

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AUTONOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE BIOLOGIA
LABORATORIO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Proyecto:

**PLAN DE REDUCCIÓN DE POBLACIONES DE ESPECIES EXÓTICAS
ACUÁTICAS EN LOS CANALES DE XOCHIMILCO.**

Informe final de labores

Dr. Luis Zambrano González
Biól. Guadalupe López Santiago.
Dra. Ana Cecilia Espinosa García
M. en C. Pilar Islas Macias
Dra. Marisa Mazari Hiriart
Mtro. Alejandro von Bertrab Tamm



GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
Delegación Xochimilco



DELEGACIÓN
XOCHIMILCO



ÍNDICE GENERAL

Resumen	1
Introducción	3
Talleres de planeación	8
Pláticas informativas a diferentes comunidades de Xochimilco	17
Presentación del proyecto a los medios de comunicación	20
Equipamiento	23
Extracción de peces	24
Beneficios adicionales	40
Análisis microbiológico de agua y tejido de peces	41
Análisis de metales pesados de músculo y vísceras de peces	52
Estado financiero	56
Futuro del programa	56
Anexo 1: Fotografías	A1
Anexo 2: Folleto “La vida en los canales de Xochimilco”	A2

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sitios para realizar la pesca	15
Tabla 2: Relación de las capturas realizadas de peces exóticos en los canales de Xochimilco, por pescadores ambos grupos de pescadores	29
Tabla 3: Parámetros medidos en agua de cada sitio de muestreo	45
Tabla 4: Promedio de las concentraciones de formas de nitrógeno y fósforo determinadas en muestras de agua	46
Tabla 5: Resultados de los análisis de metales pesados en músculo de peces (mg/kg)	54
Tabla 6: Resultados de los análisis de metales pesados en vísceras de peces (mg/kg)	55
Tabla 7: Egresos del proyecto	56

ÍNDICE DE MAPAS Y FIGURAS

Mapa 1. Regionalización de los canales de Xochimilco	28
---	----

Figura 1. Número de tilapias colectadas durante toda la primera fase del proyecto, por los dos grupos de pescadores	31
Figura 2. Peso total de tilapias capturadas durante la primera fase del proyecto, por los dos grupos de pescadores	31
Figura 3. Promedio de tallas de tilapias extraídas por los dos grupos de pescadores	32
Figura 4. Número de carpas extraídas de los canales de Xochimilco durante el proyecto	33
Figura 5. Peso total de carpas capturadas por los dos grupos de pescadores	34
Figura 6. Promedio de la talla capturada de carpas en los canales de Xochimilco, por los dos grupos	35
Figura 7. Peso total de tilapias, colectado en los canales de Xochimilco, por los pescadores de la Santísima	36
Figura 8. Peso total de tilapias extraídas por Grupo Independiente	36
Figura 9. Peso total promedio de tilapias colectado por la Santísima	37
Figura 10. Promedio del peso total de tilapias extraído por el Grupo Independiente	38
Figura 11. Peso total de carpa colectado por la Santísima	39
Figura 12. Peso total de carpa obtenido por el Grupo Independiente	39
Figura 13. Coliformes y Enterococos fecales (UFC/100mL) detectadas en agua del sistema de canales de Xochimilco por el método de filtración a través de membrana	47
Figura 14. Coliformes fecales detectados en branquia (UFC/g) por medio de placas Petrifilm	48
Figura 15. Coliformes fecales detectados en músculo (UFC/g) por medio de placas Petrifilm	48
Figura 16. Concentración de Enterobacterias detectadas (UFC/g) en branquia por medio de placas Petrifilm	49
Figura 17. Concentración de Enterobacterias detectadas (UFC/g) en músculos por medio de placas Petrifilm	50
Figura 18. Diagrama de integración de la reducción de especies exóticas con el desarrollo sustentable	58

RESUMEN

El objetivo principal del Plan de Reducción de Poblaciones de Especies Exóticas Acuáticas en los Canales de Xochimilco es comenzar con la restauración de los ecosistemas acuáticos de Xochimilco mediante la disminución de poblaciones (número total y densidad) de especies acuáticas exóticas –principalmente carpas y tilapias- que habitan en los canales de Xochimilco. Ello, debido a que la introducción de estas especies ha generado la paulatina degradación de los ecosistemas acuáticos. Las especies exóticas pueden competir con las especies nativas por los recursos, pero además pueden reducir la calidad del sistema. En el caso de Xochimilco, pueden aumentar la cantidad de turbidez en el agua, así como aumentar la tasa de erosión de las chinampas. Para lograr este objetivo fue necesario realizar una serie de actividades paralelas que abarcaron desde la planeación de actividades, análisis de contaminantes en agua y peces, hasta la aceptación del proyecto por parte de la población local por medio de actividades de difusión. Dentro del proyecto se realizaron las siguientes actividades:

- ❖ *Cinco talleres de planeación* con los pescadores participantes.
- ❖ *Plan de difusión* que incluyó un tríptico sobre la importancia de las especies endémicas, además de pláticas en cada barrio para explicar los objetivos y alcances del proyecto.
- ❖ *Presentación* del proyecto a medios de comunicación.
- ❖ *Estudio de pesquerías de especies exóticas y pesca intensiva* para identificar tamaños y densidades y comenzar con la restauración ecológica.
- ❖ *Análisis microbiológico de agua y tejido de peces.*
- ❖ *Análisis de metales pesados en músculo y vísceras de peces.*

Los resultados más importantes fueron los siguientes:

- ❖ Buena recepción de los talleres de planeación por parte de los pescadores.
- ❖ Se dio a conocer el proyecto a una buena parte de la población de Xochimilco a través del plan de difusión. En particular la historieta ilustrada que se repartió durante las pláticas en los barrios tuvo muy buena recepción.
- ❖ Difusión del proyecto a nivel nacional por medio de prensa y televisión.
- ❖ Extracción de 29,155 kilogramos de especies exóticas (carpas y tilapias), equivalente a 248,379 individuos.
- ❖ Sobreexplotación de las pesquerías, evidenciado en la reducción en las tallas promedio de especies entre 3 y 6 cm.
- ❖ Los niveles bacteriológicos en músculo y branquia de peces rebasan el límite máximo permisible establecido por la NOM-003-ECOL-1997. Sin embargo, si se toman las precauciones necesarias no hay peligro para el consumo humano. Las precauciones están relacionadas con la preparación del pez. Por lo tanto, es necesario informar a la población que lave el pescado perfectamente, no consumirlo crudo ni en ceviches, sino muy bien cosido y que las branquias siempre sean desechadas.
- ❖ Altas concentraciones de ortofosfatos en el agua. Esto sugiere un alto aporte de fosfatos que pueden provenir de detergentes y/o fertilizantes de uso agrícola.
- ❖ Sí hay metales pesados en músculo de peces, pero no rebasan los límites permisibles establecidos por la NOM-003-ECOL-1997; sin embargo en las vísceras (hígado, corazón, branquias) sí se rebasan estos límites. Es necesario advertir a la población de que no consuma las vísceras de pescado, mientras que el músculo del pescado es apto para consumirse.

INTRODUCCIÓN

Los canales de Xochimilco encierran una gran riqueza natural con valor económico, cultural y científico, además de los servicios ambientales que proveen a la Ciudad de México. Las chinampas, aguas y especies endémicas de Xochimilco están siendo afectadas por la falta de ordenamiento del crecimiento urbano, la contaminación por desechos sólidos y líquidos, y por la promoción de proyectos pesqueros poco sustentables de otras décadas –como la introducción de carpa y tilapia-, entre otras causas.

Los efectos de la introducción de especies exóticas en un sistema pueden ser peligrosos. Si bien los proyectos de introducción de la carpa (*Cyprinus carpio*, *Pterorigodon idella*) y la tilapia (*Oreochromis mossambicus* y *Tilapia nilotica*) tenían como objetivo brindar alternativas productivas para los habitantes de la zona, el resultado de dichos proyectos no ha sido el esperado. La introducción de especies exóticas de poco valor comercial ha resultado en la degradación del hábitat y la reducción de la renta derivada de la pesca.

Como actividad productiva, la pesca en Xochimilco se realiza por aproximadamente 80 personas, de las cuales solamente 10 la realizan diariamente, otras 20 de manera periódica y los 50 restantes de manera esporádica. La renta derivada de esta actividad está sumamente deprimida, ya que apenas alcanza precios entre \$2.50/kg y \$5.00/kg, según la época del año. Ello resulta en una ganancia bruta de \$25 a \$50 por cada 10 kilos de pescado comerciable –es decir, de una talla de aproximadamente 18 cm- que un pescador habilidoso extrae en aproximadamente una a dos jornadas. Además, el pescado proveniente de los canales de Xochimilco presenta altos grados de contaminación por bacterias y parásitos, por lo que únicamente se puede consumir si se cuece completamente. La baja calidad del pescado resulta en una depresión más aguda del precio.

Dadas estas circunstancias, la pesca de carpa y tilapia ha dejado de ser una actividad redituable para los pescadores de la zona, por lo que el pescado se utiliza predominantemente para el autoconsumo –siempre y cuando se le dé la cocción debida

—y una pequeña proporción para la comercialización. Además de no presentar una alternativa productiva rentable, los efectos de las especies exóticas en los ecosistemas de Xochimilco son agudos; sobre este tema se abunda a continuación.

Los efectos que las especies exóticas generan sobre el ecosistema se pueden manifestar mucho tiempo después de haber realizado la introducción. En Xochimilco, los efectos de las carpas y tilapias en el sistema se están detectando casi 10 años después de su última introducción. Pero los efectos que una especie exótica puede hacer dentro de un sistema durarán el tiempo que la especie sobreviva ahí, que por lo general es para siempre. Por todo lo anterior, las introducciones de las especies exóticas pueden ser tan peligrosas y agresivas como el arrojar contaminantes o sobreexplotar a los bosques.

El primer indicio documentado del efecto de la introducción de carpas fue en 1929 en unos lagos del centro de los Estados Unidos. En este estudio se explica como una gran cantidad de carpas habían logrado desplazar a todas las especies de peces nativas, y enturbiado el agua. Después de este estudio se han realizado investigaciones en Europa (en particular, Noruega, Dinamarca, Reino Unido, Holanda, España y Hungría) donde se han detectado los grandes problemas que poblaciones de carpas han generado en sus lagos, entre los cuales se encuentran incremento de turbidez, aumento de erosión en las orillas y reducción de especies nativas. Como respuesta diversos grupos y los gobiernos de estos países están generando acciones de erradicación de esta especie de sus lagos. En Australia cuentan ya con un programa de erradicación de carpas de sus lagos, puesto que están acabando con su diversidad. Finalmente en México ya se cuentan con estudios en sistemas del altiplano mexicano donde se demuestra que la carpa es capaz de reducir las poblaciones nativas de peces pequeños y de ajolotes. Por su parte la tilapia es un pez que tiene un rango de distribución un poco más restringida a países mas tropicales, por lo tanto, la documentación de sus efectos es menos amplia, pero sugiere que genera grandes problemas en la diversidad de los sitios donde es introducida.

Las carpas afectan el sistema debido a sus hábitos alimentarios. Las carpas son bentívoras, que quiere decir que consumen organismos que viven en el fondo del lago. Puesto que no son muy selectivas, las carpas emplean mucho tiempo en forrajear en el fondo hasta encontrar la comida suficiente. Esto genera una constante resuspensión del fondo hacia el agua, lo que la vuelve más turbia y la enriquece de nutrientes. Esto permite la proliferación de algas flotantes o de lirio. En el caso de Xochimilco, debido a que la

mayor cantidad de alimento en el sedimento se encuentra en las orillas de las chinampas, las carpas prefieren forrajear en estos sitios, por lo que la mayor cantidad de erosión se concentra en las paredes de las chinampas. Al aumentar la turbidez también se reduce la posibilidad de establecimiento de las plantas que son fundamentales para reducir la erosión de orillas generado por el oleaje ocasionado por las trajineras.

La forma en la que las tilapias afectan al ecosistema es más fácil de comprender. Las tilapias son omnívoras y por lo tanto, son capaces de comer todo tipo de larvas de insectos y larvas de peces o de anfibios (como ranas y ajolotes). Por lo tanto, las tilapias reducen la diversidad de la región de manera más directa, a través de su alimentación. Además, las tilapias buscan sitios someros y blandos para hacer sus nidos. Algunas hacen nidos de alrededor de 20 cm de largo, que puede llegar a afectar un área de 80 cm² y con un volumen de 660 cm³. Los nidos que hacen estos organismos también pueden estar afectando la erosión de las paredes de los lagos.

Los efectos de las carpas de las tilapias son notorios cuando las densidades de las poblaciones de ambas especies llegan a ser altas. En un estudio realizado recientemente por el Instituto de Biología de la UNAM en Xochimilco, se detectó que había 80 veces más biomasa de carpas y tilapias que de todas las especies nativas juntas. Estas densidades las lograron las especies exóticas en alrededor de una década.

Por otra parte, el crecimiento drástico de las poblaciones de las especies exóticas en Xochimilco sugiere que el sistema puede colapsarse en un momento determinado y generar muertes masivas de peces exóticos. Es por lo tanto fundamental controlar a estas poblaciones de peces antes de que Xochimilco cambie drásticamente sus condiciones y afecte también a las pocas poblaciones de especies nativas que todavía resisten los embates de las multitudinarias poblaciones de carpas y tilapias.

El Plan de reducción de carpa y tilapia de la Delegación Xochimilco

Debido a este grave problema el Instituto de Biología de la UNAM, la Delegación Xochimilco y grupos de pescadores de Xochimilco se han dado a la tarea de la recuperación de la salud de los ecosistemas mediante la reducción de especies exóticas, dentro de un esquema integral de conservación y desarrollo. Mediante el presente proyecto, el Plan de Reducción de Poblaciones de Especies Exóticas Acuáticas en los Canales de Xochimilco, se realizaron las siguientes labores:

- ❖ *Cinco talleres de planeación* con los pescadores participantes.
- ❖ *Plan de difusión* que incluyó un tríptico sobre la importancia de las especies endémicas, además de pláticas en cada barrio para explicar los objetivos y alcances del proyecto.
- ❖ *Presentación* del proyecto a medios de comunicación.
- ❖ *Estudio de pesquerías de especies exóticas y pesca intensiva* para identificar tamaños y densidades y comenzar con la restauración ecológica.
- ❖ *Análisis microbiológico de agua y tejido de peces.*
- ❖ *Análisis de metales pesados en músculo y vísceras de peces.*

El objetivo principal del estudio de pesquerías y la pesca intensiva ha sido reducir el número total de especies exóticas. Con esto, se pretende aminorar el impacto sobre los ecosistemas locales. Además la reducción de densidades de carpas y tilapias permitiría que los organismos alcancen un tamaño promedio mayor, y por lo tanto, sean comerciables. La pesca se ha realizado por 20 pescadores divididos en dos grupos de los 80 que se dedican a esta actividad en los canales de Xochimilco.

El plan de difusión y los talleres con los pescadores tuvieron como objetivo la sensibilización de la población local sobre la problemática ambiental de la zona. Además, planear las acciones de restauración necesarias –en este caso, la pesca intensiva- de manera consensuada. Los elementos tratados incluyeron el tipo de arte de pesca a utilizar, la manera de registrar la información, así como los horarios de trabajo.

Los análisis bacteriológicos y de metales pesados se realizaron para tener parámetros claros en cuanto a los riesgos de salud del consumo de carpas y tilapias. También se utilizaron para contar con información actual de los grados de contaminación en el agua y las especies exóticas, lo que permitirá contar con información para estudios comparativos tanto en el pasado como en el futuro.

