



Informe

Final

Febrero, 2013

Programa de Análisis y Restauración del Sistema Lacustre de Xochimilco y del Ajolote, Segunda Etapa



Dr. Luis Zambrano González

M. en C. Elsa Valiente Riveros

M. en C. Leonardo Sastré Báez

Biól. Armando Tovar Garza

Lic. Carlos U. Sumano Arias

Biól. Karen Levy Gálvez

Biól. Joaquín Giménez Héau

Biól. Pablo A. López Guijosa

Biól. Martha P. Almazán Tejeda

Índice

Introducción

Calidad del Agua

Instalación y funcionamiento de cinco sondas multiparamétricas y una estación meteorológica.

Adquisición e instalación de una estación meteorológica.

Página de internet debidamente establecida y vinculada con la UNIBIO.

Documento: “Estudio de la variación espacial de variables bióticas y abióticas de Xochimilco”, en el que se incluye la presencia del ajolote.

Chinampas y Refugios

2500m² de chinampa con cultivo.

15 toneladas de composta y 600 litros de biofertilizante.

Documento: “Manual de control de procedimientos para manejo de abonos orgánicos y hortalizas en chinampas.

Control de calidad de hortalizas y abonos orgánicos.

Colecta y análisis bimestral de muestras de hortalizas y composta (metales pesados y coliformes fecales).

Documento “Informe sobre el funcionamiento de los refugios”.

Pesca

Extracción de 50 toneladas de peces.

Documento: “Informe pesquero sobre el estado de las poblaciones de especies exóticas”.

Documento: “Informe sobre la calidad del producto pesquero”.

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, agua 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 cosas.

En particular, la introducción de especies exóticas de valor comercial ha resultado en la erosión de las chinampas, turbidez del agua y competencia con especies endémicas de alto valor científico, productivo y cultural. Así también, el manejo tradicional de las chinampas se ha modificado en diferente grado en la zona, ya sea por la adición de agroquímicos (i.e. fertilizantes, plaguicidas) y el aumento de la tecnificación (i.e. uso de maquinaria, implementación de invernaderos) así como la influencia de la creciente urbanización no regulada (i.e. cambio de uso del suelo). Aunado a ello, la extracción de agua subterránea en la zona y el aporte de descargas de agua residual a la zona lacustre han alterado el régimen hidrológico y la calidad del agua y del suelo, modificando la disponibilidad de nutrientes e incrementando las concentraciones de sustancias potencialmente tóxicas.

El Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología, junto con otras dependencias de la UNAM, ha venido implementado a través de diversos estudios y programas, acciones que lleven a la restauración ecológica de Xochimilco y a la preservación de la biodiversidad, principalmente de especies nativas como el ajolote (*Ambystoma mexicanum*).

La propuesta integral del proyecto “Programa de Análisis y Restauración del Sistema Lacustre de Xochimilco y del Ajolote, Segunda Etapa” tiene como eje central el desarrollo de tres planes de acción cuyo objetivo es la restauración a largo plazo del sistema lacustre de Xochimilco:

- 1) Monitoreo espacial permanente del hábitat y de la biodiversidad.

2) Restauración de apantles y chinampas para la generación de refugios como vía para la conservación del ajolote y otras especies nativas.

3) Continuación del programa de reducción de carpas y tilapias mediante la pesca intensiva.

Este programa conjuga la coordinación y colaboración de diversos investigadores de la UNAM con el fundamento estratégico de interconexión entre los diversos proyectos para lograr resultados sostenibles a nivel ecológico y social. Un sólo proyecto puede ayudar pero mientras no se realicen acciones conjuntas a diferentes niveles ecológicos y sociales, los resultados siempre serán menores a lo esperado.

Para esta segunda etapa, en el proyecto se mantienen la ejecución y desarrollo de estos tres planes de acción, dando continuidad a las obras iniciadas en el 2011 y manteniendo la participación social iniciada. Los resultados y productos obtenidos en el proyecto, y que serán expuestos en los siguientes apartados son herramientas que hacen posible aportar conocimiento científico para entender la dinámica del sistema lacustre y sus especies. Así también permiten generar acciones alternativas de manejo tendientes a la conservación al largo plazo del ecosistema.

CALIDAD DEL AGUA

Xochimilco es un sistema altamente heterogéneo en términos de calidad del agua. Se nutre principalmente de agua de tres plantas de tratamiento: Cerro de la Estrella, San Luis Tlaxiátemalco y San Lorenzo Tezonco, al igual que del constante aporte de descargas urbanas. El monitoreo constante de la calidad del agua en el sistema lacustre de Xochimilco permite entender los cambios en las distintas zonas del sistema y el comportamiento de estas variables en diferentes temporadas del año. La constancia en el monitoreo de los aportes de agua permite comprender si existe afectación al sistema y cómo es esa afectación. Asimismo, permite reconocer gradientes de perturbación en el sistema que son consecuencia de las descargas urbanas.

Instalación y funcionamiento de cinco sondas multiparamétricas y una estación meteorológica.

Establecimiento de las sondas multiparamétricas y estación meteorológica

Compra e instalación del equipo

Para la realización de estas actividades participaron 3 profesionistas y 8 trabajadores de campo (chinamperos, lancheros y remeros).

Se instalaron cinco sondas multiparamétricas modelo 6600 v2, marca YSI (Figura 1). Estas sondas tienen la capacidad de medir hasta nueve parámetros: Oxígeno disuelto óptico, % de Saturación de Oxígeno, Conductividad, Conductancia específica, Salinidad, Resistividad, Temperatura, pH, Potencial Óxido-reducción, Sólidos disueltos totales, Profundidad, Turbidez, Clorofila, Algas y Rodamina. Estos parámetros permiten caracterizar los sistemas acuáticos y con ellos se pueden realizar diversos análisis. Además, la información que se obtiene es útil para determinar la calidad del agua y el grado de contaminación de cada una de las zonas. Con el monitoreo continuo de los parámetros mencionados se pueden describir diversos factores fundamentales para el desarrollo de procesos ecológicos acuáticos. Por ejemplo, se puede estimar la cantidad de materia orgánica y sus variaciones en el tiempo-espacio; en el caso del sistema lacustre de Xochimilco, esta variable está

fuertemente influida por las descargas de aguas residuales, provenientes ya sea de las plantas de tratamiento de agua o del drenaje conectado de manera directa y por lo tanto es un indicador de la contaminación provocada por actividades urbanas. Los parámetros que sirven para inferir las concentraciones de materia orgánica tienen que ver con el oxígeno presente en el agua: altas concentraciones de materia orgánica provocan reducción en las concentraciones de oxígeno disuelto. Cabe señalar que los organismos que habitan el sistema y que requieren de oxígeno para sobrevivir se ven seriamente afectados con las variaciones en la concentración de materia orgánica. Diversas investigaciones han mostrado que altas concentraciones de materia orgánica provocan la muerte masiva de los organismos acuáticos, es decir se desencadena una pérdida local de biodiversidad y una disminución de las funciones y servicios ecosistémicos y, por lo tanto, el ecosistema acuático se degrada. Al igual que la materia orgánica, en Xochimilco, los sólidos suspendidos totales tienen su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo. La determinación de este parámetro resulta ser fundamental, puesto que el incremento de los niveles de sólidos suspendidos totales en el sistema provoca que el cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática por la disminución en la cantidad de luz que entra al sistema (CONAGUA, 2011).

El monitoreo de los diferentes parámetros fisicoquímicos y biológicos permiten reconocer gradientes de perturbación e identificar su posible relación con las descargas urbanas. Los sólidos disueltos totales, la conductividad eléctrica, la conductancia específica (o su inverso, la resistividad) y la salinidad son parámetros fuertemente relacionados entre sí, y se ha documentado que el aumento en ellos (en el caso de la resistividad es su disminución) provoca reducción en la riqueza de especies y cambios en la composición de la comunidad. La temperatura, turbidez, profundidad, pH y potencial REDOX son parámetros que también afectan la presencia-ausencia y distribución de los organismos, sus actividades, ciclos y procesos. Por último, la clorofila es el pigmento que da el color verde a los vegetales y que se encarga de absorber la luz necesaria para realizar la fotosíntesis, proceso que posibilita la síntesis de sustancias orgánicas a partir de las inorgánicas (CO_2 , H_2O y sales minerales), mediante la transformación de la energía luminosa en energía química. La medición de clorofila (a y b) en los cuerpos de agua brinda información útil para estimar la abundancia de fitoplancton (algas microscópicas que están en la base de la cadena trófica) y la

actividad biológica en el sistema. Pero además es una medida útil para inferir la concentración de nutrientes en el sistema y por lo tanto su tendencia a la eutrofización (exceso de nutrientes en el sistema que conduce a su degradación; Ricklefs, 1999). En el caso del sistema lacustre de Xochimilco, los puntos en donde existe descarga de aguas residuales (tratadas o no) provocan eutrofización local y por lo tanto crean micro-sitios cuyas condiciones dificultan la presencia de diversos organismos.

En cuanto a la vida animal, el monitoreo constante de la calidad del agua permite localizar sitios propicios que presenten las condiciones mínimas indispensables para llevar a cabo siembras de charales (*Menidia jordani*), acociles (*Cambarellus montezumae*) y el ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*).



Figura 1. Sonda multiparamétrica marca YSI, modelo 6600 v2.

Para llevar a cabo el monitoreo continuo del sistema lacustre de Xochimilco se eligieron cinco sitios de muestreo dentro del Área Natural Protegida. Esta elección se realizó tomando como referencia la zonificación propuesta por Contreras (2006), la cual establece cinco zonas de acuerdo a los diferentes usos de suelo, calidad del agua y grado de perturbación: A: Chinampera, B: Urbana, C: Turística, D: Chinampera-Urbana, E: Parque y F: Pista de Remo y Canotaje (Figura 2).

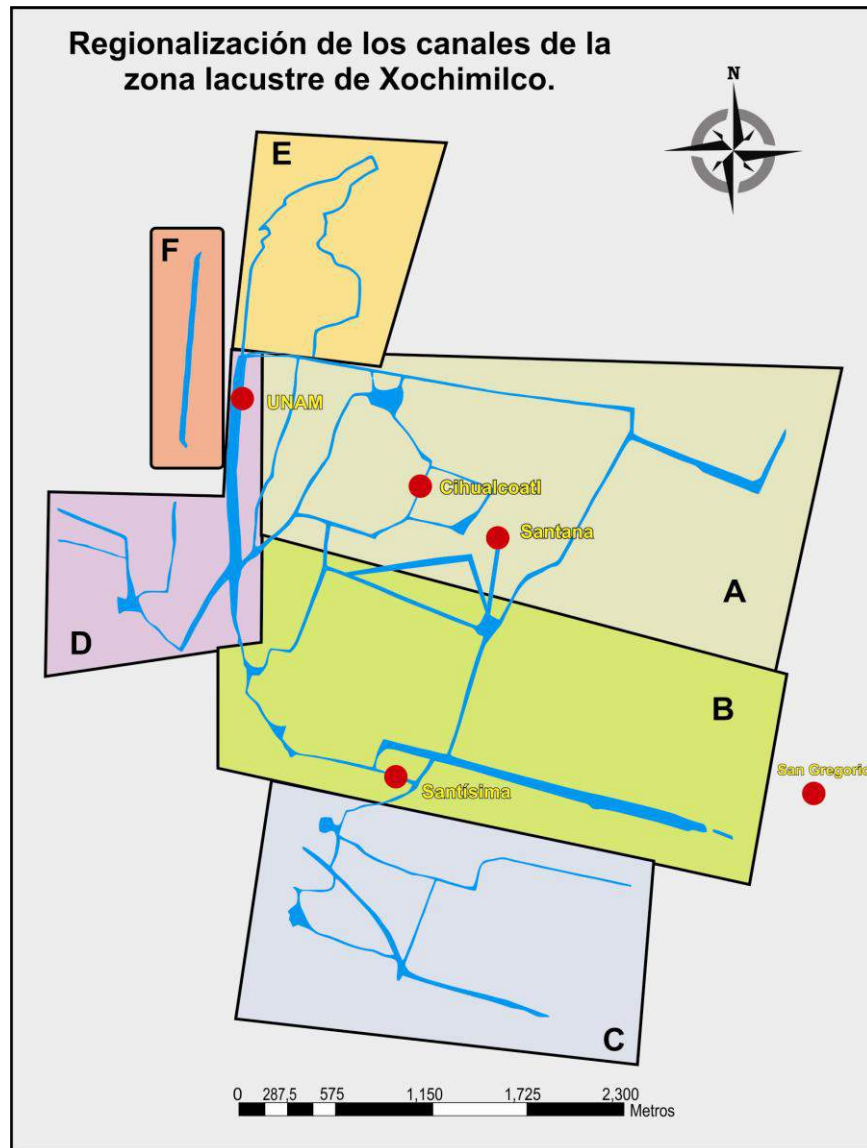


Figura 2. Regionalización de los canales de la zona lacustre de Xochimilco propuesta por Contreras (2006).

Descripción de cada zona

Zona chinampera (A).- Es la zona donde el uso de suelo está relacionado a la agricultura a través de chinampas y la ganadería. Prácticamente no existen zonas urbanizadas. Existe una gran cantidad de chinampas activas y el cultivo que prevalece es a cielo abierto. Los cultivos que sobresalen en esta zona son de maíz, lechuga, alelí, verdolagas y acelgas.

Zona urbana (B).- En esta zona existe una importante urbanización aunque en algunas partes todavía se practica la chinampería y existen algunas chinampas habilitadas como invernaderos.

Dentro de esta zona se localizan los ejidos de San Gregorio Atlapulco, una extensa zona en la que es sembrada una gran cantidad de hortalizas y el cultivo que prevalece en esta zona es a cielo abierto. También se localiza en esta zona el sitio denominado “Puente de Urrutia”, que destaca por ser uno de los canales con mejor calidad de agua y que es capaz de sostener una importante riqueza piscícola.

Zona turística (C).- Zona completamente urbanizada donde las principales actividades son el turismo y el cultivo de flores y hortalizas a través de invernaderos. La calidad del agua es tan baja que no permite el establecimiento de especies nativas como el charal y el ajolote.

Zona chinampera/urbana (D).- Zona donde aún se practica la chinampería como actividad principal pero a diferencia de la zona A, presenta zonas urbanizadas y algunas chinampas se encuentran abandonadas.

Zona parque (E).- En esta zona se incluye únicamente el humedal perteneciente al Parque Ecológico Xochimilco (PEX). En la parte norte del humedal existe una entrada de agua proveniente de la planta de tratamiento “Cerro de la Estrella” la cual es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua de la zona. El humedal se conecta con el resto de Xochimilco a través del canal de Cuemanco.

Zona pista (F).- Esta zona está conformada por el resto de Xochimilco y el nivel del agua de la pista es mantenido a través de agua proveniente de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Con el fin de obtener la mayor representatividad y heterogeneidad de los diferentes usos de suelo y grados de perturbación de Xochimilco, se agregaron cuatro zonas a la “Regionalización de los canales de la zona lacustre de Xochimilco” propuesta por Contreras (2006). Estas zonas son importantes debido a que son sitios que funcionan como zonas de recarga de los mantos acuíferos o bien sirven para transportar el agua proveniente de la planta de tratamiento de San Luis Tlaxiátemalco hacia los canales. Cabe señalar que esta nueva regionalización es utilizada en este proyecto para ilustrar de manera clara todos los sitios en los que se llevaron a cabo colectas de variables bióticas y monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del agua. En la figura 3 se muestra el mapa con la “Regionalización extendida de los canales de la zona lacustre de Xochimilco”. Las cuatro

zonas que se anexaron fueron: G: Ciénega Grande o Laguna de regulación, H: Ciénega Chica, I: Pueblo de San Luis Tlaxialtemalco y J: Pueblo de San Gregorio Atlapulco.

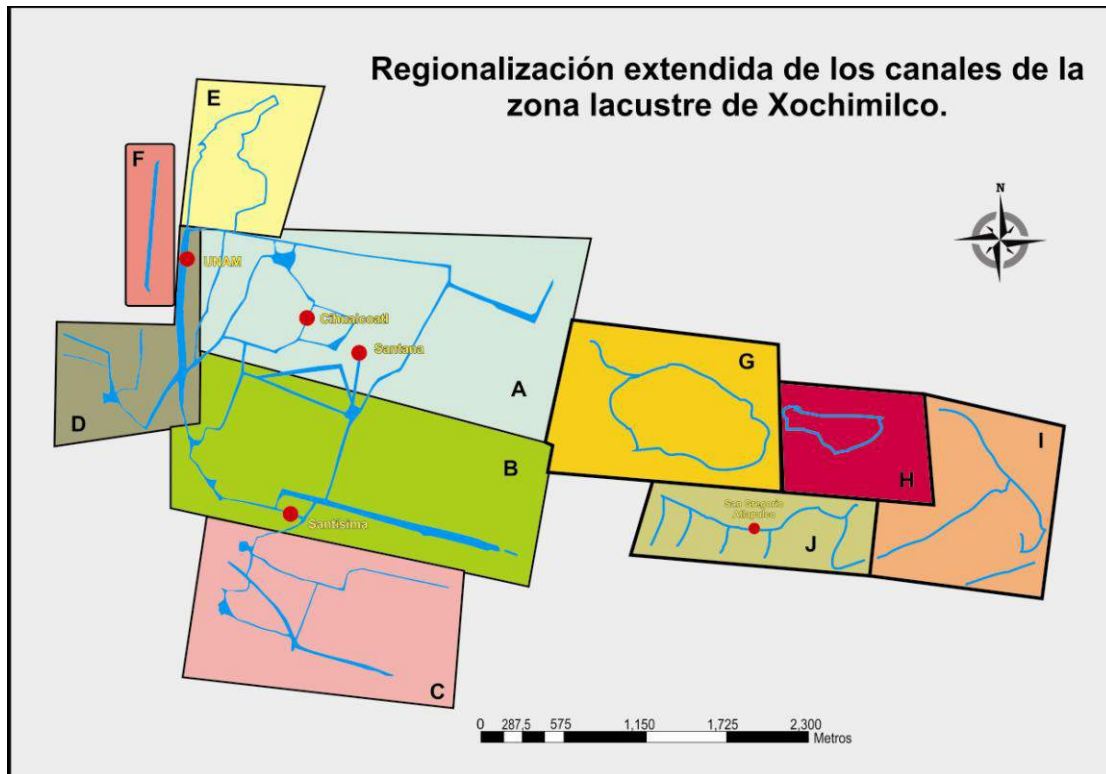


Figura 3. Regionalización extendida de los canales de la zona lacustre de Xochimilco.

Descripción de las cuatro zonas agregadas

Zona Ciénega Grande (G).- También llamada laguna de regulación o laguna de los muertos, se localiza a un costado de la cuenca lechera y a un costado del Pueblo de San Gregorio Atlapulco. Es el sitio en el que se encuentra la mayor profundidad de todo el sistema lacustre de Xochimilco, entre 5.30 y 6 metros. Al igual que la Ciénega chica también es un sitio importante para la recarga de los mantos freáticos. A sus alrededores se encuentra una gran cantidad de chinampas abandonadas, ya que son terrenos propicios a inundación.

Zona Ciénega Chica (H).- Este sitio es de suma importancia para el sistema lacustre de Xochimilco, ya que es zona de recarga para los mantos freáticos. Además, aporta refugio y protección a una gran cantidad de aves residentes y migratorias. La profundidad promedio

que se presenta es de 30 cm lo que la convierte en uno de los sitios más someros del humedal.

