

Informe final* del Proyecto J087
Conservación del ajolote (*Ambistoma mexicanum*) mediante su cultivo y siembra en el
Parque Ecológico de Xochimilco

Responsable: Dr. Erwin Stephan Otto Parrodi
Institución: Patronato del Parque Ecológico de Xochimilco AC
Dirección: Periférico Oriente # 1, Ciénega Grande, Xochimilco, México, DF, 16070 , México
Correo electrónico: garciaa@servidor.unam.mx
Teléfono/Fax: 673 8139, 673 7890, 673 8061 Fax: 673 7653
Fecha de inicio: Octubre 31, 1996
Fecha de término: Enero 22, 1998
Principales resultados: Informe final, Hoja de cálculo
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Otto Parrodi, E. S., 1999. Conservación del ajolote (*Ambistoma mexicanum*) mediante su cultivo y siembra en el Parque Ecológico de Xochimilco. Patronato del Parque Ecológico de Xochimilco AC. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J087.** México D. F.
Forma de citar hoja de cálculo Otto Parrodi, E. S., 1999. Conservación del ajolote (*Ambistoma mexicanum*) mediante su cultivo y siembra en el Parque Ecológico de Xochimilco. Patronato del Parque Ecológico de Xochimilco AC. **Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. J087.** México D. F.

Resumen:

Xochimilco es una zona agrícola-chinampera, y un centro turístico por tradición, que hoy en día tiene una gran importancia ecológica, debido a su gran potencial como reserva biótica. El ajolote es un anfibio urodelo, que presenta neotenia, es decir que alcanza su madurez sexual sin cambiar su morfología larvaria. Tiene gran importancia para la investigación, ya que sirve como anfibio modelo en muchos de los procesos fisiológicos y morfológicos del grupo; también tiene muchos procesos hormonales que han sido estudiados ampliamente para explicar el proceso regenerativo tan particular que posee quizá sea esta una de las razones por las cuales su reproducción esté tan bien estudiada. En las listas de colonias de ajolote que existe en el mundo figuran nueve de ellas en diversas partes, pero ninguna en México, siendo que es una especie endémica de nuestro país, se observa, que la reproducción a nivel de estanques y el establecimiento de poblaciones en su ambiente natural no ha tenido el esfuerzo permanente que permita la conservación de la especie, por lo que la propagación de ajolote podría servir de base para el establecimiento de colonias en los cuerpos de agua del PEX, ya que este sitio puede servir como reserva de la especie debido al actual saneamiento de la zona. El presente proyecto tiene como meta fundamental el contribuir a los esfuerzos realizados en el Plan de Rescate ecológico de Xochimilco, mediante la preservación del Ajolote, el cual es endémico de los canales y está sujeto a protección especial, por lo que, se pretende conservarlo a través de su reproducción en estanques de tipo intensivo, y su posterior siembra y cuidado en los cuerpos de agua del PEX para recuperar la población de este anfibio antiguamente habitante característico de la zona.

-
- * 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.

**“ CONSERVACIÓN DEL AJOLOTE (*Ambystoma mexicanum*)
MEDIANTE SU CULTIVO Y SIEMBRA EN EL PARQUE
ECOLÓGICO DE XOCHIMILCO ”**

**INFORME FINAL DE ACTIVIDADES CORRESPONDIENTE AL
PERÍODO COMPRENDIDO DE NOVIEMBRE DE 1996
A OCTUBRE DE 1997**

PARQUE ECOLÓGICO DE XOCHIMILCO

PERIFÉRICO ORIENTE NO. 1, COL. CIÉNAGA GRANDE, DELEG. XOCHIMILCO,
D.F. TELS. 673 8061, 673 7890, 673 8139, FAX 673 7653

RESPONSABLE: DR. ERWIN STEPHAN OTTO PARRODI.

SECRETARIO DEL PATRONATO DEL PARQUE ECOLÓGICO DE XOCHIMILCO
A.C. DIRECTOR DEL PARQUE ECOLÓGICO DE XOCHIMILCO

ÁREA: PROYECTO POR ENCARGO

CLAVE : J087 en CONABIO

GRUPO: ZOOLÓGICO

AMBIENTE: ACUÁTICO

DURACIÓN DEL PROYECTO: PRIMERA FASE (1 AÑO)

REGIÓN GEOGRÁFICA: REGIÓN SUR DE LA CUENCA DEL VALLE MÉXICO,
XOCHIMILCO, D.F.

CLASIFICACIÓN:	Clase	Anfibia
	Orden	Urodelos
	Familia	Ambystomidae
	Genero	<i>Ambystoma</i>
	Especie	<i>Ambystoma mexicanum</i>
	Nombre Común	Ajolote

31 de octubre de 1997

INTRODUCCION Y ANTECEDENTES.

Xochimilco es una zona agrícola-chinampera, y un centro turístico por tradición, que hoy en día tiene una gran importancia ecológica, debido a su gran potencial como reserva biótica.

El Parque Ecológico de Xochimilco (P.E.X), fue construido por el D.D.F en áreas comprendidas dentro del Plan de Rescate Ecológico Xochimilco, el rescate pretende devolver a la región, parte de su fisonomía original, alterada a través del tiempo por diversas causas naturales y humanas. El programa se puso en marcha en el año de 1989 y engloba cuatro aspectos que son: Rescate Hidráulico, Agrícola, Arqueológico y Cultural.

El Parque abrió sus puertas al público el 5 de junio de 1993, y es administrado por un patronato (P.P.E.X. A.C), quien tiene un permiso de uso y administración por un período de 6 años, es importante mencionar que no recibe financiamiento oficial y opera únicamente con fondos propios, derivados tanto del pago por ingreso de los visitantes como por donativos de personas físicas y morales del sector social o privado. Durante su gestión, el Patronato ha realizado diversas obras de mejoramiento ambiental, con el propósito de conservar los recursos silvestres, fomentando la investigación científica, procurando que el Parque funcione de una forma integral, contribuyendo a la educación ambiental y no solamente como un sitio turístico.

Actualmente en el PEX, el Patronato lleva a cabo diversas investigaciones científicas, con la finalidad de evaluar los recursos naturales de la zona, los cuales se han incrementado como producto de la recuperación del medio, estos estudios son: de la vegetación, fauna silvestre ornitológica, calidad del agua y suelos, producción de grana-cochinilla; también se realiza, la producción de plantas de ornato en invernadero y existe un área de chinamperia demostrativa donde se utiliza la tradicional agricultura chinampera. Se evalúa la utilidad potencial de los recursos bióticos, con la finalidad de conocerlos, compararlos, difundirlos y buscar su potencial productivo, económico. Esta meta se pretende cumplir con la participación conjunta de investigadores, habitantes de la región, público en general y autoridades.

El presente proyecto tiene como meta fundamental, el contribuir a los esfuerzos realizados en el Plan de Rescate Ecológico de Xochimilco, mediante la preservación del Ajolote (*Ambystoma mexicanum*), el cual es endémico de los canales y está sujeto a protección especial, se pretende conservarlo a través de su reproducción en estanques de

tipo intensivo, y su posterior siembra y cuidado en los cuerpos de agua del PEX, para recuperar la población de este anfibio antiguamente habitante característico de la zona. Es importante señalar que la unidad de producción, además, cumple fines didácticos enfocados a la educación ambiental y la concientización del público sobre la importancia de las especies endémicas.

Xochimilco cuenta con 200 Km de canales, como se mencionó anteriormente el *Ambystoma mexicanum* es endémico de la zona y se encuentra bajo protección especial, según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL/1994 del Diario Oficial, del lunes 16 de mayo de 1994, lo cual es un punto más a considerar, en favor de su reproducción y repoblación en la zona.

El ajolote es un anfibio urodelo, que presenta neotenia, es decir, que alcanza su madurez sexual sin cambiar su morfología larvaria. Desde la época prehispánica el *Axolotl* (Monstruo del Agua), era apreciado como un alimento nutritivo y de buen sabor, era utilizado como terapéutico en enfermedades respiratorias como el asma y la bronquitis, los habitantes de esta zona realizan su captura por tradición, y en la actualidad se demanda en los acuarios comerciales como especie “rara.”

El ajolote tiene una gran importancia a nivel de investigación, ya que sirve como anfibio modelo en muchos de los procesos fisiológicos y morfológicos del grupo. También tiene muchos procesos hormonales que han sido estudiados ampliamente para explicar el proceso regenerativo tan particular que posee. En las listas de colonias de ajolote que existen en el mundo (Malacinski y Able, 1989) figuran nueve de ellas en diversas partes, pero ninguna en México siendo que es una especie endémica de nuestro país.

UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

El PEX se encuentra situado en la zona sureste del D.F. en la Delegación de Xochimilco, al pie de la sierra del Chichinautzin, entre los paralelos 19° 15' 00" y 19° 17' 20" de latitud Norte y el meridiano 99° 04' 00" de longitud Oeste, a una altitud de 2238 msnm. Colinda al Norte con el Periférico, al Este con el canal de Chalco, al sur con el canal del bordo y al Oeste con el canal de Cuemanco en la colonia Ciénaga Grande.

Tiene una extensión aproximada de 190 has.

