. pp.. 336-338
- Prado, Z. E.; Pedrozo, R. C. F. y Domínguez, E. S. 1996. *Curva de crecimiento de especímenes de *Ambystoma mexicanum* nacidos en una colonia controlada*. *Memorias de la IV Reunión Nal. de Herpetología*, Cuernavaca Morelos.
- Sandoval, Josué. 2003. *Calidad microbiológica y fisicoquímica del agua de los canales de Xochimilco*. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Rossell, R. y Sheehan, J. 1998. Comparison of histological staining procedures for skeletochronological studies (*Ambystoma talpoideum*). *Herpetological Review* 29 (2), pp 90-95, 1998.
- Russell, A. P.1996. Growth and age of Alberta long-toed salamanders (*Ambystoma macrodactylum*). A comparison of two methods of estimation. *Canadian Journal of zoology*. 74 (3) 397- 412.
- Sandoval, E. En prensa. *Manual de técnicas histológicas*. Instituto de Biología Jardín Botánico Exterior.
- Vidrio Carrasco M. Y G. F. Ávila Jiménez. 2002. Delegación Xochimilco. En: Garza G. (coordinador) *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*. El Colegio de México. México pp.637-641.
- von Bertalanffy (1960). Principles and theory of growth, in: *Fundamental Aspects of Normal and Malignet Growth*. W. W. Nowinski (ed). Amsterdam. pp. 137-259,.
- Zambrano L., M. Perrow, V. Aguirre-Hidalgo y C. Macías-García. (1999) The impact of introduced carp (*Cyprinus carpio*) in subtropical shallow ponds. *Journal of Aquatic Stress Ecosystems and Recovery* 6:281-288.
- Zambrano L., Scheffer, M. & Martinez-Ramos M. (2001) Catastrophic response of lakes to response to benthivorous fish introduction. *Oikos*. 94: 344-350

Clasificación en el CITES

A raíz de los resultados obtenidos en el proyecto, consideramos que este organismo debe de permanecer en el Apéndice II. A continuación se mencionan los puntos específicos que solicita la CITES para considerarlo en los diferentes apéndices. Se mencionan únicamente los criterios que se pueden aplicar al ajolote.

Criterios para la clasificación del Apéndice I del CITES

A) La población es pequeña y caracterizada por al menos uno de lo siguiente:

- A(i): Reducción observada, inferida o proyectada en el número de individuos en el área y calidad del hábitat.

Los datos de colecta de *A. mexicanum* en esta investigación comparados con datos de hace cinco años sugieren que la densidad poblacional se redujo en seis veces (ver informe). Por otra parte, la información sobre la calidad del agua en el sistema indica que el hábitat está muy deteriorado. En el agua cuenta con altos contenidos de metales pesados, nitrógeno amoniacal y a bacterias patógenas, lo cual repercute en la salud de los individuos directamente (ver informe).

- A(ii): Cada subpoblación es muy pequeña.

Los mismos datos de densidad sugieren que la población que vive en Xochimilco es muy pequeña. La dificultad de colecta por las bajas densidades hizo que las colectas fueran realizadas por pescadores con experiencia. Aún ellos no colectaron ajolotes en densidades muy grandes. Por lo tanto, la población que vive en Xochimilco, se puede considerar como muy pequeña 0.001org m^2 (ver informe). Aún cuando no se realizaron censos de densidades en la población en Chalco, la variabilidad de este sistema en cuanto a cantidad y calidad del agua hace suponer que los pocos ajolotes encontrados también son parte de una subpoblación reducida.

- A(v): Una alta vulnerabilidad por la biología de las especies o su conducta.

El estudio de la tabla de vida de los ajolotes sugiere que la mayor vulnerabilidad de estos organismos se encuentra en sus primeros estadios de vida. Su tasa de crecimiento poblacional, depende fundamentalmente de la sobrevivencia de estos organismos durante su primer año de vida (ver informe). En este estadio cuentan con muchos mas peligros que cuando son adultos como: depredación de huevos por insectos y peces (incluyendo exóticos), muerte por contaminación de hongos o de metales pesados (particularmente los huevos son muy susceptibles a la contaminación) y la pesca (la mayoría de los capturados son menores a un año).