A continuación se describen detalladamente las actividades realizadas.

TALLERES DE PLANEACIÓN

Se llevaron acabo cinco talleres en el salón de cabildos en la Delegación de Xochimilco. Durante los talleres hubo intercambio de información sobre el ecosistema acuático de Xochimilco, los efectos de las especies introducidas y su uso potencial. Estos talleres fueron impartidos por integrantes del Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología, UNAM. Se contó con la participación de dos grupos de pescadores del Barrio La Santísima y de la ONG "Michmani" (posteriormente llamado Grupo Independiente).

Durante los talleres se resaltó la importancia del proyecto y se procuró generar el consenso junto con los pescadores de la importancia de la participación conjunta para un buen funcionamiento a corto, mediano y largo plazos del proyecto de reducción de especies exóticas. Los temas que se abordaron en cada uno de los talleres fueron:

1. *Plan de reducción de poblaciones de especies exóticas acuáticas en los Canales de Xochimilco.* Se dieron a conocer las partes que integran este proyecto, las razones de la puesta en marcha del mismo, además del intercambio de conocimiento entre los pescadores para conocer experiencias con especies exóticas.
2. *Especies acuáticas invasoras.* Se abordó la biología básica de las especies invasoras como la tilapia y la carpa, así como la problemática que enfrentan los sistemas acuáticos una vez que estas especies se establecen.
3. *Acuicultura.* Se discutieron las ventajas desventajas de la acuicultura tanto intensiva como extensiva.
4. *Artes de pesca.* Consintió en unificar criterios para elaboración de artes de pesca para el proyecto.
5. *Selección de sitios de pesca.* Con base al mapa de los canales de Xochimilco se discutió la posibilidad de muestreo en cada uno de los canales que propuestos por los pescadores para la disminución de especies invasoras.

Los resultados obtenidos durante estos talleres fueron satisfactorios, ya que se logró la participación activa de los integrantes, y hubo una retroalimentación activa en cada uno de los talleres. Los pescadores detectaron limitaciones físicas del proyecto y comprendieron las razones para realizar este tipo de proyectos. También se discutieron

los alcances a mediano y largo plazo, y la importancia de contar con la participación de los pescadores, pobladores de Xochimilco y académicos.

Fechas

Los talleres se llevaron a cabo los meses de mayo y junio de 2004, con una duración de dos horas una vez por semana.

Lugar y participantes de los talleres

Todos los talleres se llevaron a cabo en el salón de cabildos de la Delegación de Xochimilco.

Los talleres se impartieron por el Dr. Luis Zambrano, Biól. Guadalupe López, Biól. Elsa Valiente y M en C. Teodiceldo Camargo, estudiante de biología Alma Itzel Marín y estudiante de biología Eduardo Bustamante, todos integrantes del Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología, UNAM.

Por parte de los pescadores, participaron integrantes de los grupos La Santísima y Grupo Independiente. De La Santísima participaron: Roberto Altamirano Hernández, Daniel Cortes Vallaruel, Gerardo Flores Varo, Heriberto Laurel Eslaba, Jaime Castillo Cortes, Daniel Cortes Membrillo, Abundio Díaz Cortes, Ricardo Eslava Sandoval, Raúl Peredo Castillo y Juan Del Monte Zavala. Del Grupo Independiente participaron: Esther Rodríguez Rojas, Marlem Rodríguez Rojas, Carlos Arturo Zavala Rojas, Martín Cabrera Lechuga, Ricardo Rodríguez Rojas, Fernando Coquis Juárez, América Castro Peñalosa, Ana Laura Gómez Ávila, Laura Ávila Ibarra y David Rodríguez Sandoval.

Descripción detallada de los talleres

1. Plan de reducción de poblaciones de especies exóticas acuáticas en los Canales de Xochimilco

Este taller consistió predominantemente en sensibilizar a los pescadores sobre los efectos de las especies exóticas sobre los ecosistemas. Se generó la definición de especies exóticas como aquellas especies que habitan en lugares donde no son originarias –es decir, que no han evolucionado en el lugar- y su presencia se debe a que el ser humano las introduce. Se informó que esta actividad es peligrosa, puesto que en muchas ocasiones la introducción se hace de buena fe sin comprender las

consecuencias. En Xochimilco las carpas y las tilapias fueron introducidas durante las últimas tres décadas con fines de mejoramiento del paisaje (el caso de la carpa Koi) y para generar alternativas productivas rentables basadas en la acuicultura (tilapia). Sin embargo, como se describe con mayor detalle en la introducción de este informe, las diversas introducciones han generado una aguda problemática ecológica, además de no haberse traducido en los beneficios económicos esperados. Ahora es necesario solucionar este problema antes de que sea demasiado tarde.

Para comprender el efecto negativo en el sistema fue necesario abundar sobre algunos aspectos conductuales de las carpas y tilapias. Se explicó que las carpas son peces bentívoros, es decir se alimentan de organismos que viven en el fondo del lago. Cuando se alimentan emplean mucho tiempo para encontrar comida suficiente, lo que ocasiona que el agua se vuelva más turbia y se enriquezca de nutrientes, por lo que permite la proliferación de algas y malezas. Esto puede provocar que se tapen los canales y que se reduzcan las plantas sumergidas, que funcionan como refugio, zonas de alimento y reproducción de los peces nativos y ajolotes.

Las tilapias son omnívoras, es decir comen todo tipo de larvas de insectos, de peces y/o de anfibios (como ranas y ajolotes); además al buscar sitios someros para hacer sus nidos afectan las paredes de los lagos y chinampas, por efecto de erosión. Todo esto puede provocar la disminución de la densidad de organismos nativos en la zona, así como el deslave de las chinampas, con la consecuente caída de árboles y, a la larga, reducción del área de tierra firme, situación que pone en riesgo el sistema de chinampas de Xochimilco, considerado patrimonio mundial.

Los pescadores mencionaron que ellos ha visto muchas chinampas deslavadas y con hoyos grandes lo que ha provocado la caída de árboles. Ellos mismos consideran a las tilapias como las más dañinas para los canales y recalcaron que ya no encuentran tanta variedad de peces de buen tamaño como antes. También hicieron hincapié en que la turbidez del agua ha aumentado. En lugares donde anteriormente se podía ver el fondo de los canales, en la actualidad la turbidez del agua impide la visibilidad.

Se concluyó que este taller fue exitoso, ya que se pudo cumplir con el objetivo, además que se contó con buena aceptación de los pescadores.

2. Especies acuáticas invasoras

Durante este taller se discutió lo que se entiende por especie y sus necesidades. Se concluyó que una especie es un grupo de organismos que, por su función reproductiva, están aislados de otros organismos. Aquellas especies que son exclusivas de un lugar se les llama endémicas. Por otro lado, los organismos buscan los lugares físicos ideales donde vivir y la forma como se adaptan a ellos condiciona su sobrevivencia. Existen factores físicos y biológicos que limitan su permanencia en ciertos lugares, como por ejemplo la temperatura, el oxígeno y la luz, el tipo de alimentación, los depredadores, las enfermedades y los competidores (es decir, especies que rivalizan por las mismas condiciones).

También se abordaron los diversos factores que contribuyen a la destrucción del hábitat. Entre ellos se encuentra la introducción de especies no nativas. Se definió a las especies introducidas como aquellos organismos que fueron introducidos en un sistema donde no evolucionaron. Los sistemas pueden encontrarse dentro de un mismo país o continente, o bien de áreas biogeográficas muy distantes. Por lo general, la introducción de especies exóticas acuáticas presentan características de adaptación muy particulares como por ejemplo, adaptación a condiciones de mucha turbidez y poco oxígeno, resistencia a cambios importantes de temperatura y posibilidad de alimentarse prácticamente de lo que encuentren: plantas, insectos, caracoles, peces y anfibios.

Las vías de introducción son muy diversas. Destacan el fomento de la acuicultura, la liberación accidental, como alimento para otras especies, con fines de pesca deportiva, como válvula de escape del exceso de producción de peces ornato y como control de plagas, entre otros. Como se discutió en el taller, los costos ecológicos de las introducciones son muy altos.

Los pescadores argumentaron que la carpa y tilapia eran nativas de los canales de Xochimilco porque desde el tiempo de sus abuelos han estado ahí, aunque en menores cantidades, pero al final reflexionaron y se convencieron que se trataba de especies introducidas. Algunos pescadores mencionaron que alrededor de los años setenta el gobierno introdujo especies exóticas en Xochimilco y que no sabían lo que estaban haciendo.

3. Acuicultura

Se discutieron las ventajas y desventajas de la acuicultura tanto intensiva como extensiva. Se abundó sobre la relación producción/esfuerzo y sobre los sistemas de producción, la importancia de una buena alimentación en todas las fases de crecimiento de los peces –desde alevines hasta adultos- y sobre la necesidad de tener un manejo adecuado de la reproducción para contar con mayores beneficios. También se discutieron las complicaciones de controlar los factores de sanidad y patología. También se hizo énfasis en considerar los parámetros físicos como la temperatura necesaria para regular la tasa de crecimiento y la reproducción de los organismos, la disponibilidad del oxígeno que puede ser controlado.

Los pescadores discutieron que este sistema de producción conlleva muchos esfuerzos y controles. Si no está bien planeado, los costos pueden ser mucho mayores a los beneficios. Estos sistemas también implican un alto grado de organización y compromiso por parte de los participantes, ya que algún descuido en el cuidado de los peces puede resultar en altos costos.

4. Artes de pesca

En este taller se dieron opiniones sobre los diferentes tipos de artes de pesca a utilizar en el proyecto de acuerdo a las condiciones de los canales de Xochimilco. Primero se discutió sobre la planeación de la pesca y las delimitaciones de las zonas de pesca. Entonces surgió la decisión de tener redes pasivas y activas para este proyecto, y se discutió sobre el material (monofilamento o polifilamento) más adecuado para las redes en cuanto a resistencia, flexibilidad y costos.

En cuanto a las artes de pesca se discutió sobre las redes agalleras, las trampas y el chinchorro. En cuanto a las redes agalleras -redes rectangulares que se fijan en los extremos y cuando los peces cruzan se atorán de las agallas- se revisaron las características para determinar si funcionarían en Xochimilco. Se concluyó que esta red no funcionaría en el sitio, ya que hay que revisarla muy seguido para que los peces atrapados no espanten a los demás al tratar de liberarse. Las revisiones de las redes también causarían que los peces se alejen. Además, el área en donde se colocarían sería muy pequeña debido a que los canales son angostos.

Otro arte de pesca que se analizó fueron las trampas que son construcciones rígidas de tela de alambre, con una entrada en forma de embudo, y con carnada en el fondo. Se fijan en el fondo con la entrada en dirección contraria a la corriente de agua, y se les coloca una boya para saber su ubicación. Se llegó a la conclusión que este arte pesca tampoco funcionaría en Xochimilco por cuestiones de robo y además, como se trata de un proyecto de pesca intensiva, con las trampas no se pueden atrapar suficientes organismos

El último arte de pesca que se discutió fue el chinchorro: una red de encierro con cuerdas en los extremos para recuperarla. En la parte superior de la red se colocan los flotadores y en el inferior los plomos para que dentro de la columna de agua la red se mantenga abierta. La manera de operarla es extender la red en semicírculo, y cerrarla al mismo tiempo. Se discutió sobre la utilización de esta red.

Con base en la reflexión de artes de pesca se diseñó una red especial que conjunta la agallera y el chinchorro. Esta red cuenta con una cama a la cual se le denominó “calcetín”. El calcetín se ajusta de acuerdo a las dimensiones de los canales donde se realizan las colectas y cuenta con una cama para evitar que se escapen los organismos por debajo. El manejo de esta red consiste en abrirla a lo ancho en el canal, sujetarla en los extremos y arrear a los bancos de peces golpeando la superficie del agua con tubos y con la ayuda de perros nadadores. Una vez que los peces están dentro del calcetín, se levanta y se extrae el pescado. Todos quedaron satisfechos con esta arte de pesca.

5. Selección de sitios de pesca

Los pescadores, con ayuda de un mapa de los canales de Xochimilco, discutieron los sitios donde han observado más bancos de peces y su posibilidad de muestreo. Se obtuvo una lista base por medio de la cual se fijaron rutas diarias de extracción de peces. La lista consensuada se presenta a continuación.

Tabla 1: Sitios para realizar la pesca

Canales	Problemática
Laguna de Caltongo	Permiso del medio ambiente
Santísima	Ningún problema
Laguna del Toro	Ningún problema
Canal de Apatlaco	Sin problema
Canal Sn. Diego (castillo)	Ningún problema
Canal de la Virgen	Ningún problema
Canal de Texhuilo	Ningún problema
Apampilco	Ningún problema
Laguna Japón	Mucho lirio
Bordo grande	Ningún problema
Tlitlac	Ningún problema
Infiernito	Con permiso
Laguna de la Asunción	Con permiso
Nativitas	Con permiso
Canal Nacional (Santísima)	Ningún problema
Santa Cruz	Con permiso y alto grado de contaminación
Xaltocan	Con permiso
Paso del águila	Ningún problema
Parque Ecológico	No se muestrea
San Gregorio	No se muestrea

Se discutió la inquietud de muestrear el Parque Ecológico y San Gregorio y se concluyó que por el momento no se entrará a estos lugares. El trámite para los canales en donde haya que pedir permiso se realizará vía la delegación. También se abordó la necesidad de contar con credenciales para los pescadores participantes a forma de evitar problemas con la policía ribereña.

CONCLUSIONES GENERALES DE LOS TALLERES

Se contó con buena participación de los pescadores en todos los talleres. Sin embargo el Grupo Independiente no asistió al taller de artes de pesca, aunque luego se les informó de la idea de la red. Se cumplieron todos los objetivos y hubo un buen intercambio de información que dio pie a modificaciones de la estrategia a seguir para llevar a cabo este proyecto. Los pescadores salieron convencidos que su participación es importante y el éxito del programa dependerá en gran medida de su compromiso.

PLÁTICAS INFORMATIVAS A DIFERENTES COMUNIDADES DE XOCHIMILCO.

RESUMEN

Como parte del proyecto, se realizaron pláticas informativas a diferentes comunidades de Xochimilco con el objetivo de informar a los pobladores sobre la problemática que presenta los canales de Xochimilco a raíz de la introducción de especies exóticas. Además se aprovechó la oportunidad para que el personal del Instituto de Biología de la UNAM, que está trabajando en el proyecto, se presentara ante los pobladores

Estas pláticas fueron impartidas por el responsable del proyecto, personal del Laboratorio de Restauración Ecológica, el Director General del Medio Ambiente y Desarrollo Rural de la Delegación Xochimilco y personal de la Delegación.

La información se transmitió a través de pláticas sencillas con una duración cada una de 15 a 20 min. Como apoyo a las pláticas se diseñó un póster con explicaciones ilustradas sobre el proyecto. Se fomentó el intercambio con la población a través de sesiones de preguntas y respuestas. Se realizó un folleto (ver Anexo 2) que aborda la problemática de las especies exóticas de manera ligera e ilustrativa. Éste se repartió a todo el público participante en las comunidades visitadas.

Los resultados de esta actividad fueron satisfactorios; se contó con la participación en promedio de 20 personas por comunidad y siempre hubo preguntas sobre el programa. Al parecer, los asistentes salían con una idea del porqué del proyecto y encontraban respuestas a sus dudas. Durante las pláticas se repartieron alrededor de 1,500 trípticos.