Zona Pueblo de San Luis Tlaxialtemalco (I).- El pueblo de San Luis Tlaxialtemalco se localiza a un costado del vivero que lleva el mismo nombre y colinda con el pueblo de San Gregorio Atlapulco. Este pueblo originario aún conserva diversas tradiciones y costumbres que se pueden rastrear hasta la época prehispánica. Los canales que se localizan en este sitio son fundamentales para el sistema lacustre de Xochimilco, puesto que transportan el agua proveniente de la planta de tratamiento de San Luis al sistema de apantles y acalotes del humedal.

Zona Pueblo de San Gregorio Atlapulco (J).- En este sitio se localiza la mayor parte de los ejidos del ANP aunque la mayoría de ellos se encuentran abandonados o bien son propensos a inundaciones. Aquí se practica la chinampería tradicional a cielo abierto. Este sitio funciona como regulador de la cantidad de contaminantes que son transportados a las Ciénegas Grande y Chica. La calidad del agua de esta zona está determinada por la cantidad de agroquímicos que son utilizados y vertidos a los canales principales.

Para obtener la mayor información posible para representar la heterogeneidad de los diferentes usos de suelo y grados de perturbación de Xochimilco, se eligieron cinco sitios para la continua colecta de datos. En cada uno de estos sitios se instaló una jaula metálica capaz de resguardar de manera segura una sonda multiparamétrica modelo 6600 v2, marca YSI. El diseño de las jaulas se detalla más adelante. Los cinco sitios de monitoreo y su descripción se describe a continuación:

1.- Sitio UNAM. Ubicado dentro de la zona D, en el Canal Nacional a un costado del embarcadero Cuemanco. Posee un canal interno con comunicación al canal de Cuemanco, por lo que carece de un flujo representativo al interior del terreno. En el sitio predominan especies vegetales como el lirio, lechuga de agua, ninfa, *Lemna* y paragüitas. Se utiliza para la reproducción y establecimiento de las poblaciones de ajolote, charal y acocil. Las coordenadas geográficas de la ubicación de la sonda son: X: 489213.96 Y: 2132372.98 (Figura 4).



Figura 4. Imagen del sitio UNAM.

2.- Sitio Cihuacoatl. Está ubicado en un canal adyacente al canal Almoloya, dentro de la zona A. Este sitio está destinado principalmente al cultivo de maíz, flores de ornato y hortalizas. Se encuentra rodeado por tres apantles y un canal principal. En el sitio predominan el shacaltule, altamisa, lirio y paragüitas. Las coordenadas geográficas de la ubicación de la sonda son: X: 489791.14 Y: 2131391.26 (Figura 5).

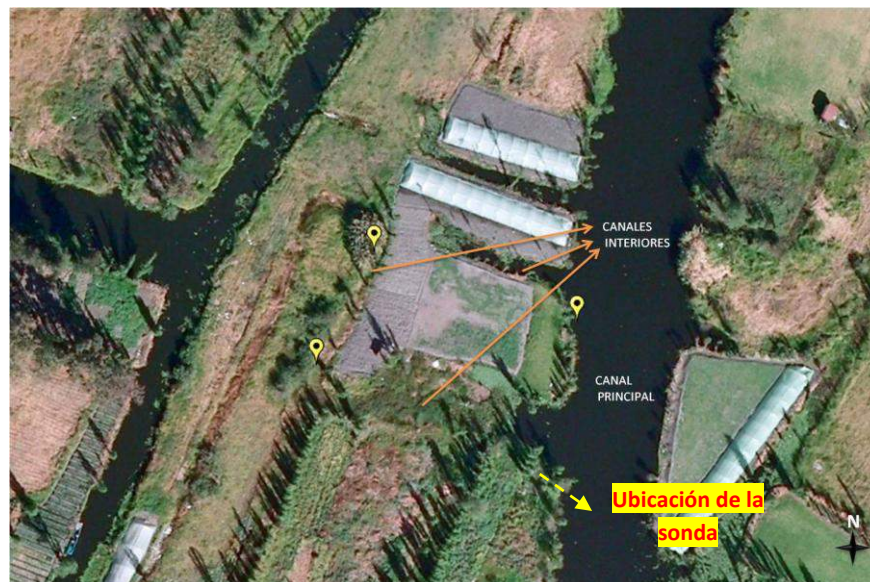


Figura 5. Imagen del sitio Cihuacoatl.

3.- Sitio San Gregorio. Ubicado dentro de la zona J aproximadamente a 50 metros de la Ciénega Chica, muy cerca del canal Pueblo de San Gregorio Atlapulco. El sitio está dedicado principalmente a la chinampería tradicional. En él predominan el lirio, pasto, *Lemna*, lechuga de agua, paragüitas y shacaltule. Es un importante sitio para llevar a cabo el continuo monitoreo de la calidad del agua, puesto que se encuentra cerca de una de las entradas de agua al sistema proveniente de la planta de tratamiento de San Luis Tlaxialtemalco. Las coordenadas geográficas de la ubicación de la sonda son: X: 494955.09 Y: 2130017.75 (Figura 6).



Figura 6. Imagen del sitio San Gregorio.

4.- Sitio La Santísima. Ubicado en el canal La Santísima, dentro de la zona B. Es una zona con un alto grado de urbanización y cuyas actividades afectan directamente a los canales. En el sitio predominan el floripondio, nochebuena, bugambilia, ahuejote, lirio, tepozán, paragüitas y *Myriophyllum*. Las coordenadas geográficas de la ubicación de la sonda son: X: 490175.96 Y: 2130021.29 (Figura 7).



Figura 7. Imagen del sitio La Santísima.

5.- Sitio Santana. Ubicado en el canal Tezhuilo dentro de la zona A, aproximadamente a 100 metros de la Isla de las Muñecas. Es un sistema de tres chinampas piloto en el que se llevan a cabo acciones de rehabilitación mediante la apertura y desazolve de los apantles, así como la reconversión al cultivo tradicional evitando el uso de agroquímicos, favoreciendo además la infiltración del agua. En estas chinampas se cultivan principalmente lechugas, verdolagas y acelgas, entre otras hortalizas. En el sitio predomina el *Myriophyllum*, lirio, chilillo, *Lemna*, lechuga de agua, berro y paragüitas. Las coordenadas geográficas de la ubicación de la sonda son: X: 490760.51 Y: 2131024.04 (Figura 8).



Figura 8. Imagen del sitio Santana.

En la figura 9 se muestra la ubicación exacta de las cinco sondas multiparamétricas. Se observa de manera detallada el polígono que conforma el ANP y la distribución de las sondas. La figura 10 presenta los 11 sitios en los que sería fundamental instalar nuevas jaulas para el monitoreo exhaustivo de la zona lacustre de Xochimilco. Los sitios son: 1.- Canal Toltenco, 2.- El Castillo, 3.- Canal Ampampilco, 4.- Laguna de Tezhuilo, 5.- Laguna de la Virgen, 6.- Isla de Tlilac, 7.- Canal El Bordo, 8.- Pista de Remo y canotaje, 9.- Canal Apatlaco, 10.- Puente de Urrutia y 11.- Laguna de Regulación.

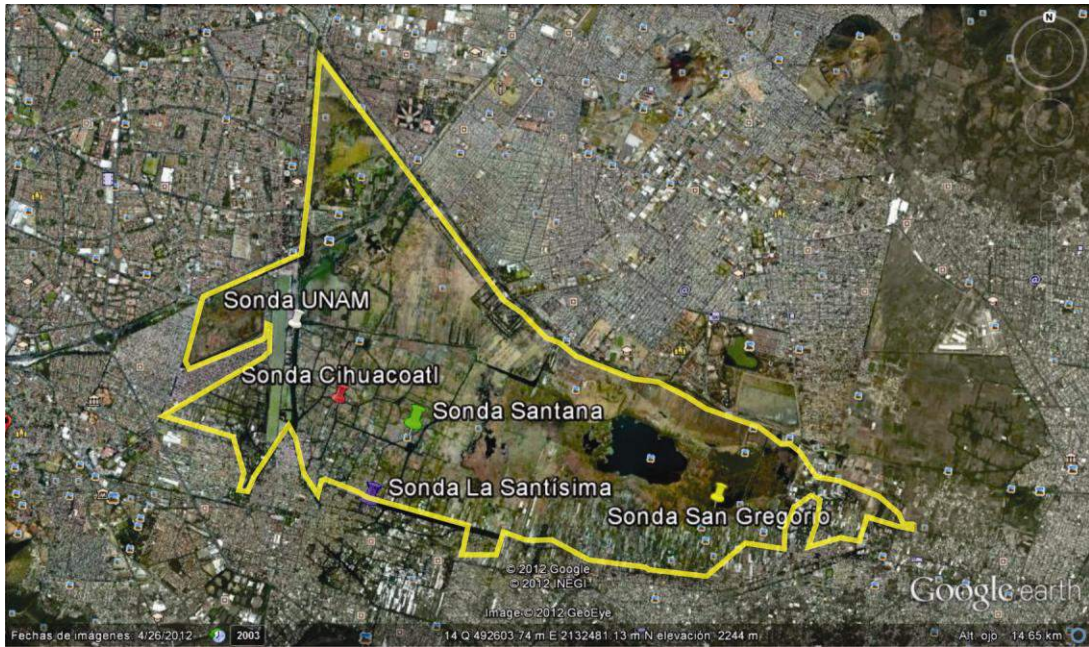


Figura 9. Imagen satelital que muestra la ubicación de las cinco sondas multiparamétricas.



Figura 10. Imagen satelital que muestra la ubicación de los sitios en lo que sería fundamental instalar sondas multiparamétricas.

Una vez realizada la elección y determinación de cada uno de los cinco sitios de muestreo y monitoreo constante, se realizó la instalación de jaulas metálicas capaces de resguardar de manera segura cada una de las sondas multiparamétricas YSI.

Diseño, elaboración e instalación de las jaulas metálicas

Para la fabricación de las jaulas que resguardan las sondas multiparamétricas, se realizó una búsqueda intensa y análisis de materiales que pudieran servir para su elaboración, siendo el hierro forjado el material que proporcionó mayor resguardo y protección a las sondas (Figuras 11 y 12). Además, las jaulas fueron pintadas con material anticorrosivo para aumentar su resistencia a las condiciones ambientales del sistema. De esta forma, se fabricaron cinco jaulas cilíndricas de 90 cm de longitud y 25 cm de diámetro, a las cuales se soldaron barras de 1.70 m de hierro que servirían de anclaje para las jaulas.

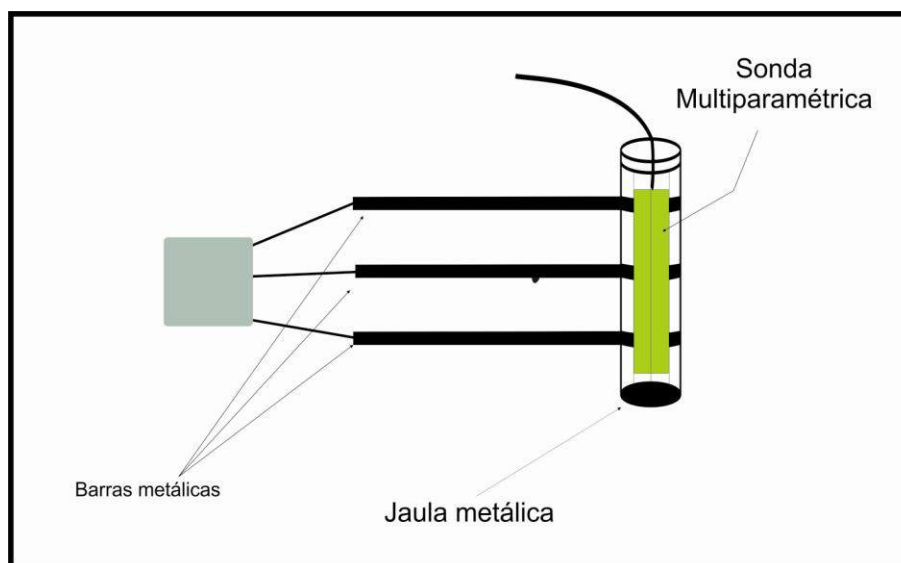


Figura 11. Diseño inicial de la jaula metálica para el resguardo de las sondas.

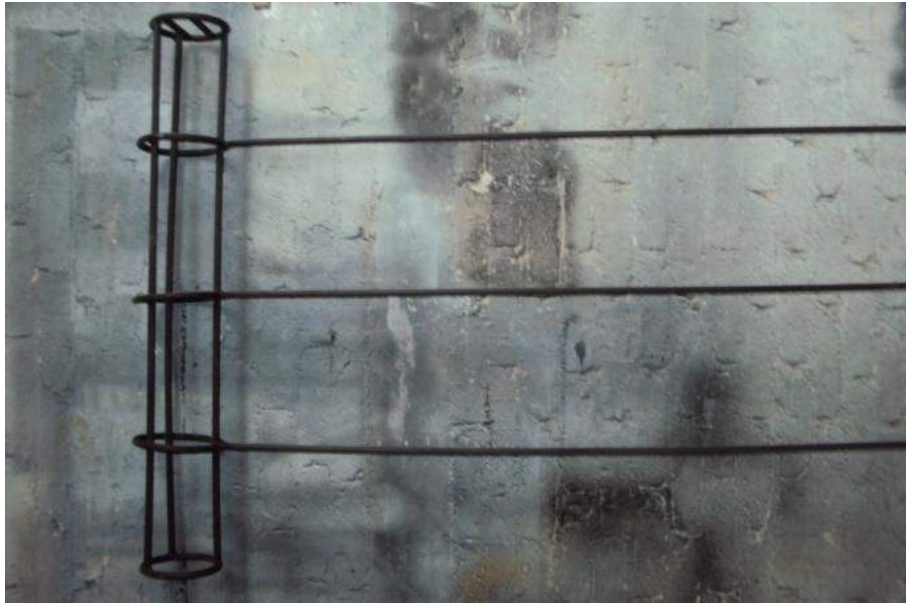


Figura 12. Diseño final de la jaula metálica para el resguardo de las sondas.

El anclaje correcto implicó que las jaulas quedasen fijadas a una parte sólida cercana a la orilla de las chinampas y se adaptó a las características de cada sitio (Figura 13).

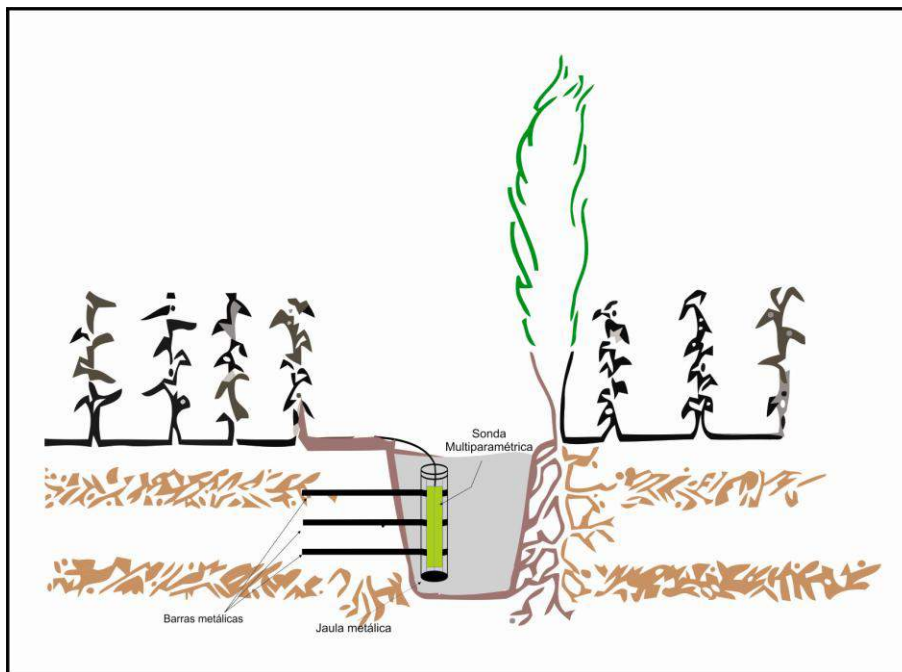


Figura 13. Esquema ilustrativo de la instalación de las jaulas metálicas.

En todos los sitios el anclaje se hizo directo al sedimento, ya que la profundidad fue menor a 1.5 m. Se hizo el intento de colocarlas sobre la pared de las chinampas, pero estas

resultaron ser muy inestables, por lo que instalarlas directo al sedimento fue la mejor opción. (Figura 14).



Figura 14. Instalación de las jaulas en los diferentes sitios.

Limpieza y mantenimiento de los cinco sitios de monitoreo

Para realizar la instalación de las jaulas metálicas y las sondas multiparamétricas fue necesario rehabilitar cada uno de los sitios. Se llevaron a cabo trabajos de deshierbe y limpieza de los sitios. En algunos casos se realizaron labores de estacado de la chinampa para darle fortaleza a las paredes, principalmente aquellas que colindan con los canales

principales. Por otra parte, fue necesario llevar a cabo la limpieza constante de cada sitio, esto con la finalidad de que no existieran interferencias o fueran las menos posibles en la obtención de información por medio de las sondas. La interferencia principal que puede darse es el crecimiento excesivo de la vegetación terrestre y/o acuática que puede llegar a cubrir la superficie del agua, evitando que la sonda registre correctamente la cantidad de luz que pueda penetrar la columna de agua (Figura 15).



Figura 15. Limpieza y deshierbe de los sitios de monitoreo.

Obtención de la información generada por las sondas multiparamétricas

La adquisición y uso de equipo y material sofisticado de medición, como son las sondas multiparamétricas permitió la obtención de información precisa y confiable sobre parámetros físicos, químicos y biológicos en agua, que es la base de la comprensión del funcionamiento de distintas regiones del sistema lacustre de Xochimilco. Asimismo, las decisiones que se tomen a futuro, en torno a la recuperación del ecosistema, tendrán una base científica y estarán orientadas a brindar soluciones a largo plazo.

Los parámetros que fueron obtenidos son indispensables para comprender el funcionamiento del sistema lacustre en los cinco sitios de muestreo, con un sustento científico cumpliendo con los estándares internacionales de medición. La inversión en este equipo y su uso adecuado, reeditará en las acciones que se implementen a futuro en los diferentes ámbitos del manejo ambiental de Xochimilco.

A continuación se presenta un resumen de los datos que se extrajeron de las sondas multiparamétricas. Estos datos se presentan en tablas que contienen los parámetros registrados, así como el valor mínimo, el valor máximo y el promedio para cada uno de los casos (Tablas 1-5).

Tabla 1. Resumen de los datos extraídos de la sonda multiparamétrica colocada en el sitio de muestreo "Santísima" en diferentes fechas.

SONDA "SANTISIMA" PERIODO DE MONITOREO DEL 12 AL 16 DE SEPTIEMBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	mS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	15.98	0.005	X	0.43	0.33
MAX	23.81	0.806	X	0.55	0.42
PROM.	21.58	0.746	X	0.52	0.39
	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
VALORES	metros		NTU	%	mg/L
MIN	0.38	4.37	8.3	0.3	0.03
MAX	0.45	6.22	103.3	32	2.74
PROM.	0.42	5.64	33.43	11.24	0.97

SONDA "SANTISIMA" PERIODO DE MONITOREO DEL 04 AL 15 DE OCTUBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	µS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	17.2	488	X	0.36	0.27
MAX	21.86	751	X	0.54	0.41
PROM.	19.8	624	X	0.45	0.33
	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
VALORES	metros		NTU	%	mg/L
MIN	0.35	7.34	4.5	0	0.01
MAX	0.45	7.53	295.3	80.7	7.11
PROM.	0.4	7.4	19.92	3.78	0.33

Tabla 2. Resumen de los datos extraídos de la sonda multiparamétrica colocada en el sitio de muestreo “UNAM” en diferentes fechas.