Por lo tanto, susceptibilidad de la tasa de crecimiento del ajolote se concentra en los estadios de vida que cuentan con mayor número de amenazas tanto naturales como ocasionadas por el hombre. Esto la hace muy vulnerable a los efectos que produce la actividad humana tanto en Xochimilco como en Chalco.

Para este criterio los siguientes factores pueden estar afectando la sobrevivencia de los ajolotes:

- Agregación
- Requerimientos especiales de Nicho (en particular necesidad de plantas sumergidas)
- Fragmentación del hábitat
- Amenazas de enfermedad
- Amenazas de especies introducidas
- Amenazas de un cambio ambiental rápido (en particular del régimen hídrico)
- Selectividad de pesca (en particular sobre los menores a un año).

B) Las población natural cuenta con un área de distribución restringida y es caracterizada por al menos una de lo siguiente:

- B(i): Fragmentación u ocurrencia en muy pocas localidades.

Los ajolotes están agregados en Xochimilco en muy pocos sitios (ver informe). La gran mayoría de los canales no cuentan con ajolotes, o con presencias muy esporádicas. Sin embargo, existen muy pocos sitios en todos los canales en donde los ajolotes sobreviven.

Estos sitios fueron corroborados no sólo por las colectas realizadas (ver informe) sino también por la experiencia de los pescadores que saben en que sitios los ajolotes sobreviven.

- B(ii): Fluctuación en el área de distribución o en el número de subpoblaciones.

El espejo de agua en Chalco cambia mucho dependiendo de las necesidades humanas tanto para cultivo como para zona habitacional. Por lo tanto, en años de secas fuertes este sistemas acuáticos se reduce hasta casi desaparecer. Es muy posible que esto afecte a las poblaciones de ajolotes de gran manera.

Por parte de Xochimilco, los asentamientos irregulares están haciendo que el área natural protegida, donde vive el ajolote se esté reduciendo fuertemente (ver informe).

- B(iii): Una alta vulnerabilidad por la biología de las especies o su conducta

La agregación en pocos canales, hace notable su presencia para los pescadores furtivos. Por lo que existe una alta vulnerabilidad en las poblaciones de ajolotes por la pesca. Los pescadores cuando necesitan ajolotes saben que van a estos sitios específicos y pueden estar reduciendo las abundancias poblacionales de estos organismos.

Para este criterio los siguientes factores pueden estar afectando la sobrevivencia de los ajolotes:

- Agregación
- Selectividad de pesca (en particular sobre los menores a un año).

- B(iv): una observada o inferida o proyectado decremento en

Área de distribución: Los asentamientos irregulares en Xochimilco están haciendo que el área natural protegida, donde vive el ajolote se esté reduciendo fuertemente (ver informe). Las necesidades de por agua en la región de Chalco pueden afectar en un futuro su capacidad de retención de agua y desaparecer el segundo cuerpo de agua donde sobreviven.

Área de hábitat. La agregación de los ajolotes en pocos canales, sugiere que su hábitat se está disminuyendo. Es posible que la gran cantidad de carpas introducidas

esté generando un decrecimiento de las plantas sumergidas, que sirven de refugio y fuente de alimento de los ajolotes (ver informe).

El número de individuos Ver apéndice A(i).

La calidad del hábitat Ver apéndice A(i).

Reclutamiento Ver apéndice A(v).

C) Una reducción del tamaño poblacional en la naturaleza, el cual tiene que ver con lo siguiente:

- C(i): Observado que está sucediendo o que sucedió en el pasado. (Ver apéndice A1)

- C(ii): Inferido o proyectado con base en alguno de los siguiente:

Disminución en el área del hábitat. (Ver apéndice A y B iv).