Fechas

Las pláticas se llevaron a finales de junio del 2004.

Objetivo

Involucrar a los pobladores de Xochimilco es parte importante para que el desempeño de este proyecto tenga resultados satisfactorios a mediano y largo plazos. Por tal razón, se informó a la comunidad sobre el proyecto de reducción de especies exóticas con la finalidad de informar y conocer sus inquietudes al respecto.

Es importante que la comunidad reconozca al personal que va ser este trabajo para evitar cualquier problema, por ello todos los involucrados pertenecientes al Laboratorio de Restauración Ecológica participaron en estas charlas.

Ubicación y participantes

Estas pláticas fueron coordinadas por la Dirección de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de la Delegación Xochimilco. Se contó con una mesa para los ponentes, sonido y sillas. Se citó a la gente mediante propaganda y altavoces. Las plazuelas donde se realizaron las charlas fueron: La Santísima, Asunción, Tlacoapan, San Juan, Caltongo, San Diego y Xaltocan.

Por parte del Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología asistieron: Dr. Luis Zambrano, Biól. Guadalupe López, Biól. Elsa Valiente, M. en C. Daniel García, M. en C. Teodiceldo Camargo, Pas. de Biól. Sandra Martínez, Pas. De Biól. Victoria Contreras, estudiante de Biól. Alma Itzel Marín y estudiante de Biól. Eduardo Bustamante. Por parte de la Delegación participaron: Prof. Avelino Méndez, Director de Medio Ambiente y Desarrollo Rural, prestadores de servicio social y colaboradores de Difusión Social.

Descripción de las pláticas

Durante las pláticas, se enfatizó la definición de especies exóticas como aquellas que habitan en lugares donde no evolucionaron y por lo tanto, no son originarias. Su presencia se debe a que el ser humano las introduce. Se reflexionó sobre las consecuencias negativas de la introducción de carpas y tilapias en los canales de Xochimilco, como la remoción del sustrato, lo que ocasiona que se enturbie el agua, y provoca que no pase la luz, situación que favorece el crecimiento de plantas que tapan los canales, además de contribuir al deslave de las chinampas. También pueden ser depredadoras de huevos y juveniles de especies nativas (organismos que son originarios de la zona, como el ajolote y charal en el caso de Xochimilco). Se resaltó que la introducción de cualquier especie, aunque sea de buena fe, puede causar problemas muy graves.

También se resumió cada parte de este proyecto. Se comentó que desde octubre del año pasado se les han impartido talleres a los pescadores participantes (de La Santísima y Grupo Independiente). En cuanto a la extracción masiva de carpas y tilapias, quedó claro

que los organismos de tallas comerciables serían vendidos o consumidos por los propios pescadores. Se explicó que para procesar los peces de tallas pequeñas se había realizado un convenio con una fábrica que elabora harinas en la Central de Abasto. También se expuso que los peces iban a ser sometidos a análisis bacteriológicos, agua y metales pesados para conocer si existen riesgos en el consumo de pescado. Por último se mencionó que este proyecto iba a generar proyectos de investigación como publicaciones, tesis y reportes. La información resultante iba a estar disponible en la Delegación o con los pescadores participantes.

Resultados

Se contó con buena participación de los pobladores de cada sitio. Las sesiones de preguntas y respuestas fueron de alrededor de una hora y cuarto. Como reflejo del buen resultado de estas pláticas se pudo notar que los pobladores identificaban al grupo de trabajo cuando transitaban los canales. La aceptación del tríptico fue buena y algunos pobladores, profesores de escuelas locales, se acercaron a pedir más ejemplares para repartir entre sus alumnos. Se concluyó que es importante acercarse a la comunidad si se desean buenos resultados en este tipo de proyectos.

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO A LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN

Resumen

Durante la primera etapa de ejecución del proyecto se realizaron presentaciones donde se dio a conocer el Plan de Reducción de Poblaciones de Especies de Peces Exóticos de los Canales de Xochimilco a diferentes medios de comunicación (prensa escrita, radio y televisión). Se brindó información general sobre datos técnicos y financieros del proyecto, así como de avances. En algunas entrevistas se efectuaron demostraciones del arte de pesca.

En estas actividades participaron el Jefe Delegacional, el Director General del Medio Ambiente de la Delegación, el responsable del proyecto por parte del Instituto de Biología, UNAM, la responsable del enlace con los pescadores del Instituto de Biología y los dos grupos de pescadores (La Santísima y Grupo Independiente).

En cuanto a la prensa escrita, los resultados fueron muy satisfactorios. Se publicaron 6 artículos en periódicos de divulgación nacional -El Universal, Reforma, La Jornada- y uno local -Tu Voz-. También Televisa y Televisión Azteca informaron sobre el programa a través de cápsulas en sus noticieros. El Canal 11 dedicó un capítulo del programa “In Vitro” a la problemática de Xochimilco.

Fechas

La primera presentación a los medios fue en mayo de 2004 cuando apenas se había arrancado el proyecto. A partir de allí se llevaron de manera esporádica hasta finales de agosto.

Objetivo

La finalidad de las presentaciones a los medios de comunicación fue el de dar a conocer lo que se está haciendo en Xochimilco con fines de restauración y conservación de sus canales.

Participantes

Para la presentación a los medios participaron Lic. Faustino Soto (Jefe Delegacional), Prof. Avelino Méndez Rangel (Director General del Medio Ambiente), Dr. Luis Zambrano González (responsable del proyecto, investigador del Instituto de Biología, UNAM), Biól. Guadalupe López Santiago (responsable del enlace de los pescadores del Instituto de Biología), M. en C. Ana Cecilia Espinosa García (responsable del análisis de muestras), Mtro. Alejandro von Bertrab (responsable de aspectos sociales del proyecto del Instituto de Biología), pescadores del grupo de La Santísima (Roberto Altamirano, Daniel Cortés, Jaime Castillo, Abundio Díaz, Heriberto Laurel) y pescadores del Grupo Independiente (Esther Rodríguez, Marlem Rodríguez, Martín Cabrera, Carlos Zavala).

Descripción de la presentación en los medios

En las entrevistas se abordó la problemática de los canales de Xochimilco desde la perspectiva de la introducción de especies exóticas, como carpas y tilapias. Se aclaró que estos organismos reciben el nombre de especies exóticas por no ser originarias de los canales de Xochimilco, y su presencia es negativa al sistema aunque los motivos por los cuales fueron introducidos hayan sido de buena fe. Se abundó sobre los efectos negativos de especies exóticas en el ecosistema acuático de Xochimilco.

Se comentó sobre cada parte de este proyecto, empezando por los talleres impartidos a los pescadores participantes, la técnica de extracción de carpas y tilapias y se mencionó que los pescadores iban a aprovechar este recurso para la venta o consumo y que las tallas pequeñas se transportarían a la Central de Abasto donde serían procesadas para hacer harina de pescado. También se expuso que se harían estudios en el agua, bacteriológicos y de metales pesados en peces, para determinar si existe algún riesgo en el consumo de los peces.

Por último se mencionó que este proyecto iba tener como resultados publicaciones, tesis, reportes y que la información iba a estar disponible en la Delegación o con los pescadores participantes. Además se informó sobre el financiamiento para el proyecto y de la disposición de la Delegación para atender los problemas ambientales.

En las entrevistas que se realizaron hacia finales de la primera etapa, se daban a conocer algunos resultados preeliminares, como por ejemplo, que a la fecha se habían logrado extraer alrededor de 10 toneladas de peces (carpas y tilapias). En algunas ocasiones los pescadores asistieron con demostraciones de artes de pesca para las cámaras.

Resultados

En general, los resultados de esta actividad fueron muy satisfactorios. Se publicaron artículos de hasta de una página y media en los siguientes periódicos: El Universal (un artículo), La Jornada (dos artículos), Reforma (dos artículos) y Tu Voz (un artículo en este periódico local de Xochimilco). En cuanto a difusión televisiva, Televisa y Televisión Azteca emitieron cápsulas para su noticieros de la tarde y el Canal Once dedicó todo un capítulo de su programa "In Vitro" a la problemática de Xochimilco. En términos generales, se logró que se conocieran a nivel nacional las acciones que se realizan con propósitos de restauración y conservación del los canales de Xochimilco, a través de medios de difusión masiva.

EQUIPAMIENTO

Resumen

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario la adquisición del equipo necesario (redes, canoas, cayucos), así como de la preparación de todo el material que se requerido (hojas de registro, balanza analítica, ictiómetros, entre otros). Durante el mes de octubre se llevaron acabo las compras. Se compraron de 4 canoas de 4 duelas (80 cm x 6 m) y 2 cayucos, redes de pesca de diferentes tamaños de abertura ($3 \frac{1}{4}$, $3 \frac{1}{2}$, $2 \frac{3}{4}$, $2, \frac{1}{2}$), así como el material necesario para la elaboración de las redes. Y en transcurso del año se compro de nuevo material para la elaboración de redes y equipo de trabajo (botas, impermeables, guantes).

Objetivo

Contar con todo el equipo necesario para el buen desarrollo del proyecto.

Participantes

Se contó con la participación de Roberto Altamirano, Daniel Cortes y Raquel González por parte de pescadores de La Santísima. Por Grupo Independiente se contó con Martín Cabrera, Ricardo Rodríguez y Esther Rodríguez y por parte del Instituto de Biología Guadalupe López.

EXTRACCIÓN DE PECES

Resumen

El trabajo de extracción de los peces tuvo una duración de 30 semanas, empezando en junio. El objetivo principal fue reducir las poblaciones de especies exóticas en aquellos canales donde su abundancia era mayor. Para ello fue necesario regionalizar las zonas canaleras de Xochimilco. Durante la primera fase del muestreo los dos grupos de pescadores en conjunto pescaron cerca de un cuarto de millón de peces, representando alrededor de 30 toneladas entre las dos especies exóticas de peces. El tamaño promedio de los peces colectados varió entre los grupos: el grupo de la Santísima colectó tilapias en promedio 3 cm más grandes, mientras que las carpas fueron prácticamente del mismo tamaño en ambos grupos. La distribución espacial con mayor abundancia de tilapias fueron los canales de Apatlaco, Santa Cruz y el Bordo.

Fechas

El trabajo de extracción de peces comenzó en junio de 2004 por parte de los pescadores de la Santísima y en julio de 2004 por el Grupo Independiente.

Objetivos

Reducir las poblaciones de especies exóticas en los canales de Xochimilco.

Determinar la estructura poblacional.

Detectar los canales con mayor abundancia de especies exóticas.

Participantes

Los principales actores en el trabajo de la pesca fueron dos grupos de pescadores de 10 integrantes cada uno. Por el Grupo Independiente participaron: Carlos Arturo Zavala Rojas, Martín Cabrera Lechuga, Ricardo Rodríguez Rojas, Esther Rodríguez Rojas, Faustino Gómez Ávila, Fernando Coquis Juárez, América Castro Peñalosa, Ana Laura Gómez Ávila, Laura Ávila Ibarra y David Rodríguez Sandoval. Por La Santísima: Roberto Altamirano Hernández, Jaime Castillo Cortés, Heriberto Laurel Eslava, Abundio Díaz Cortés, Daniel Cortés Villarruel, Raquel González Sánchez, Juan del Monte Zavala, Israel Correa Rangel, Ricardo Eslava Sandoval y Daniel Cortes Membrillo. También participó personal del Instituto de Biología Eduardo Bustamente, Alma Itzel Marin, Victoria Contreras y Guadalupe López.

Introducción

Las relaciones del ser humano con el ambiente que lo rodea casi nunca son afortunadas. En la gran mayoría de las ocasiones, el deterioro del ambiente por actividades humanas es fácil de detectar, puesto que desde hace cientos de años el ser humano sabe que ciertas actividades son altamente perjudiciales para un ecosistema. Una de estas actividades es la introducción de especies exóticas. Se considera como especies exóticas a todas aquellas especies que no son consideradas como organismos que evolucionaron o llegaron a un sitio por vías naturales. En muchas ocasiones, las introducciones de especies exóticas se hacen de buena fe sin comprender las consecuencias. Además, estas consecuencias se pueden generar mucho tiempo después de haber realizado las introducciones. Por ejemplo, en Xochimilco los efectos de los organismos que fueron introducidos para la acuicultura como las carpas (*Cyprinus carpio*, *Pterorigodon idella*) y las tilapias (*Oreochromis mossambicus* y *Tilapia nilotica*), se están detectando casi 10 años después de su última introducción. En particular, estas dos especies exóticas son muy resistentes y son capaces de sobrevivir en múltiples tipos de condiciones, incluso con bajos niveles de oxígeno y alimentación.

Las capacidades de sobrevivencia y los altos índices de crecimiento de ambas especies las hacen ideales para la acuicultura y por lo tanto, han entrado en diferentes programas de desarrollo en países como México. Es de esta manera que diversas dependencias de gobierno han promovido la introducción de ambas especies en muchos lagos mexicanos, incluso en Xochimilco. En algunos casos, las especies exóticas han brindado alternativas de ingreso y de fuentes nutricionales a los pobladores locales, pero en muchos otros, el resultado no llega a compensar el efecto que estas especies están generando sobre el sistema.

Los efectos de estas especies en el sistema de Xochimilco pueden ser directos o indirectos. En el caso de las carpas, se puede hablar de un efecto indirecto. Estas especies no son grandes depredadoras de peces, y por eso se les ve como inofensivas, pero su efecto se da en múltiples ángulos. Las carpas son bentívoras, por lo que consumen organismos que viven en el fondo del lago. Puesto que no son muy selectivas, las carpas emplean mucho tiempo en forrajear en el fondo hasta encontrar alimento suficiente. Esto genera una constante resuspensión del fondo, lo que vuelve más turbia al agua y la enriquece de nutrientes, situación que permite la proliferación de algas flotantes

o de lirio. Así, aún cuando no es un depredador directo, la carpa puede enturbiar un sistema, lo que trae como consecuencia la reducción de plantas sumergidas que son por lo general el refugio y la zona de reproducción de los peces nativos, así como del alimento de los mismos (los insectos, por ejemplo). Otro efecto del forrajeo de las carpas es la erosión que se genera de las paredes de los lagos. El forrajeo de las carpas también ablanda las paredes de las chinampas y éstas se van deslavando hacia el agua. Por lo tanto, esta erosión reduce las zonas en las que las plantas se pueden establecer. De esta manera, las carpas afectan la diversidad del sistema, pero también la calidad del agua y la capacidad de establecimiento de las plantas sumergidas que en muchas ocasiones son la base de la pirámide trófica de un lago.