SONDA "UNAM" PERIODO DE MONITOREO DEL 10 AL 17 DE SEPTIEMBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	µS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	17.4	1754	X	1.32	1.04
MAX	19.5	1930	X	1.4	1.11
PROM.	18.34	1821	X	1.35	1.07
	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
VALORES	metros		NTU	%	mg/L
MIN	0.14	7.63	1	0.01	0.01
MAX	0.22	7.98	17.5	57.6	5.32
PROM.	0.19	7.79	3.99	19.54	1.81
SONDA "UNAM" PERIODO DE MONITOREO 01 AL 16 DE OCTUBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	mS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	10.41	0.007	X	0.006	0.01
MAX	20.1	2.091	X	1.57	1.25
PROM.	17.24	1.99	X	1.52	1.21
	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
VALORES	metros		NTU	%	mg/L
MIN	0.41	7.09	X	X	X
MAX	0.66	11.38	X	X	X
PROM.	0.61	8.69	X	X	X
SONDA "UNAM" PERIODO DE MONITOREO DEL 17 AL 25 DE OCTUBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	mS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	15.28	1.85	497.41	1.47	1.17
MAX	17.6	2.01	538.98	1.54	1.22
PROM.	16.49	1.94	515.24	1.5	1.19
	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
VALORES	metros		NTU	%	mg/L
MIN	0.54	8.66	X	X	X
MAX	0.61	11.52	X	X	X
PROM.	0.59	9.04	X	X	X

SONDA "UNAM" PERIODO DE MONITOREO 26 OCTUBRE AL 12 DE NOVIEMBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	mS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	12.77	0.015	526.13	1.29	1.02
MAX	17.01	1.901	647.09	1.48	1.18
PROM.	14.68	1.72	582.19	1.39	1.1
	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
VALORES	metros		NTU	%	mg/L
MIN	0.54	8.67	X	X	X
MAX	0.67	10.13	X	X	X
PROM.	0.6	8.89	X	X	X
SONDA "UNAM" PERIODO DE MONITOREO 13 DE NOVIEMBRE A 03 DE DICIEMBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	mS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	11.4	1.49	588.64	1.276	1.01
MAX	15.94	1.699	671.24	1.409	1.12
PROM.	13.39	1.608	622.32	1.343	1.06
	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
VALORES	metros		NTU	%	mg/L
MIN	0.574	8.63	X	X	X
MAX	0.675	14	X	X	X
PROM.	0.63	9.34	X	X	X

Tabla 3. Resumen de los datos extraídos de la sonda multiparamétrica colocada en el sitio de muestreo “Cihuacoatl” en diferentes fechas.

SONDA "CIHUACOATL" PERIODO DE MONITOREO DEL 11 AL 17 DE SEPTIEMBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	mS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	19.83	1.16	X	0.81	0.62
MAX	24.4	1.27	X	0.85	0.66
PROM.	21.82	1.21	X	0.83	0.64
	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
VALORES	metros		NTU	%	mg/L
MIN	0.72	8.32	X	X	X
MAX	0.79	9.15	X	X	X
PROM.	0.77	8.71	X	X	X

SONDA "CIHUACOATL" PERIODO DE MONITOREO 17 AL 25 DE OCTUBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	µS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	18.97	641	1405.27	0.469	0.35
MAX	22.71	712	1559.56	0.493	0.37
PROM.	20.64	676	1479.17	0.479	0.36
	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
VALORES	metros		NTU	%	mg/L
MIN	0.27	7.71	9	22.7	2.09
MAX	0.34	8.72	71.3	167	14.41
PROM.	0.31	8.14	19.89	74.52	6.63

SONDA "CIHUACOATL" PERIODO DE MONITOREO 26 OCTUBRE AL 12 DE NOVIEMBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	mS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	16.01	587	1474.67	0.444	0.33
MAX	21.38	678	1703.96	0.479	0.36
PROM.	18.19	626.65	1597.71	0.468	0.35
	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
VALORES	metros		NTU	%	mg/L
MIN	0.27	7.94	8.7	26.3	2.58
MAX	0.385	8.72	53.8	142.3	13.08
PROM.	0.32	8.34	17.89	76.95	7.2

SONDA "CIHUACOATL" PERIODO DE MONITOREO 21 DE NOVIEMBRE A 03 DE DICIEMBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	mS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	12.52	586	1567.55	0.455	0.34
MAX	18.67	638	1706.51	0.477	0.36
PROM.	16.84	610.86	1637.49	0.47	0.354
	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
VALORES	metros		NTU	%	mg/L
MIN	0.298	8.03	9.2	47.8	4.74
MAX	0.394	8.96	115.4	174.9	16.35
PROM.	0.338	8.49	19.89	96.41	9.29

Tabla 4. Resumen de los datos extraídos de la sonda multiparamétrica colocada en el sitio de muestreo “Santana” en diferentes fechas.

SONDA "SANTANA" PERIODO DE MONITOREO DEL 11 AL 17 DE SEPTIEMBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	mS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	14.9	0.87	1039.08	0.61	X
MAX	23.47	0.96	1144.99	0.65	X
PROM.	21.34	0.91	1094.48	0.63	X
	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
VALORES	metros		NTU	%	mg/L
MIN	0.11	7.61	1.9	8.6	0.78
MAX	0.12	8.67	51.2	207.1	17.56
PROM.	0.11	7.88	8.24	49.28	4.3
SONDA "SANTANA" PERIODO DE MONITOREO DEL 17 AL 25 DE OCTUBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	mS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	18.25	0.66	1346.2	0.48	0.37
MAX	22.01	0.74	1520.7	0.52	0.4
PROM.	20.05	0.69	1441.5	0.49	0.37
ORP	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
mV	metros		NTU	%	mg/L
283.6	0.83	7.52	4.2	11.2	1.05
344	0.84	8.2	33	142.6	12.46
320.75	0.84	7.75	12.61	57.65	5.18
SONDA "SANTANA" PERIODO DE MONITOREO 26 OCTUBRE AL 12 DE NOVIEMBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	mS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	15.61	0.6	1388.5	0.47	0.36
MAX	20.63	0.72	1646.3	0.51	0.39
PROM.	17.75	0.65	1536.5	0.49	0.37
ORP	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
mV	metros		NTU	%	mg/L
234.1	0.85	7.51	1.8	4.7	0.46
322.5	0.86	8.68	76.7	174.7	15.71
298.6	0.85	7.76	11.26	60.11	5.66

SONDA "SANTANA" PERIODO DE MONITOREO 21 DE NOVIEMBRE A 03 DE DICIEMBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	mS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	14.26	0.587	1539.7	0.475	0.36
MAX	17.79	0.649	1702.23	0.497	0.38
PROM.	16.1	0.619	1615.51	0.484	0.365
ORP	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
Mv	metros		NTU	%	mg/L
197.6	0.84	7.62	7.5	49.3	5
293.4	0.86	8.93	6.85	206.6	19.62
276.36	0.85	8.19	20.01	108.2	10.58

Tabla 5. Resumen de los datos extraídos de la sonda multiparamétrica colocada en el sitio de muestreo “San Gregorio”.

SONDA "SAN GREGORIO" PERIODO DE MONITOREO DEL 05 AL 16 DE OCTUBRE DE 2012					
	Temperatura H2O	Conductividad	Resistividad	TDS	Salinidad
VALORES	°C	mS/cm	Ohm*cm	g/L	ppt
MIN	16.55	1.53	522.53	1.09	
MAX	21.69	1.91	652.58	1.41	
PROM.	19.15	1.72	581.5	1.26	
ORP	Profundidad	pH	Turbidez	% Saturación	Oxígeno disuelto
mV	metros		NTU	%	mg/L
-379.7	0.82	7.59	-1.8	0	0.01
321.8	0.83	7.99	74	87.1	7.71
-126.47	0.82	7.76	18.49	9.43	0.85

En el Anexo 1 y 2 se presentan los datos crudos extraídos de las sondas de los cinco sitios de muestreo. Los sitios monitoreados durante el proyecto fueron: San Gregorio, Cihuacoatl, La Santísima, Santana y Estación Biológica UNAM.

Adquisición e instalación de una estación meteorológica

En cuanto a la adquisición de la estación meteorológica, se realizaron diversas cotizaciones. El trámite de solicitud de compra interna en la Administración del Instituto de Biología de la UNAM se realizó. Actualmente, queda pendiente, por parte del proveedor, la entrega de la estación meteorológica al IBUNAM, para que pueda ser instalada en la Estación Biológica de la UNAM, ubicada a un costado de la pista de remo y canotaje (Figura 16).

La adquisición de la estación meteorológica proporcionará información que ayudará a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Las variables son: la temperatura en distintas horas del día, la presión atmosférica en superficie, la cantidad de agua que cae sobre el suelo en forma de lluvia o granizo, la humedad relativa del aire, la temperatura del punto de rocío, la radiación solar, y la velocidad del viento. Los datos obtenidos de la medición de estas variables permitirán elaborar predicciones meteorológicas, información que será utilizada para llevar un control adecuado de los refugios y los cultivos. En la zona Metropolitana del Valle de México el aire descendente de las nubes de gran desarrollo vertical produce ráfagas descendentes que pueden adquirir suficiente velocidad como para provocar desgajamiento de árboles y puede presentarse acompañado de fuerte precipitación frecuentemente de corta duración. Sin embargo, los cambios en la velocidad del viento y las precipitaciones son benéficas para la oxigenación de los canales, por ello, su monitoreo resulta necesario. El registro constante de variables como la temperatura, la humedad relativa y la presión ayudará a desarrollar un buen plan de mantenimiento de los refugios, ya que con esta información se podrá controlar el intercambio de especies de plantas acuáticas y los recambios parciales de agua.



Figura 16. Estación Biológica UNAM.

La Estación Meteorológica Digital presentará las siguientes características: anemómetro (velocidad y dirección del viento), pluviómetro, temperatura, humedad, presión, punto de rocío, índice de calor, reloj radio controlado, calendario y alarma. Rangos de: Temperatura interior 0 - 50 °C, Temperatura exterior 20 + 60 °C, Humedad interior-exterior 20 - 99%, Velocidad del viento 0 - 180 Km/h, Pluviometría 0 - 9999 mm, con alarmas (Figura 17).



Figura 17. Estación meteorológica.

Página de internet debidamente establecida y vinculada con la UNIBIO

En la realización de esta actividad colaboraron cuatro técnicos. Para poder generar una vinculación entre la información obtenida en el campo con el sistema digital que está basado en la UNIBIO fue necesario generar un diseño conceptual y lógico para la captura de los datos en el Laboratorio de Restauración Ecológica. Este diseño no sólo es útil para UNIBIO, sino que también lo es para ingresar a la Long Term Ecological Research en México.

El objetivo de esta sección fue desarrollar una plataforma que permitiera almacenar los datos recopilados durante el proyecto de manera estructurada en una base de datos, además de poder consultarlos en línea a través de un sistema de filtros.

Diseño conceptual y lógico de la base de datos del Laboratorio de Restauración Ecológica

A lo largo de más de una década, el laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la UNAM ha recolectado datos provenientes de proyectos elaborados por personal y alumnos del laboratorio sobre Xochimilco. Esto ha hecho que los datos sean de muy diversa índole, dificultando la homologación de todos en bases de datos no relacionales.

Por lo tanto, la creación y modelado de una Base de Datos Relacional para la variedad de datos manejados en el laboratorio, tampoco ha sido una tarea sencilla, como se puede ver a primera vista en los diagramas, cuya explicación es motivo de esta sección del documento.

Para la creación de una Base de Datos Relacional existen 3 etapas:

- 1.- Diseño Conceptual (Modelo Entidad-Relación)
- 2.- Diseño Lógico (Modelo Relacional)
- 3.- Diseño Físico (SQL)

Diseño Conceptual

Algunos conceptos básicos para la comprensión del modelo Entidad-Relación (E-R) son los siguientes:

- Entidad: es una representación de un objeto individual concreto del mundo real.
- Atributo: cada una de las características que posee una entidad.
- Tupla: es un conjunto ordenado de objetos, en este caso de atributos, que representa las características de nuestro objeto.
- Clave: es un conjunto de atributos que identifican de forma unívoca una Tupla.

En esencia, el modelo E-R consiste en la búsqueda de Entidades que describan a los objetos que intervienen en el problema y las Relaciones entre estas Entidades.

A pesar de ser la más sencilla de las tres, un diseño conceptual claro y que cumpla con los lineamientos del modelo E-R, será fundamental en la optimización del tiempo que tomen las consultas a la base de datos, ya que un mal diseño tendrá como consecuencia largos tiempos de espera aun con el hardware y software más potentes.

Entidades y atributos del modelo

Si bien los datos manejados en el laboratorio son diversos, todos son “Muestras”, por lo que tiene lógica empezar por ahí. “Muestra” tiene como atributos un identificador numérico “idMuestra” (Clave Primaria), el nombre del Colector de la muestra, el nombre del Proyecto del que forman parte, la fecha y la hora en que fue tomada.

La información de donde fue tomada la muestra, si bien podría ser otro atributo de la Entidad “Muestra”, si un atributo es muy importante, entonces debe ser una Entidad. Esto en la práctica ayudará a lograr mejores búsquedas y a ahorrar espacio en la memoria.

Por lo anterior, se creó la Entidad “Sitio de Muestreo”, que tiene como atributos: Estado, Municipio, Región, Localidad, Sitio de Muestreo, Latitud, Longitud y Altura, siendo la combinación (localidad, sitio de Muestreo) la clave primaria de la Entidad.

Las muestras tomadas por el laboratorio se pueden clasificar en dos grandes grupos: Bióticos y Abióticos. Para los primeros es importante almacenar los datos Taxonómicos de la muestra, por lo tanto se creó la Entidad “Taxonomía” que contiene los datos referentes a Phylum, Grupo, Clase, Orden, Familia, Género, Nombre Científico, Nombre Común, Tipo de organismo y Tipo de alimentación, siendo esta última información no Taxonómica, pero que tiene una relación univoca con el organismo y que puede ser de utilidad en búsquedas más generales (por ejemplo, al buscar información sobre todos los organismos Bentívoros de la Base). La clave primaria de esta Entidad es “Nombre Científico”.

Las dos entidades anteriores tienen además la ventaja de tener un número reducido de tuplas asignadas (aproximadamente 100 en Localidad y 60 en Taxonomía), lo cual evita almacenar demasiada información en la Entidad “Muestra” que posiblemente no sea útil en ese momento, ya que teniendo el Nombre Científico, la Localidad y el Sitio de Muestreo se tienen definidos los demás atributos. Todo esto sin hacer más robusta la Base de Datos.

El resto de las variables medidas a las muestras Bióticas se pueden separar nuevamente en dos: Individuales y Colectivas.

Entre las individuales están:

- “Características Físicas” Peso, Talla, Peso Húmedo, Lesiones y grado (de las lesiones).
- “Isótopos” Delta N, Delta C, C/N, Micro g N, Micro g C
- “Contenido Estomacal” Compuesto por el resto de las variables bióticas.

Las variables anteriores fueron agrupadas de este modo, ya que en general a las muestras solo se les mide uno o dos de los conjuntos de variables, por lo que si estuvieran todas en una sola entidad, se tendrían tuplas llenas de valores Nulos.

De las variables de carácter colectivo se tienen las siguientes:

- Número de individuos, Peso total y Lances que forman la Entidad “Pesca”.
- Fecha final, Intervalo entre mediciones, Surv (el cual guarda el objeto de supervivencia), los cuales forman la Entidad “Supervivencia”.

Estas Entidades pueden estar relacionadas a muestras individuales tomadas del conjunto medido en las variables de conjunto.

También es importante señalar que estas Entidades tienen como clave primaria “idMuestra”, es decir, el identificador de la muestra de la que provienen, por lo que no puede existir una tupla en estas Entidades sin que exista su correspondiente en la Entidad “Muestra”

Por otro lado, se tienen las muestras de tipo Abiótico, las cuales pueden ser independientes o pueden provenir del entorno de una muestra Biótica. En el primer caso estas son manejadas con su propio “idMuestra”; en el segundo son manejados con el mismo identificador de la muestra Biótica a la que están relacionados.

Las variables medidas a este tipo de muestras son en general Físico/Químicas y se guardan en una misma Entidad del mismo nombre.

Un caso especial es el de la Entidad “Hobbos y profundímetros” cuyos atributos (Temperatura, Profundidad e Intensidad de Luz) son un subconjunto de los atributos de la Entidad “Físico/Químicas”. Sin embargo, la cantidad de datos de la primera es mucho mayor y juntarlas generaría una tabla con el 90 % de entradas Nulas.

En la figura 18, se muestra la manera en que se relacionan las Entidades previamente definidas. Lo primero que se puede notar es que todas las entidades están relacionadas con la entidad “Muestra”, lo cual era de esperarse. Lo segundo es la relación 1:n (marcada con la unión con tres líneas) que tiene taxonomía con muestra. Esto se debe a que se puede tener más de n muestras del mismo organismo (definido por su nombre científico), pero una muestra solo puede ser un organismo.

La misma lógica se tiene con la unión de “Muestra” con la Entidad “sitio de muestra”. En un sitio se pueden tomar muchas muestras, pero una muestra solo proviene de un lugar.

Las demás relaciones son 1:1 ya que son unívocas a la muestra de la que provienen. Además, son Entidades débiles, esto es, dependen en existencia de otra Entidad. Este es el caso de la Entidad “Muestra”, esto se marca en la figura 17 con la doble línea.

Diseño lógico y Físico

En la figura 19, además de ver las Relaciones antes mencionadas, se muestran los atributos de cada Entidad y el tipo de dato que son. En cada Entidad se puede ver que tienen una llave, esta es la clave principal; esta columna no puede tener datos Nulos. Las claves primarias de las Entidades débiles se refieren a la clave de “Muestra”, esto es por la definición de Entidad débil.

El otro punto importante es que en la Entidad “Muestra” existen cuatro columnas que no están en este diseño conceptual. Estas son las llaves foráneas (claves primarias de otras entidades): Taxonomía, Sitio de Muestreo, Pesca y Supervivencia.

La clave de “Sitio de Muestreo” no puede ser Nula en la Entidad “Muestra”, esto genera una relación fuerte (línea sólida), a diferencia de las generadas por Taxonomía, Pesca y Supervivencia, que son relaciones débiles (línea punteada), ya que sus claves sí pueden ser nulas. La relación de Pesca y Supervivencia con Muestra es la causada por las muestras individuales de los conjuntos medidos en estas Entidades.

Por último, se puede observar el tipo de datos de cada atributo siendo la mayoría del tipo VARCHAR (Cadena de longitud variable), FLOAT (numérico con coma flotante), DATE y TIME.