Disminución en la calidad del hábitat (Ver apéndice A y B iv)

Amenazas por factores humanos inducidos como competencia y depredación por especies introducidas. La carpa, la tilapia y la lobina son especies introducidas con muy altas densidades dentro de Xochimilco y Chalco. Las tres especies pueden estar depredando a huevos y juveniles de ajolotes, mientras que las carpas también pueden estar compitiendo por el alimento (Ver informe).

Crterios para la clasificación del Apéndice II del CITES

Criterio Comercial.

¿La especie está o puede estar afectada por el comercio?

B) Se sabe o se puede inferir que la colecta de especimenes de la naturaleza para comercio internacional ha hecho puede generar un impacto en las especies puesto que:

B(ii) Reduce la población a niveles a los cuales la sobrevivencia se puede estar amenazada por otras influencias.

Existen dos factores que aparentemente están disminuyendo la colecta de ajolotes en Chalco y Xochimilco. Por un lado, hay aumento en el esfuerzo de colecta de estos ajolotes

ocasionado por la disminución de la población. Esto obliga a los pescadores a invertir más tiempo y esfuerzo en su colecta. El segundo factor es la prohibición de la pesca del ajolote a raíz de su inclusión en el CITES en Xochimilco. La entrada de la policía ribereña está haciendo más difícil a los pescadores furtivos la colecta de los organismos (ver informe). Sin embargo, todavía existe pesca ilegal de los organismos. Además, los decomisos en los puertos de exportación por parte de la PROFEPA sugieren que existe todavía demanda internacional para obtener organismos que nacieron y viven en estado natural.

La combinación de ambos factores genera un aumento en el precio de venta de los organismos al grado de que ya no es competitivo con las granjas de ajolote establecidas a nivel nacional como internacional (ver informe). Si no existiera la prohibición de mercado de este organismo a nivel internacional, es muy probable que los precios de los ajolotes por pesca clandestina bajaran, por lo que se generaría una demanda de éstos sobre los obtenidos por las granjas. Esta demanda sería un aliciente para los pescadores y por lo tanto se incrementaría la pesca, reduciendo las poblaciones de ajolotes.



Figura 2. Muestra un corte transversal de 5m de una falange del segundo dedo de las patas anteriores de *A. mexicanum*, teñido por Hematoxilina - Eosina. A) resolución 10X y b) resolución 40X. (Foto: Alejandro Hunab Molina).