El sur de la cuenca de México es una zona netamente lacustre, el Parque, topográficamente, hablando, se ubica en un área semiplana correspondiente a una enorme llanura aluvial y lacustre del antiguo vaso desecado. El clima que predomina, según la clasificación de Köppen, modificada por García es C(w1) (w), templado subhúmedo con un régimen de lluvias en verano, con una precipitación pluvial de 700 a 900 mm en promedio anual, con una temperatura media anual de 15.9° C, con heladas ocasionales.

Los suelos del Parque son profundos, bien desarrollados y maduros, en su mayoría son suelos orgánicos, ricos en nutrientes y afectados por el nivel freático que fluctúa en función de la época de lluvia o estiaje, antiguamente se encontraban sujetos a problemas por inundación. Por su alto contenido de materia orgánica y humus son suelos muy fértiles, presentan altas concentraciones de sales, lo que representa una limitante muy severa para su uso y manejo (Aguirre y Estevez, 1992.)

El Parque tiene una superficie de 190 has, 50 de ellas ocupadas por distintos cuerpos de agua, como son: lagos, canales y ciénagas, que sirven de nicho a diversas especies de plantas y animales residentes, además, son un refugio para las aves migratorias silvestres. Los cuerpos de agua son alimentados con agua tratada a nivel terciario, procedente de la planta de tratamiento del Cerro de la Estrella en Iztapalapa, agua que se utiliza en el riego de la cobertura vegetal. El PEX cuenta con un Laboratorio de Aguas y Suelos, donde se llevan a cabo el monitoreo y análisis constante de la calidad del agua, lo que permite la planeación de su uso y manejo.

OBJETIVO GENERAL

Preservación del Ajolote (*Ambystoma mexicanum*), mediante su reproducción en estanques de tipo intensivo y su posterior propagación y cuidado en los cuerpos de agua del Parque Ecológico de Xochimilco.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Diseño y construcción de un módulo específico, para la producción de ajolote.
- Reproducción de ajolotes en estanques de tipo intensivo, con la infraestructura

necesaria para realizar trabajos de investigación.

- Obtención del pie de cría mediante la captura directa en los canales de Xochimilco.
- Obtención de tablas de vida para las primeras etapas de crecimiento del ajolote.
- Obtención de ejemplares a partir del pie de cría para realizar una siembra, con el fin de recuperar la población de ajolotes en los cuerpos de agua del PEX.
- Realización de censos poblacionales antes, durante y después de la siembra en los cuerpos de agua del PEX, que evalúen los efectos de la misma.
- Implementar métodos y técnicas para el cultivo de ajolote como alternativa, para el aprovechamiento del recurso en la zona.

DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS Y RESULTADOS PARA CADA UNO DE ELLOS.

El presente informe pretende cubrir las actividades realizadas durante la primera fase del proyecto y cumplir con los compromisos adquiridos entre el Patronato del Parque Ecológico de Xochimilco A.C. y la CONABIO para la realización del mismo.

Para una mejor comprensión de las actividades realizadas a lo largo de la primera fase del proyecto se da una descripción de las mismas de acuerdo al calendario aprobado por la CONABIO, se muestran los resultados obtenidos para cada una de ellas. Se agregan además algunas actividades complementarias que se tuvieron que llevar a cabo para cumplir con los objetivos esperados. Se dan también los resultados generales y futuras perspectivas del proyecto.

OBTENCIÓN DEL PIE DE CRÍA. (PUNTO 1)

Colecta de ajolotes: se efectuó en los canales de la zona chinampera de Xochimilco, se utilizó el método de captura directa con tarralla, se capturaron un total de 50 ejemplares, en cinco canales de la zona: Tlilat, Texhuiloc, Apampilco, Trancatitla y Apatlaco, los resultados se expresan en tablas al final. Se consideró necesaria la cantidad de 36 ejemplares (24 machos y doce hembras) para utilizarlos como pie de cría, los restantes 14 se devolvieron el mismo día de su captura. En ninguno de los casos los ejemplares presentaron enfermedades aparentes en la piel (Tabla 1.)

Selección de reproductores: se hizo tomando en cuenta características cualitativas, como son las morfológicas, piel, ausencia de enfermedades visibles, vigor, y coloración. Los ejemplares fueron sexados, separados y se realizó la toma de datos merísticos (longitud

total, patrón, peso y en las hembras, además, anchura ventral). Las medidas tomadas fueron hechas con vernier y regla.

La longitud total fue tomada desde el extremo de la cola hasta el extremo de la cabeza, la longitud patrón desde el extremo de la cabeza hasta la cloaca y la anchura ventral se tomó en las hembras en la parte media del abdomen.

Adaptación al cautiverio: Se aislaron en peceras específicas, tratando de manipularlos lo menos posible, para evitar el estrés en los organismos. Los ejemplares fueron colocados, por sexos separados en peceras, bajo las siguientes condiciones: a) con agua tratada y agua del lago, en proporción de 1/1, b) una permanente oxigenación y c) temperatura de entre 13 y 20 °C. Se colocó planta acuática *Elodea* sp y se aplicaron tratamientos preventivos al agua para evitar enfermedades por bacterias u hongos, utilizando como reactivos químicos: tiosulfato de sodio, verde de malaquita, azul de metileno, carbonato de calcio y cloruro de sodio. Los ajolotes fueron alimentados con una dieta variada a base de charales y notonectas, ambos alimento autóctono de los canales, y alimento complementario como, artemia salina y tubifex, que son típicamente usados para organismos acuáticos en cautiverio. En la alimentación se propuso dar una dieta racionada en función del consumo aparente de los ajolotes y no a saciedad. En los últimos 4 meses se utilizó una solución compuesta, llamada HFR la cual es usada en diversas colonias de producción de ajolote.

ACONDICIONAMIENTO DE ACUARIOS (PUNTO 2)

Se adquirió todo el material y equipo necesarios: contenedores, redes, filtros, calefactores, cristalería, reactivos, etc. Se instaló la línea de aire con PVC, alimentada por un compresor. Se utilizó una superficie de 70 m² del edificio de mantenimiento, donde se instalaron cuatro anaqueles con capacidad para un total de cuarenta peceras, mesas, equipo de trabajo, y accesorios como tarja y un escurridor para el material de vidrio.

Para llevar un control en la nomenclatura y uniformidad en el muestreo, los acuarios se colocaron de acuerdo con su función, tamaño y volumen. Se cuenta con tres tamaños de pecera, con 20, 40 y 60 litros de capacidad.

Los trabajos de acondicionamiento y mantenimiento de las peceras de los reproductores (desove) y de las crías se realizaron continuamente y varió dependiendo de

las condiciones del agua, número de ejemplares, edad. Periódicamente se realizan cambios parciales de agua, en principio se hace el lavado de las peceras y sustrato, llenado con agua potable y adición de tiosulfato de sodio para contrarrestar y eliminar posibles intoxicaciones por cloro. Se coloca planta acuática de diferentes especies (*Ceratophyllum sp*, *Elodea densa* o *Cabomba sp*). Se mantiene la aireación y reposo para equilibrar la concentración de oxígeno, y la maduración de los filtros de placa. Puesto que el sistema de filtración es biológico requiere de un período de crecimiento de bacterias nitrificantes (nitrosomonas y nitrobacter), las cuales contrarrestan altas concentraciones de amonio y nitritos. También se adicionó verde de malaquita, azul de metileno y cloruro de sodio como tratamiento preventivo. En los últimos meses se utilizó en los acuarios una solución HFR, se observó que utilizando esta se disminuían las enfermedades y parásitos. La composición de esta solución es a base de sales de cloruro de potasio, cloruro de calcio, cloruro de sodio y sulfato de magnesio (Henning, 1996). Las concentraciones de los compuestos se detallan en el punto de tratamientos.

DESOVE Y ECLOSION EN LOS ACUARIOS (3)

Desove:

En cada acuario de reproductores, se colocó una hembra y dos machos para asegurar el apareamiento, ya que la hembra oviposita en la vegetación, se colocó planta acuática, también piedras lisas en los extremos de la pecera, que sirven como un sitio propio para que los machos puedan depositar sus espermatoforos y la hembra realice la fecundación de los huevos con mayor facilidad. Para estimular la reproducción del ajolote se tomaron las siguientes medidas:

Se manejan las condiciones físicas principales que inducen el apareamiento y desove, los parámetros de control son principalmente la disminución de la temperatura y el fotoperíodo (Duhon 1994.) (Fox 1984). Como alternativa final para inducir el desove se utilizó la inducción hormonal.

Primero se mantuvieron ajolotes del pie de cría separados por sexo con temperaturas promedio de 21 °C y fotoperíodo normal diario al menos durante una semana, posteriormente se juntaron en peceras en proporción de una hembra y dos machos, reduciendo la temperatura del agua entre 8 y 11 °C, dado que el abatimiento de la

temperatura es un factor condicionante que desencadena las respuestas reproductivas de la especie, este método fue el que dio mejores resultados. Se obtuvieron 12 desoves, todos ellos de forma natural. Las fecha de desove, cantidad de huevos y porcentaje de eclosión se muestran en la Tabla 2.