DISEÑO CONCEPTUAL BASICO
Diagrama 1

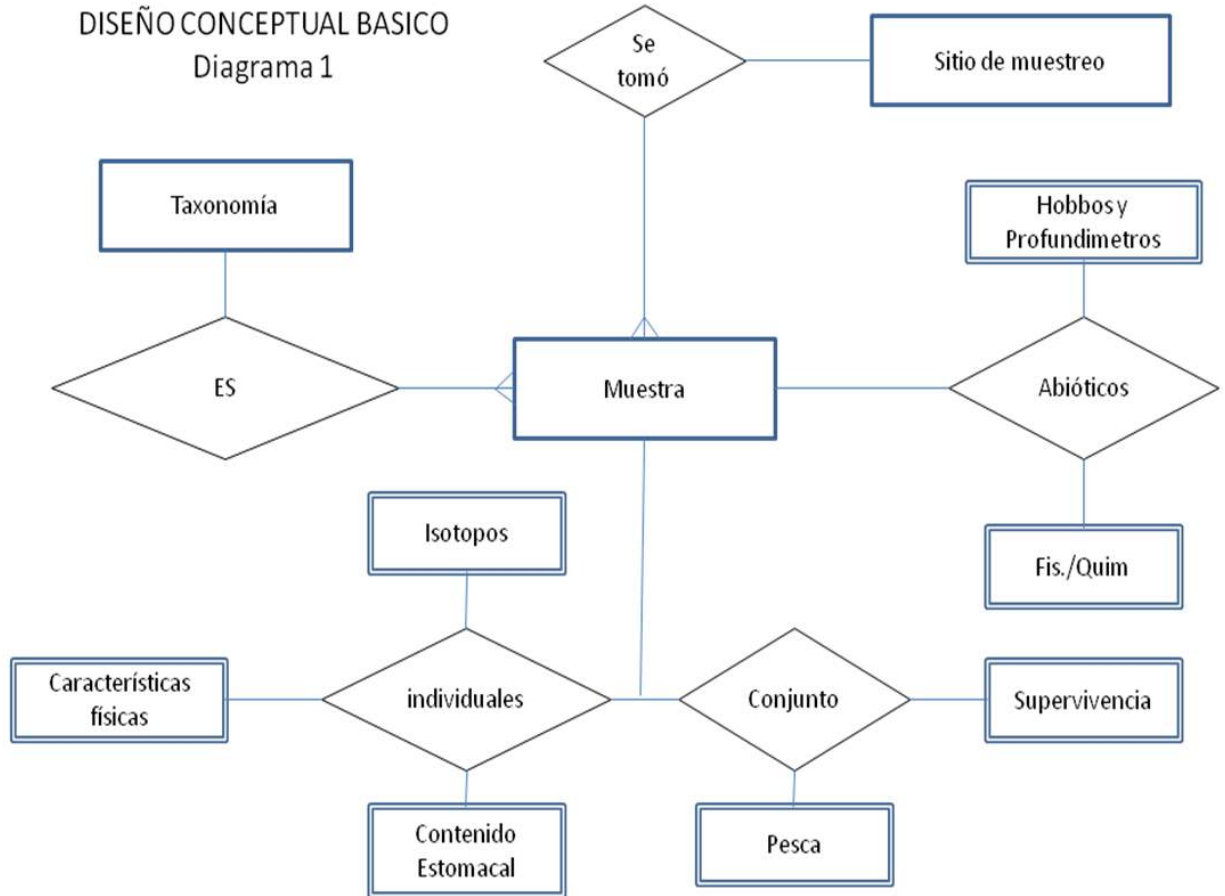


Figura 18. Diseño conceptual básico.

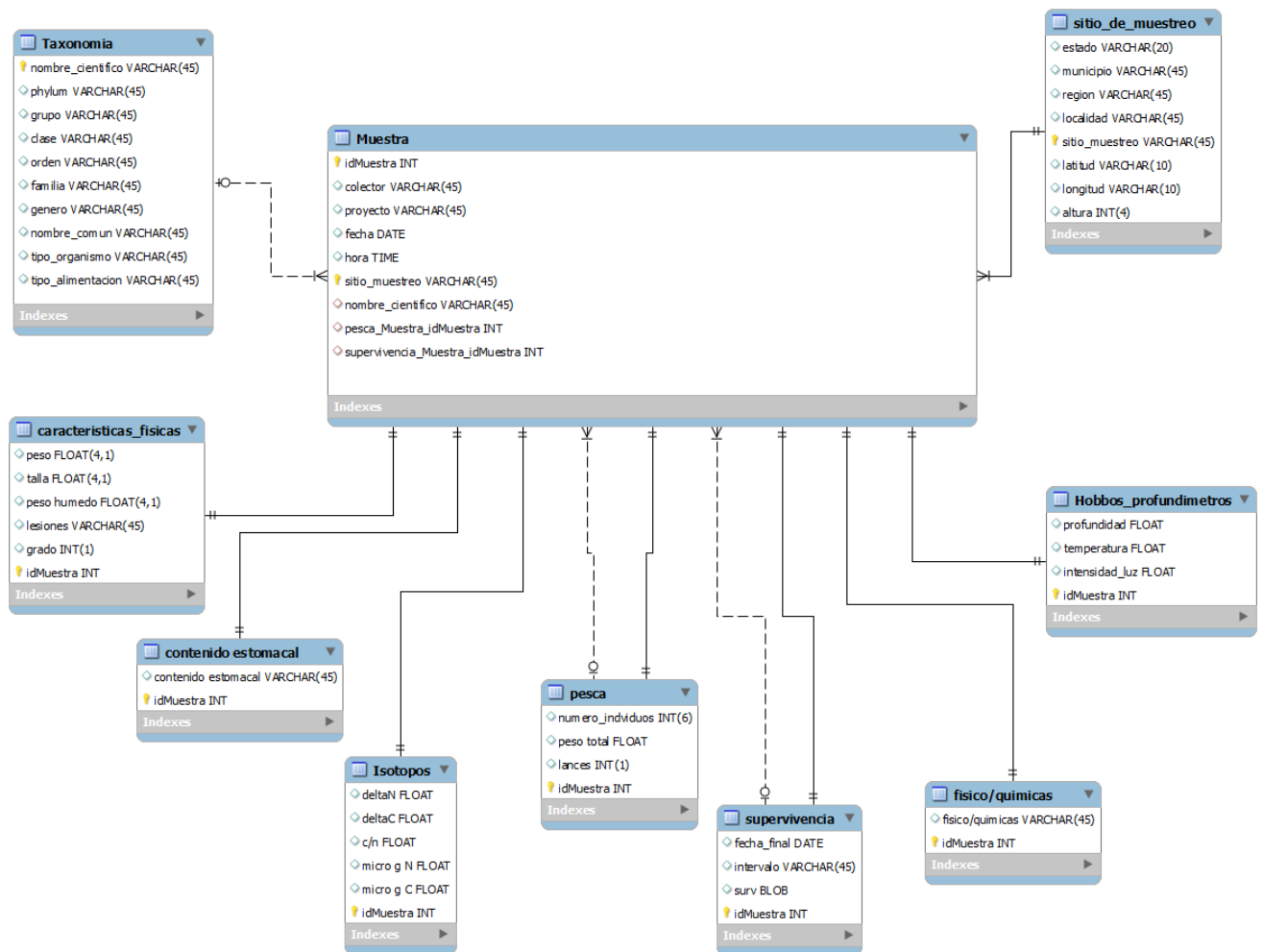


Figura 19. Atributos de las Entidades.

Vinculación de la información con el sistema digital

Se desarrolló una plataforma en línea para la visualización y el análisis de información geoespacial generada por este proyecto. Esta plataforma permite visualizar de dos maneras distintas la información recabada: una como puntos donde se han colectado muestras (Figura 20), y la otra como cuadrantes que muestran a través de un gradiente que va del amarillo al rojo, la densidad de muestras tomadas (Figura 21).



Figura 20. Ejemplo de la visualización de la información como puntos de muestreo.

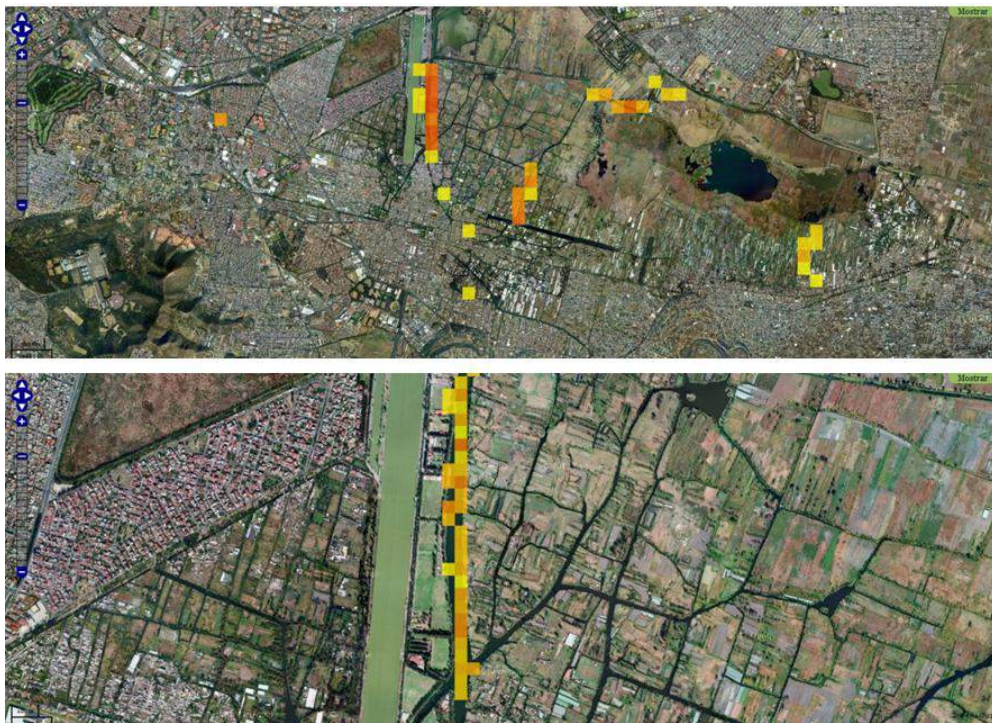


Figura 21. Ejemplo de visualización por cuadrantes de la densidad de muestras.

La interfaz con los puntos de colecta puede consultarse en la siguiente liga:

<http://test.unibio.unam.mx/xochimilco/map0.jsp>

La interfaz con los cuadrantes de densidad de colectas puede consultarse en la siguiente liga:

<http://test.unibio.unam.mx/xochimilco/map0.jsp?typeMap=0>

En ambos casos puede verse el número de muestreos realizados, además de poder consultar desde ahí mismo la ficha de cada registro, como se muestra en las figuras 22 y 23.

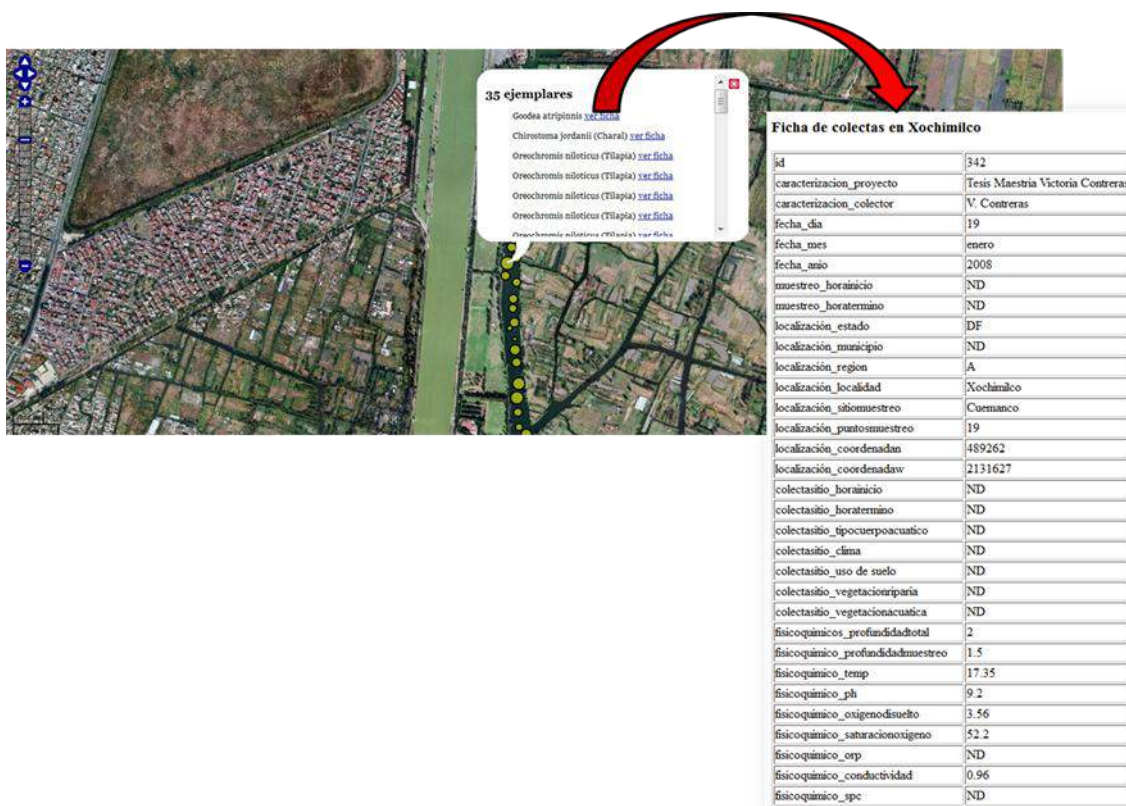


Figura 22. Ejemplo de la visualización de la consulta.

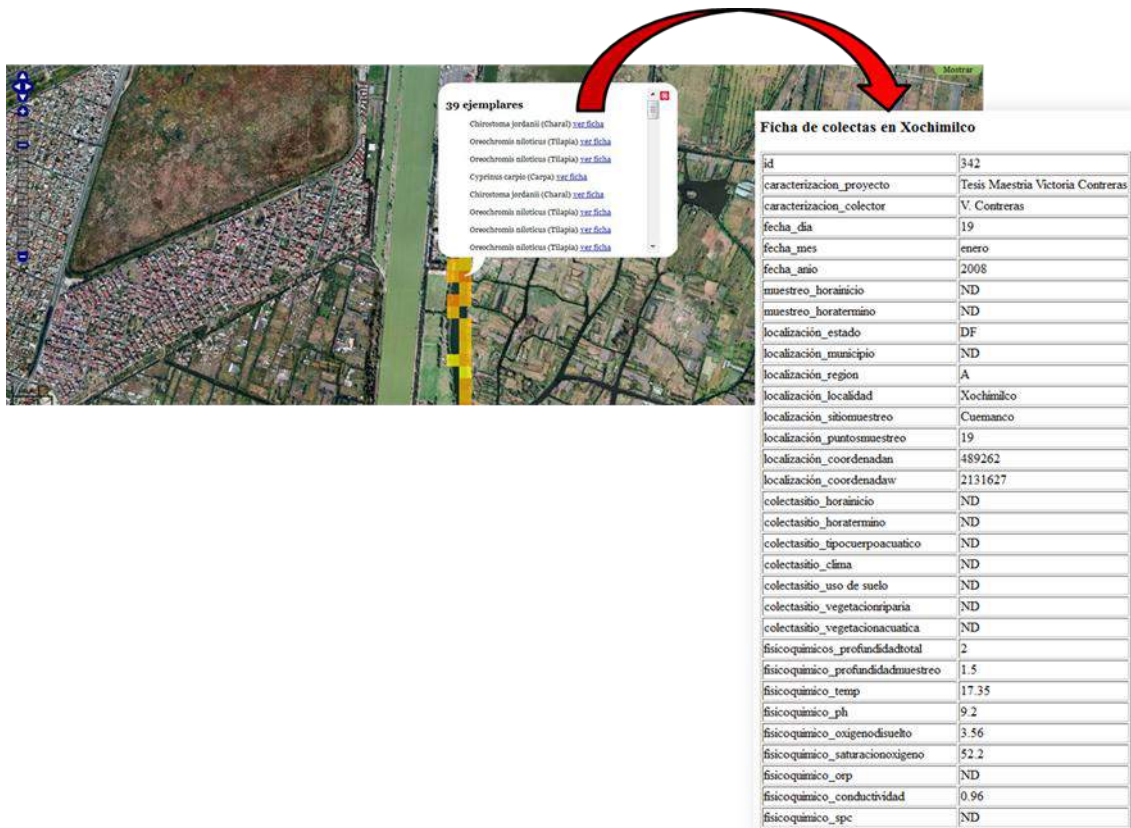


Figura 23. Ejemplo de la visualización de la consulta.

Herramientas

La selección de la tecnología se enfocó en el desarrollo web para permitir que el uso del sistema sea multiplataforma (Figura 24).

Las herramientas que se usaron para lograr los objetivos son las siguientes:

Manejo de datos

- PostGIS (PostgreSQL) para la manipulación de bases de datos con elementos geográficos.
- GRASS GIS para la elaboración y manejo de mapas.

Servidor de mapas

- GeoServer como proveedor y manipulador de mapas.

Visualización en línea

- OpenLayers como herramienta de despliegue e interacción de mapas.
- jQuery para la construcción de interfaces y un navegador.

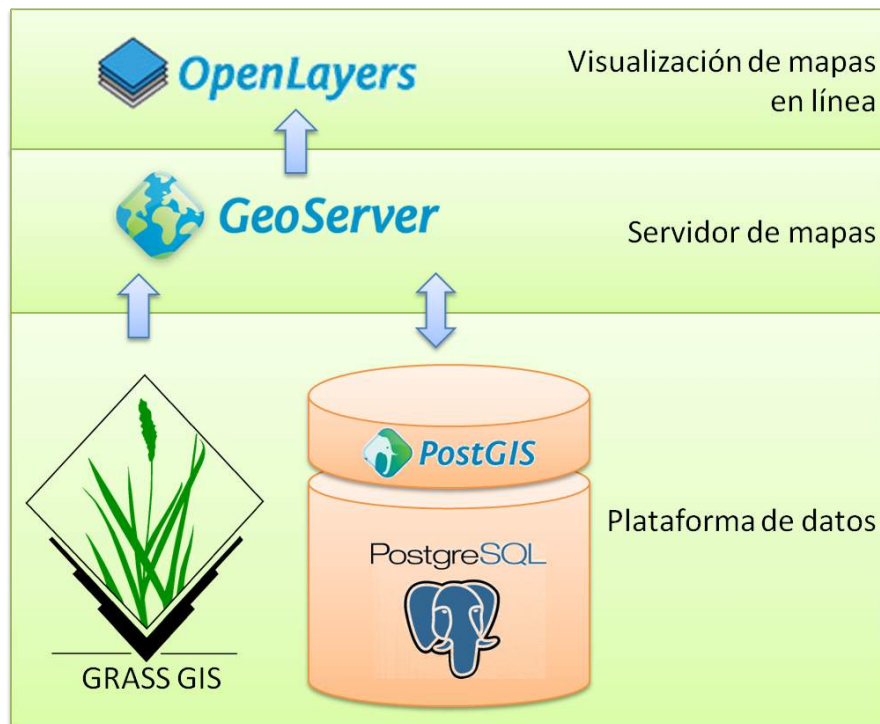


Figura 24. Herramientas de la multiplataforma.

Los lenguajes para desarrollar el código usado fueron:

- Javascript
- Java
- Python

Así como sintaxis de CSS, HTML para hacer uso del navegador web y SQL para las consultas y actualizaciones a la base de datos.