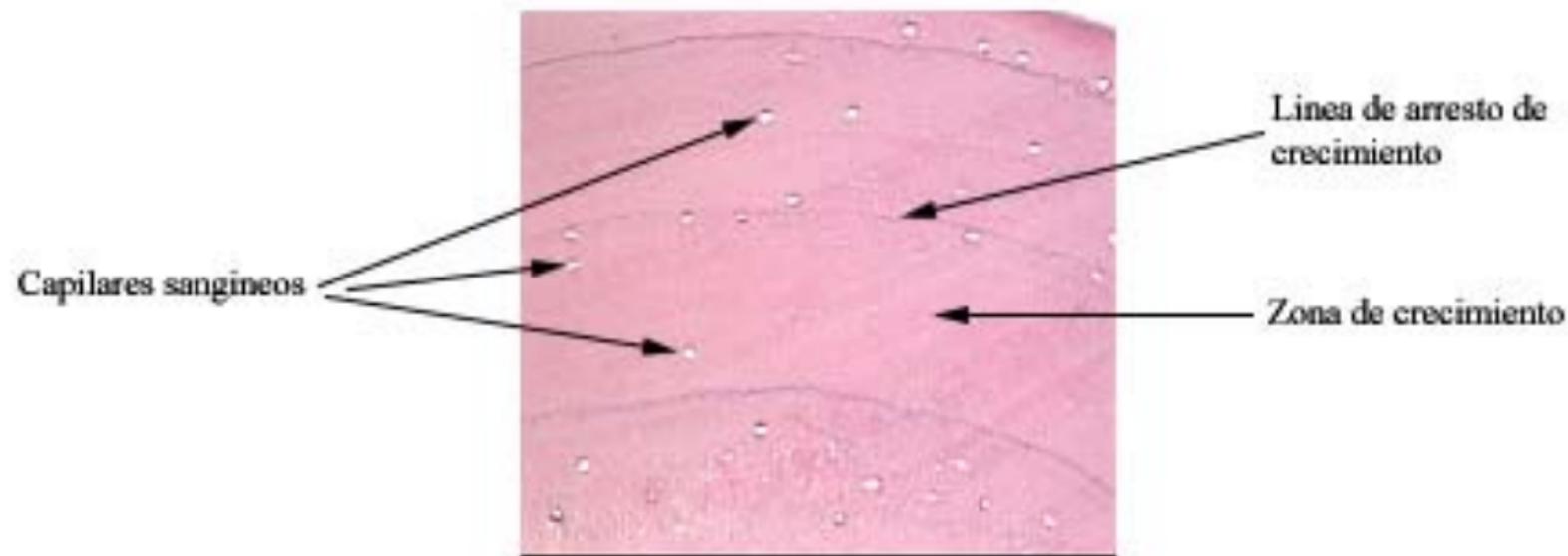


Figura 3 Corte transversal de una falange del dedo de la iguana negra *Ctenosaura pectinata*, teñida con Hematoxilina Eosina y vista con una resolución de 40x. Nótese que los anillos de crecimiento son mucho más claros que en el del ajolotes. (Foto: Alejandro Hunab Molina).