Durante los meses de mayo a septiembre la temperatura del agua de las peceras se mantuvo sobre los 16 °C, que no fue la adecuada para el desove habiendo una reducción de los mismos. Como estrategia se disminuyó la temperatura empleando hielo en algunos lotes, pero resultó difícil mantenerla estable por mucho tiempo. Para futuras etapas del proyecto se plantea usar enfriadores que permitan conseguir desoves durante esta temporada cálida del año, y no solo en los meses fríos.

Debido a que el manejo del fotoperíodo estimula la reproducción y el aislamiento total favorece el apareamiento sin perturbación, se experimentó con un lote de reproductores en oscuridad total. En los últimos meses se trabajó con algunos reproductores en condiciones de fotoperíodo diferentes, se utilizaron controladores eléctricos de tiempo (timers) para manejar el período de luz en cada pecera (12 horas de oscuridad por 12 horas de luz en un lote y 14 de oscuridad por 10 de luz en otro). A pesar de que algunos autores reportan exitoso el control del fotoperíodo, en el particular no se observaron resultados positivos con su aplicación. En consideración que no es un factor aislado, se deberá variar y combinar con condiciones óptimas de temperatura.

Inducción hormonal: En este punto existe controversia sobre el tratamiento a los machos, algunos autores mencionan que no se les debe estimular con hormona, otros que solo deben colocarse en agua fría, terceros señalan el usar la misma dosis que la aplicada en la hembra, (Duhon 1994) el criterio que se siguió fue este ultimo. En la Tabla 3, se observa que de seis parejas inducidas en el mes de junio, solo en cuatro se produjo el desove, en tres de los cuales los huevos depositados fueron infértiles, debido a que no hubo respuesta reproductiva del macho. Del desove fértil, los huevos obtenidos fueron en baja cantidad, las crías nacidas no fueron viables, ya que eran débiles y desde los primeros días se presentó una alta mortandad. En el mes de septiembre se experimentó nuevamente la inducción hormonal con un lote de trabajo de cuatro parejas, todos los desoves fueron infértiles. En general no se obtuvieron buenos resultados, por lo que será necesario adecuarlo al caso

particular.

Eclosión de los huevos:

En los acuarios de eclosión se utilizó agua potable, que es la de mejor calidad, en ella, no existe interferencia por sólidos, el agua se desclora, se mantiene una oxigenación permanente y una temperatura entre 18 y 20 °C, se agregó carbonato de calcio y cloruro de sodio, con el fin de elevar el pH y la concentración salina de la solución, para acercarse lo más posible a las condiciones naturales. Se aplicaron azul de metileno y verde de malaquita como tratamiento preventivo, para evitar infecciones por bacterias u hongos, la concentración de cada uno de estos reactivos se detalla en el punto de tratamientos.

En general la mayoría de los huevos obtenidos de forma natural eclosionaron, siendo el porcentaje de eclosión satisfactorio para los doce desoves obtenidos naturalmente, (Tabla 2) sin embargo, no se tuvo una medida exacta del porcentaje de huevos eclosionados ya que para hacer un conteo preciso era necesario sacarlos del agua y despegarlos de la planta lo cual los dañaba. La baja cantidad de desoves orilló al cuidado extremo de todas y cada una de las puestas por lo que se realizaron conteos estimativos de la cantidad de huevos desde fuera de la pecera, debido a que muchos de ellos quedan ocultos entre la planta los resultados obtenidos tienen un cierto margen de error. Se plantea para futuras etapas del proyecto el uso de métodos tendientes a eliminar la adhesión de los huevos, que permitan facilitar su manejo y por lo tanto el conteo.

ACTIVIDADES Y TRATAMIENTOS PARA LAS CRIAS.

Las peceras con crías se mantuvieron sin cambios durante los primeros días después de la eclosión, para evitar estrés y mortandad por inadaptación al medio, a partir de la segunda semana, se realizaron cambios parciales de agua, dependiendo de la calidad del agua y de la cantidad de individuos por pecera.

El principal problema enfrentado fue la elevada mortandad de las crías, durante la cuarta a sexta semana de crecimiento, período en el que se presenta una súbita enfermedad que los debilita y produce el adelgazamiento del cuerpo y un posterior curvamiento de la cola, la enfermedad se presenta repentinamente y en algunos días disminuye considerablemente el número de crías, el problema afectó a todos los lotes y en ocasiones terminó con todas las crías nacidas de un solo desove. Ejemplo de esta última condición fueron los lotes de las peceras B2, B9, B21 y B22 en los cuales la mortandad fue del 100 %, lo que se reflejó en las curvas de sobrevivencia. Para la detección de los agentes causales se hizo un análisis de organismos enfermos

por parte de micólogos de la FES-ZARAGOZA, los cuales reportaron que no se trataba de un problema fúngico. Se hizo una consulta vía correo electrónico con la investigadora Susana Duhon, directora del laboratorio de Investigación del *Ambystoma mexicanum* de la Universidad de Indiana, la cual notifico que es difícil determinar con precisión la causa sin estar familiarizado con el sistema de manejo, comento que las crías son muy vulnerables y que su tasa de sobrevivencia es muy baja. En análisis al microscopio se observaron protozoarios ectoparásitos en la piel del tipo de los Oodinoides los cuales atacan el sistema dérmico de los organismos debilitándolos y permitiendo el desarrollo de otras enfermedades

Se experimentó con lotes de individuos para probar diversos tratamientos y determinar el más adecuado para combatir enfermedades, algunos dieron buen resultado, otros parcialmente y otros elevaron la mortandad, no se encontró uno que fuera 100 % eficiente y viable en el proyecto. Debido a problemas con los antibióticos en los acuarios, se estableció un sistema de enfermería para el aislamiento de ajolotes enfermos, se aplicaron los tratamientos respectivos por períodos de tiempo definidos, esta técnica dio los mejores resultados en el control de enfermedades y disminución de la mortandad. Es necesario seguir experimentando con nuevas técnicas y métodos, mientras tanto se mantienen las condiciones de calidad del agua en rangos óptimos.

Dentro de las causas probables de mortandad, esta la posibilidad de la sobrepoblación en los acuarios, que además de causar estrés en las crías, pudo provocar el aumento de la concentración de amonio en el agua, originado por los productos de excreción de los individuos y del alimento muerto no consumido y degradado. La propuesta se deriva del hecho de que cuando la mortandad fue alta las concentraciones de amonio y nitritos se elevaron, estos datos no están reflejados en la toma de parámetros físicos y químicos realizados por la FES-Zaragoza ya que fueron tomados por un kit de amonio que se utilizó para mediciones "*in situ*".

Para la corrección de la densidad poblacional por acuario, se experimentó de la siguiente manera: los primeros desoves fueron separados en lotes de 200 individuos, pero se observó que llegada a cierta edad aumentaba la mortandad, se colocaron entonces en lotes de 100 organismos por pecera, aun así continuo la mortandad. Finalmente se trabajó con lotes de 30 individuos en peceras de 20 l y de 50 en las de 40 l. Se realizaron cambios parciales de agua, disminuyendo con esto la mortandad. También se observaron casos de canibalismo, en los juveniles de mas de 6 cm en los cuales las tallas eran dispares por lo

que se realizaron separaciones en las peceras con el fin de mantener el menor número de organismos juntos. Un ejemplo de este problema fue el caso en el que un solo ajolote llegó a matar 17 individuos.

En algunos casos se utilizó agua del lago filtrada por contener algas unicelulares que ayudan al establecimiento de un equilibrio biológico en las peceras, se observó que la mortandad disminuyó por el uso de esta agua, a pesar de no ser de la mejor calidad. Se decidió producir cultivos “limpios” en condiciones controladas procurando que fueran monoespecíficos de algas unicelulares clorofitas, para adicionarlos a las peceras, ya que según la literatura existe una relación directa entre la concentración de algas y la sobrevivencia de los juveniles.

En el mes de septiembre se comenzaron los trabajos de cultivos de algas monoespecíficas a partir de cepas obtenidas por el Biol. Salvador Hernández y siguiendo los métodos de escalamiento de recipientes. Este método consiste en colocar el inóculo en 100 ml de medio de cultivo y cuando se tiene cierta densidad máxima se lleva a un volumen de 250 ml el cual a su vez se coloca en 1.0 l y así sucesivamente pasando por volúmenes de 4, 10 y 16 l. Esto permite conocer la cantidad de biomasa producida por unidad de tiempo y realizar extrapolaciones para los cultivos de pulga de agua, y hacer predicciones en la producción de alimento vivo. La cepa trabajada, pertenece a la especie *Selenastrum capricornatum*. No se tienen resultados concretos sobre la influencia de las algas en la reducción de la mortandad de las crías ya que se empezaron a usar en el mes de junio en algunos lotes de trabajo, en este período no se han tenido nuevas crías. Sin embargo los cultivos de algas cumplen dos finalidades: como alimento de zooplancton y crear condiciones sinérgicas para el área del ajolote.

Se tomaron los datos merísticos de las crías durante su crecimiento, se propuso medir semanalmente una muestra de 30 organismos al azar sin extraerlos de la pecera, dada su vulnerabilidad al manejo hasta la edad de 5 semanas. Por efecto de la elevada mortandad en las primeras etapas de crecimiento, el tamaño de muestra se tuvo que ir reduciendo hasta finalmente medir los organismos que iban sobreviviendo en las etapas subsecuentes.