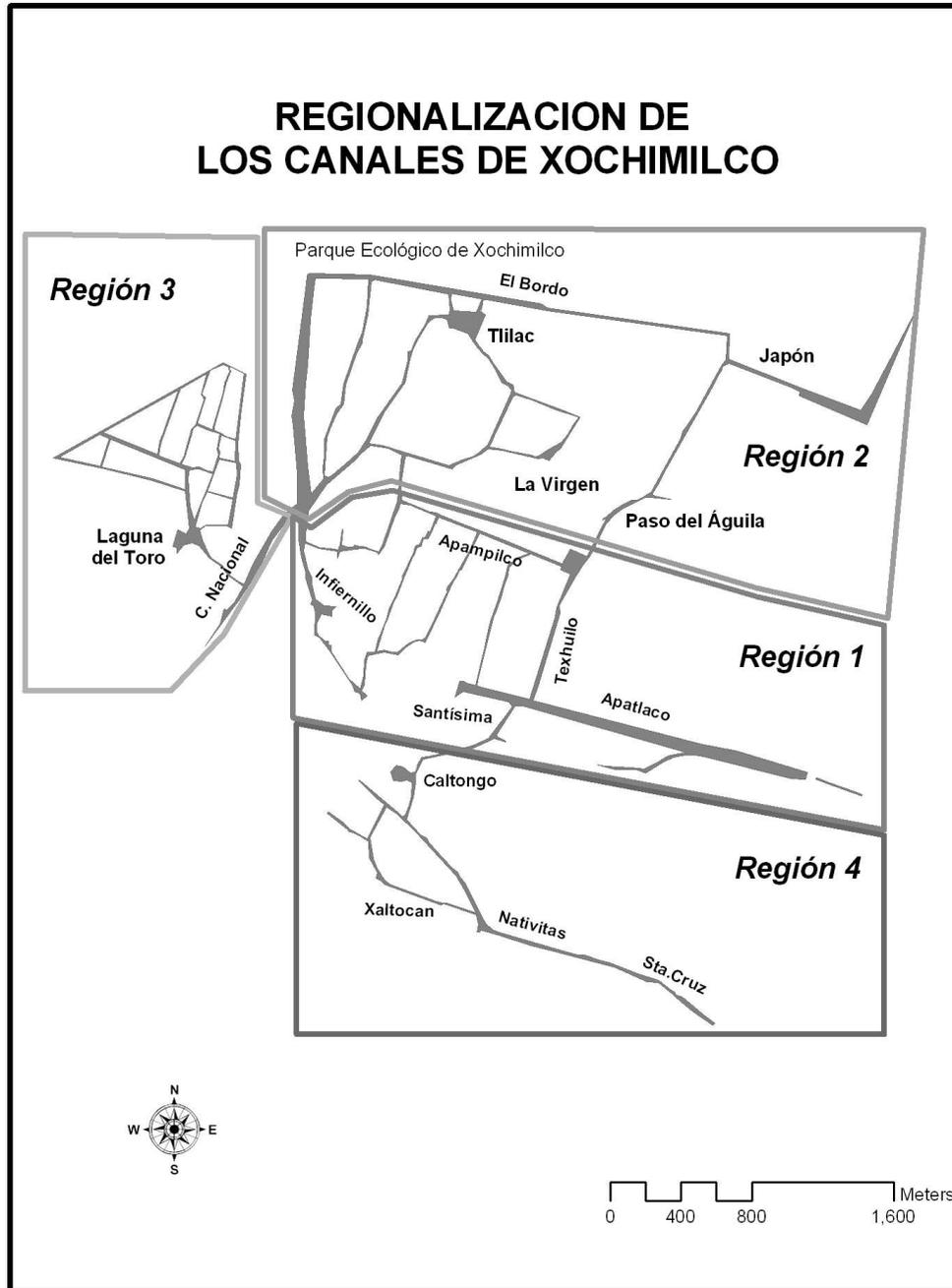
Por su parte, las tilapias afectan a los ecosistemas de manera directa debido a que son omnívoras y por lo tanto, son capaces de comer todo tipo de larvas de insectos y larvas de peces o de anfibios (como ranas y ajolotes). Por lo tanto, las tilapias reducen la diversidad de la región de manera más directa. Además, las tilapias buscan sitios someros y blandos para hacer sus nidos. Algunas tilapias hacen nidos de alrededor de 20 cm de largo y pueden afectar superficies de chinampas de hasta 80 cm², con volúmenes de hasta 660 cm³. Los nidos que hacen estos organismos también pueden estar afectando la erosión de las paredes de los lagos.

Los efectos de las carpas y las tilapias son notorios cuando las densidades de las poblaciones de ambas especies llegan a ser altas. En un estudio realizado recientemente en Xochimilco por el Instituto de Biología, se cuantificó la biomasa de especies exóticas y de endémicas. Se identificó que había 80 veces más biomasa de carpas y tilapias que de todas las especies nativas juntas. Estas densidades las lograron las especies exóticas en alrededor de una década. Con estas densidades, las carpas y las tilapias pueden estar generando una resuspensión constante de sedimentos, y afectando la diversidad de larvas de las especies nativas.

La enorme densidad de las poblaciones de las especies exóticas en Xochimilco sugieren que el sistema puede colapsarse en un momento determinado y generar muertes masivas de peces exóticos. Es por lo tanto fundamental controlar a estas poblaciones de peces antes de que Xochimilco cambie drásticamente sus condiciones y afecte también a las pocas poblaciones de especies nativas que todavía resisten los embates de las multitudinarias poblaciones de carpas y tilapias. A continuación se presenta el mapa de

regionalización de los canales de Xochimilco. Dicho ejercicio se realizó para planear las actividades de pesca intensiva.

Mapa 1. Regionalización de los canales de Xochimilco.



Resultados

Durante la primera fase del muestreo los dos grupos de pescadores en conjunto pescaron cerca de 250,000 organismos lo que representó alrededor de 30 toneladas de las dos especies de peces (Tabla 2).

Tabla 2: Relación de las capturas realizadas de peces exóticos en los canales de Xochimilco, por pescadores ambos grupos de pescadores.

	No. De Individuos			Peso (Kg)			Promedio de talla (cm)	
	Santísima.	Gpo. Independiente.	Total	Santísima.	Gpo. Independiente	Total	Sant.	Gpo.
Tilapia	115 422	130 933	246 355	15 456.02	13 318.54	28774.56	19.6	16.63
Carpa	1 557	467	2 024	368.30	11.77	380.07	19.9	20.09
Total	116 979	131 400	248 379	15 824.32	13 330.31	29 154.63		

Notas: Sant.=Las santísima y Gpo.=Grupo Independiente

Cada uno de los grupos pescó un poco menos de 15 toneladas durante las 30 semanas. El tamaño promedio de los peces colectados varió entre los grupos. El grupo de pescadores de la Santísima colectó peces en promedio 3 cm más grandes de tilapia, mientras que las carpas fueron prácticamente del mismo tamaño en ambos grupos. Esto se puede deber a dos razones:

- 1) *El tipo de arte de pesca de los diferentes pescadores.* Cada grupo utilizó un arte de pesca diferente. Es posible que arte de pesca del Grupo Independiente abarque un rango mayor de la población, mientras que el arte de pesca del Grupo La Santísima un arte de pesca más específico para organismos de mayor tamaño.
- 2) *La diferenciación de zonas de colecta.* Aún no es posible conocer si existen diferencias de edad de los peces en los diferentes sitios. De ser así, se podría considerar que las regiones en donde pescan los pescadores de La Santísima los peces sean de mayor edad y tamaño, mientras que las regiones de los pescadores del Grupo Independiente estén pobladas por peces más jóvenes. Estudios posteriores en la segunda y tercera fase nos elucidarán estas posibilidades.

A la fecha, no es posible saber cuál es la proporción de los peces extraídos sobre la población total. Para conocer la proporción es necesario realizar estudios de captura-recaptura para conocer la población total de peces en los canales de Xochimilco. Este estudio se realizará en la segunda fase del proyecto. Sin embargo, sí es posible

determinar cuántos peces son necesarios extraer para comenzar a reducir a la población (véase más adelante).

Al considerar tanto el número como el peso colectado por semana de ambos grupos es posible dividir a la colecta en tres grandes etapas (Figuras 1 y 2). La primera etapa (semanas 1 a 7 del Grupo Santísima y semanas 9 a 11 del Grupo Independiente) es la etapa de organización e inicio del proyecto. Durante esta etapa la colecta es muy baja puesto que los pescadores están terminando de preparar los materiales para la pesca, se están organizando, y los miembros de la UNAM y de la Delegación comienzan a supervisar y coordinar las labores. La segunda etapa (semanas 8 a 17 de Grupo Santísima y Semanas 12 a 17 Grupo Independiente) es la etapa de aprendizaje. Durante esta etapa la tasa crecimiento de colecta conforme va pasando el tiempo sugiere que los pescadores están probando artes de pesca y escogiendo las que mejor les den resultados. Durante esta etapa la pesca legó a aumentar a más de 10 000 individuos por semana, lo que representa un poco más de una tonelada (Figuras 1 y 2).

Figura 1. Número de tilapias colectadas durante toda la primera fase del proyecto, por los dos grupos de pescadores.

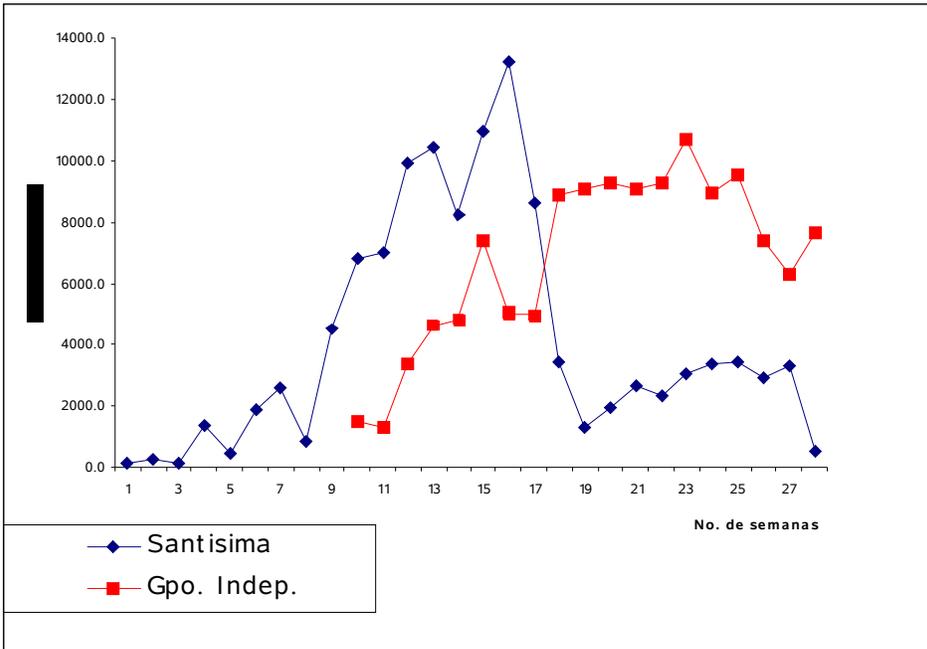
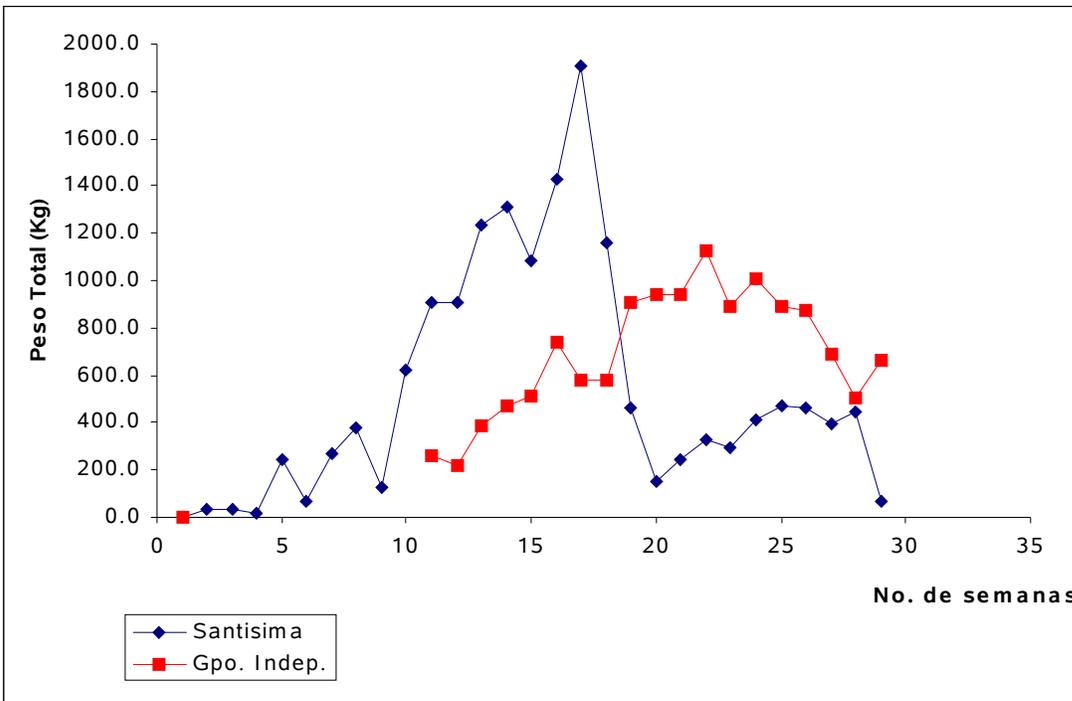


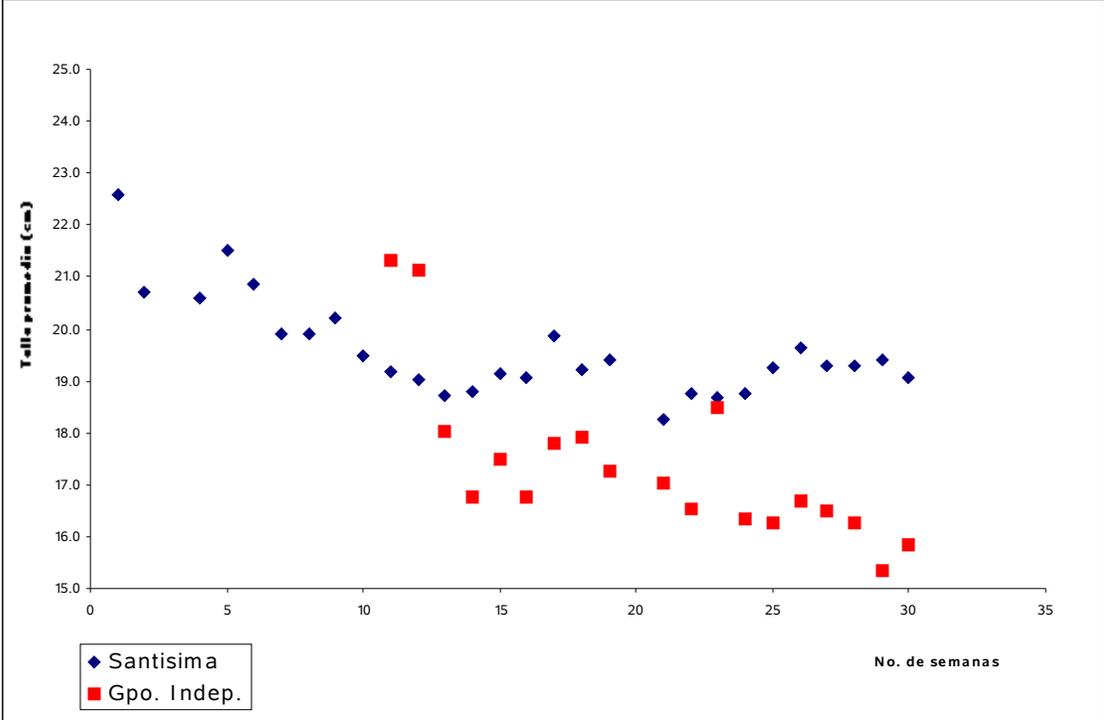
Figura 2. Peso total de tilapias capturadas durante la primera fase del proyecto, por los dos grupos de pescadores.