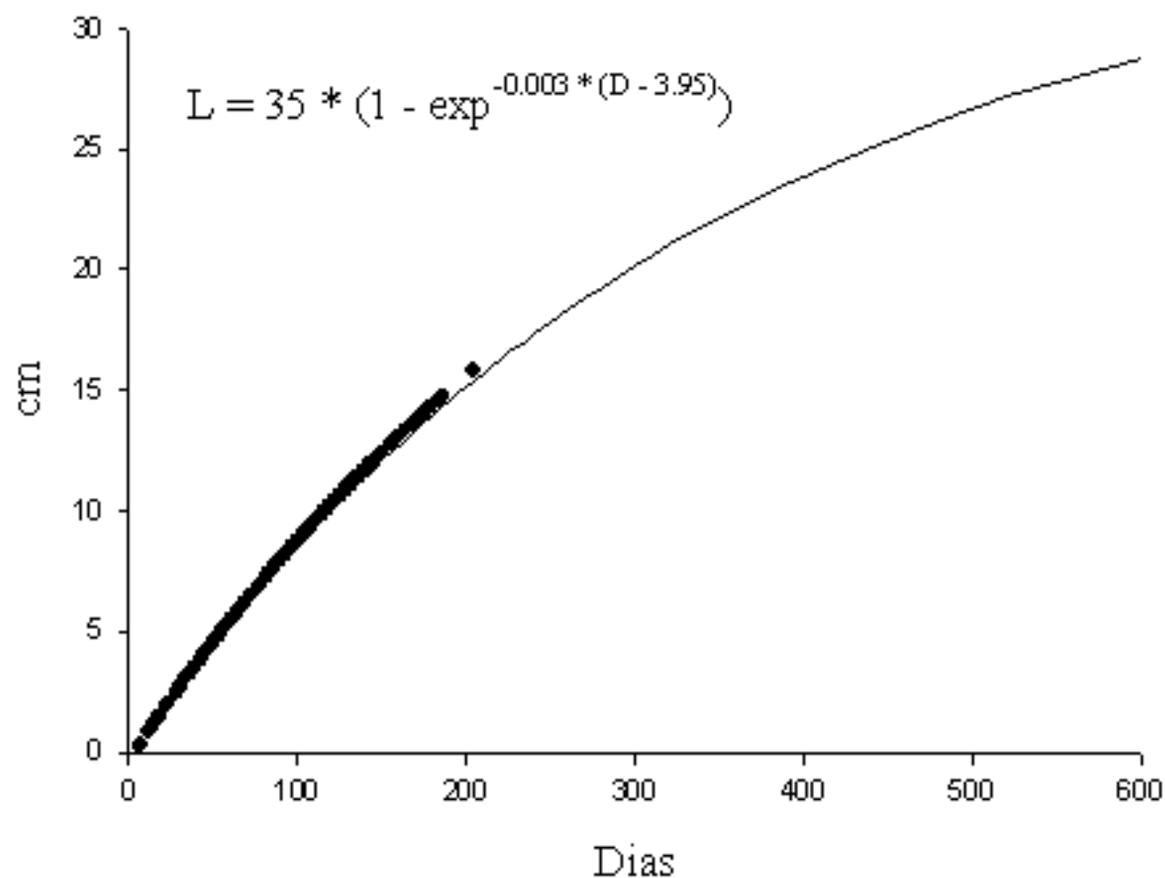


Figura 4. Crecimiento de los ajolotes en condiciones experimentales. La regresión se realizó con base en la ecuación de von Bertalanffy.