TRATAMIENTOS

Para prevenir y contrarrestar enfermedades en los ajolotes se usaron diversos reactivos y medicamentos, estos fueron:

Nitrato de plata en solución coloidal (fungistop) ampliamente utilizado en acuarofilia para contrarrestar enfermedades fúngicas, en particular para la saprolegniosis. No es recomendado para los ajolotes por lo cual se han utilizado dosis preventivas más bajas de las recomendadas (10 gotas para peceras de 40 l) y solo en casos extremos fortuitos de saprolegnia.

Verde de malaquita con formaldehído en solución acuosa. Medicamento ampliamente utilizado en acuarofilia para el tratamiento de parásitos externos de peces (protozoarios) y enfermedades fúngicas, no recomendado para ajolotes. Sin embargo, fue de los pocos medicamentos que dieron resultado en dosis preventivas en todos los lotes de trabajo. Formó parte de los reactivos utilizados para acondicionar los acuarios después de cambios totales de agua a razón de 10 gotas en 40 l de agua y como tratamiento preventivo a dosis de 3 gotas en 40 l dos veces por semana. Durante los últimos meses se restringió en cierto grado el uso de este reactivo utilizándolo únicamente una vez por semana y solo si era necesario. Esto se evaluaba con las condiciones externas del individuo, observándose que la piel no estuviera blanquica o cenicienta y que la aleta caudal se mantuviera en buenas condiciones, signos que indicaban la posible presencia de protozoarios externos. Se hacían análisis al microscopio de raspados de piel para detectar protozoarios ectoparásitos al menos una vez por semana en individuos muestreados al azar en las peceras.

Cloruro de sodio. Compuesto que ayuda en el tratamiento de parásitos externos. Se utiliza en el acondicionamiento de las peceras a razón de 0.75 g/l de agua. Se utilizó en el sistema de enfermería en la cual a los organismos se les mantenía de 2 a 5 min. en solución de cloruro de sodio al 2% y 2 a 5 min. en solución de 4 gotas por litro de verde de malaquita. Es conveniente señalar que los individuos debían estar en constante vigilancia y ante cualquier síntoma de hiperactividad eran retirados de la solución y devueltos a su pecera.

Solución Holtfreter stock. Solución de sales usada en diversas colonias para el cultivo de ajolote. Se comenzó a usar a partir del mes de julio en los acuarios de los juveniles como una medida de control de enfermedades y para mejorar las condiciones sanitarias. La mortandad disminuyó a partir del uso de esta solución y del empleo de sistemas de enfermería. Para su elaboración se utilizan los siguientes compuestos:

Solución Holtfreter's Stock al 400 % (HFR) según Henning (1996)

KCl	2.30 g
CaCl ₂	4.29 g
MgSO ₄	8.9 g
Na Cl	126.72 g

Para preparar la solución HFR se diluyen las cantidades anteriores en 8 litros de agua y con esta se

diluye en proporción 1:4 para obtenerla al 100 %, 1:8 para el 50 % y 1:20 para el 20 %.

Azul de metileno en solución acuosa al 5%. Medicamento ampliamente utilizado en acuarofilia para contrarrestar una gran cantidad de enfermedades, se utilizó como tratamiento preventivo y para el acondicionamiento de los acuarios después de un cambio total de agua, también en dosis pequeñas. Se empleó también en la desinfección de alimento obtenido por colecta en los canales.

Enrofloxacin: Antibiótico ampliamente utilizado en veterinaria para enfermedades bacterianas de diversos animales, sobre todo aves, entre los acuarófilos da buenos resultados con peces de ornato, se menciona en la bibliografía para el tratamiento de algunas enfermedades en ajolote. Se usó como alternativa para evitar enfermedades bacterianas y disminuir la mortandad, se aplicó una dosis de 0.025 ml de medicamento por litro de agua. Este medicamento causó una reacción negativa en los lotes de crías con 6 semanas de edad provocando en ellos una alta mortandad. El agua después de un día o dos era lechosa y se formó una capa viscosa de cristales, en el sustrato, superficie del agua y plantas, la mortandad fue debida probablemente al envenenamiento por amonio causado por la muerte de las bacterias nitrificantes presentes en el sustrato y que ayudan a mantener un equilibrio biológico del sistema. El alto contenido de amonio, fue revelado por análisis realizados con un kit de amonio-nitritos.

Formalina. Compuesto usado en la desinfección del alimento antes de ser suministrado a los ajolotes en concentración del 0.01% en el lavado de alimento por 30 segundos. Es utilizado en el tratamiento de protozoarios externos en la misma proporción en las peceras o a la concentración de 0.05% en baños de 1-3 minutos.

CONSTRUCCIÓN (PUNTO 4) ACONDICIONAMIENTO (PUNTO 5) Y MANTENIMIENTO DE LAS CONDICIONES (PUNTO 6) EN LOS ESTANQUES

Se seleccionó el sitio más adecuado en cuanto a la cercanía de la toma de agua, de los acuarios y del lago del ajolote, se definió el tipo de estanque, tomando en cuenta factores como: tiempo de construcción, condiciones de suelo, mano de obra y materiales. Finalmente se optó por adquirir cuatro estanques de fibra de vidrio por resultar estos de fácil instalación y reparación, en el diseño de los mismos se estableció la pendiente requerida para el fondo y la inclinación para las paredes, que para ambos casos fue del 5 %, se evitaron las esquinas que propician el desarrollo de agentes patógenos como hongos y bacterias, proponiéndose formas redondeadas.

El terreno destinado, en total es de 120 m² de superficie, fue nivelado con motoconformadora, limpiado de maleza, y en la base de los estanques se colocó una cama de tepetate y una cama de arena. Cada estanque tiene las siguientes medidas: 6.0 m de largo, 2.0 m de ancho y 0.8 m de profundidad, la red de alimentación de agua de los estanques es tubería de PVC de 2.0 y 1.0 pulgadas de diámetro, cada estanque tiene una llave de paso.

Después de la instalación, los estanques se llenaron y se procedió a realizar pruebas de calidad de agua que fueron enviadas a la FES-Zaragoza para su análisis. Se colocaron carpas y ajolotes en dos de ellos para probar los sistemas. En la primera semana de prueba el agua era de mala calidad y las carpas colocadas murieron por lo cual se contactó con la planta de tratamiento para reportar las anomalías. Posteriormente el agua llegó de una mejor calidad y fue entonces cuando se colocaron los ajolotes. En el mes de junio se presentaron nuevamente problemas con el agua y los ajolotes adultos colocados para realizar bioensayos de apareamiento y desove murieron por lo cual se planteó el uso de un filtro para evitar futuras pérdidas por malas condiciones de agua. La toma de datos no demostró anomalía en los parámetros determinados rutinariamente, se observó un color pardusco del agua en los estanques, por lo que se piensa que existió una descarga repentina de cloro o solventes. Se planteó realizar los análisis y determinación de cloruros para detectar el problema y poder evaluar posibles soluciones al mismo. En uno de los estanques se observó la sobresaturación de oxígeno y una alta concentración de amonio en el agua, causada por la eutrofización del sistema.

Los organismos en los estanques son muy vulnerables al ataque de depredadores como culebra de agua (*Tamnophis sp*) por lo que se fabricaron tapas de malla. Además se realizaron divisiones en dos de los estanques para poder mantener separados lotes de trabajo y facilitar el manejo.

En el proceso de acondicionamiento final, se llenaron los estanques, esperando tres semanas para la introducción de los organismos, esto con el fin de que la planta, las algas, y la concentración de nutrientes se estabilizara y evitar posibles pérdidas causadas por eutrofización del agua y por descargas de algún contaminante proveniente del agua del afluente. Tres estanques se han utilizado en la producción de pulga de agua, acócil y notonecta, así como en el restablecimiento de los ajolotes que desovaron en las peceras ya que se observó que mantenían una mejor salud si se les colocaba en los estanques a comparación de los que se tenían en contenedores plásticos.

En uno de los estanques se estableció un mesocosmos con la introducción de diversas poblaciones acuáticas procedentes de los sistemas lénticos del parque. Se consideraron diferentes niveles tróficos en el diseño del ecosistema artificial, se sembraron microalgas clorofíceas y macrófitas acuáticas *Ceratophyllum sp.* y *Elodea densa*, de los productores secundarios *Daphnia magna* y *Daphnia pulex* (Crustacea), de otros niveles tróficos superiores: *Notonecta* (Insecta), *Cambarellus sp* (Crustacea), y el ajolote *Ambystoma mexicanum*, especie de interés. Cabe señalar que el mesocosmos es una unidad experimental en donde se establece un ecosistema con características bióticas y ambientales

similares a las predominantes en el parque, de tal forma que se vea sometido a las condiciones propias de la zona. Este sistema además de propiciar un ambiente más adecuado para la recuperación de la población de ajolote adulto (pie de cría) una vez llevado a cabo el proceso reproductivo, permite evaluar la respuesta de los organismos a condiciones semicontroladas y a mediano plazo poder realizar bioensayos.

MUESTREO Y ANÁLISIS DE AGUA (PUNTO 7)

Se realizaron 14 muestreos de agua potable, agua tratada y agua del lago del ajolote, y de otros dos lagos del parque, las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Limnología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por dos prestadores de servicio social, se determinaron las concentraciones de amonio, fosfatos y coliformes totales, en campo se determinaron temperatura, oxígeno, pH, conductividad y sólidos disueltos totales.