La tercera etapa (semanas 17 a 30) es la que marca la verdadera reducción de la población de especies exóticas. Como se puede apreciar en la gráfica de arriba, existe un pico en el Grupo La Santísima alrededor de la semana dieciséis. Es posible que este pico de extracción sea consecuencia de haber encontrado un sitio donde los peces eran particularmente abundantes. Sin embargo, el mismo grupo experimentó un descenso en los volúmenes de pesca. Esta reducción se puede deber a factores como la pesca en canales con pocos organismos o una deficiente supervisión del grupo, lo que sugiere que es importante considerar un seguimiento más cercano.

Un factor que indica una reducción en la población de peces es la disminución de tallas de pesca conforme avanzaron las semanas (ver Figura 3, abajo). Las tallas se redujeron en promedio 3 cm para los peces extraídos por el Grupo Santísima y 6 cm para los peces del Grupo Independiente. La reducción de tallas conforme se aumenta el esfuerzo de pesca sugiere que la población se está sobreexplotando y por lo tanto, el recurso está disminuyendo.

Figura 3. Promedio de tallas de tilapias extraídas por los dos grupos, de pescadores.



Los valores de pesca de carpas son menos contundentes. Esto se debe a que la cantidad de carpas es mucho menor que la cantidad de tilapias. El número de individuos de

carpas colectados es cercano a los cien por semana, lo que representa alrededor de 20 kg por semana en promedio (Figuras 4 y 5).

Figura 4. Número de carpas extraídas de los canales de Xochimilco durante el proyecto

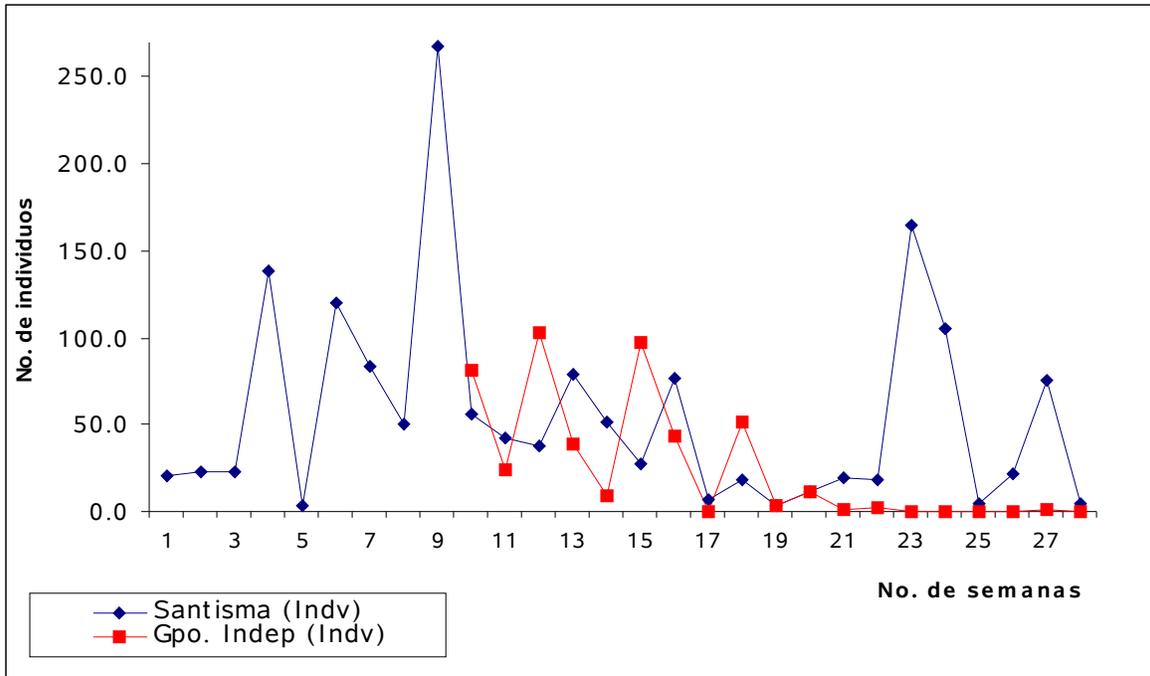
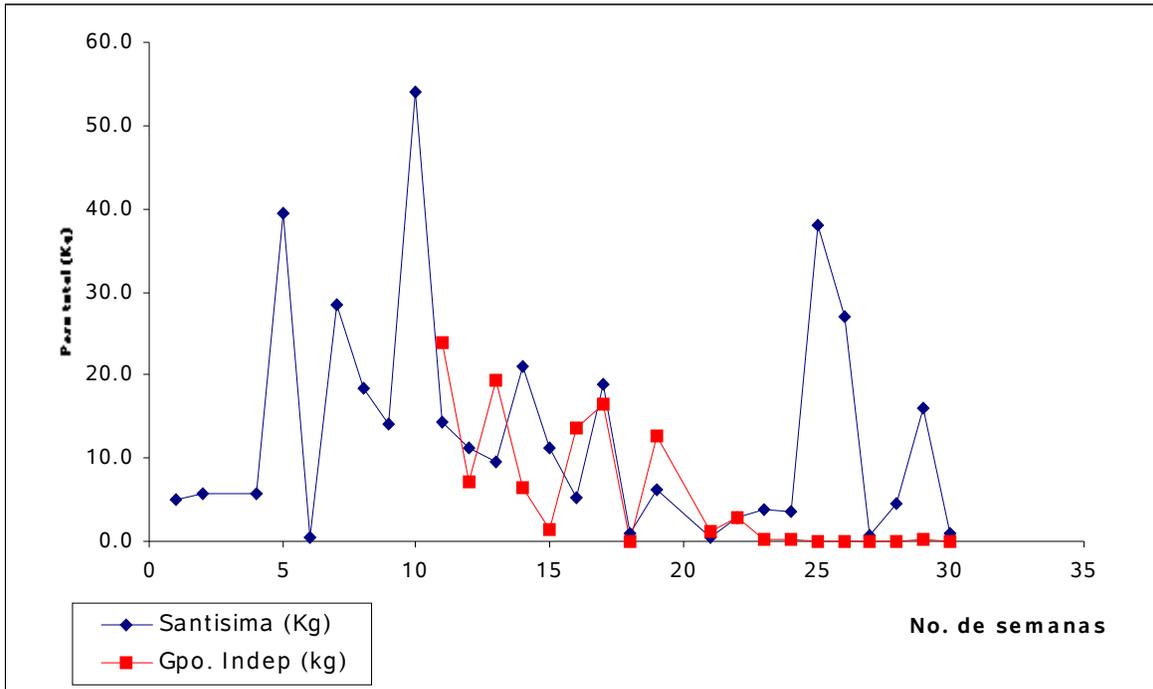
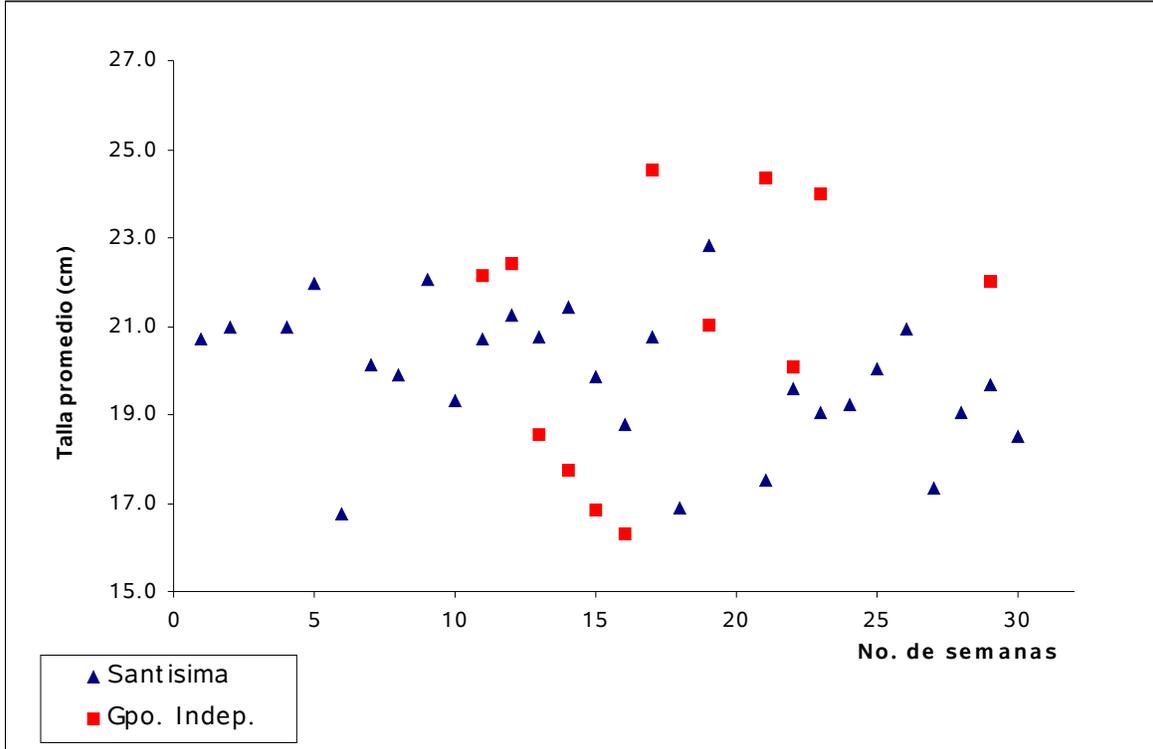


Figura 5. Peso total de carpas capturadas por los dos grupos de pescadores



Los grandes picos y valles en la dinámica de la colecta de estos peces sugieren una distribución espacial aparchonada de estos organismos en los canales de Xochimilco. La dinámica en las tallas colectadas de carpas no presentan una tendencia clara como lo presentan las tallas de las tilapias, por lo que es necesario hacer más estudios para este organismo (ver Figura 6, abajo).

Figura 6. Promedio de la talla capturada de carpas en los canales de Xochimilco, por los dos grupos.



En cuanto a la distribución espacial de la pesca de tilapias con base en los canales, se puede concluir que existe una mayor abundancia de esta especie en canales como Apatlaco, Santa Cruz y el Bordo. En estos canales se pescaron más de tres toneladas en cada uno (ver Figuras 7 y 8, abajo).

Figura 7. Peso total de tilapias, colectado en los canales de Xochimilco, por los pescadores de la Santísima.

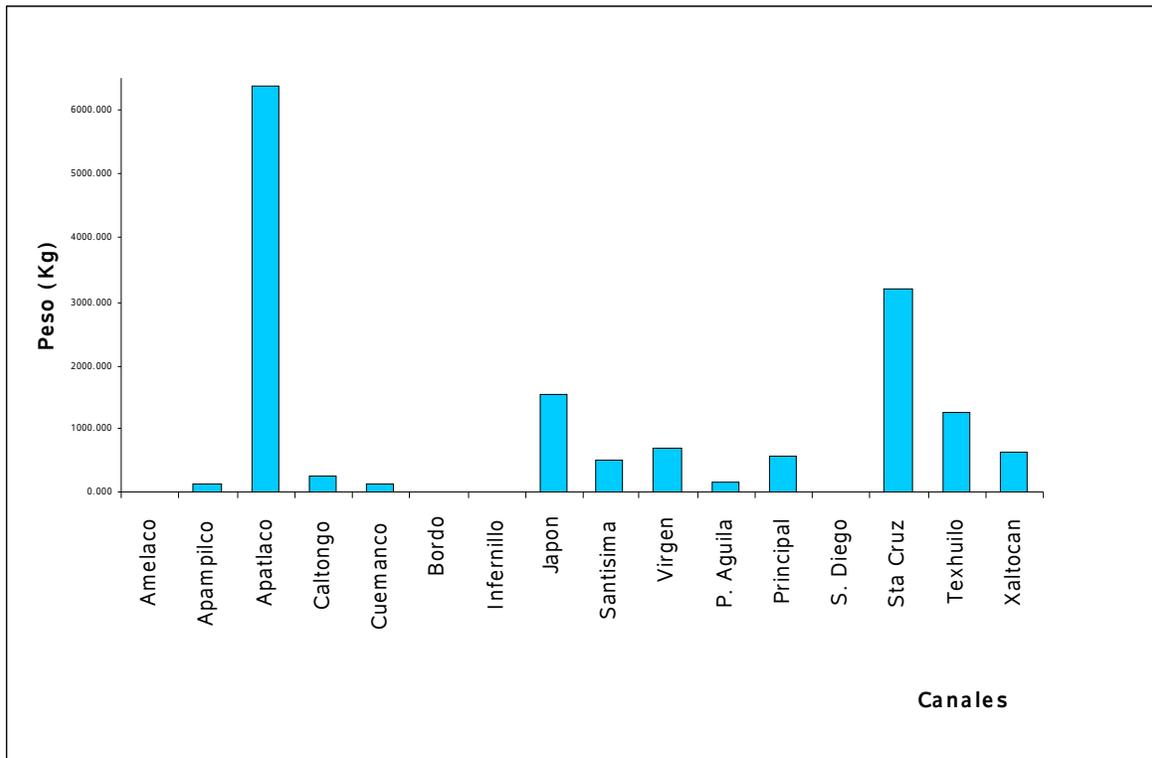
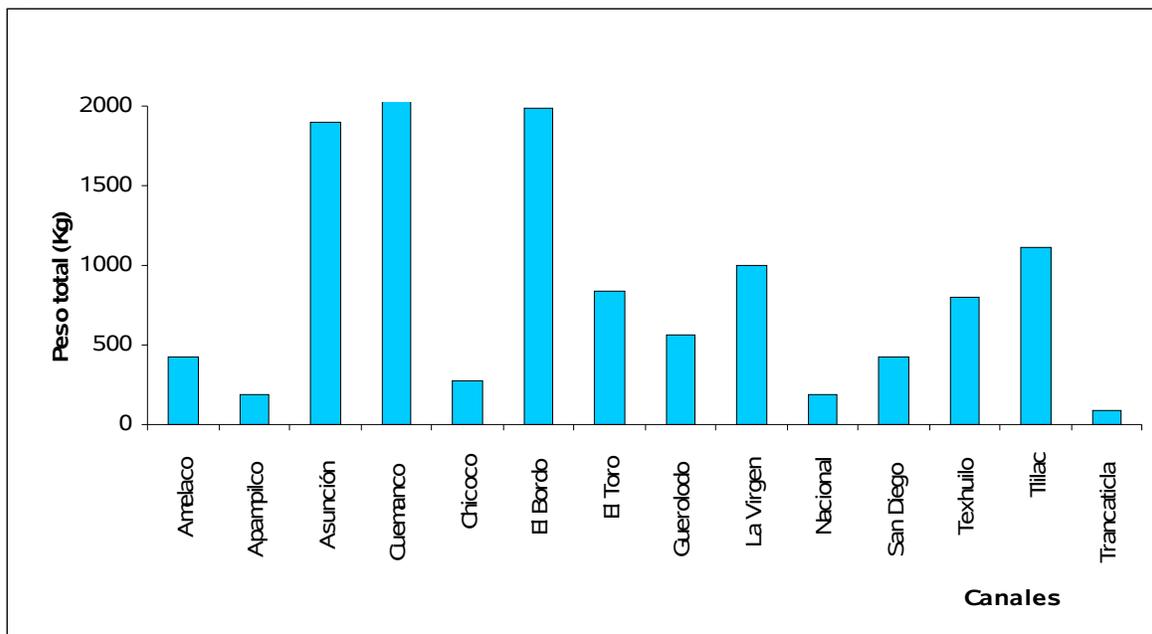


Figura 8. Peso total de tilapias extraídas por Grupo Independiente.