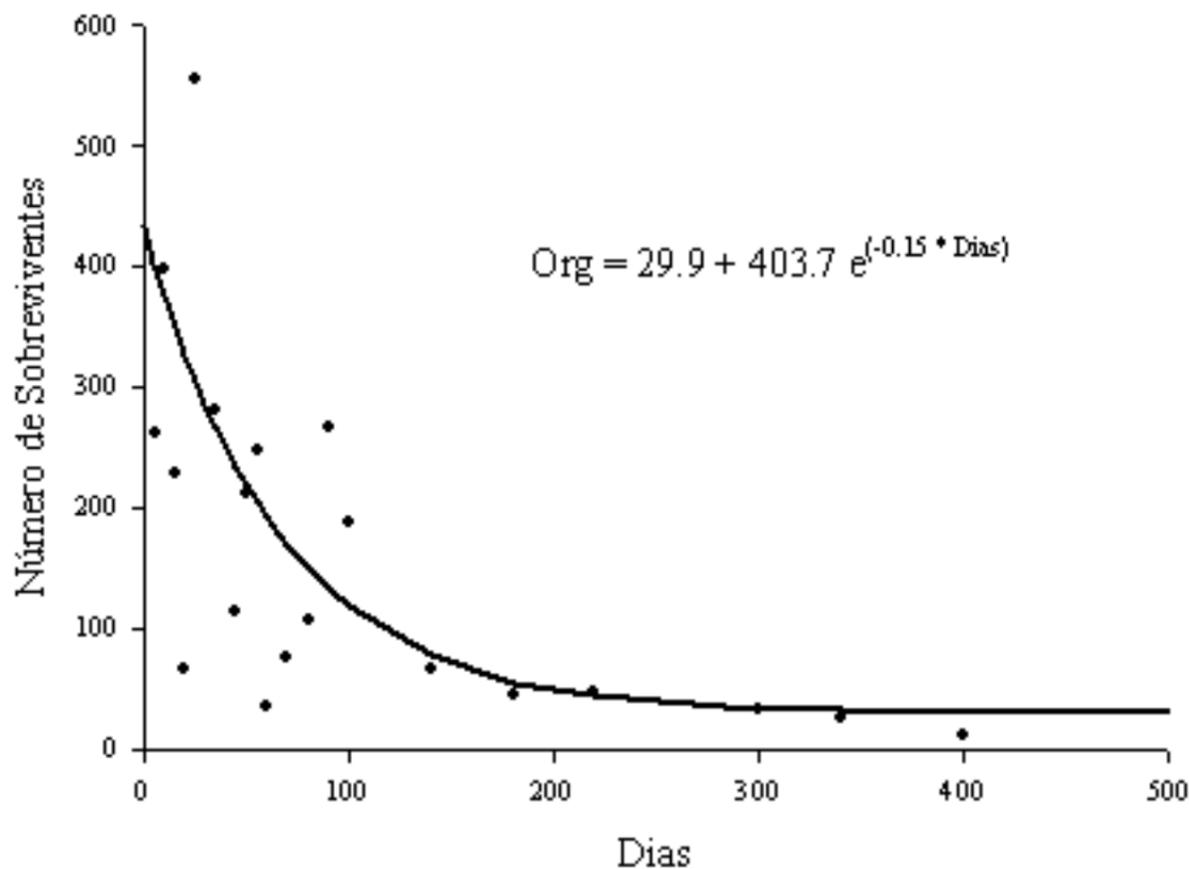


Figura 5. Sobrevivencia de los ajolotes en estanques. La línea representa la regresión obtenida a partir de los datos.

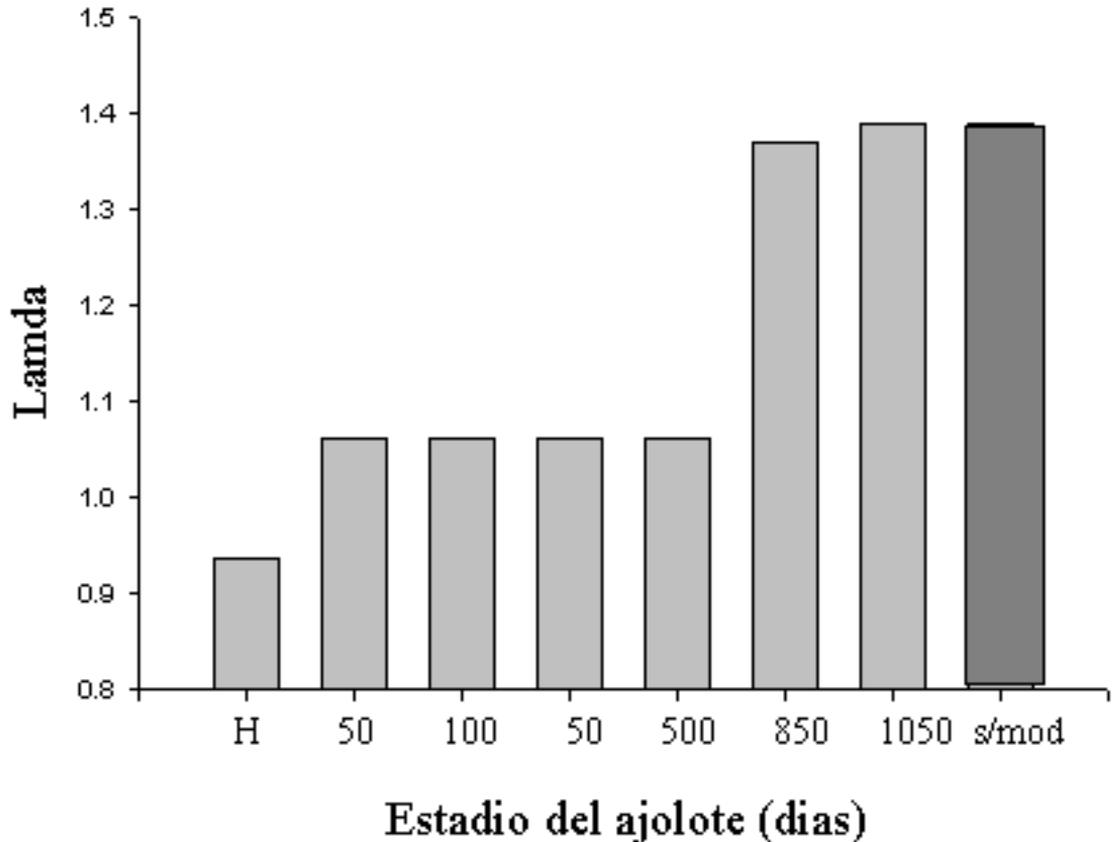


Figura 6. Cambios en la tasa de crecimiento a raíz de modificaciones en la sobrevivencia en el estadio de huevos de los ajolotes. Los valores de sobrevivencia estan 1×10^{-3} . La línea punteada delimita los valores a los cuales la población crece (por encima de ella) o decrece (por debajo). Para que existiera un decremento de ajolotes como el de los últimos 5 años, la sobrevivencia tiene que ser de 0.00006 y la lambda de 0.59 (como la primera barra).