Los parámetros determinados en el agua de las peceras fueron: temperatura, pH, sólidos disueltos totales, conductividad, oxígeno disuelto, y amonio. Las técnicas utilizadas para la determinación de los valores de los parámetros fueron:

Temperatura: método visual con termómetro

Oxígeno: Oxímetro, Mca YSI incorporated, Mod. 57 SN, Precisión 0.01 MG/L

Check mate: Mca. Corning Incorporated, Mod. 90, Precisión:

pH (7): ± 0.5 a 25 °C

Conductividad : 0.1 uS/cm

Sólidos Disueltos Totales: 0.01 mg/L

Amonio : Método del Fenato (APHA, 1995)

Fosfatos : Método del Fosfomolibdato

Coliformes totales: método del número más probable, dilución en tubo de ensaye.

INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS

A lo largo del proyecto se utilizaron tres tipos de agua: agua potable para las peceras de reproducción-desove-eclosión y desarrollo de las crías de ajolote, agua tratada procedente de la planta de tratamiento del cerro de la Estrella con la cual son alimentados

los estanques y cuerpos de agua del PEX y el agua de los lagos, destino final de la producción de ajolote.

Los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos de los afluentes, cuerpos de agua y los acuarios, se muestran en las tablas 8 y 9.

En general se observa que los tres tipos de agua están dentro del intervalo de concentraciones y niveles de parámetros físico químicos necesarios para el desarrollo del ajolote. El agua potable por ser la de mejor calidad, se eligió para ser utilizada en el proceso de producción en los acuarios, las trazas de cloro fueron eliminadas con una solución de tiosulfato de sodio. En los análisis de calidad de agua, no se encontró una variación importante a través del tiempo, como se muestra a través de los promedios y desviaciones estándares de los parámetros determinados, tales como: pH, amonio, fosfatos, sólidos disueltos totales, conductividad y coliformes totales, todos ellos por naturaleza, se encuentran dentro del rango permisible (Tabla 9). La componente iónica predominante de esta agua: bicarbonatos, calcio y magnesio, que establecen las características de alcalinidad y durezas intermedias, hacen más apta este tipo de agua para el cultivo de la especie.

El pH promedio tuvo un valor cercano a la neutralidad de 7.4, en los acuarios este parámetro se incrementó muy poco, por los procesos metabólicos de los microsystems tales como: productos de excreción nitrogenados y degradación de la materia orgánica de los remanentes de alimento utilizado, principalmente pulga de agua. A partir de julio el pH se incrementó hasta valores promedio de 7.9-8.2 por la utilización de la solución de sales HFR, este rango de pH es el ideal, según lo reportado por Verhoeff de Fremery et al (1989). Debido a que el agua potable es para el consumo humano, tampoco presenta problemas de coliformes totales, los cuales indican la presencia de bacterias de origen fecal o de protozoarios.

El agua de los cuerpos acuáticos, presenta condiciones físico-químicas aptas para el desarrollo de la especie, favorecidas por la influencia de procesos naturales de depuración tales como la aireación, insolación y temperatura. Así como por las características salinas del suelo, que provee un importante aporte de minerales al agua (Aguirre, 1995). Estas propiedades se reflejan en parámetros tales como pH, oxígeno, sólidos disueltos totales, conductividad, los cuales no ponen en riesgo el desarrollo del ajolote. Sin embargo, la concentración alta de nutrientes tipifica al lago como eutrófico (USEPA, 1993), estos se

caracterizan por la abundancia de algas clorofitas o cianofitas, estas últimas se ven favorecidas por la elevada concentración de fósforo (poner valor promedio). Las cianofitas en elevadas densidades producen serios problemas en los ecosistemas por la elevada producción de amonio, sobresaturación de oxígeno en las capas superficiales y subsaturación o anoxia hacia el fondo.

El pH encontrado para estos sistemas fue alcalino de 8.0-9.0, caracterizándose como cuerpos de agua bicarbonatadas a carbonatadas, y durezas permanentes de calcio y magnesio (Aguirre).

De acuerdo con los parámetros biológicos, los coliformes totales presentaron concentraciones intermedias (480 NMP/100 ml), lo que no implica un problema aparente para el ajolote. Sin embargo, se detectó la presencia de ectoparásitos (*Lernea* sp) los cuales tienen un efecto negativo para los vertebrados nectónicos y bentónicos.

El agua tratada directa del afluente, presenta algunas limitantes en su uso: una alta concentración de nutrientes, que provoca una eutrofización de los sistemas acuáticos (lagos y estanques) esta condición influye de manera negativa en el uso de esta agua en los estanques, ya que ocasiona una producción masiva de algas las cuales a través de la fotosíntesis elevan la concentración de oxígeno disuelto a niveles de sobresaturación, que en concentraciones mayores de 11.0 mg/l. puede ser letal para los ajolotes (enfermedad de la burbuja). Así mismo favorecen el desarrollo de cianofitas que incrementan la concentración de amonio que es altamente tóxico (Wetzel, 1985). Otro factor negativo son las repentinas descargas de aguas cloradas, ya que el cloro es usado en el tratamiento de aguas residuales, el cloro resulta tóxico y reacciona con la materia orgánica. Los valores de sólidos disueltos, conductividad y coliformes se encuentran dentro de los rangos permisibles según la Norma oficial mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en bienes y aguas nacionales (SEMARNAP 1997) (Tabla 10)

PRODUCCIÓN DE ALIMENTO (PUNTO 8)

Producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*): permitió a partir del mes de abril la alimentación de los ajolotes adultos, se alimentaron de una a dos veces a la semana con ellas y los demás días con notonecta.

Se adquirió el pie de cría (3.0 Kg) para su producción al proceso de composteo. Preparación del sustrato en este caso estiércol seco de rumiante, dándole las condiciones adecuadas de pH neutro, temperatura de 19 ° C, humedad relativa de aproximadamente el 90%. También se procuró el acondicionamiento del pie de cría para su adaptación al medio destino.

Se procedió a inseminar en tres contenedores de plástico de 120 litros de capacidad, se utilizaron alrededor de 50 Kg de estiércol y en cada contenedor se utilizó 1.0 Kg de lombriz. Después de la inseminación en contenedores se mantuvo la humedad con riego constante, se procuró mantener las condiciones mencionadas al sustrato y suficiente cantidad de alimento para la lombriz. Todo el proceso tardó 63 días teniendo un incremento del 200% de individuos en etapa adulta y de un 40% de huevecillos por lo que se procedió a la inseminación de tres cajas contenedoras más. Finalmente se mantienen 6 contenedores, con una población promedio de 1500 individuos por contenedor.

Producción de pulga (*Daphnia sp.*) y artemia (*Artemia salina*.): En el caso de la pulga de agua se mantuvo en trajineras inundadas que funcionan como grandes contenedores. En el mes de junio, se sembró en uno de los estanques utilizando agua tratada reposada durante 3 semanas en la cual se habían desarrollado una gran cantidad de algas. Una semana después de la inoculación, la pulga estaba lista para ser consumida por las crías.

La artemia salina, también se utilizó para alimentar a las crías hasta unas semanas después de nacidos. Para su producción se usan garrafones de 20 litros de capacidad, con una concentración de 30 g/l de sal. Estos se inoculan con quiste de artemia, los que eclosionan en una semana, para mantenerla es necesario que tenga una constante aireación, la artemia es alimentada con levadura de cerveza y harina de avena o de arroz.

Producción de acocil (*Cambarellus moctezumae*): se llevo a cabo la captura de acocil, para incluirlos en la dieta de ajolotes adultos y juveniles de talla superior a 10 cm se logró mantener por periodos de 3 a 8 semanas acociles en contenedores. Se utilizó agua potable mezclada con agua del lago en una proporción 1:1, aireación constantemente, se colocó planta acuática lavada y desinfectada de diferentes especies (*Eichornia crassipes* y *Ceratophyllum sp.*) También se sembró en uno de los estanques una población de acocil importante con el fin de restablecer los contenedores con acocil que servían de alimento

inmediato a los ajolotes. Los estanques fueron llenados con agua tratada dejándola reposar durante 3 semanas para su estabilización, en los dos casos mencionados el acocil se alimenta con pulga de agua.

Es importante señalar que se ha mantenido el cuidado de las condiciones sanitarias de los organismos utilizados como alimento ya que esta pudo haber sido la causante de la alta mortandad que se tuvo en las primeras etapas del proyecto, entre otras, por la introducción de parásitos. Se cultivó el alimento y aquel que se obtenía de la recolección se mantenía durante algunos días en cuarentena en agua potable con aireación constante y alguno de los reactivos usados para la desinfección del agua. Se experimentó con varios de estos últimos (azul de metileno, permanganato de potasio, nitrato de plata y formalina) pero no se encontraron diferencias significativas entre uno y otro en la mortandad de las crías. Así mismo antes de colocarlos en las peceras para ser consumidos se lavaban en una solución que contenía formalina en concentración baja para matar posibles protozoarios que afectaran a los ajolotes. Esto fue sugerido por Susan Duhon en comunicación por correo electrónico para el tratamiento de protozoarios y por el Biol. Salvador Hernández como tratamiento preventivo.