Las razones de la mayor colecta en estos canales se debe a que ambos grupos consideraron que estos canales eran los que presentaban las mayores poblaciones de

peces y por lo tanto concentraron sus esfuerzos ahí. Esto concuerda en parte con los análisis comparativos de promedio de peces capturados por lance (Figura 9 y 10), que nos indican una medida de densidad. La densidad en canales como Apatlaco, Caltongo, Principal y Nacional están por encima del promedio de los otros canales. Para el Grupo de la Santísima, los canales como Apatlaco y Principal están por arriba del doble de la gran mayoría de los canales, mientras que para el Grupo Independiente esta densidad es apenas un tercio mayor que la del resto de los canales. Esto sugiere que aún cuando los pescadores prefieren ir a ciertos canales porque consideran que hay más peces, la densidad de tilapias en los diferentes canales es muy parecida.

Figura 9. Peso total promedio de tilapias colectado por la Santísima.

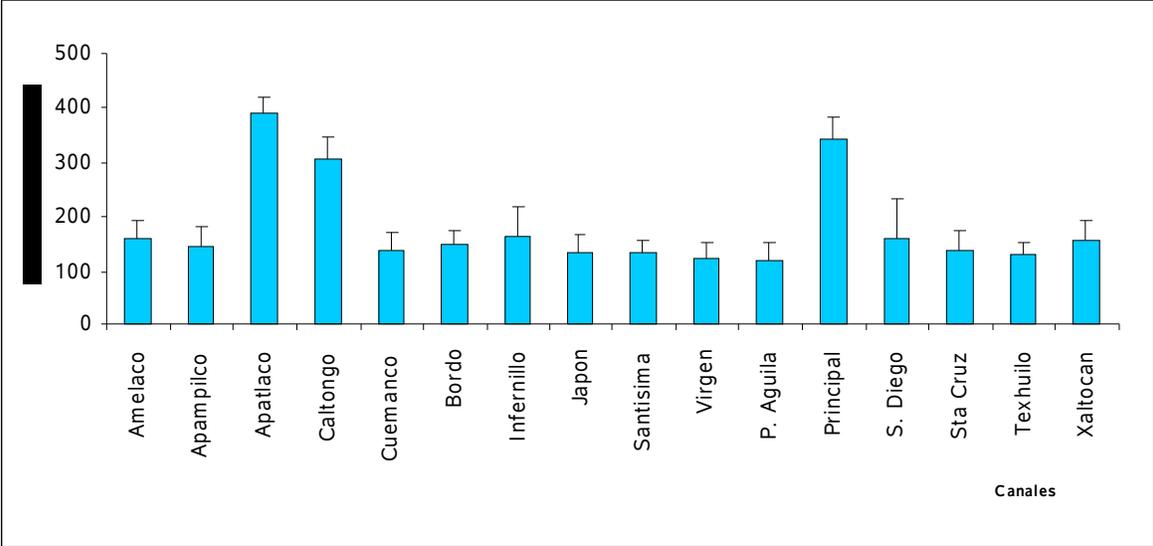
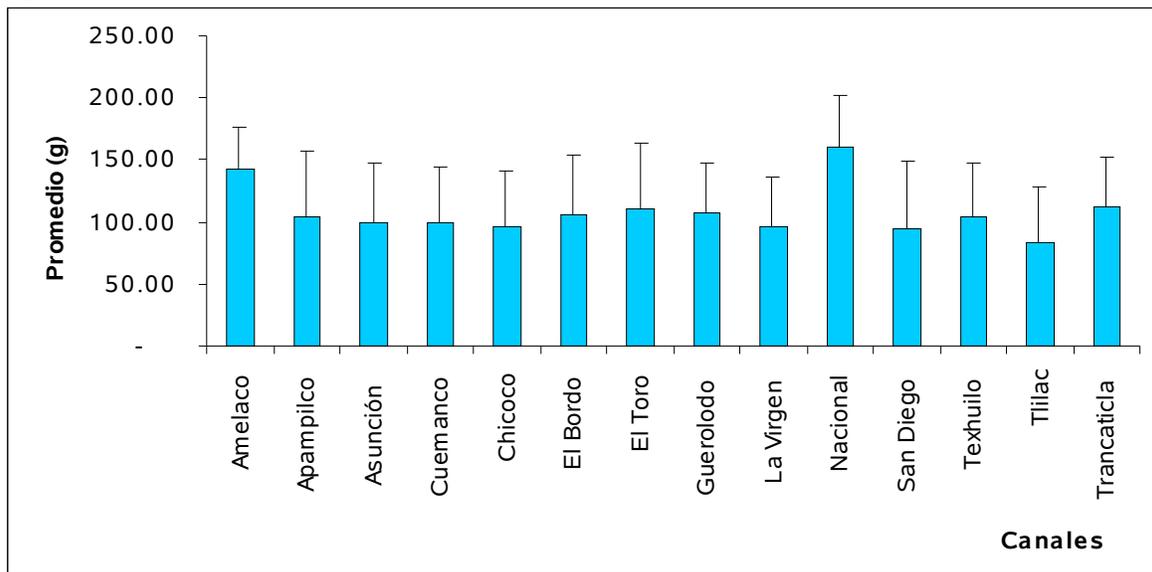


Figura 10. Promedio del peso total de tilapias extraído por el Grupo Independiente



La abundancia y densidad de carpas está relacionada de manera directa con la densidad de tilapias (Figuras 11 y 12). Para el Grupo de la Santísima, Apatlaco es el canal con mayor número de carpas pescadas, mientras que para el Grupo Independiente, tanto el canal de Cuemanco como el Toro son los canales con mayor pesca de organismos. Con respecto a la densidad, se puede observar que no varía de manera significativa entre los canales. Esto se debe a la distribución aparchonada de las carpas mencionada anteriormente.

Figura 11. Peso total de carpa colectado por la Santísima.

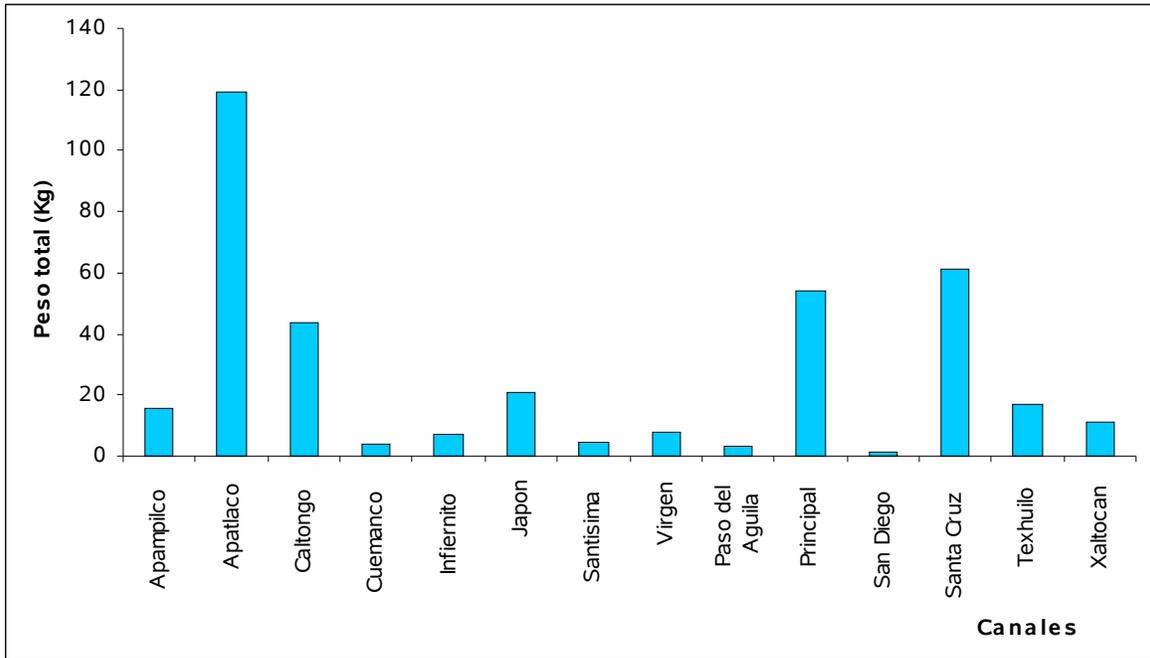
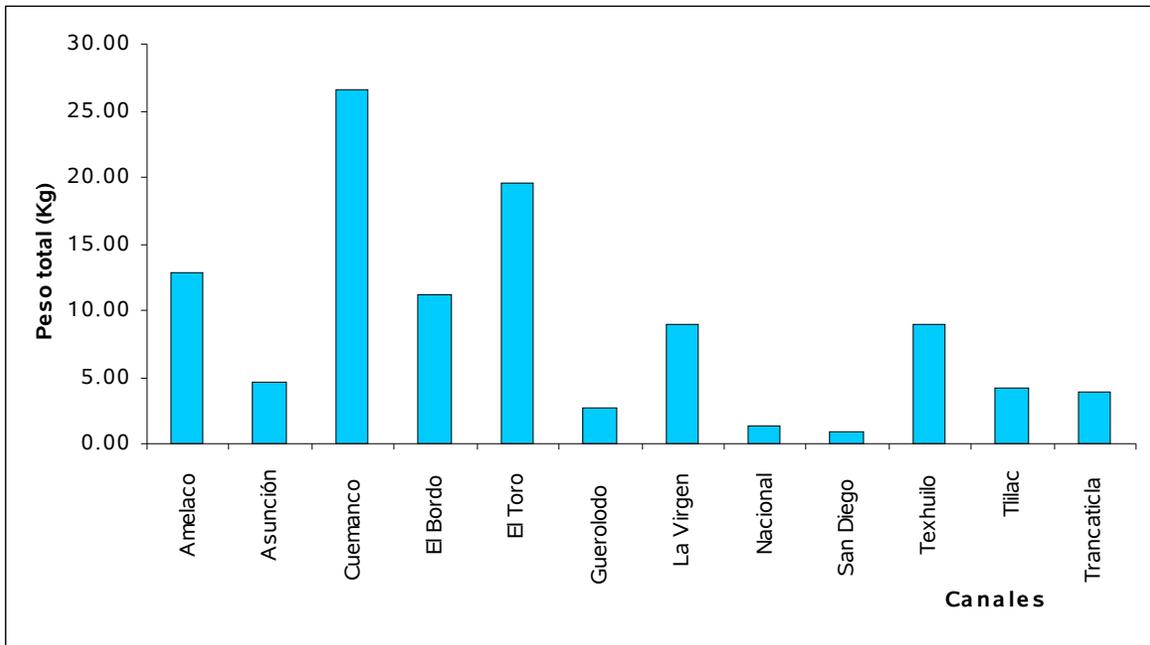


Figura 12. Peso total de carpa obtenido por el Grupo Independiente.



BENEFICIOS ADICIONALES

Además del beneficio ecológico que implica la reducción de especies exóticas y por lo tanto la sobrevivencia de ajolotes, peces nativos y el evitar la erosión de las chinampas, este proyecto tuvo beneficios económicos directos para la población, en particular para los pescadores.

El beneficio económico para los pescadores fue de tres maneras. Por un lado, se les dio empleo temporal por 30 semanas (ver sección financiera). Por otro lado, se les proveyó de material para que realizaran actividades de pesca (ver sección financiera). Por último, los pescadores obtuvieron beneficios por la venta y el consumo de los peces colectados. Si todos los peces se hubieran vendido en el comercio de Xochimilco o la Central de Abastos, a un precio comercial de \$6.00 el kilo, el beneficio para ambos grupos de pescadores hubiera sido de alrededor de \$180 000.00. Sin embargo, considerando que únicamente el 26% de lo colectado es de talla comercial, el beneficio económico al venderlo en el mercado es de \$39 000. Al dividir esto entre los 20 pescadores sugiere que el beneficio económico por la pesca durante 30 semanas es de cerca de dos mil pesos por pescador. Sin embargo, este análisis económico general sugiere que la pesca extensiva en Xochimilco no es una actividad sustentable. La renta es tan baja que no es posible mantenerse únicamente de ella y por lo tanto, los pescadores necesitan de actividades alternativas que completen el sustento, como por ejemplo la participación en proyectos como este u otras actividades relacionadas con el turismo, la agricultura o servicios varios.

Un beneficio alterno es que parte del pescado se utiliza para el autoconsumo. Por lo tanto, la sustitución de fuentes de proteína implica un ahorro, al no tener que comprar carne. Sin embargo, como se verá en la siguiente sección sobre el análisis de contaminantes en los peces, se deben tener precauciones al consumir el pescado proveniente de los canales de Xochimilco debido a los altos índices bacteriológicos que presentan. Por ejemplo, se debe cocer el pescado completamente antes de consumirlo.

ANÁLISIS DE CONTAMINANTES DE PECES Y AGUA

Resumen

Debido a los altos niveles de bacterias que se han reportado en sistemas acuáticos y el riesgo de enfermedades gastrointestinales para la población expuesta, fue necesario realizar análisis que nos indicara la condición de los organismos (carpas y tilapias) ubicados en los canales de Xochimilco. El objetivo fue evaluar los niveles de bacterias indicadoras en agua y en branquias y músculo de las tilapias y carpas. Se colectaron peces en diferentes canales de Xochimilco y se cuantificaron las bacterias presentes en músculos y branquias, y se tomaron muestras de agua. Los resultados a nivel bacteriológico en músculo y branquia de peces rebasaron el límite máximo permisible establecido por la NOM-003-ECOL-1997. Sin embargo, si se toman las precauciones necesarias no hay peligro para el consumo humano. Es necesario informar a la población que lave el pescado perfectamente, no consumirlo crudo ni en ceviches, sino muy bien cosido y que las branquias siempre sean desechadas. En cuanto al análisis del agua, se detectaron altas concentraciones de ortofosfatos. Esto sugiere un alto aporte de fosfatos que pueden provenir de detergentes y/o fertilizantes de uso agrícola.

Fechas

La colecta de se llevo acabo en el mes de septiembre para su análisis.

Objetivo

Evaluar los niveles de bacterias indicadoras en agua y en branquia y músculo de tilapias y carpas.

Participantes

Se contó con la colaboración de la Dra. Ana Cecilia Espinosa García, M. en C. Pilar Islas Macias y la Dra. Marisa Mazari Hiriart pertenecientes al Laboratorio de Ecología Química del Instituto de Ecología de la UNAM.

Introducción

Los altos niveles de bacterias que se han reportado en sistemas acuáticos y el riesgo de enfermedades gastrointestinales para la población expuesta, han venido a incrementar la preocupación acerca de la condición sanitaria de organismos, como los peces que habitan y se desarrollan en dichos sistemas. Especial atención merecen las especies que son aprovechadas para consumo humano, a nivel de autoconsumo o a nivel comercial.

Se ha reportado la presencia de bacterias en diferentes tejidos y órganos de peces que habitan en sistemas acuáticos contaminados. Se sabe que puede existir una concentración umbral de bacterias u otro agente patógeno, arriba de la cual dichos agentes ya no son retenidos por los mecanismos naturales de defensa del pez y es entonces cuando pueden penetrar a los diferentes tejidos de éste (Buras *et al.*, 1985). Sin embargo, no todos los tejidos del pez tienen una misma tasa de incorporación de bacterias, así que para que se detecten bacterias en músculo son necesarias concentraciones de bacterias en el agua del orden de 10^3 a 10^4 UFC/mL.