Resultados

Se desarrolló una plataforma que permite consultar, visualizar y descargar los datos obtenidos durante el proyecto.

El portal se encuentra en el siguiente sitio:

<http://unibio.unam.mx/UIXochimilco/>

En la figura 25 se muestran las secciones que conforman el portal de consulta/visualización.

Filtros

Visualizador geográfico de los datos

Controles de la tabla

Visualizador tabular de los datos

ID	Nombre	Fecha	Sitio de muestreo	Profundidad muestreo	Temp.
1	Escarabajo	Octubre/2004	HUETZALI BORDO JAPON		
5013	Físicoquímico	25/10/2012	Santana	8.371	21.08
3	Charal	Octubre/2003	HUETZALI BORDO JAPON		
4	Carpa	Octubre/2005	BORDO-JAPÓN		
5	Escarabajo	Octubre/2004	HUETZALI BORDO JAPON		
6	Escarabajo	Octubre/2004	HUETZALI BORDO JAPON		
7	Charal	Octubre/2005	BORDO-JAPÓN		

Figura 25. Secciones que conforman el portal.

Filtros

En esta sección se pueden agregar o quitar filtros en cualquiera de los campos de la base de datos. Los filtros están divididos en los que corresponden a un catálogo y los que corresponden a un rango. Tanto el contenido de los catálogos como los rangos los construye automáticamente el sistema a partir de los datos de la base.

Visualizador geográfico de los datos

Una vez aplicado uno o más filtros aquí se muestran los sitios georreferidos de donde proceden los datos, que al ser seleccionados despliega una lista con los registros de ese punto.

Desde esa lista se puede acceder a la ficha con todos los datos de cada registro (Figura 26). En el mapa hay herramientas para acercar y alejar, así como la posibilidad de cambiar las capas de visualización.

The screenshot shows a web interface for 'Cómo está Xochimilco'. It features a map with a popup for '28 ejemplares' of *Oreochromis niloticus* (Tilapia) at a specific location. Below the map is a table of sample records. A red arrow points from the popup to a detailed 'Ficha de colectas en Xochimilco' table.

ID	Nombre	Fecha	Sitio de muestreo	Profundidad muestreo
193	ND	4/julio/2000	San Gregorio	
195	ND	10/julio/2008	Tezhulio	0.6
196	ND	4/julio/2000	San Gregorio	
197	ND	10/julio/2000	Tezhulio	
198	ND	10/julio/2000	Tezhulio	
199	ND	24/julio/2000	Santísima	
200	ND	24/julio/2000	Santísima	
201	ND	24/julio/2000	Santísima	
202	ND	24/julio/2000	Santísima	

Ficha de colectas en Xochimilco	
id	942
caracterizacion_proyecto	Tesis Maestría Victoria Contreras
caracterizacion_colector	V. Contreras
fecha_dia	10
fecha_mes	julio
fecha_año	2008
muestreo_horainicio	
muestreo_horatermino	
localización_estado	DF
localización_municipio	ND
localización_region	B
localización_localidad	Xochimilco
localización_sitio_muestreo	Tezhulio
localización_puntos_muestreo	12
localización_coordenada_n	490698
localización_coordenada_w	2130311
colectas_horainicio	
colectas_horatermino	
colectas_tipo_cuerpoacuatico	ND
colectas_clima	ND
colectas_uso_de_suelo	@colectas_uso de suelo@
colectas_vegetacion_riparia	ND
colectas_vegetacion_acuatica	ND
fisicoquimicos_profundidad_total	1.2
fisicoquimicos_profundidad_muestreo	0.8
fisicoquimico_temp	19.69
fisicoquimico_ph	7.68
fisicoquimico_oxigeno_disuelto	8.18
fisicoquimico_saturacion_oxigeno	92.1

Figura 26. Selección de un registro para ver todos sus datos.

Controles de la tabla

Desde esta sección se puede ordenar alfabéticamente cada uno de los campos desplegados en la tabla, así como descargar los datos completos o filtrados a un archivo de texto separado por comas.

Visualizador tabular de los datos

Aquí se presentan los datos de manera tabular, mostrando los campos de ID, Nombre, Fecha, Sitio de muestreo, profundidad de muestreo y temperatura.

Desde esta sección también se puede acceder a la ficha completa de cada uno de los registros.

Establecer la relación entre la colecta de datos y la base de datos de la UNIBIO

Los datos obtenidos de las colectas de variables bióticas y abióticas que se han realizado a lo largo de este proyecto se integraron a la base de datos de la UNIBIO. Se capturaron los datos obtenidos a partir de las variables muestreadas para cinco sitios de muestreo en Xochimilco. Las tablas contienen mediciones de 17 parámetros fisicoquímicos y corresponden a un total de 4,004 mediciones, distribuidas en los sitios de la siguiente manera (Figura 27):

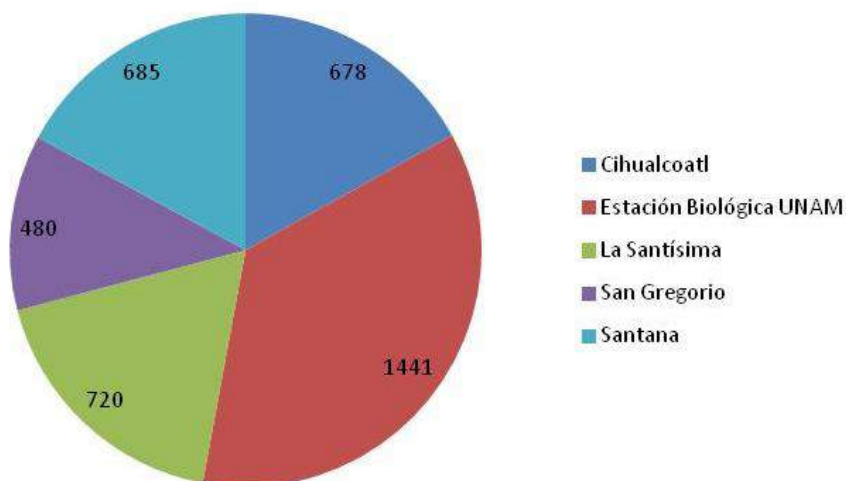


Figura 27. Distribución del número de mediciones por cada sitio de muestreo.

Se analizó la naturaleza de las mediciones para mapear e integrar al esquema del sistema, en este proceso se detectó la necesidad de integrar nueva nomenclatura, así como campos que antes no aparecían. Esto fue debido a que los aparatos con que se realizó la colecta fueron reconfigurados. Ningún dato fue omitido, sin embargo, se añadieron nuevos campos.

Las coordenadas geográficas de los sitios de muestreo se convirtieron de UTM a geográficas y se validaron para integrarlas al sistema (Tabla 6).

Tabla 6. Coordenadas geográficas y UTM de los sitios muestreados.

Sitio de muestreo	Latitud	Longitud	UTM
Estación Biológica UNAM	19.28335833	-99.10234167	0489247/2132184
Cihualcoatl	19.27645556	-99.09747222	0489758/2131420
La Santísima	19.26140278	-99.09146944	0490388/2129754
San Gregorio	19.26177222	-99.04654444	0495109/2129793
Santana	19.27295556	-99.08681111	0490878/2131032

Los sitios de colecta de datos que se actualizaron fueron los siguientes (Figura 28):



Figura 28. Sitios de muestreo. Imagen obtenida de Google earth.

Documento: “Estudio de la variación espacial de variables bióticas y abióticas de Xochimilco”, en el que se incluye la presencia del ajolote.

Para la realización de esta actividad trabajaron 10 profesionistas y 6 trabajadores de campo (chinamperos, remeros, lancheros). En esta actividad se llevó a cabo la colecta de diversas variables y fueron llevadas a cabo en diferentes canales y/o sitios de importancia para el presente proyecto. El análisis de las variables bióticas y abióticas permite ubicar aquéllos sitios con mayor perturbación siendo de primordial importancia que las propuestas de rehabilitación y restauración sean implementadas en estos sitios altamente contaminados. De igual manera, la obtención de estas variables permite identificar aquéllos sitios en los que la perturbación no es alta y aún puedan funcionar como sitios de resguardo para especies nativas.

Colecta de las variables bióticas y abióticas en 23 canales de Xochimilco

Se realizaron dos colectas para la obtención de las variables bióticas y abióticas en 23 canales del sistema lacustre de Xochimilco. La selección de los canales o puntos de muestreo se llevó a cabo utilizando la “Regionalización extendida de los canales de la zona lacustre de Xochimilco”. De las 10 zonas que la conforman, se seleccionó al menos un canal en ocho de ellas, quedando pendientes la zona E, cuya jurisdicción le pertenece a la administración del Parque Ecológico y la zona F, cuya administración está a cargo de la CONADE.

La primera colecta se realizó del 11 al 14 de septiembre de 2012. Los canales muestreados fueron: Ampampilco, Paso del Águila, Japón, Apatlaco, Tezhuilo, La Santísima, Amelaco, Laguna del Toro, Cuemanco, El Bordo, Laguna de Tlilac, El 27, Sta. Cruz, Xaltocan y Caltongo. La segunda colecta se llevó a cabo del 12 al 19 de octubre de 2012. Los canales muestreados fueron: San Gregorio (San Sebastián), Pueblo de San Luis Tlaxialtemalco, San Luis (Canal Nacional), Ciénega Grande o Laguna de Regulación, Ciénega Chica, Laguna de la Virgen, Puente de Urrutia y Laguna de la Y. Los canales fueron elegidos de acuerdo a sus características y tratando, en la medida de lo posible, de que fueran canales primarios, también llamados “acalotes”. La tabla 7 muestra las zonas y los nombres de cada uno de los canales que fueron muestreados.

Tabla 7. Zonas en las que se llevó a cabo la colecta de variables bióticas y abióticas.

ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D
1.- Laguna de la Virgen	5.- Ampampilco	11.- Caltongo	15.- Amelaco
2.- Japón	6.- Apatlaco	12.- Xaltocan	16.- Laguna del Toro
3.- Paso del Águila	7.- Tezhuilo	13.- Sta. Cruz	17.- Cuemanco
4.- Laguna de Tlilac	8.- La Santísima	14.- El 27	18.- El Bordo
	9.- Puente de Urrutia		
	10.- Laguna de la Y		
ZONA E	ZONA F	ZONA G	ZONA H
Sin registros	Sin registros	19.- Ciénega Grande o Laguna de regulación	20.- Ciénega Chica
ZONA I	ZONA J		
21.- Pueblo de San Luis Tlaxialtemalco	23.- San Gregorio (San Sebastián)		
22.- San Luis (Canal Nacional)			

En cada uno de estos canales se realizaron colectas de vertebrados, insectos, zooplancton y monitoreo de la clorofila a y b para la determinación de las variables bióticas. La determinación de la clorofila a y b se determinó utilizando un fluorómetro con las siguientes especificaciones: AquaFluor Handheld Fluorometer/Turbidimeter. Chln extracted-Acidification Linear Range (0-300 µg/L), Chl *in vivo* Linear Range (0-300 µg/L) Las colectas se realizaron en tres puntos de muestreo en cada canal. Se tomó una muestra al inicio, otra a la mitad y la tercera al final de cada canal (Figura 29).



Figura 29. Selección de los tres puntos de muestreo para cada canal.

Para la colecta de insectos e invertebrados se utilizó una red de triángulo de 30 cm por lado con una malla de 300 μ . Se realizaron 10 lances por sitio de muestreo. Los organismos colectados fueron almacenados en bolsas ziploc y se fijaron con etanol al 70%. Su identificación se llevó a cabo en el Laboratorio de Restauración ecológica, utilizando dos guías de identificación (Merritts, 2008; Ibañez-Bernal, 1994; Figura 30).



Figura 30. Colecta de invertebrados e insectos en los sitios de muestreo.

El zooplancton fue colectado con redes especiales de diferente luz de malla. Se utilizaron mallas de 300, 200, 150, 100 y 80 μ . El volumen filtrado de agua en cada sitio de muestreo fue de 20 litros. La muestra obtenida fue colocada en tubos para centrifuga de 50 ml y fijada con formol al 10 %. Las muestras fueron transportadas al laboratorio de Restauración

Ecológica del Instituto de Biología de la UNAM para su posterior conteo e identificación (Figura 31). Los resultados del conteo e identificación del zooplancton se presentarán entre los meses de enero y febrero de 2013.



Figura 31. Colecta y fijación del zooplancton presente en cada sitio de muestreo.

Los vertebrados acuáticos fueron colectados utilizando una red de triángulo de 1.5 m de largo por lado (Figura 32). Se realizaron tres lances por sitio o canal para estandarizar el muestreo. Los arrastres se llevaron a cabo en las paredes de las chinampas, ya que los peces de talla pequeña y acociles suelen refugiarse en las raíces de los ahuejotes y/o casuarinas (Figura 33). Los ejemplares obtenidos fueron fijados con etanol al 70% en frascos de vidrio. Posteriormente fueron transportados al Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la UNAM.

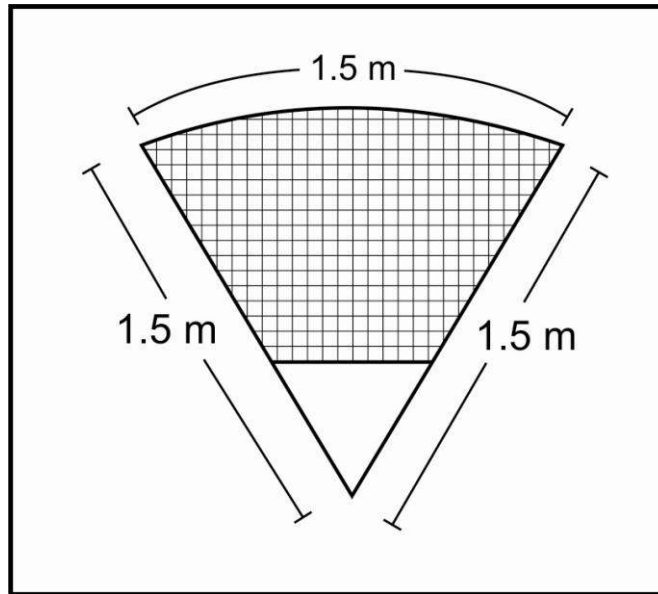


Figura 32. Red de triángulo para la captura de vertebrados acuáticos.

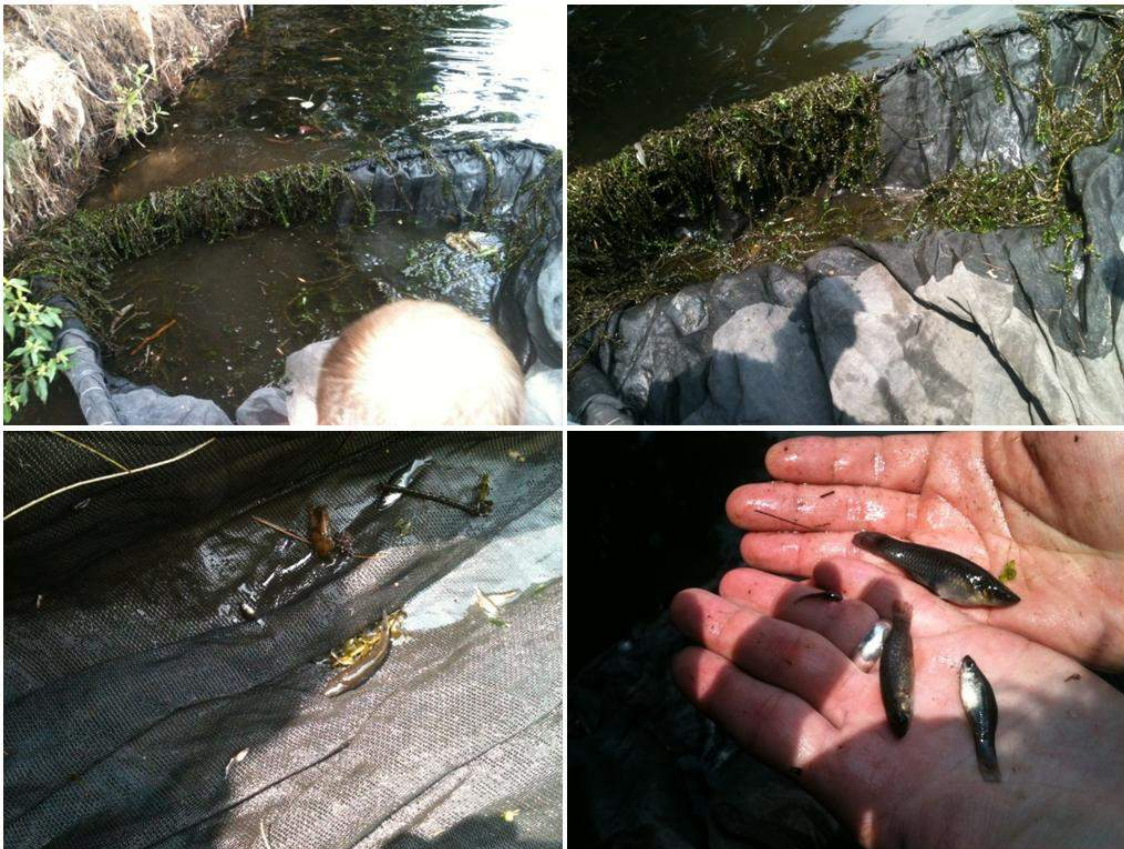


Figura 33. Colecta de los vertebrados presentes en los sitios de muestreo.

En los sitios de muestreo en los que las condiciones físicas lo permitieron, se realizaron tres lances con atarraya (arte de pesca que permite obtener peces de mayor talla; Figura 34). También se determinó el número de carpas (*Cyprinus carpio*) y de tilapias (*Oreochromis niloticus*) capturadas, así como sus tallas y pesos para conocer la estructura de la población.



Figura 34. Colecta de los vertebrados presentes en los sitios de muestreo utilizando la atarraya.

En cuanto al monitoreo de la profundidad y transparencia, ambas se determinaron por medio del disco de Secchi (Figura 35). La georreferenciación se realizó con un GPS marca Garmin (Figura 36).



Figuras 35. Determinación de la transparencia y profundidad del agua en los sitios de muestreo.



Figura 36. GPS marca Garmin.

Los parámetros fisicoquímicos registrados fueron: pH, conductividad, sólidos disueltos, temperatura ambiental y del agua, oxígeno disuelto y potencial REDOX. Para esta determinación se utilizó una sonda multiparamétrica marca HANNA, modelo HI 9828 (Figura 37).



Figura 37. Sonda multiparamétrica marca Hanna, modelo HI 9828.

En seguida se presenta una breve descripción de cada uno de los canales en los que se llevaron a cabo colectas y la zona a la que pertenecen. La figura 38 muestra la imagen satelital de todos los canales en los que se realizaron colectas, además puede apreciarse el polígono completo del ANP cuya dimensión es de 2,657 ha.