ALIMENTACIÓN:

Los adultos utilizados para pie de cría consumen aproximadamente 480 mg de notonecta diariamente o 500 mg de lombriz diario. Hasta ahora la lombriz ha sido poco aceptada por lo cual se les alimenta únicamente una o dos veces a la semana con ella pero se espera que cuando se acostumbren a este tipo de alimento sea su alimento principal como lo recomienda la literatura (Malacinski y Able, 1989) y no el complementario. Además la dieta de los adultos se enriquece utilizando acocil y charal.

Es difícil cuantificar la cantidad de alimento que consumen las crías, ya que es poco y contiene mucha agua, sin embargo, se hizo una estimación de la cantidad consumida por individuo, El alimento debe llegar a las crías, debido a que en las primeras etapas tiene poca movilidad, por lo que una mayor cantidad de alimento se les suministra, siendo secundario el número de ajolotes en la relación "Cantidad de alimento/individuo", el alimento no consumido se retira con redes finas para evitar posibles focos de infección o polución. Para las crías juveniles también es difícil realizar cuantificaciones de alimento pero no presentan tanto problema, ya que en esta etapa los juveniles buscan su alimento. Los datos de tipo y

cantidad de alimento consumido por edad se detallan en la Tabla 6.

Las crías son alimentadas con pulga de agua tamizada de pequeño tamaño y con nauplios de artemia a razón de 1.5 g de pulga diarios por pecera que correspondería aproximadamente a 3.8 mg por individuo. Además, se utiliza artemia a razón de 0.5 g de artemia diarios por pecera que correspondería aproximadamente a 1.2 mg por individuo.

Para los juveniles de 3 semanas en adelante se sigue utilizando pulga como alimento principal y la cantidad aproximada por individuo va desde 15 mg hasta 60 mg diarios dependiendo de la edad de los organismos. A partir de que los juveniles alcanzan los 5 cm de longitud (alrededor de los 80 días de edad) se les alimenta con notonecta y cada ajolote consume aproximadamente 120 mg diarios.

Cuando los juveniles alcanzan los 8 cm de longitud su alimento básicamente es la notonecta, ya que la pulga de agua es pequeña y es necesario dar grandes cantidades de ésta con los problemas sanitarios que esto puede ocasionar (incremento en la cantidad de sólidos suspendidos, muerte de la pulga que favorece focos de infección y aumento de las concentraciones de amonio). A esta edad se complementa su alimentación con pequeñas lombrices obtenidas del cultivo y con pequeños acociles. Ambos son bien aceptados por los juveniles los cuales son muy voraces y necesitan grandes cantidades de alimento ya que en esta etapa su crecimiento es muy rápido. La cantidad de alimento consumido puede compararse en la Tabla 6

CENSOS EN LOS CUERPOS DE AGUA DEL PEX (PUNTO 8.)

Se realizaron doce censos poblacionales en el lago del Ajolote, los censos fueron hechos (durante tres días consecutivos) con ayuda de tarrallas de diámetro de 1.0" de luz de malla, a bordo de una lancha de fibra de vidrio para cuatro personas, utilizando el método de cuantificación por cuadrantes (Krebs, 1982). En estos muestreos se capturaron solo seis ajolotes.

Se determinó la morfometría del lago del ajolote para conocer su superficie (6,600 m²), volumen (8580 m³), así como su profundidad media (1.30 m). En el mismo lago se llevó acabo una erradicación de carpa *Ciprinus carpio*, capturada con red agallera de 1.0" de luz de malla, a la fecha se han capturado 1390 carpas de una talla entre 10 y 15 centímetros y alrededor de 100 g de peso, estas carpas aun no son potencialmente

reproductoras. Se continúa con la erradicación-limpieza de carpa del lago, para tener listo el cuerpo de agua para una posterior siembra de ajolote, ya que la carpa es una especie exótica, que tiene un efecto negativo al depredar los huevos de las especies nativas. Se ha observado un saneamiento en las condiciones biológicas del lago con la limpieza de la carpa ya que las poblaciones de acosil y charal han aumentado considerablemente.

SIEMBRA DE LA PRIMERA COLONIA (PUNTO 9.)

Esta actividad que estaba programada para realizarse en el mes de septiembre no se llevó a cabo ya que el número de individuos obtenidos fue mucho menor al esperado. Por esta razón se consideró que los organismos que se tienen a la fecha sean conservados para establecer una colonia de ajolotes con pie de cría seleccionado del cual se tenga un seguimiento completo desde el nacimiento hasta la etapa adulta. La colonia constituirá un banco de genoma de la especie y de la cual con los conocimientos adquiridos a lo largo del proyecto permitirá realizar un manejo adecuado para lograr la repoblación.

Con los estanques listos, se planteó llevar a los juveniles con que se cuenta el proceso completo de desarrollo hasta la madurez y reproducción, para el establecimiento de una colonia con pie de cría seleccionado y obtenido desde la eclosión.

SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN (PUNTO 11) Y COMPILACIÓN DE DATOS POR PARÁMETRO DE ESTUDIO (PUNTO 12.)

Para el pie de cría, se llevó un registro de datos merísticos como son longitud total y patrón de los ejemplares, para el caso de las hembras se midió también la anchura ventral, con esta información se obtuvo la relación peso-longitud y factor de condición de los organismos reproductores diferenciados por sexos. Se incluyen dos tablas de obtención de pie de cría correspondientes a la primera colecta para la reproducción en condiciones naturales (Tabla 1) y otra para experimentar la inducción hormonal (Tabla 5)

Con los datos del conteo de oviposición, eclosión, tamaño, tipo de alimento y mortandad se elaboran tablas específicas, de sobrevivencia porcentual (ver Tablas S.1, S.2.... S.5), de sobrevivencia a través de las tablas de vida (Gráfico 7), tasas de crecimiento (ver Tablas C.1, C.2... C.5.), dietas (ver tabla 6), peso- longitud (ver Tabla 4) y tablas de vida (Tabla 7), las cuales dan mayor información del proceso productivo.

Se calculo el período y cantidad de alimento (dietas), durante todo el proceso de

crecimiento de los organismos, se incluyen los datos hasta la edad de los juveniles con que se cuenta.

Los análisis realizados se basan en la elaboración de gráficas que muestran la tendencia general de cada lote, la compilación de datos indica la tendencia general de la población, comparando los datos de los lotes. Se observa el tipo de tendencia (lineal, potencial, exponencial, etc.) que siguen los datos y se obtiene la fórmula de esta función, se incluyen los valores de r , el índice de correlación y los datos con cualquiera de estos comportamientos. Se muestran las gráficas al final del informe y es importante señalar que los modelos y ecuaciones que se proponen pueden cambiar conforme vayan creciendo los organismos ya que los obtenidos hasta ahora revelan tendencias lineales y potenciales que no son las normales para los organismos.

En términos generales el crecimiento para las etapas tempranas de desarrollo de los ajolotes (crías y juveniles) fue menor en 2 cm promedio con respecto al tiempo según lo reportado por Verhoeff de Fremery et al (1989) para el cultivo de la especie en condiciones similares, esto pudo deberse a que los lotes de ajolote son de poblaciones seleccionadas (los ejemplares adultos utilizados por ellos miden entre 25 y 30 cm de longitud). En cambio con las que se trabajó a lo largo del proyecto están en un proceso inicial de selección, al provenir de un pie de cría de condiciones naturales (Tablas C1, C2... C5). Asimismo, la densidad de carga fue un factor determinante en el crecimiento, proponiendo los siguientes requerimientos de espacio para el mejor desarrollo de las crías:

Edad aproximada	Superficie promedio por individuo (cm)	Profundidad requerida por individuo (cm)
2 semanas	10	3
5-6 semanas	40	5
7 semanas	100	10
3 meses	250	15
6 meses	500	25

7 meses	600	25
18 meses en adelante	500	25

Espacio requerido para el crecimiento del ajolote (temperatura de 18 a 20° C). Copiado de The UFAW Handbook on the care and management of laboratory animals. pp 763.

El crecimiento en longitud tuvo una tendencia general hacia la linealidad o exponencialidad (Gráficas C.1, C.2....C.5.), modelos validados estadísticamente a través de los altos coeficientes de correlación, los cuales fueron significativos ($p < 0.05$). Las desviaciones de los datos al modelo y los aparentes decrementos respondieron a las dificultades intrínsecas de muestreo comentadas anteriormente y a la densidad de carga por edad, sobretudo durante los períodos críticos de mortandad (entre 20 y 50 días de edad). Para la obtención de los modelos de crecimiento de la especie, será necesario que los ajolotes alcancen la talla de adultos y se establezca la etapa asintótica.

Los valores menores a 3 de pendiente de la relación peso-longitud de los ajolotes en las primeras etapas de desarrollo, definieron un crecimiento de tipo alométrico negativo, que se caracteriza por un incremento mayor en longitud que en peso (Gráfica 4).