En México la norma oficial NOM-003-ECOL-1997 establece como límites permisibles 1000 UFC/100mL de bacterias coliformes fecales en aguas residuales tratadas que serán vueltas a usar o descargadas en cuerpos receptores como son los canales. Por otro lado, en lo que respecta a las condiciones sanitarias que deben cumplir los pescados frescos y congelados que se destinan para consumo humano, la NOM-SSA1-027-1993 establece 400 UFC/g de coliformes fecales por gramo de tejido como uno de los niveles máximos permisibles de bacterias.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los niveles de bacterias indicadoras en agua y en branquia y músculo de tilapias y carpas de los canales de Xochimilco.

Métodos

Agua

Se tomaron muestras de 1L de agua por triplicado en frascos de estériles de polipropileno, a una profundidad media de acuerdo a la profundidad que presentaba cada sitio. Se utilizó un multiparámetros HACH, en 10 sitios del sistema de canales de Xochimilco para medir pH, oxígeno, conductividad eléctrica, temperatura y sólidos totales disueltos. Las muestras se mantuvieron refrigeradas durante su transporte al laboratorio donde se determinaron por duplicado las concentraciones de amonio, nitritos, nitratos y ortofosfatos. Para el análisis microbiológico se siguió el método estándar de filtración a través de membrana, mediante la utilización de membranas de acetato de celulosa de 47mm con un poro de 0.45 μ (Millipore). Las membranas se inocularon en medios m-FC (Difco) para coliformes fecales y agar-KF (Difco) para enterococos fecales. Las placas se incubaron a 44.5°C y 35°C por 24 horas y 48 horas respectivamente.

Peces

Para el diseño de muestreo se tomaron en cuenta las dos especies de peces que predominan en el sistema de canales de Xochimilco: tilapia y carpa. En los 10 sitios en donde se tomaron muestras de agua, se capturaron tres individuos de tilapia y tres de carpa respectivamente, que se mantuvieron en refrigeración (aproximadamente 4°C) durante el transporte al laboratorio. En el laboratorio se tomaron muestras de dos tejidos: músculo (10 g) y branquia (todas). La disección de cada tipo de tejido se realizó en las primeras tres horas después del muestreo con instrumental estéril para evitar la contaminación; siempre se inicio extrayendo el tejido muscular. Cada tejido fue colocado en tubos independientes de polipropileno previamente esterilizados. A cada tubo se les adicionaron 10ml de una solución de KH₂PO₄ 0.04g/L y MgCl₂ 0.19g/L y se agitó vigorosamente. Los tubos se dejaron en reposo por 30 minutos para que se precipitaran los restos de tejido. Con el sobrenadante se realizaron diluciones seriadas 1:10, 1:100 y 1:1000. De cada dilución se tomó 1ml que se sembró en placas Petrifilm (3M) para detectar *Enterobacterias*, *E. coli*/Coliformes. Las placas de enterobacterias se incubaron a 37°C y las de *E.coli*/Coliformes a 44.5°C, ambas durante 24 horas.

Se contaron las colonias de acuerdo a las indicaciones del manual de Petrifilm (3M) Enterobacteria y *E.coli*/coliform.

Resultados

Agua

Con respecto a las características fisicoquímicas del agua, el pH presentó poco cambio entre los sitios, con una variación entre 7.4 y 7.9. La temperatura permaneció entre los 20.1° y los 21.3°C, sin embargo en un sitio se registró una temperatura de 23.4°C lo cual puede deberse a que ese muestreo se realizó a las 13:00 h, cuando el resto de los sitios fueron muestreados entre las 9:00 y 11:00 h.

La conductividad eléctrica tuvo una variación entre 599 $\mu\text{S/cm}$ en Nativitas y 1023 $\mu\text{S/cm}$ en Apatlaco, lo que corresponde con los datos de sólidos totales disueltos ya que la menor concentración (318 mg/L) se registró en Nativitas y la más alta (553 mg/L), se registro en Apatlaco. La NOM-003-ECOL-1997 (DOF, 1998) que se refiere a aguas residuales tratadas que se reusan, establece que el limite máximo permisible de sólidos totales es de 30 mg/L y los datos obtenidos en este estudio se encuentran por arriba de este lineamiento (Tabla 3). Lo anterior denota una alta concentración de sustancias ionizadas o sólidos disueltos en el agua, que puede deberse a los aportes de agua residual o agua residual tratada.

El oxígeno disuelto presentó amplias fluctuaciones entre los sitios con el nivel mínimo registrado en el canal La Santísima de 0.86 mg/L y el nivel máximo de 6.4 mg/L en la Laguna de Texhuilo (Tabla 3).

Tabla 3: Parámetros medidos en agua de cada sitio de muestreo.

Sitio	Temp °C	pH	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	STD mg/L	O ₂ mg/L
Apatlaco	20.8	7.72	1023	553	3.31
Santísima	20.6	7.61	700	371	0.86
Caltongo	20.4	7.60	695	374	1.70
Nativitas	21.0	7.40	599	318	2.58
Xaltocan	20.1	7.82	740	399	3.81
Santa Cruz	21.3	7.69	706	371	6.40
San Diego	21.0	7.46	696	369	1.44
Infiernito	21.3	7.67	824	417	1.68
Asunción	21.3	7.73	826	436	1.59
Texhuilo	23.4	7.90	852	441	5.26

Para tener una idea de la contaminación por exceso de nutrientes en el sistema se midieron nitrógeno y fósforo, los resultados se presentan en la Tabla 4. Las

concentraciones de las formas de nitrógeno denotan contaminación debida a aportes materia orgánica y fertilizantes. Como referencia podemos decir que cuando se trata de agua residual sin ningún tratamiento las concentraciones de amonio pueden ser de 30 mg/L y cuando es agua residual tratada los niveles de amonio son menores pero las de nitratos pueden ser superiores a 30 mg/L. Por otro lado, las concentraciones de amonio, nitritos y nitratos en aguas superficiales no contaminadas deben ser menores a 1 mg/L. El fósforo, medido como ortofostatos, es una referencia de contaminación por detergentes, limpiadores y fertilizantes. En un sistema no contaminado las concentraciones de fósforo pueden ir de 0.001-0.007mg/L. Estos estándares de aguas no contaminadas están muy por debajo de lo obtenido en este trabajo.

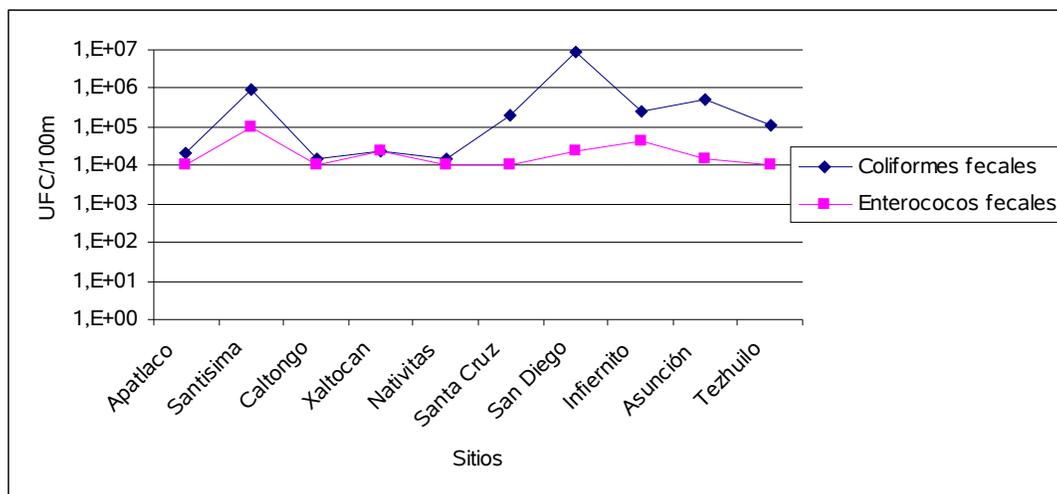
Tabla 4: Promedio de las concentraciones de formas de nitrógeno y fósforo determinadas en muestras de agua

Sitio	Nitritos Mg/L	Nitratos Mg/L	Amonio mg/L	Ortofosfatos mg/L
Apatlaco	5.0	4.0	5.1	17.8
Santísima	7.3	1.0	23.3	18.5
Caltongo	3.0	3.2	15.5	11.2
Nativitas	11.5	4.3	12.6	10.1
Xaltocan	12.0	3.1	3.2	10.7
Santa Cruz	17.0	2.2	2.7	13.7
San Diego	4.0	4.1	23.2	13.2
Infiernito	7.5	1.8	14.8	18.4
Asunción	8.0	1.5	15.8	17.8
Texhuilo	1.5	1.5	5.0	15.1

Los resultados del análisis microbiológico del agua se presentan en la Figura 13, abajo. Se observa que en todos los sitios considerados en el muestreo se detectaron altas concentraciones de bacterias fecales que van por arriba de 10^4 UFC/100mL, estas rebasan lo que establece la NOM-003-ECOL-1997 que es 1000 UFC/100mL para aguas como las del sistema de canales de Xochimilco.

En la Figura 13 se puede observar como resaltan los sitios denominados la Santísima y laguna San Diego por la cantidad de bacterias fecales que se detectaron. En el caso de la Santísima hay una correspondencia con enterococos fecales debido a que fue el sitio en el que se obtuvo una mayor concentración de estas bacterias.

Figura 13. Coliformes y Enterococos fecales (UFC/100mL) detectadas en agua del sistema de canales de Xochimilco por el método de filtración a través de membrana.

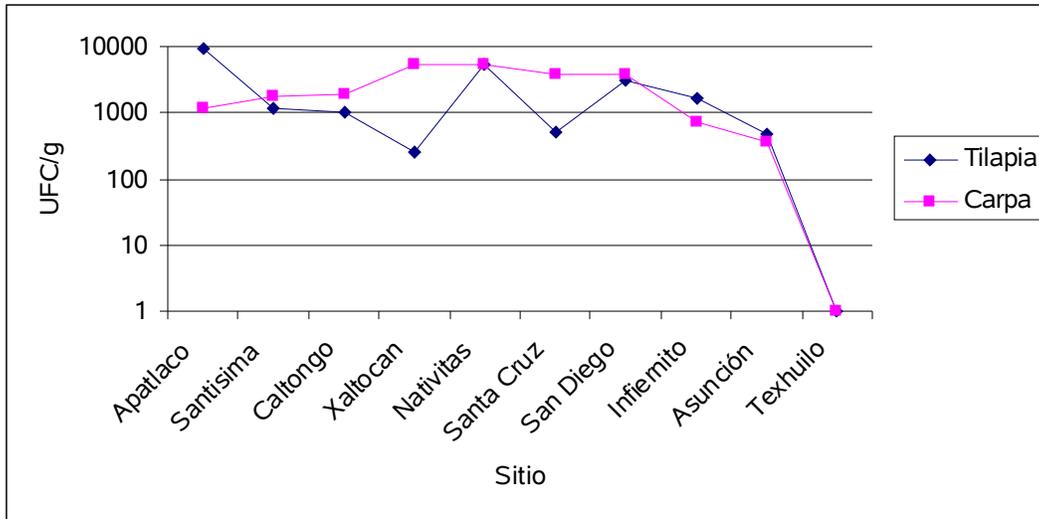


Los sitios que presentaron concentraciones de coliformes fecales relativamente menores fueron los canales Apatlaco, Caltongo y Nativitas; y para enterococos fecales fueron los canales Apatlaco, Caltongo, Nativitas Santa Cruz y Texhuilo.

Peces

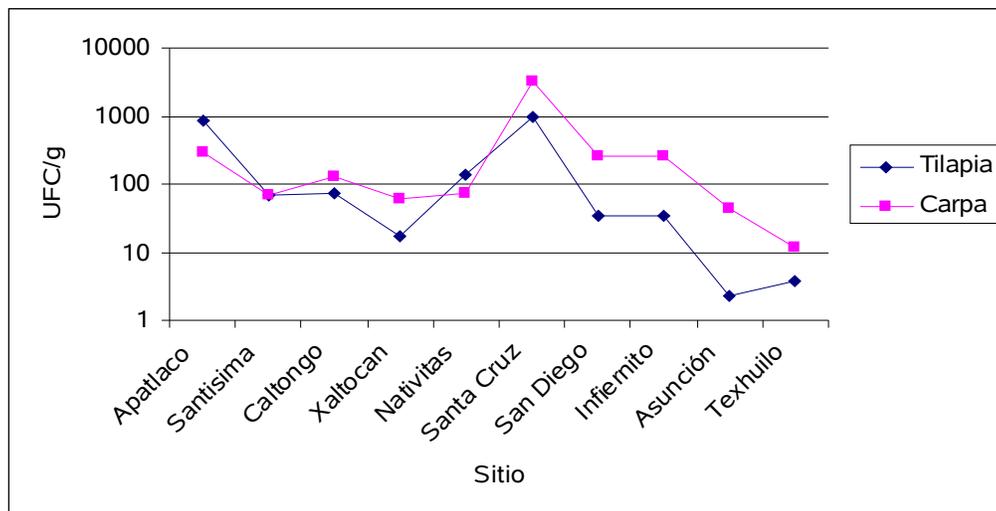
Tomando como referencia la NOM-SSA1-027-1993 que establece 400 UFC/g coliformes fecales por gramo de tejido de pescado fresco o congelado, se observa que a excepción de los peces colectados en Texhuilo, el resto de los peces rebasan los límites máximos permisibles para este tipo de producto cuando el tejido analizado fueron las branquias (Figura 14). En esta misma figura se aprecia que la curva de coliformes fecales detectados en branquias de tilapia oscila entre los primeros siete sitios, mientras que la curva que describe este mismo tipo de bacterias en branquias de carpa se mantiene relativamente homogénea para los mismos sitios. También se observa que para Infiernito, Asunción y Texhuilo se obtuvo una misma tendencia para ambos tipos de peces.

Figura 14. Coliformes fecales detectados en branquia (UFC/g) por medio de placas Petrifilm



El análisis bacteriológico de músculo alberga particular importancia debido a que es ésta la sección del pescado que se aprovecha para consumo humano directo. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 15.

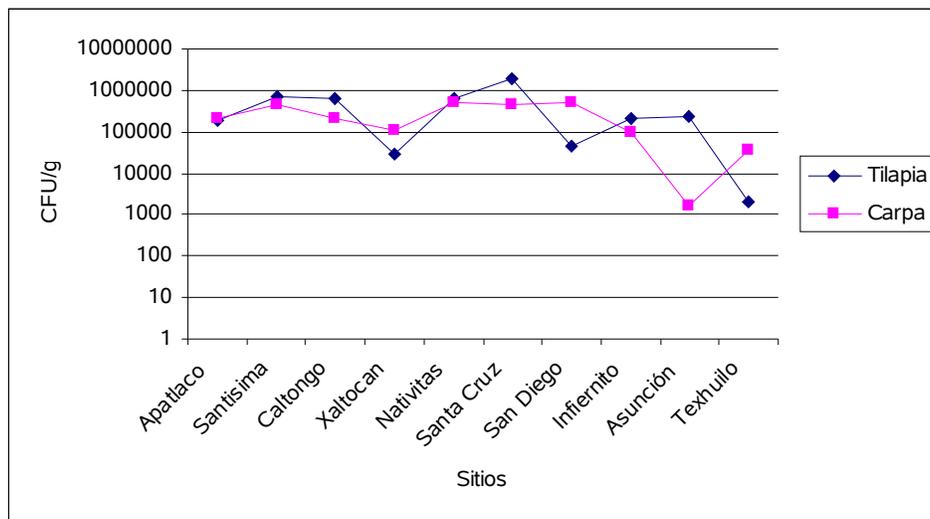
Figura 15. Coliformes fecales detectados en músculo (UFC/g) por medio de placas Petrifilm



Resalta que a excepción de los peces colectados en Apatlaco y Santa Cruz, el resto de los peces mostraron concentraciones de coliformes fecales dentro de lo que establece la NOM-027-SSA1-1997, es decir, en un rango menor a 400 UFC/g. No obstante, es importante notar que en algunos sitios solo están por debajo del límite permisible en forma marginal.