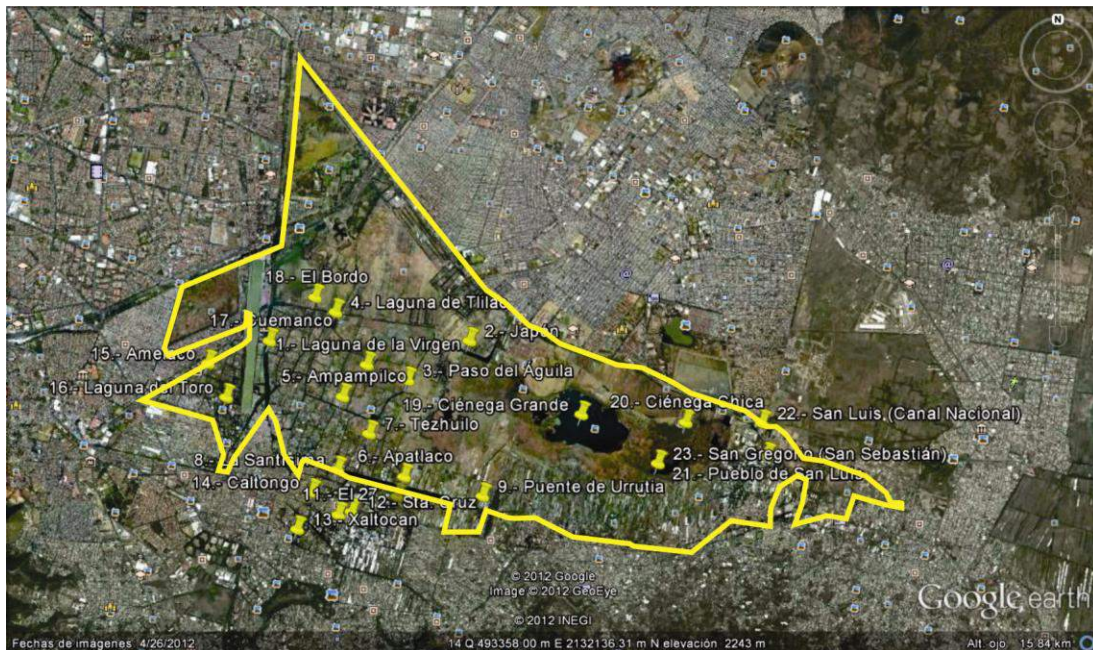


Figura 38. Imagen satelital que muestra los 23 canales muestreados en el presente proyecto. Se muestra el polígono de la ANP en color amarillo.

Zona A

1.- Laguna de la Virgen

La Laguna de la Virgen es un canal abierto con más de 8 m de ancho en el cual es fácil encontrar charales y acociles, especies nativas de Xochimilco. En las chinampas que rodean este canal se observan diversas actividades como son la chinampería tradicional y el cultivo en invernaderos. No existe actividad urbana en los alrededores por lo que la calidad del agua presenta valores óptimos para el establecimiento de especies nativas anteriormente mencionadas (Figuras 39 y 40).



Figura 39. Sitio de muestreo Laguna de la Virgen.

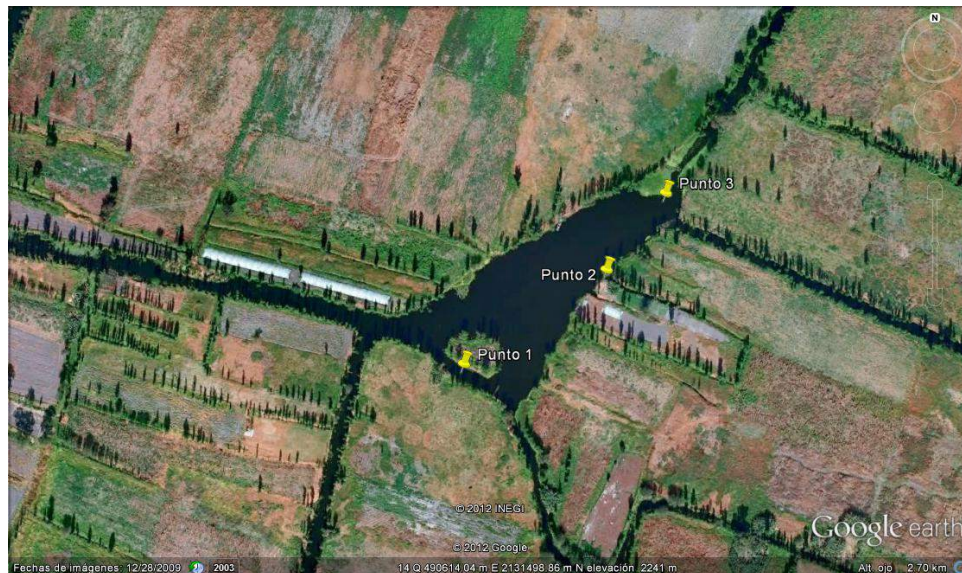


Figura 40. Puntos de muestreo establecidos en el sitio Laguna de la Virgen.

2.- Canal Japón

Este es un canal primario que llega a alcanzar 3 m de profundidad y hasta 8 m de ancho. El lirio acuático llega a cerrar por completo el paso a las embarcaciones. Se localiza a un costado de la cuenca lechera, por lo que la contaminación orgánica puede llegar a ser alta. Las chinampas que lo rodean están prácticamente abandonadas y son zonas inundables (Figuras 41 y 42).



Figura 41. Canal Japón.



Figura 42. Puntos de muestreo establecidos en el canal Japón.

3.- Canal Paso del Águila

Es un canal primario en el que hay una gran cantidad de ahuejotes. El nivel del agua difícilmente sobrepasa el metro de profundidad y prevalece una gran cantidad de lirio acuático, ninfa y lechuga de agua. Las chinampas presentes en el sitio están abandonadas en su mayoría. Este canal conecta con la laguna Tezhuilo y con el canal Japón (Figuras 43 y 44).



Figura 43. Canal Paso del Águila.



Figura 44. Puntos de muestreo establecidos en el canal Paso del Águila.

4.- Laguna de Tlilac

Este es un sitio importante porque sus características físicas ayudan a que se oxigene continuamente el agua, permitiendo que se establezcan importantes poblaciones de charal. Esta rodeado de chinampas activas y es un sitio que recibe mantenimiento constantemente, pues aquí se lleva a cabo la representación de la puesta en escena “La Llorona” en el mes de noviembre (Figuras 45 y 46).



Figura 45. Canal Laguna Tlilac.

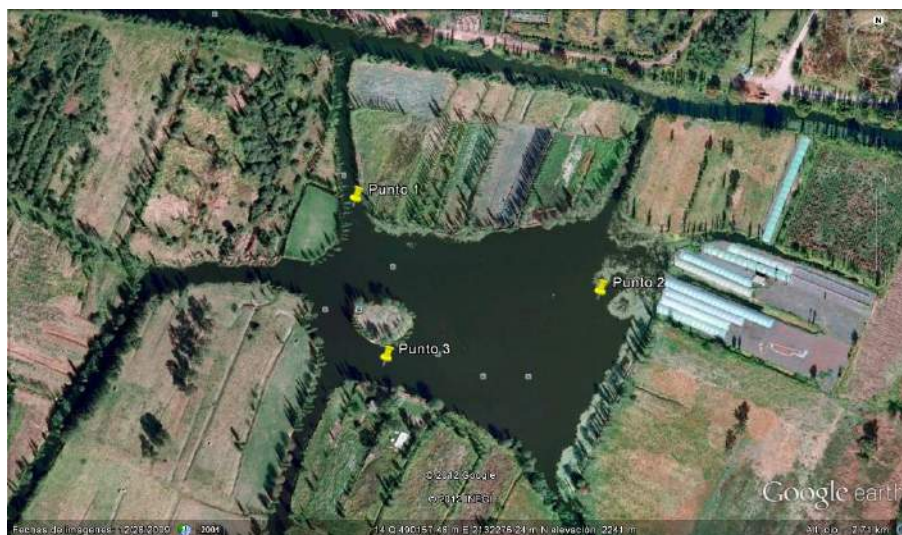


Figura 46. Puntos de muestreo establecidos en el sitio Laguna Tlilac.

Zona B

5.- Canal Ampampilco

Canal primario que tiene entronque con la laguna Tezhuilo. Es un sitio de importancia porque en este canal se han encontrado poblaciones significativas de acociles y charales. Debido a que las chinampas que lo rodean están en uso y la utilización de agroquímicos es limitada, la calidad del agua no es tan baja. Existen cultivos de lechuga, nopal, maíz y acelgas (Figuras 47 y 48).



Figura 47. Canal Ampampilco.



Figura 48. Puntos de muestreo establecidos en el Canal Ampampilco.

6.- Canal Apatlaco

Este es un canal primario en el que el uso de suelo no está regulado. A su alrededor existen asentamientos irregulares, invernaderos y chinampas a cielo abierto. Colinda con el canal “Puente de Urrutia” y con el Barrio la Santísima. En este canal, la acción del viento ejerce una influencia importante, lo que provoca una mayor oxigenación del agua (Figuras 49 y 50).



Figura 49. Canal Apatlaco.



Figura 50. Puntos de muestreo establecidos en el canal Apatlaco.

7.- Canal Tezhuilo

Es un canal primario que conecta a la laguna Tezhuilo con el canal Apatlaco. Está rodeado de chinampas activas con cultivo a cielo abierto, aunque comienzan a observarse algunos invernaderos. La calidad del agua es mala debido a que es un canal muy somero. El lirio acuático y la ninfa son abundantes (Figuras 51 y 52).



Figura 51. Canal Tezhuilo.

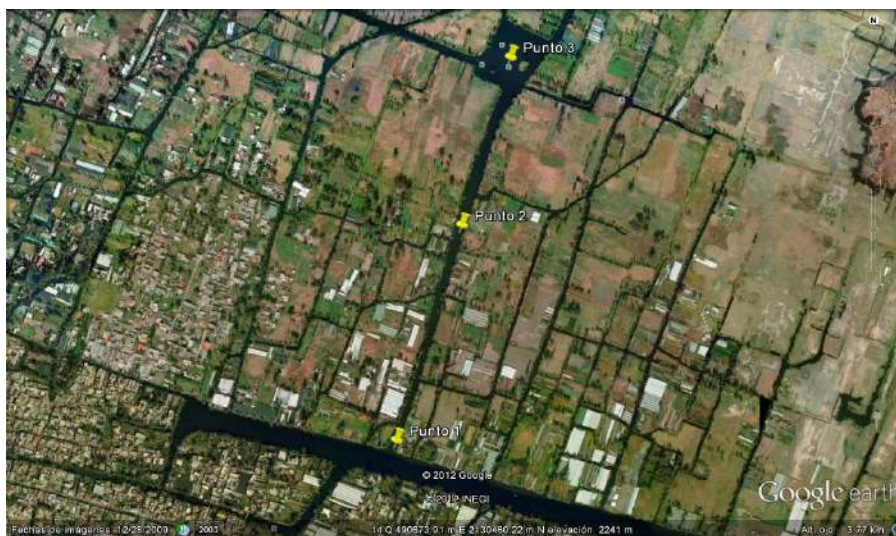


Figura 52. Puntos de muestreo establecidos en el canal Tezhuilo.

8.- Canal La Santísima

Este es un canal secundario o apantle. Se localiza en la parte central del Barrio La Santísima, por lo que está muy contaminado. Las descargas urbanas llegan directamente a este canal. Se observan grandes cantidades de basura, es muy somero y hay zonas en las que se pueden observar burbujas de metano (Figuras 53 y 54).



Figura 53. Canal La Santísima.



Figura 54. Puntos de muestreo establecidos en el canal La Santísima.

9.- Canal Puente de Urrutia

Es un canal amplio con una profundidad no mayor a 1.1 m. Es alimentado en gran medida con el agua del canal Apatlaco. Se encuentra rodeado por una zona de transición, entre chinampería, invernaderos y urbanización. Por esta razón se encuentra seriamente afectado y actualmente resulta difícil encontrar especies de peces nativos. Perteneció al Pueblo de San Gregorio Atlapulco (Figuras 55 y 56).



Figura 55. Sitio de muestreo Puente de Urrutia.

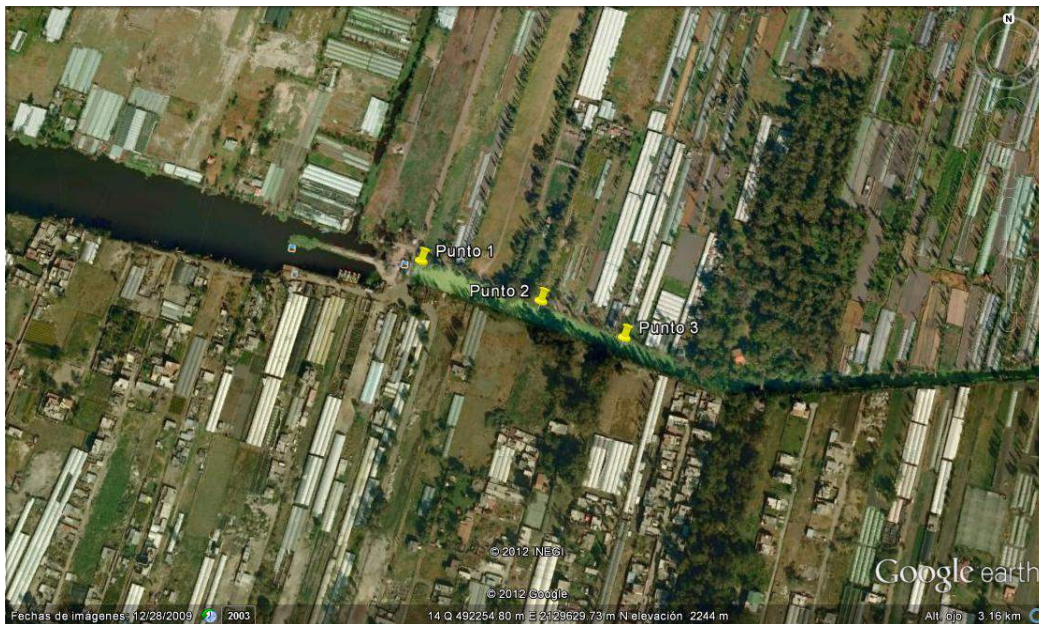


Figura 56. Puntos de muestreo establecidos en el sitio Puente de Urrutia.

10.- Laguna de la Y

Este sitio se ubica a un costado del canal Apatlaco y es una zona altamente perturbada. Se encuentra rodeado por casas habitación y las pocas chinampas que se observan en el sitio presentan invernaderos en su superficie. El sitio se encuentra generalmente saturado por lirio acuático. Esto limita de manera importante la penetración de la luz a la columna de agua, convirtiendo el sitio en un lugar anóxico y poco productivo (Figuras 57 y 58).



Figura 57. Sitio de muestreo Laguna de la Y.



Figura 58. Puntos de muestreo establecidos en el sitio Laguna de la Y.

Zona C

11.- El 27

Este canal es secundario, sin embargo, es importante porque abastece a los demás canales con agua que proviene de la planta de tratamiento. En él existe una gran cantidad de elodea, una planta sumergida que oxigena el agua de manera importante. Existe una diversidad importante de peces de talla pequeña como *Girardinichthys viviparus*, pez nativo del sistema (Figuras 59 y 60).



Figura 59. Canal El 27.

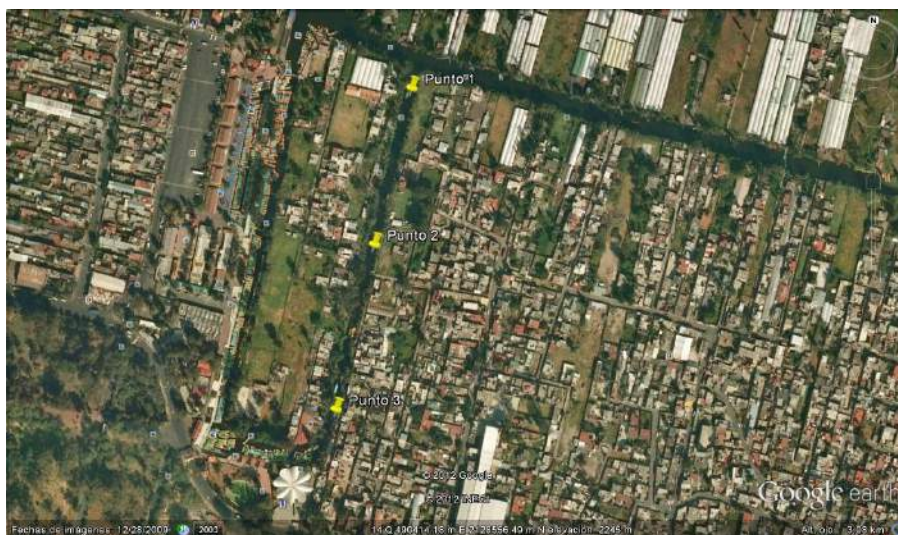


Figura 60. Puntos de muestreo establecidos en el canal El 27.

12.- Sta. Cruz

Este es un canal primario que se encuentra en la parte turística de Xochimilco. La contaminación que existe en este lugar es aportada por los visitantes y por las viviendas irregulares que hay en los alrededores del canal. Las poblaciones de tilapia son muy abundantes.

No existen otras especies piscícolas. Existen zonas en las que la ninfa cubre totalmente la superficie del canal. Aquí prevalecen los cultivos en invernaderos (Figuras 61 y 62).



Figura 61. Canal Sta. Cruz.

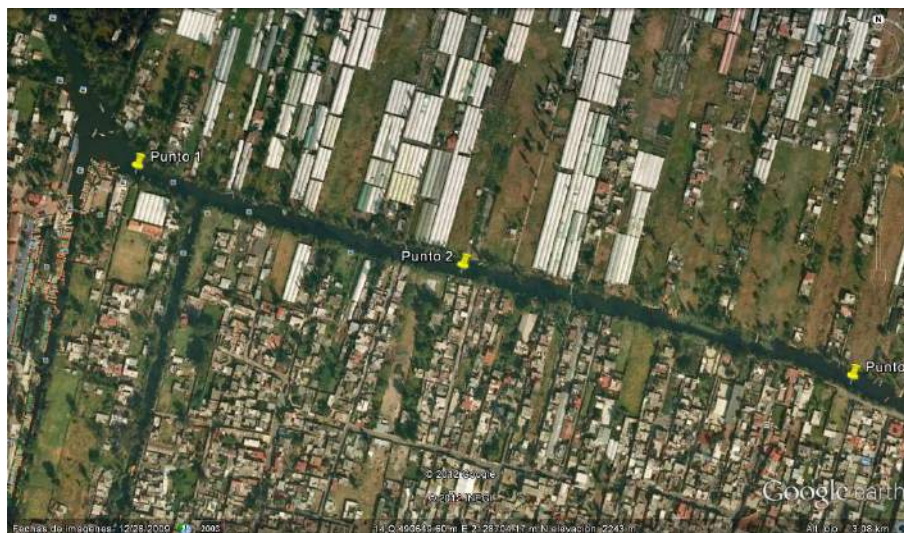


Figura 62. Puntos de muestreo establecidos en el canal Sta. Cruz.

13.- Xaltocan

También es conocida como Laguna de Xaltocan y se trata de un sitio altamente perturbado. Está rodeada de asentamientos irregulares y los aportes de materia orgánica son altos. Es un canal somero, lo que en época de secas hace difícil el transporte por la zona. Al igual que en Sta. Cruz, en este sitio las tilapias y las carpas son muy abundantes (Figuras 63 y 64).



Figura 63. Canal Xaltocan.