Las tablas de vida fueron elaboradas, (Tabla 7) obteniéndose para el lote a5 (que era el que tenía un mayor número de organismos), los valores correspondientes a:

x = Edad (días)

N_x = Número de sobrevivientes al tiempo x (# de individuos)

dx = Número de individuos que mueren entre las edades $x-1$ y x

q_x = Probabilidad de morir entre $x-1$ y x

l_x = proporción de sobrevivientes a la edad x

L_x = Media de la probabilidad de sobrevivencia entre dos edades sucesivas

T_x = Número total de días que quedan de vida a los sobrevivientes que han alcanzado la edad x

e_x = Esperanza de vida (expresado en las unidades de tiempo en que viene expresada la edad x)

A partir de los datos l_x y x (proporción de sobrevivientes a la edad x y edad, respectivamente) se elaboró la curva de sobrevivencia (Gráfico 7) observándose una curva

tipo 4, la cual esta caracterizada para poblaciones con una alta mortandad en las primeras etapas de vida, que posteriormente se estabiliza quedando para las siguientes etapas casi el mismo número de individuos. Esta curva a su vez se observa para poblaciones con estrategias de reproducción tipo “r” muy común en organismos como peces, anfibios y algunos reptiles.

Cabe señalar que los valores de número de días que quedan de vida a los sobrevivientes que han alcanzado la edad x (T_x) y la esperanza de vida (ex) son valores que deben calcularse para la edad máxima a la que llegan los individuos y por falta de estos datos se calcularon para la edad máxima obtenida a la fecha, por lo cual son valores que no reflejan la realidad y que se podrán obtener únicamente hasta que un ciclo de vida se complete. Este es el mismo caso para los valores de fertilidad.

Las curvas de sobrevivencia porcentual que se incluyen, reflejan igualmente que las obtenidas a través de las tablas de vida, una tendencia a altas mortandades entre los 20 y 40 días de edad las cuales corresponderían a curvas de sobrevivencia tipo 4. Después del período de mortandad la sobrevivencia aproximada es del 10 % la cual va bajando poco a poco hasta llegar a valores que oscilan entre el 3 % y el 0.5 % a la edad de 200 días. Con los conocimientos adquiridos a lo largo del proyecto se espera abatir la mortalidad del ajolote y obtener un mayor porcentaje de sobrevivencia para futuras poblaciones.

ASESORIA EXTERNA (PUNTO 14)

El trabajo de asesoría externa se dió a través de la comunicación permanente con los participantes del proyecto, con visitas semanales al Parque, en donde se usó una metodología científica, ajustándose al plan de trabajo aprobado por la CONABIO. El Biol. Salvador Hernández Avilés asesor del proyecto, visitó una vez por semana el PEX, para estar al tanto del avance del trabajo. Durante las reuniones semanales los comentarios y sugerencias aportadas por el Biol. Hernández, se discutieron en equipo se integraron al trabajo técnico del proyecto.

Complementariamente a esta asesoría, se tuvo contacto vía correo electrónico con la

directora y editora de la Axolotl Newsletter, Susan Duhon, de la Universidad de Indiana U.S.A, quien respondió gustosamente (se anexan algunos de los correos electrónicos respondidos) además donó una compilación completa de la revista Axolotl Newsletter la cual sirvió para consultar muchos de los problemas surgidos. En algunos casos fue necesario adecuar las sugerencias técnicas de Susan y lo consultado en otras bibliografías al proyecto, ya que las condiciones de trabajo son diferentes a las de ellos.

CONCLUSIONES.

A continuación se describen las conclusiones principales de esta fase del proyecto en función de los objetivos planteados.

1- Se diseño y construyó un módulo para la producción de ajolotes, el cual consistió:

a) 10 peceras de 60 litros de capacidad utilizadas para el proceso adaptativo de los organismos utilizados como pie de cría, así como para su reproducción (proceso de cortejo, fecundación, desove y eclosión).

b) 20 peceras de 40 litros para el desarrollo de los ajolotes en sus diferentes etapas de crecimiento (alevines, crías y juveniles).

c) 10 peceras de 10 litros para el crecimiento de juveniles, también fueron empleadas para hacer pruebas de tratamientos contra enfermedades.

d) Contenedores de plástico de 4 litros para el sistema de enfermería, entendidos como sitios donde se practicaron los tratamientos preventivos y curativos de los ajolotes en desarrollo.

e) Contenedores de plástico de 120 litros como sitio para la selección del pie de cría y su recuperación después del proceso reproductivo. Este tipo de recipientes, además, sirvieron para la producción y almacenamiento de alimento vivo tal como: lombriz de tierra californiana (*Eisenia foetida*), para la reproducción de acociles (*Cambarellus moctezumae*), selección de pulga de agua procedente de los cuerpos de los sistemas acuáticos de la zona.

f) Cuatro estanques de fibra de vidrio de 9 m³, dos de los cuales se emplearon para la producción masiva de clorofíceas (*Clorella* sp.) y cladóceros (*Daphnia* sp.) y los

otros dos para el establecimiento de mesocosmos con la finalidad de recuperar y mantener el pie de cría.

La batería de peceras contaba con el siguiente equipo básico:

- a) Red de aireación permanente alimentada con un compresor.
- b) Sistema de calefacción para las etapas de crecimiento del ajolote.
- c) Sistema de iluminación controlada para las peceras de reproducción.

El sistema de estanquería estaba equipado con:

- a) Una red de abastecimiento de agua tratada.
- b) Mallas de protección y separación.

2- En cuanto a la reproducción de ajolotes en estanques de tipo intensivo, actualmente se cuenta con la infraestructura necesaria para tal fin, una vez que se conocen los elementos técnicos para cada una de las etapas de su ciclo de vida. Se tiene como punto de partida mesocosmos, que son unidades experimentales en las que se establecen ecosistemas con características bióticas y ambientales similares a las predominantes en el parque, de tal forma que este organismo se vea sometido a condiciones similares al medio natural en donde se desarrolla esta población endémica.

3- Para la obtención del pie de cría se contó con la experiencia empírica del personal de campo, que al conocer los hábitos y sitios de desarrollo de esta especie en condiciones naturales, se favoreció que los especímenes capturados cumplieran de manera satisfactoria los requerimientos necesarios para llevar a cabo la reproducción de la especie en condiciones controladas.

Cabe destacar, que los organismos empleados como pie de cría tuvieron un período de adaptación al cautiverio de 45 días, continuando éste por 45 días más, una vez que fueron colocados machos y hembras para que se llevara a cabo el proceso reproductivo, el cual fue satisfactorio después de este tiempo al darse el desove, con un elevado porcentaje de eclosión, para la mayoría de los casos.

4- Se elaboraron tablas de vida y fecundidad para las primeras etapas de crecimiento del ajolote, resaltando:

- a) El porcentaje de eclosión promedio fue del 83%.
- b) En la etapa de alevinaje la sobrevivencia fue cercana al 100%.
- c) Entre la tercera y sexta semana las crías presentan un punto crítico de mortandad provocado principalmente por protozoarios que atacan el sistema dérmico de la especie, aunado a la presencia de patógenos fúngicos y bacterianos, quedando tan solo con vida un 10% de la población total por cohorte.
- d) Después de este período la mortalidad disminuye gradualmente, hasta llegar del 3% al 0.5% de sobrevivencia por lote a los 200 días de edad. Los organismos que actualmente han alcanzado esta edad, se tienen en condiciones de salud y crecimiento adecuadas, constituyendo la colonia producida en cautiverio como base del banco de genoma de la especie al provenir de diferentes reproductores, para etapas posteriores del proyecto.
- e) La curva de sobrevivencia es del tipo 4, caracterizada por una elevada mortandad en las primeras etapas de vida de los organismos, que son típicas de anfibios y de organismos con estrategia reproductiva tipo "r".
- f) Es fundamental dar una continuidad al desarrollo de los individuos de cada cohorte, hasta completar su ciclo de vida, para obtener parámetros tales como los días que quedan de vida a los organismos (Tx), la esperanza de vida (ex) y el índice de fertilidad como un estimador de la adecuación de la especie.

5- La obtención de ejemplares a partir del pie de cría para realizar una siembra con la finalidad de recuperar la población de ajolotes de los cuerpos de agua del Parque Ecológico de Xochimilco, será factible en etapas posteriores de este proyecto debido a que en esta fase se logró establecer una colonia con ajolotes producidos en cautiverio, así como conocer con precisión los factores involucrados para el desarrollo de la especie en condiciones controladas. Asimismo, durante toda esta etapa se han estado eliminado las carpas (*Cyprinus carpio*) introducidas en los cuerpos de agua del parque y que son depredadores de huevecillos, alevines y crías de ajolote.