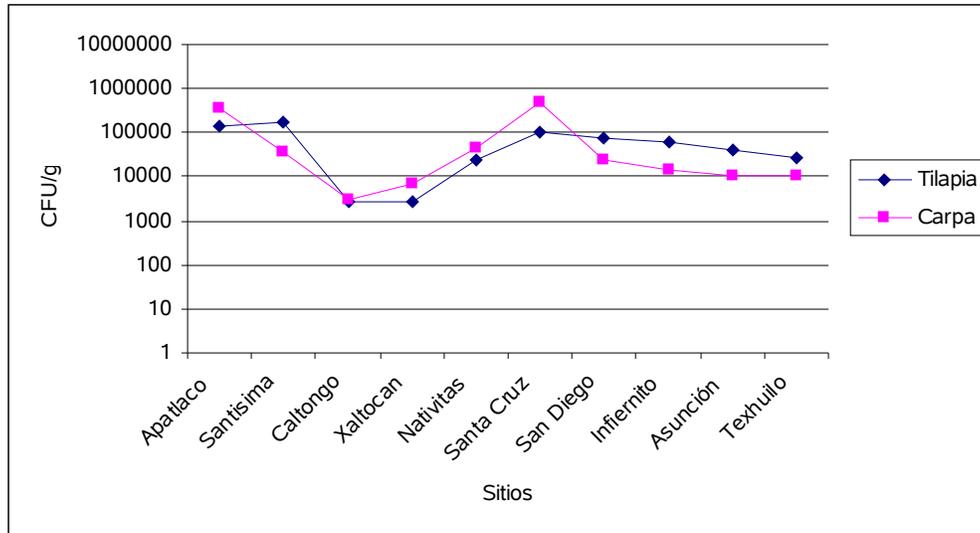
Otro de los análisis que se realizó fue la detección de bacterias que pertenecen a las Enterobacterias. En esta familia se incluyen bacterias tan importantes como las de los géneros *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, entre muchas más, que provocan enfermedades como gastroenteritis, tifoidea, disentería bacilar (shigelosis), enterocolitis. Los resultados obtenidos de estos análisis se presentan en las figura 16 y 17.

Figura 16. Concentración de Enterobacterias detectadas (UFC/g) en branquia por medio de placas Petrifilm



Aunque las enterobacterias no están consideradas dentro de la NOM-027-SSA1-1993, este análisis nos da una idea más completa de la cantidad de bacterias entéricas que se encuentran en el sistema y que los peces pueden incorporar a sus tejidos. En el caso de branquias, las concentraciones mínimas fueron del orden de 10^3 UFC/g y las máximas del orden de 10^6 UFC/g.

Figura 17. Concentración de Enterobacterias detectadas (UFC/g) en músculos por medio de placas Petrifilm.



En el caso del tejido muscular las enterobacterias estuvieron presentes en cantidades relativamente menores con respecto a lo obtenido en branquia, sin embargo, las concentraciones de tres sitios (Apatlaco, Santísima y Santa Cruz) presentaron una concentración del orden de 10^5 UFC/g mientras que siete de los sitios presentaron concentraciones entre 10^3 y 10^4 UFC/g.

Conclusiones

Los dos componentes del sistema de canales de Xochimilco, agua y peces, que fueron estudiados en este trabajo presentan un nivel importante de contaminación bacteriológica.

La cuantificación de bacterias en agua supera el límite máximo permisible de 1000 UFC/100 mL estipulado para riego.

El agua presentó concentraciones de formas de nitrógeno que sugieren contaminación por aporte de materia orgánica y por fertilizantes.

Las concentraciones de ortofosfatos del agua también sugieren un alto aporte de fosfatos que pueden provenir de detergentes y/o fertilizantes de uso agrícola.

Las dos especies de peces mostraron contaminación bacteriológica fecal en nivel similar.

En general, el tejido branquial presentó concentraciones mayores de bacterias fecales y enterobacterias en comparación con el tejido muscular.

La mayoría de las muestras de tejido muscular presentaron concentraciones de coliformes fecales dentro de la norma (400 UFC/g), sin embargo, algunas son cercanas a dicho límite.

Debido a la concentración de bacterias coliformes fecales y enterobacterias en músculo de tilapia y carpa, no se recomienda su consumo en crudo o en ceviches. Para consumirlo es necesario que sea una vez que esté bien cocido, asado o frito.

Aunque existe normatividad para las condiciones sanitarias de este tipo de productos, ésta es limitada, ya que no considera bacterias importantes en términos de salud de los consumidores.

Se recomienda realizar análisis de los mismos tejidos para la detección de *Staphylococcus aureus* utilizando la misma técnica de placas Petrifilm, esto debido a que ésta bacteria produce toxinas que se acumulan en el tejido y que pueden causar enfermedades severas.

ANÁLISIS DE METALES PESADOS DE MÚSCULO Y VISCERAS DE PECES

Resumen

Debido a que estos peces (carpa y tilapia) son utilizados para el consumo humano es necesario descartar la posibilidad de presencia de metales pesados en ellos. El objetivo fue determinar la presencia de metales pesados en músculo y vísceras en carpas y tilapias. Se colectaron 30 peces (15 carpas y 15 tilapias) en diferentes canales con la finalidad de tener una muestra de todo Xochimilco. Los resultados indican que sí hay metales pesados en músculo de peces, pero no rebasan los límites permisibles establecidos por la NOM-003-ECOL-1997; sin embargo en las vísceras (hígado, corazón, branquias) sí se rebasan estos límites. **Es necesario advertir a la población de que no consuma las vísceras de pescado, mientras que el músculo del pescado es apto para consumirse.**

Fechas

Las colectas fueron en agosto y septiembre.

Participación

En la colecta participó Roberto Altamirano (La Santísima), Guadalupe López y Eduardo Bustamante (Instituto de Biología) y el análisis se llevó a cabo en una empresa privada de Investigación y Desarrollo de Estudios de Calidad de Agua (IDECA, S.A de C.V.).

Introducción

El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso. Los ejemplos de metales pesados incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd) el arsénico (As), el cromo (Cr), el talio (Tl), y el plomo (Pb). Los metales pesados son componentes naturales de la corteza de tierra y no pueden ser degradados o destruidos. En un grado pequeño se incorporan a nuestros cuerpos vía el alimento, agua potable y aire. Sin embargo, en concentraciones altas pueden conducir al envenenamiento. El envenenamiento por metal pesado puede ocurrir, por ejemplo, a través de la contaminación del agua potable (por tuberías del plomo), las

altas concentraciones en el aire cerca de fuentes de emisión o vía la cadena de alimentos.

Los contaminantes ingresan al medio acuático en forma de partículas, disueltas o en complejos químicos suspendidos en la lluvia o por descargas de tributarios a los embalses. Se ha reportado la presencia de metales pesados en diferentes sistemas acuáticos. En particular el efecto de las aguas residuales en la actual zona lacustre de Xochimilco ha sido desastrosa sobre la fauna principalmente debido a los altos niveles de sustancias tóxicas lo que ha generando dudas sobre la calidad de peces para el consumo humano. Siendo necesario implementar un estudio donde se cuantifique los niveles de metales pesados.

Resultados

Se muestrearon los canales Laguna de Caltongo, Infiernillo, Texhuilo, Apatlaco, Laguna de San Diego, Cuemanco, Parque Ecológico. Se colecto un individuo por especie de cada canal y los parámetros analizados fueron: arsénico, cobre, cromo, mercurio y plomo, que son los contaminantes que potencialmente pueden causar más problemas en este tipo de sistemas.

Al comparar los datos obtenidos con la Norma Oficial Mexicana NOM-027-SSA1-1993 (Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones Sanitarias), el plomo y mercurio se encuentran en los límites permisibles en músculo, sin embargo los resultados de vísceras están por arriba de los límites permisibles. La norma de la FAO/OMS 1984, reporta una ingestión diaria máxima de cobre es de 0.05-0.5mg/Kg. Nuestros resultados arrojan la siguiente información: en músculo de pez se encuentra dentro del rango, pero no así en vísceras. Si se considera que la venta de este organismo es a partir del músculo y no de las vísceras, el peligro de ingestión es bajo.

Tabla 5. Resultados de los análisis de metales pesados en músculo de peces (mg/kg).

Lugar de Muestreo	Peces	Arsénico	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo
Paso del Toro	tilapia	<0.005	0.2	<0.20	<0.005	0.31
	carpa	<0.005	0.8	<0.20	<0.005	<0.25
Laguna de Caltongo	Tilapia	<0.005	0.3	<0.20	<0.005	<0.25
	carpa	<0.005	0.8	<0.20	<0.005	<0.25
Infiernillo	Tilapia	0.008	<0.01	<0.20	<0.005	<0.25
	Carpa	0.008	0.3	<0.20	0.026	<0.25

Texhuilo	Tilapia	0.015	0.2	<0.20	<0.05	<0.25
	Carpa	0.011	0.2	<0.20	0.038	<0.25
Apatlaco	Tilapia	0.010	0.3	<0.20	0.013	<0.25
	Carpa	0.008	0.5	<0.20	0.014	<0.25
Laguna de San Diego	Tilapia	0.006	0.3	<0.20	<0.005	<0.25
	Carpa	0.007	0.05	<0.20	0.018	<0.25
Cuemanco	Tilapia	0.017	0.01	<0.20	0.015	<0.25
	Carpa	0.016	0.03	<0.20	0.01	<0.25
Parque Ecológico	Tilapia	0.017	0.06	<0.20	0.025	<0.25
	Carpa	-	-	-	-	-

Tabla 6. Resultados de los análisis de metales pesados en vísceras de peces (mg/kg).

Lugar de Muestreo	Peces	Arsénico	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo
Paso del Toro	Tilapia	0.009	2.0	0.28	0.008	0.66
	Carpa	<0.005	0.4	<0.20	0.028	<0.025
Laguna de Caltongo	Tilapia	0.039	15.9	2.03	0.41	4.31
	carpa	<0.005	0.4	<0.20	0.029	<0.025
Infiernillo	Tilapia	0.087	9.6	2.01	0.174	3.76
	Carpa	<0.005	2.2	<0.20	0.025	<0.025
Laguna de San Diego	Tilapia	0.075	13.9	3.15	0.157	8.17
	Carpa	<0.005	2.5	0.29	<0.0059	<0.025
Parque Ecológico	Tilapia	0.021	29.3	0.95	0.199	1.32
	Carpa	-	-	-	-	-

ESTADO FINANCIERO

Como se presenta en la tabla siguiente, los \$895 000 destinados al proyecto se gastaron en su totalidad. El rubro que más recursos ocupó fue los sueldos a pescadores (35.4%), seguido de servicios profesionales (17.5%) y equipamiento para realizar las labores, que incluyó el material para la pesca (11.9%).

Tabla 7. Egresos del proyecto

Concepto	Monto	Porcentaje (%)
Servicios profesionales	\$ 156,678.83	17.51
Jornales pescadores	\$ 316,802.00	35.40
Material pesca	\$ 45,142.00	5.04
Divulgación	\$ 19,893.50	2.22
Equipo	\$ 106,067.49	11.85
Análisis químicos y bacteriológicos	\$ 70,005.68	7.82
Gasolina	\$ 1,184.21	0.13
20% por ingreso patrimonial UNAM	\$ 179,000.00	20.00
Total	\$ 895,000.00	100.00

FUTURO DEL PROGRAMA

Una vez completada esta primera fase de reducción de carpas y tilapias, es necesario dar seguimiento a los esfuerzos de recuperación de los ecosistemas mediante la continuidad del proyecto de pesca intensiva para seguir reduciendo las especies exóticas que aún amenazan a los ecosistemas locales, además de insertar las actividades dentro de un esquema participativo de conservación y desarrollo sustentable.

El éxito de la reducción de especies exóticas como un componente de la restauración ecológica de la zona se debe enmarcar dentro de un esquema de conservación y desarrollo sustentable, que contemple la puesta en marcha de un programa participativo y autogestivo, que integre las perspectivas y prioridades de todos los actores involucrados en el cumplimiento de los objetivos y metas del proyecto. Ello, debido a que los proyectos de conservación y desarrollo funcionan únicamente si se integran los conocimientos, destrezas y necesidades de todos los actores. Los motivos principales del fracaso de este tipo de proyectos giran alrededor de la falta de flexibilidad en los planes de acción, la verticalidad en la toma de decisiones y por lo tanto la poca consideración de

las perspectivas y prioridades, sobretodo de los actores locales –en este caso, los pescadores-, así como la desatención al proceso de aprendizaje.

Es por estas razones, que el equipo del Instituto de Biología de la UNAM pretende realizar en una segunda fase del programa, un proceso participativo de monitoreo y evaluación del proyecto para verificar el progreso, involucrar a todos los actores de una forma democrática y horizontal, así como facilitar el aprendizaje continuo, la corrección de errores y el ajuste y evaluación del proyecto. Ello, con el objetivo de lograr una relación virtuosa entre la comunidad y su ambiente dentro de un esquema sustentable de restauración ecológica, además de identificar actividades productivas alternativas que se puedan gestionar en el mediano y largo plazos.

De igual manera, el camino hacia la sustentabilidad está íntimamente ligado no sólo a los objetivos de reducción de especies exóticas, sino a la sensibilización de los pobladores de Xochimilco en la necesidad de proteger y conservar los ecosistemas. Dicha sensibilización debe realizarse con materiales de comunicación significativos para las poblaciones locales, además de proveer herramientas de aprendizaje sobre los ecosistemas y la interacción del ser humano con los mismos. Es por ello que el presente proyecto integra las acciones de pesca intensiva, monitoreo y evaluación con un programa de comunicación y difusión que incluye la formulación de una estrategia de comunicación a mediano y largo plazo, y dos videos participativos realizados por los propios pescadores, con la facilitación de un equipo de profesionales, a proyectarse en diversos lugares de Xochimilco.

La gráfica que se presenta a continuación muestra el marco lógico del proyecto. Para asegurar la sustentabilidad es necesario que el proyecto se desarrolle con la suficiente flexibilidad para adaptarse a la realidad local, mediante un sistema participativo de evaluación y monitoreo, que además arroje una serie de indicadores consensuados a monitorear. De igual manera, el proyecto funcionará como un catalizador de un proceso de sensibilización de los pescadores y otros pobladores sobre la problemática ambiental de la zona y las acciones que pueden tomarse para resolver los problemas. En el corto plazo, además de adecuar el proyecto a la realidad local, el conjunto de acciones permitirá visualizar necesidades de capacitación y alternativas para el mediano y largo plazos que fortalezcan la base sustentable de los sistemas productivos, las economías de

los pescadores y el tejido social. La figura de abajo presenta este esquema de manera gráfica.

Figura 18. Diagrama de integración de la reducción de especies exóticas con el desarrollo sustentable