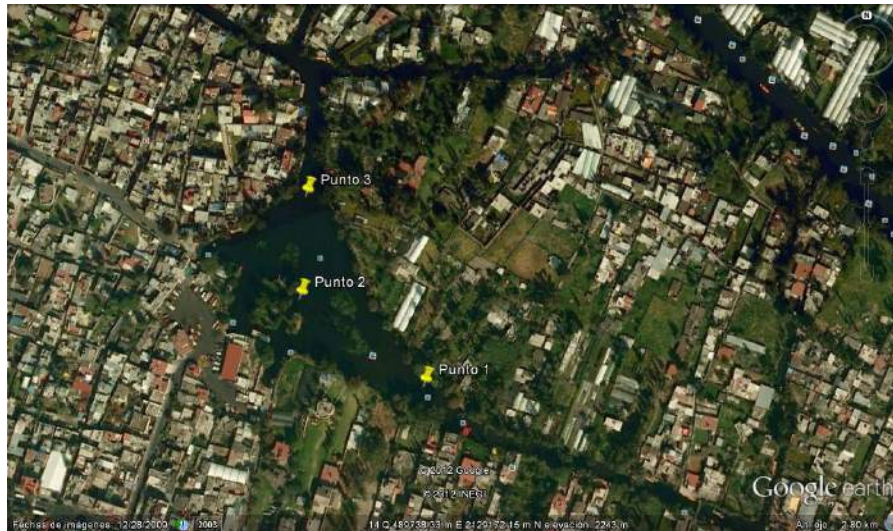


Figura 64. Puntos de muestreo establecidos en el canal Xaltocan.

14.- Embarcadero Caltongo

Este sitio no es estrictamente un canal, es un embarcadero que lleva el mismo nombre. Es un sitio altamente contaminado pues los aportes de materia orgánica provienen en su mayoría de los turistas. No es un sitio somero, pues llega a alcanzar hasta 2.5 m de profundidad. Existe un importante número de trajineras, lo que impide que el viento ejerza su fuerza en el agua, provocando anoxia en algunos sitios. La cantidad de materia orgánica presente sólo permite el establecimiento de poblaciones de tilapia y carpa (Figuras 65 y 66).



Figura 65. Canal Embarcadero Caltongo.



Figura 66. Puntos de muestreo establecidos en el sitio Embarcadero Caltongo.

Zona D

15.- Canal Amelaco

Canal primario somero en el que existe una gran cantidad de ninfa. Se localiza cerca del barrio llamado “Amalacachico” que es uno de los barrios con mayor número de asentamientos urbanos y cuya actividad antropogénica afecta directamente la calidad del agua. Las chinampas que lo rodean están prácticamente abandonadas en su totalidad (Figuras 67 y 68).



Figura 67. Canal Amelaco.



Figura 68. Puntos de muestreo establecidos en el canal Amelaco.

16.- Laguna del Toro

Canal somero que difícilmente rebasa los 90 cm de profundidad. Se encuentra ubicado entre asentamientos humanos irregulares y chinampas activas. La urbanización que existe en esta zona aporta gran cantidad de materia orgánica al agua. Esta situación provoca un alto grado de eutrofización en este canal (Figuras 69 y 70).



Figura 69. Canal Laguna del Toro.



Figura 70. Puntos de muestreo establecidos en el canal Laguna del Toro.

17.- Canal Cuemanco

Es un canal primario cuya importancia radica en ser uno de los canales abastecedores de agua al sistema lacustre. En este canal existen diferentes usos de suelo y actividades. Se encuentra el embarcadero que lleva el mismo nombre y que es uno de los más grandes y visitados de Xochimilco. Este canal es importante porque brinda refugio y alimento a una cantidad importante de aves, entre las que destacan la garza morena y los pelicanos (Figuras 71 y 72).



Figura 71. Canal Cuemanco.



Figura 72. Puntos de muestreo establecidos en el canal Cuemanco.

18.- Canal El Bordo

Es un canal primario que tiene conexión directa con la laguna Huetzali. La calidad del agua de este sitio es mala, pues el embarcadero Cuemanco aporta una gran cantidad de materia orgánica. Esta rodeado de chinampas abandonadas y chinampas con actividades de recreación y turismo poco responsable (Figuras 73 y 74).



Figura 73. Canal El Bordo.

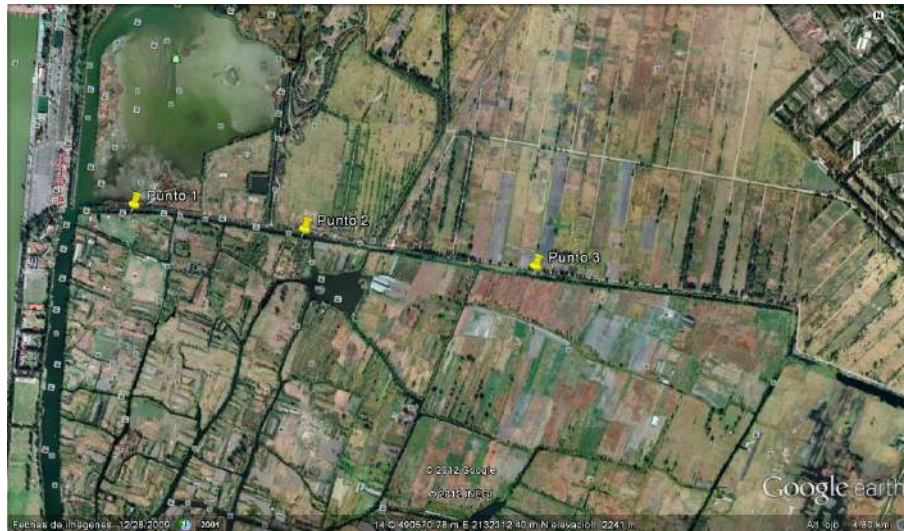


Figura 74. Puntos de muestreo establecidos en el canal El Bordo.

Zona G

19.- Ciénega Grande

También llamada laguna de regulación o laguna de los muertos es el sitio en el que se encuentra la mayor profundidad de todo el sistema lacustre de Xochimilco, entre 5.30 y 6 metros. Al igual que la Ciénega chica también es un sitio importante para la recarga de los mantos freáticos. Sin embargo, biológicamente no es un sitio muy productivo, puesto que solo existen shacaltules que son plantas acuáticas flotantes. No obstante, es un sitio atractivo y seguro para especies de aves migratorias (Figuras 75 y 76).



Figura 75. Sitio de muestreo Ciénega Grande.



Figura 76. Puntos de muestreo establecidos en el sitio Ciénega Grande.

Zona H

20.- Ciénega Chica

Este sitio es de suma importancia para el sistema lacustre de Xochimilco, ya que es zona de recarga para los mantos freáticos. Esta zona aporta refugio y protección a una gran cantidad de aves residentes y migratorias. La profundidad promedio que se presenta es de 30 cm, lo que la convierte en uno de los sitios más someros del humedal (Figuras 77 y 78).



Figura 77. Ciénega chica ubicada en las inmediaciones del pueblo de San Gregorio Atlapulco.



Figura 78. Puntos de muestreo establecidos en el sitio Ciénega Chica.

Zona I

21.- Pueblo de San Luis Tlaxialtemalco

La diferencia de este sitio con el sitio “San Luis (Canal Nacional)” radica principalmente en que éste se realizó en el centro del pueblo, en donde la actividad es intensa y prácticamente toda la producción que existe es a través de invernaderos. Los cultivos que prevalecen son la flor de nochebuena y la de cempoalxóchitl. Por lo tanto, la cantidad de agroquímicos y fertilizantes es sumamente dañina para el sistema (Figuras 79 y 80).



Figura 79. Sitio de muestreo Pueblo de San Luis.



Figura 80. Puntos de muestreo establecidos en el sitio Pueblo de San Luis.

22.- San Luis (Canal Nacional)

El pueblo de San Luis Tlaxialtemalco se localiza a un costado del vivero que lleva el mismo nombre y colinda con el pueblo de San Gregorio Atlapulco. Este pueblo originario aún conserva diversas tradiciones y costumbres que se pueden rastrear hasta la época prehispánica. Su actividad económica más importante es la floricultura, la cual es practicada desde la manera más tradicional, las chinampas, hasta con los métodos más modernos de sembrado (Figuras 81 y 82).



Figura 81. Canal Nacional ubicado en el pueblo de San Luis Tlaxialtemalco.



Figura 82. Puntos de muestreo en el sitio Canal Nacional en el pueblo de San Luis Tlaxialtemalco.

Zona J

Pueblo San Gregorio Atlapulco (Canal San Sebastián)

En este sitio se localiza la mayor parte de los ejidos del ANP aunque la mayoría de ellos se encuentran abandonados o bien son propensos a inundaciones. Se practica la chinampería tradicional a cielo abierto. Los cultivos que prevalecen son de lechuga y verdolaga. No obstante, es uno de los lugares en los que la calidad del agua ha sido afectada en mayor medida. Esto se debe al excesivo uso de agroquímicos y al aporte directo de las aguas que son retenidas en la planta de tratamiento de San Luis Tlaxialtemalco. (Figuras 83 y 84).



Figura 83. Canal San Sebastián ubicado en San Gregorio Atlapulco.



Figura 84. Puntos de muestreo establecidos en el sitio San Gregorio/San Sebastián.

Como se mencionó anteriormente, la información que se obtuvo de los 23 canales se dividió en dos colectas (en la primera colecta se muestrearon 15 canales y en la segunda los ocho restantes). Las colectas se realizaron entre las 8:00 a.m. y las 2:00 p.m. La información obtenida de los parámetros fisicoquímicos se presenta de la figura 85 a la figura 95. En ellas se muestra la tendencia que presentó cada zona y la comparación entre zonas. Se presenta una gráfica por cada uno de los parámetros que fueron medidos en cada uno de los sitios de muestreo de acuerdo con la regionalización extendida de los canales de la zona lacustre de Xochimilco.

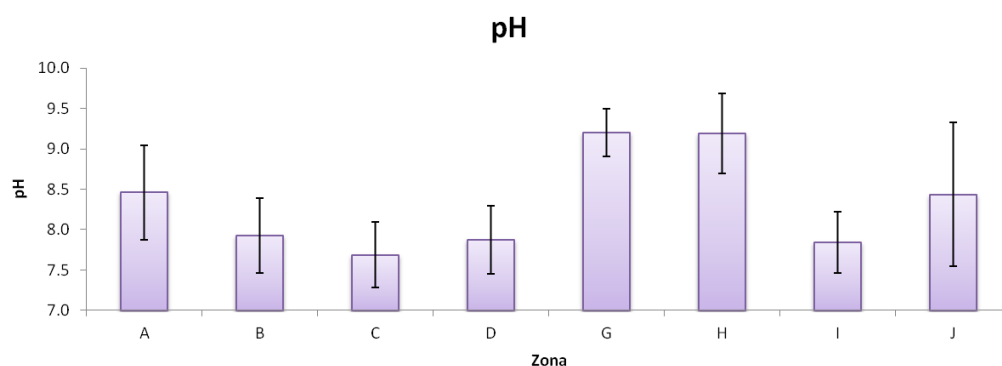


Figura 85. Valores obtenidos de pH en cada una de las zonas.

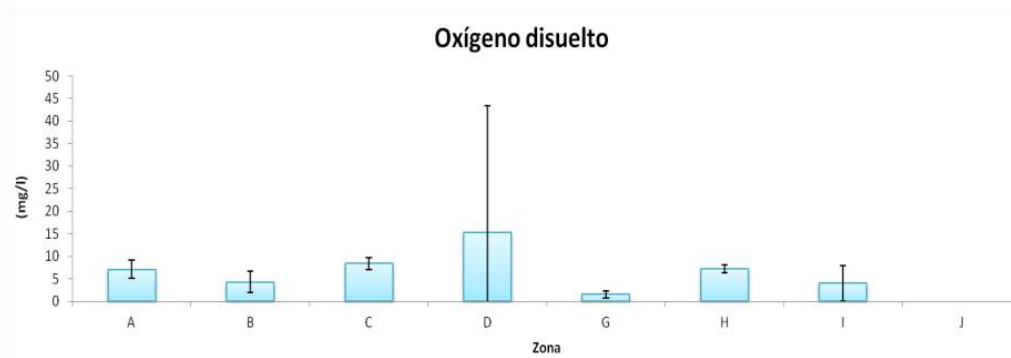


Figura 86. Valores obtenidos de oxígeno disuelto en cada una de las zonas.

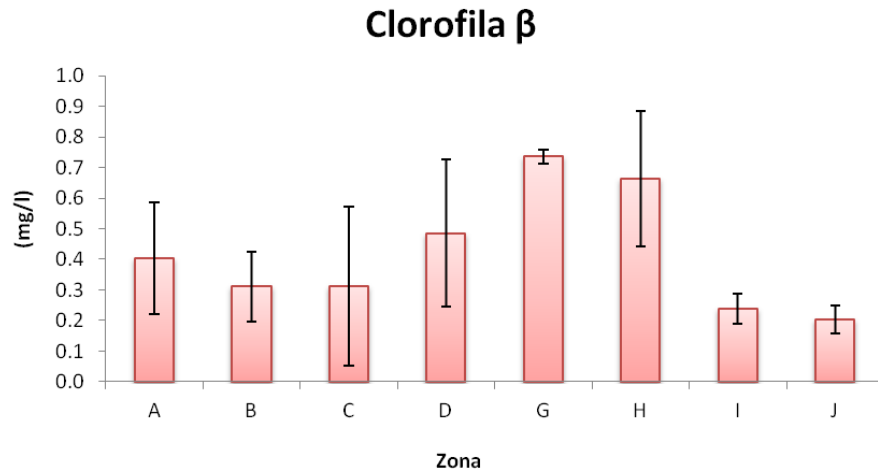


Figura 87. Valores obtenidos de clorofila β en cada una de las zonas.

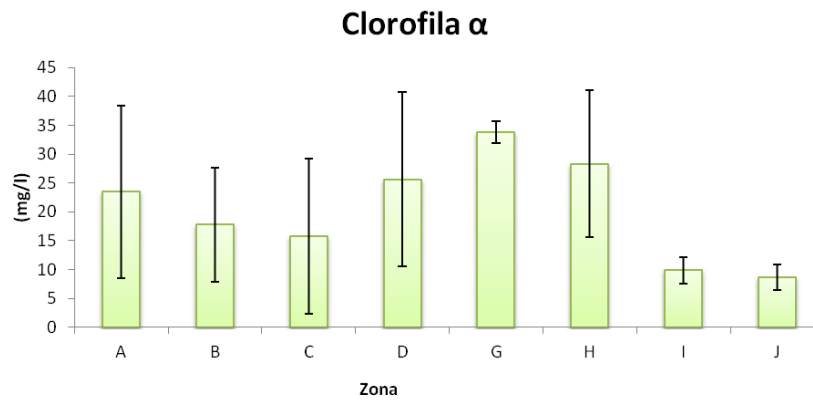


Figura 88. Valores obtenidos de clorofila α en cada una de las zonas.

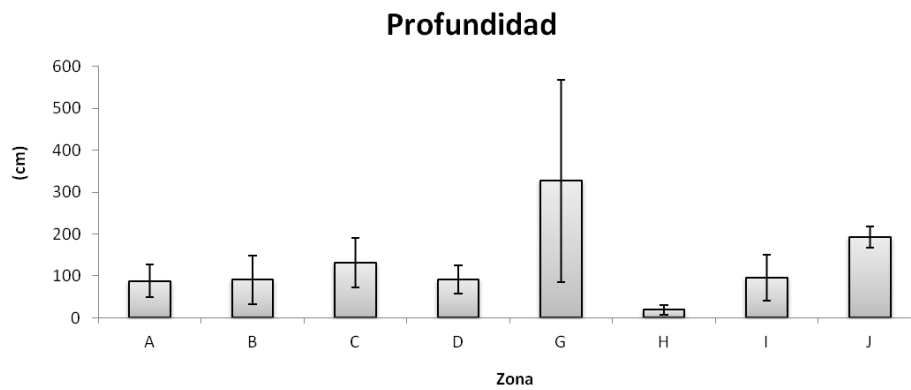


Figura 89. Valores obtenidos de profundidad en cada una de las zonas.

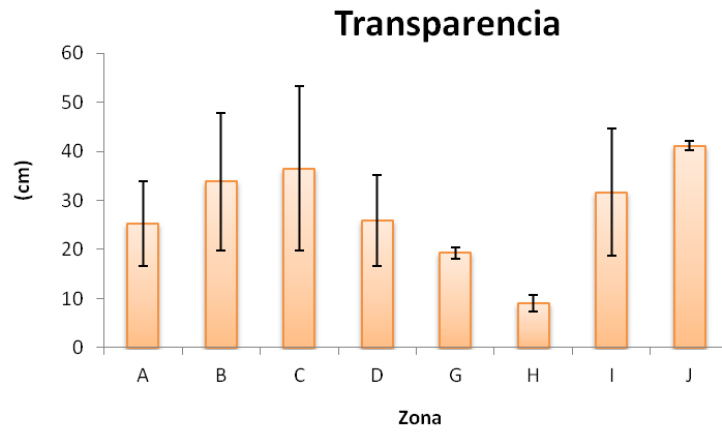


Figura 90. Valores obtenidos de transparencia en cada una de las zonas.

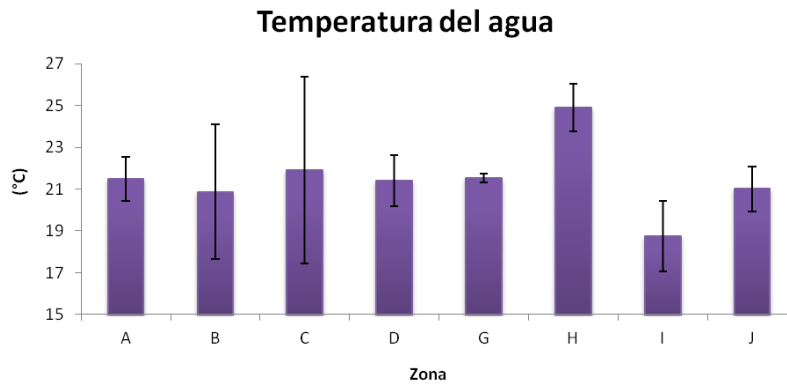


Figura 91. Valores obtenidos de temperatura del agua en cada una de las zonas.

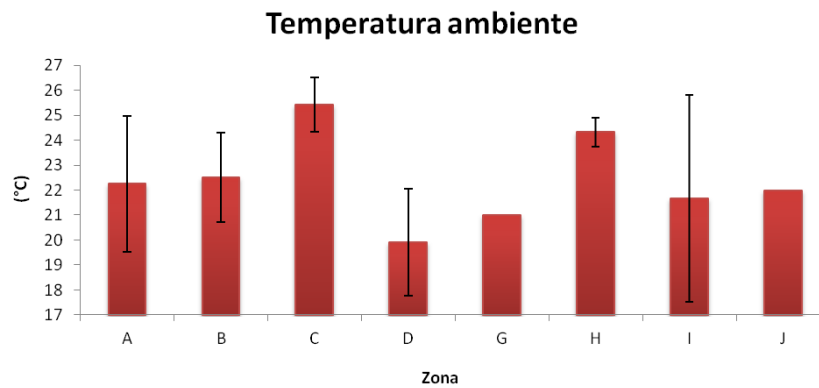


Figura 92. Valores obtenidos de temperatura ambiente en cada una de las zonas.