6- Se implementaron métodos y técnicas para el cultivo de ajolote como alternativa, para el aprovechamiento del recurso en la zona de las cuales se enlistan de forma general, las más sobresalientes a continuación:

- a) Obtención de pie de cría. Se llevo a cabo por captura directa con tarralla en los canales de la zona chinampera de Xochimilco. Se revisa que los individuos sean adultos y que no tengan enfermedades visibles o parásitos externos en la piel, se observa su color, robustez, vigor etc. Los organismos se sexan pesan, miden y se colocan en contenedores plásticos con una mezcla de agua potable y agua en que se encontraron para su adaptación al cautiverio.
- b) Preparación de los acuarios de reproducción. Se realizó utilizando peceras de 60 litros las cuales se llenaron con agua potable, se utilizo para su acondicionamiento: filtro de plataforma, grava, piedras lisas y planta acuática de diferentes especies. El agua fue tratada con diversos reactivos como: tiosulfato de sodio y azul de metileno. La temperatura del agua debe mantenerse de 9° a 15° C. La aireación se debe mantener constante durante las 24 hrs del día. Una vez preparadas las peceras se colocan los reproductores a razón de dos machos por hembra.
- c) Desove y eclosión de los huevos. Después de un período de adaptación de los reproductores a las condiciones de las peceras se produce el cortejo, fecundación y desove. La hembra tarda entre 18 y 30 hrs en depositar todos los huevos por lo cual no debe sacarse antes de este tiempo. Una vez finalizado el desove se retiran los padres y se aumenta la temperatura del agua de 18° a 20° C. Después de 10 a 13 días los huevos eclosionan y es necesario retirar los desechos que queden de los huevos para evitar focos de desarrollo de enfermedades.
- d) Para el desarrollo de las crías se utilizan diferentes tipos de pecera dependiendo de la edad tamaño y número de organismos por pecera. Se mantienen a una temperatura entre los 18 y 20 °C, alimentándolos según su edad con artemia, pulga de agua, notonecta, acocil y/o lombriz de tierra.
- e) Para la producción de alimento es necesario el uso de diversos tipos de contenedores. Para el caso particular de lombriz de tierra se coloca el pie de cría en un contenedor plástico que contenga estiércol. Se mantiene la tierra húmeda y aproximadamente en 6 semanas se comienza a cosechar. La artemia se cultiva en contenedores de 20 litros a los que se les agrega agua con sal marina a una concentración de 30 gr./l. A partir del tercer día de ser inoculada la mezcla con quistes de artemia se puede comenzar a cosechar. El cultivo de acocil se realiza en estanques, los cuales después de ser llenados

con agua tratada y haber dejado reposar el agua durante tres semanas en las cuales se desarrollaran algas clorofíceas, se equilibra el ciclo del oxígeno y se evapora el cloro que pudiera contener el agua, se siembran con acocil de diferentes tallas. Se alimentan con pulga de agua que se siembra en el estanque una semana antes que los acociles.

- f) Complementariamente a las acciones de producción de alimento es necesario que se realicen cultivos de algas que servirán tanto como alimento de la pulga de agua como para el acondicionamiento de las peceras de crías. Para producir estos cultivos se disuelven los siguientes compuestos en agua: sulfato de amonio y nitrato de potasio en concentración de 1gr/l. se inocula con 10 ml/l de agua del lago y aproximadamente en dos semanas se puede utilizar para acondicionar las peceras de las crías a razón de 25 ml/l de agua de la pecera o para alimentar los cultivos de pulga de agua. En el caso del agua tratada utilizada en los estanques la concentración de nutrientes presentes en esta hace innecesario la adición de compuestos adicionales siendo necesario únicamente inocular con la cepa de interés.
- g) Para la prevención y tratamiento de enfermedades se observó que el uso de solución Holdfeter para el desarrollo de las crías reducía la mortandad y ayudaba en la prevención de enfermedades. Para el tratamiento de protozoarios ectoparásitos (que fue el que causó mayor número de muertes de las crías a lo largo del proyecto) se observa que el mejor método de control se logró a través de los sistemas de enfermería los cuales consistían en realizar baños periódicos de las crías en soluciones de sal y verde de malaquita y/o formalina

Se realizaron censos poblacionales de ajolote en el lago donde se realizará la primera siembra, encontrando solamente unos cuantos ejemplares adultos, los cuales presentaban un fuerte ectoparasitismo por *Lernea* sp. , especie introducida a México junto con las carpas asiáticas. Para la erradicación de este parásito se considera pertinente hacer un control biológico en alguna de las etapas de su ciclo de vida. Los ajolotes fueron curados y depositados en otro cuerpo acuático del Parque.

Finalmente, se hizo un seguimiento de la calidad de agua de los sistemas lacustres del parque, destacando una elevada eutrofización, al ser estos alimentados por aguas tratadas procedentes de la Planta del Cerro de la Estrella. La restauración ecológica de los sistemas lénticos del Parque Ecológico dependerá de un programa integral que considere el mejoramiento de la calidad del agua, erradicación de las especies exóticas,

introducción de especies nativas como el caso del ajolote y finalmente el restablecimiento de un equilibrio ecológico.

CALENDARIO DE ACTIVIDADES (PROGRAMA DE TRABAJO)

No	Actividad	M E S											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Obtención de pie de Cría	*	*										
2	Acondicionamiento de Acuarios.	*	*										
3	Desove y Eclósión en Acuarios			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4	Construcción de Estanques	*	*	*									
5	Acondicionamiento de Estanques				*	*							
6	Mantenimiento de las condiciones en estanques				*	*	*	*	*	*	*	*	*
7	Muestreo y análisis de agua		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
8	Producción de Alimento	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
8	Censos en los Cuerpos De Agua del PEX	*								*	*	*	*
9	Siembra de la primera Colonia										*	*	*
10	Seguimiento del proceso de producción	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
11	Compilación de datos por Parámetro de estudio			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
12	Análisis estadístico de datos por parámetro				*				*				*
13	Asesoría externa	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
14	Informes y Avances (base de datos) para CONABIO				*				*				*
13	Informe final y base de datos para la CONABIO												*

NOTAS

* Se refiere a la actividad propuesta para el mes en cuestión para el calendario de actividades.

Se refiere a la actividad cumplida en la práctica para el mes en cuestión

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, J. y Esteves, J. 1992. Estudio edafológico detallado en el Parque Ecológico de Xochimilco. PPEX. México.
- Aguirre, J. L. Alvizo, G. G. Ensastigue, L. J. 1995. La calidad del agua del Parque Ecológico de Xochimilco, un estudio de la variación estacional. Memorias del Segundo Seminario Internacional de Investigadores de Xochimilco. PPEX AC. México.
- APHA, WWA, WPFC, 1995, Standard Methods for the examination of water and wastewater, USA (métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales, 19a Edición EUA), 1234 p.
- Armstrong, J. y Malacinski G. Duhon, S. Raising the axolotl in captivity Armstrong, J. y Malacinski G. 1989. Developmental biology of the axolotl. Oxford University Press Inc. USA.
- Armstrong, J. y Malacinski G. 1989. Developmental biology of the axolotl. Oxford University Press Inc. USA.
- Arredondo F.J. L, 1986, Piscicultura, Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de calidad del agua, en estanques de piscicultura intensiva. Secretaria de pesca, 1986, 182P.
- Bardach J. 1986. Acuicultura: crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT. Mexico. 741 pp.
- Duhon, S. 1994. Short guide to axolotl husbandry. Indiana University Axolotl Colony Press. USA.
- Fox, W. 1984. Factors influencing axolotl spawning at Developmental Biology Center University California, Irvine. Axolotl Newsletter 13: 26-27 pp. USA
- García E., 1981, Modificación al Sistema de Clasificación de Koppen, para adaptarlo a las condiciones de la República mexicana, 3a edición, Ofset Larios, México, 252p.
- Gordon m. Fair, Jhon Ch Geyer, 1988, Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, Limusa, México.
- Harper, D., 1992, Eutrophication of Freshwaters, Chapman and Hall, Great Britain, 1985, 70p.
- Henning, A. 1996. Corwin Lab Axolotl Protocols. Axolotl Newsletter 25: 18-20 pp. Indiana. USA.
- Krebs. 1982. Ecología: Fundamentos y principios. Edt. Limusa. México. 971 pp.
- Margalef, R., 1983. Limnología, Omega S.A., Barcelona España, 1001p.

- Meade, J. W. , 1985, Allowable ammonia for fishculture, prog. Fish-cult. 47: 135-145.
- Rabinovich. J, 1978, Ecología de poblaciones y animales, Programa regional de desarrollo científico y tecnológico, organización de estados americanos, USA. 114p.
- Salgado-Ugarte I.H, 1992, El análisis exploratorio de datos biológicos, fundamentos y aplicaciones , FES-ZARAGOZA, UNAM, Ediciones Marc, 243p.
- SEMARNAP, 6 de enero de 1997, Norma oficial mexicana, que establece los limites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en bienes y aguas nacionales, Diario oficial de Nación.
- Tebbtt, T. 19993, Fundamentos de control de la calidad del agua, Editorial Limusa, México, 239p.
- Wetzel, 1985. Limnologia. De. Saunders, USA.743p.
- Wheaton F. 1982. Acuicultura: Diseño y construccion de sistemas. AGT. México 703 pp.

Relación de figuras del proyecto Conservación del ajolote (*Ambystoma mexicanum*) mediante su cultivo y siembra en el parque ecológico de Xochimilco

- Figura 1 Huevos de ajolote en peceras pegados en el cable del calentador
- Figura 2 Cría de ajolote de 3 semanas de edad
- Figura 3 Cría de ajolote de 12 semanas de edad
- Figura 4 Toma de parámetros físico químicos
- Figura 5 Vista general de los estanques contruidos en el PEX
- figura 6 Vista de uno de los estanque en el que se estableció un mesocosmos. (Se observa la separación de malla)
- Figura 7 Vista de uno de los estanques de cría de pulga (Se observa la separación de malla)
- Figura 8 Detalle de la toma de agua individual de cada estanque
- Figura 9 Vista del lago del ajolote donde se llevará a cabo la repoblación