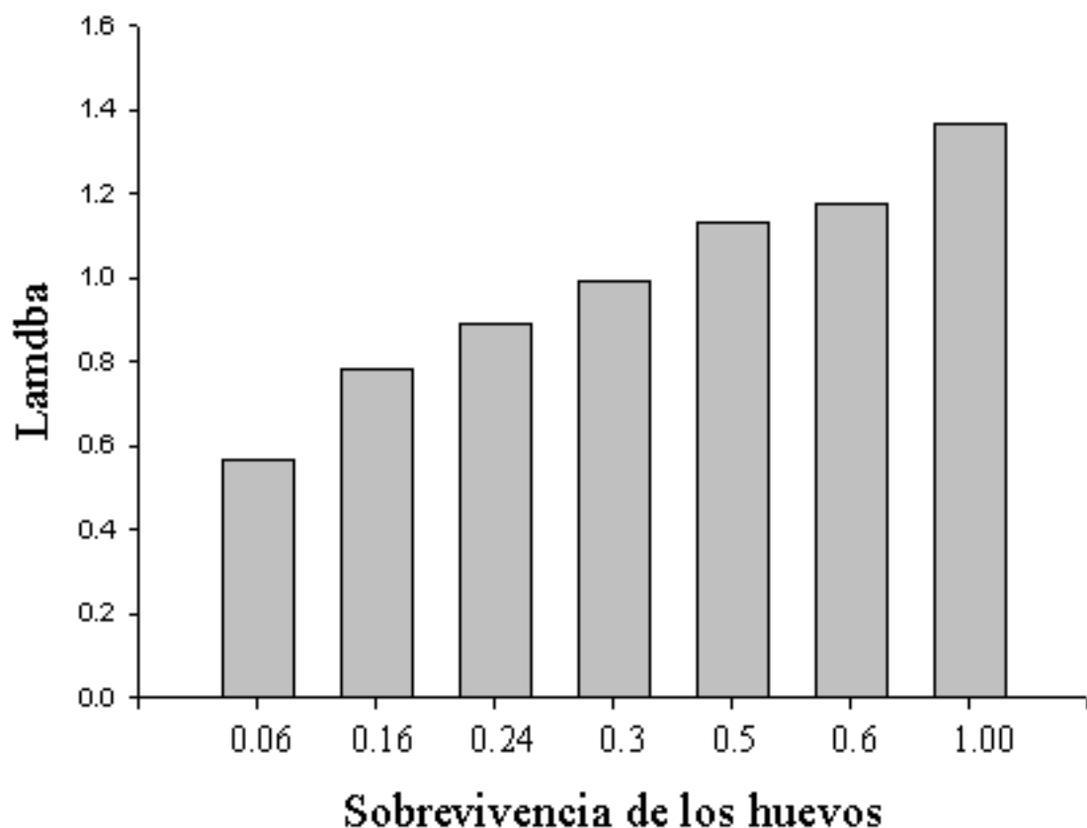


Figura 7. Cambios en la tasa de crecimiento a raíz de modificaciones en la sobrevivencia en el estadio de huevos de los ajolotes. Los valores de sobrevivencia estan 1×10^{-3} . La línea punteada delimita los valores a los cuales la población crece (por encima de ella) o decrece (por debajo). Para que existiera un decremento de ajolotes como el de los últimos 5 años, la sobrevivencia tiene que ser de 0.00006 y la lambda de 0.59 (como la primera barra).