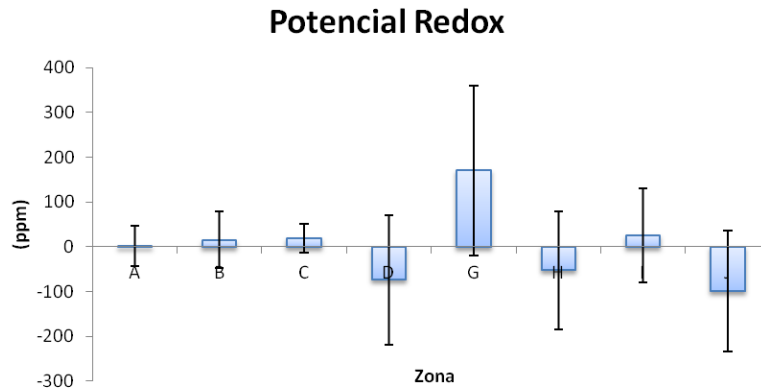


Figura 93. Valores obtenidos de potencial redox en cada una de las zonas.

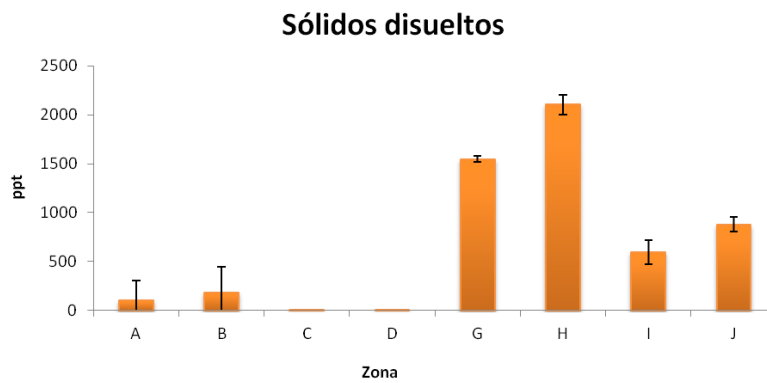


Figura 94. Valores obtenidos de sólidos disueltos en cada una de las zonas.

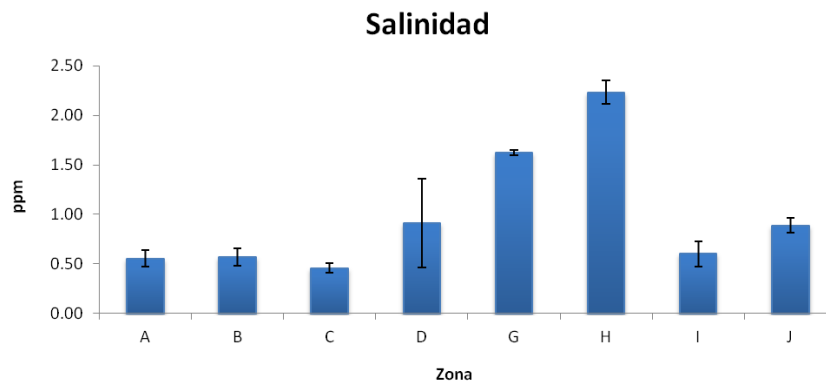


Figura 95. Valores obtenidos de salinidad en cada una de las zonas.

A su vez, las tablas 8-13 muestran los resultados obtenidos de la vegetación presente en cada uno de los 23 sitios de muestreo, organizados por zona de acuerdo con la “Regionalización extendida de los canales de la zona lacustre de Xochimilco”.

Tabla 8. Datos de vegetación en la Zona A.

ZONA A					
SITO DE MUESTREO		Laguna de la Virgen	Japón	Paso del Águila	Laguna de Tlilac
Nombre común	Nombre científico				
Lirio acuático	<i>Eichhornia crassipes</i>	✓	✓	✓	✓
Altamisa	<i>Bidens sp.</i>	✓		✓	X
Lechuga de agua	<i>Pistia stratiotes</i>	✓	✓	✓	X
Berro	<i>Berula erecta</i>	X	X	X	X
Achilillo macho	<i>Polygonum amphibium</i>	X	X	✓	X
Achilillo hembra	<i>Polygonum lapathifolium</i>	✓	X	X	X
Cola de borrego	<i>Myriophyllum acuaticum</i>	X	X	X	X
Paragüitas	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	X	X	X	X
Lenteja de agua	<i>Lemna sp.</i>	X	X	X	X
Tule	<i>Typha latifolia</i>	X	✓	✓	X
Shacaltule	<i>Schoenoplectus californicus</i>	✓	X	X	X
Ninfa	<i>Nymphaea mexicana</i>	✓	X	✓	✓
Ahuejote	<i>Salix bonplandiana</i>	X	X	X	✓
Elodea	<i>Elodea sp.</i>	X	X	X	X
Ortiga	<i>Urtica dioica</i>	X	X	✓	✓

Tabla 9. Datos de vegetación en la Zona B.

ZONA B							
SITO DE MUESTREO		Ampampilco	Apatlaco	Tezhuilo	La Santísima	Puente de Urrutia	Laguna de la Y
Nombre común	Nombre científico						
Lirio acuático	<i>Eichhornia crassipes</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Altamisa	<i>Bidens sp.</i>	X	X	X	X	X	X
Lechuga de agua	<i>Pistia stratiotes</i>	X	✓	X	X	X	✓
Berro	<i>Berula erecta</i>	X	X	X	X	X	✓
Achilillo macho	<i>Polygonum amphibium</i>	✓	✓	✓	X	X	X
Achilillo hembra	<i>Polygonum lapathifolium</i>	X	✓	X	✓	X	✓
Cola de borrego	<i>Myriophyllum acuaticum</i>	X	X	X	✓	X	✓
Paragüitas	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	X	✓	✓	✓	X	✓
Lenteja de agua	<i>Lemna sp.</i>	X	X	X	X	X	X
Tule	<i>Typha latifolia</i>	X	X	X	X	X	X
Shacaltule	<i>Schoenoplectus californicus</i>	X	X	X	X	X	X
Ninfa	<i>Nymphaea mexicana</i>	✓	X	✓	X	X	X
Ahuejote	<i>Salix bonplandiana</i>	X	X	X	X	X	X
Elodea	<i>Elodea sp.</i>	X	X	X	X	X	X
Ortiga	<i>Urtica dioica</i>	X	X	X	X	X	X

Tabla 10. Datos de vegetación en la Zona C.

ZONA C					
SITO DE MUESTREO		El 27	Sta. Cruz	Xaltocan	Caltongo
Nombre común	Nombre científico				
Lirio acuático	<i>Eichhornia crassipes</i>	x	✓	✓	✓
Altamisa	<i>Bidens sp.</i>	x	x	X	X
Lechuga de agua	<i>Pistia stratiotes</i>	x	X	x	X
Berro	<i>Berula erecta</i>	X	X	X	X
Achilillo macho	<i>Polygonum amphibium</i>	x	✓	x	X
Achilillo hembra	<i>Polygonum lapathifolium</i>	X	X	x	X
Cola de borrego	<i>Myriophyllum acuaticum</i>	✓	X	X	✓
Paragüitas	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	x	X	✓	✓
Lenteja de agua	<i>Lemna sp.</i>	X	X	X	✓
Tule	<i>Typha latifolia</i>	x	x	X	X
Shacaltule	<i>Schoenoplectus californicus</i>	x	X	X	X
Ninfa	<i>Nymphaea mexicana</i>	x	✓	✓	X
Ahuejote	<i>Salix bonplandiana</i>	X	X	X	X
Elodea	<i>Elodea sp.</i>	✓	X	X	✓
Ortiga	<i>Urtica dioica</i>	X	X	X	X

Tabla 11. Datos de vegetación en la Zona D.

ZONA D					
SITO DE MUESTREO		Amelaco	Laguna del Toro	Cuemanco	El Bordo
Nombre común	Nombre científico				
Lirio acuático	<i>Eichhornia crassipes</i>	✓	✓	✓	✓
Altamisa	<i>Bidens sp.</i>	X	✓	X	✓
Lechuga de agua	<i>Pistia stratiotes</i>	✓	X	X	✓
Berro	<i>Berula erecta</i>	X	X	X	X
Achilillo macho	<i>Polygonum amphibium</i>	X	✓	✓	X
Achilillo hembra	<i>Polygonum lapathifolium</i>	X	X	✓	✓
Cola de borrego	<i>Myriophyllum acuaticum</i>	X	X	X	X
Paragüitas	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	✓	X	X	X
Lenteja de agua	<i>Lemna sp.</i>	X	X	X	X
Tule	<i>Typha latifolia</i>	✓	✓	X	X
Shacaltule	<i>Schoenoplectus californicus</i>	✓	X	X	X
Ninfa	<i>Nymphaea mexicana</i>	✓	✓	✓	✓
Ahuejote	<i>Salix bonplandiana</i>	X	X	X	X
Elodea	<i>Elodea sp.</i>	X	X	X	X
Ortiga	<i>Urtica dioica</i>	X	X	X	X

Tabla 12. Datos de vegetación en las Zonas G y H.

ZONA G			ZONA H		
SITO DE MUESTREO		Ciénega Grande	SITO DE MUESTREO		Ciénega Chica
Nombre común	Nombre científico		Nombre común	Nombre científico	
Lirio acuático	<i>Eichhornia crassipes</i>	X	Lirio acuático	<i>Eichhornia crassipes</i>	X
Altamisa	<i>Bidens sp.</i>	X	Altamisa	<i>Bidens sp.</i>	X
Lechuga de agua	<i>Pistia stratiotes</i>	X	Lechuga de agua	<i>Pistia stratiotes</i>	X
Berro	<i>Berula erecta</i>	X	Berro	<i>Berula erecta</i>	X
Achilillo macho	<i>Polygonum amphibium</i>	X	Achilillo macho	<i>Polygonum amphibium</i>	X
Achilillo hembra	<i>Polygonum lapathifolium</i>	X	Achilillo hembra	<i>Polygonum lapathifolium</i>	X
Cola de borrego	<i>Myriophyllum acuaticum</i>	X	Cola de borrego	<i>Myriophyllum acuaticum</i>	X
Paragüitas	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	X	Paragüitas	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	X
Lenteja de agua	<i>Lemna sp.</i>	X	Lenteja de agua	<i>Lemna sp.</i>	X
Tule	<i>Typha latifolia</i>	✓	Tule	<i>Typha latifolia</i>	✓
Shacaltule	<i>Schoenoplectus californicus</i>	✓	Shacaltule	<i>Schoenoplectus californicus</i>	✓
Ninfa	<i>Nymphaea mexicana</i>	X	Ninfa	<i>Nymphaea mexicana</i>	X
Ahuejote	<i>Salix bonplandiana</i>	X	Ahuejote	<i>Salix bonplandiana</i>	X
Elodea	<i>Elodea sp.</i>	X	Elodea	<i>Elodea sp.</i>	X
Ortiga	<i>Urtica dioica</i>	X	Ortiga	<i>Urtica dioica</i>	X

Tabla 13. Datos de vegetación en las Zonas I y J.

ZONA I				ZONA J		
SITO DE MUESTREO		Pueblo San Luis	San Luis (Canal Nacional)	SITO DE MUESTREO		San Gregorio
Nombre común	Nombre científico			Nombre común	Nombre científico	
Lirio acuático	<i>Eichhornia crassipes</i>	✓	✓	Lirio acuático	<i>Eichhornia crassipes</i>	✓
Altamisa	<i>Bidens sp.</i>	X	✓	Altamisa	<i>Bidens sp.</i>	X
Lechuga de agua	<i>Pistia stratiotes</i>	X	X	Lechuga de agua	<i>Pistia stratiotes</i>	X
Berro	<i>Berula erecta</i>	X	X	Berro	<i>Berula erecta</i>	X
Achilillo macho	<i>Polygonum amphibium</i>	X	✓	Achilillo macho	<i>Polygonum amphibium</i>	✓
Achilillo hembra	<i>Polygonum lapathifolium</i>	X	✓	Achilillo hembra	<i>Polygonum lapathifolium</i>	X
Cola de borrego	<i>Myriophyllum acuaticum</i>	X	X	Cola de borrego	<i>Myriophyllum acuaticum</i>	X
Paragüitas	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	✓	✓	Paragüitas	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	✓
Lenteja de agua	<i>Lemna sp.</i>	X	✓	Lenteja de agua	<i>Lemna sp.</i>	X
Tule	<i>Typha latifolia</i>	X	X	Tule	<i>Typha latifolia</i>	X
Shacaltule	<i>Schoenoplectus californicus</i>	X	X	Shacaltule	<i>Schoenoplectus californicus</i>	✓
Ninfa	<i>Nymphaea mexicana</i>	X	X	Ninfa	<i>Nymphaea mexicana</i>	X
Ahuejote	<i>Salix bonplandiana</i>	✓	✓	Ahuejote	<i>Salix bonplandiana</i>	X
Elodea	<i>Elodea sp.</i>	✓	X	Elodea	<i>Elodea sp.</i>	X
Ortiga	<i>Urtica dioica</i>	X	X	Ortiga	<i>Urtica dioica</i>	X

Las siguientes tablas (14-19) presentan las especies de vertebrados acuáticos registradas en cada uno de los 23 sitios de muestreo. Las especies nativas del sistema se muestran en color azul. La información obtenida se organizó de acuerdo con la “Regionalización extendida de los canales de la zona lacustre de Xochimilco”.

Tabla 14. Datos de especies de vertebrados en la Zona A.

ZONA A				
SITIO	Laguna de la Virgen	Japón	Paso del Águila	Laguna de Tlilac
ESPECIE (N.Común / N.Científico)				
Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	✓	✓	✓	✓
Tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>)	x	✓	x	x
Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	✓	✓	✓	✓
Charal (<i>Menidia jordani</i>)	x	x	✓	✓
Burro (<i>Goodea atripinnis</i>)	✓	x	✓	✓
Espada (<i>Xiphophorus hellerii</i>)	x	x	x	✓
Lobina negra (<i>Micropterus salmoides</i>)	x	x	x	x
Carpa Japonesa (<i>Carassius auratus</i>)	x	x	x	x
Guatopote (<i>Poeciliopsis gracilis</i>)	✓	x	x	x
Mexcalpique (<i>Girardinichthys viviparus</i>)	x	x	x	x
Guatopote manchado (<i>Heterandria bimaculata</i>)	x	✓	x	✓
Guppys (<i>Poecilia reticulata</i>)	x	✓	x	x
Acocil (<i>Cambarellus montezumae</i>)	x	x	✓	✓

Tabla 15. Datos de especies de vertebrados en la Zona B.

ZONA B						
SITIO	Ampampilco	Apatlaco	Tezhuilo	La Santísima	Puente de Urrutia	Laguna de la Y
ESPECIE (N.Común / N.Científico)						
Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	✓	✓	✓	✓	x	✓
Tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>)	x	✓	✓	x	x	x
Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	✓	✓	✓	✓	x	x
Charal (<i>Menidia jordani</i>)	✓	✓	✓	x	x	x
Burro (<i>Goodea atripinnis</i>)	✓	✓	✓	x	✓	x
Espada (<i>Xiphophorus hellerii</i>)	✓	✓	x	✓	x	x
Lobina negra (<i>Micropterus salmoides</i>)	x	x	x	x	x	x
Carpa Japonesa (<i>Carassius auratus</i>)	x	x	x	x	x	x
Guatopote (<i>Poeciliopsis gracilis</i>)	✓	✓	x	x	✓	x
Mexcalpique (<i>Girardinichthys viviparus</i>)	x	x	x	x	x	x
Guatopote manchado (<i>Heterandria bimaculata</i>)	x	✓	x	x	x	x
Guppys (<i>Poecilia reticulata</i>)	✓	✓	x	x	x	x
Acocil (<i>Cambarellus montezumae</i>)	✓	✓	✓	x	x	x

Tabla 16. Datos de especies de vertebrados en la Zona C.

ZONA C				
SITIO	El 27	Sta. Cruz	Xaltocan	Caltongo
ESPECIE (N.Común / N.Científico)				
Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	✓	✓	✓	✓
Tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>)	✓	X	X	X
Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	✓	✓	✓	✓
Charal (<i>Menidia jordani</i>)	X	X	X	X
Burro (<i>Goodea atripinnis</i>)	✓	✓	✓	✓
Espada (<i>Xiphophorus hellerii</i>)	✓	X	X	X
Lobina negra (<i>Micropterus salmoides</i>)	X	X	X	X
Carpa Japonesa (<i>Carassius auratus</i>)	✓	X	X	X
Guatopote (<i>Poeciliopsis gracilis</i>)	✓	X	X	X
Mexcalpique (<i>Girardinichthys viviparus</i>)	✓	X	X	X
Guatopote manchado (<i>Heterandria bimaculata</i>)	X	X	✓	X
Guppys (<i>Poecilia reticulata</i>)	X	X	X	X
Acocil (<i>Cambarellus montezumae</i>)	X	X	X	X

Tabla 17. Datos de especies de vertebrados en la Zona D.

ZONA D				
SITIO	Amelaco	Laguna del Toro	Cuemanco	El Bordo
ESPECIE (N.Común / N.Científico)				
Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	✓	✓	✓	✓
Tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>)	✓	X	✓	X
Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	✓	✓	✓	✓
Charal (<i>Menidia jordani</i>)	X	✓	✓	X
Burro (<i>Goodea atripinnis</i>)	✓	✓	✓	✓
Espada (<i>Xiphophorus hellerii</i>)	X	X	✓	✓
Lobina negra (<i>Micropterus salmoides</i>)	X	X	✓	X
Carpa Japonesa (<i>Carassius auratus</i>)	X	X	X	X
Guatopote (<i>Poeciliopsis gracilis</i>)	X	✓	✓	X
Mexcalpique (<i>Girardinichthys viviparus</i>)	X	X	✓	X
Guatopote manchado (<i>Heterandria bimaculata</i>)	X	X	X	X
Guppys (<i>Poecilia reticulata</i>)	X	X	✓	✓
Acocil (<i>Cambarellus montezumae</i>)	X	X	✓	✓

Tabla 18. Datos de especies de vertebrados en las Zonas G y H.

ZONA G		ZONA H	
SITIO	Ciénega Grande	SITIO	Ciénega Chica
ESPECIE (N.Común / N.Científico)		ESPECIE (N.Común / N.Científico)	
Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	✓	Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	✓
Tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>)	x	Tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>)	x
Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	x	Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	x
Charal (<i>Menidia jordani</i>)	x	Charal (<i>Menidia jordani</i>)	x
Burro (<i>Goodea atripinnis</i>)	x	Burro (<i>Goodea atripinnis</i>)	x
Espada (<i>Xiphophorus hellerii</i>)	x	Espada (<i>Xiphophorus hellerii</i>)	x
Lobina negra (<i>Micropterus salmoides</i>)	x	Lobina negra (<i>Micropterus salmoides</i>)	x
Carpa Japonesa (<i>Carassius auratus</i>)	x	Carpa Japonesa (<i>Carassius auratus</i>)	x
Guatopote (<i>Poeciliopsis gracilis</i>)	x	Guatopote (<i>Poeciliopsis gracilis</i>)	x
Mexcalpique (<i>Girardinichthys viviparus</i>)	x	Mexcalpique (<i>Girardinichthys viviparus</i>)	x
Guatopote manchado (<i>Heterandria bimaculata</i>)	x	Guatopote manchado (<i>Heterandria bimaculata</i>)	x
Guppys (<i>Poecilia reticulata</i>)	x	Guppys (<i>Poecilia reticulata</i>)	x
Acocil (<i>Cambarellus montezumae</i>)	x	Acocil (<i>Cambarellus montezumae</i>)	x

Tabla 19. Datos de especies de vertebrados en las Zonas I y J.

ZONA I			ZONA J	
SITIO	Pueblo San Luis	San Luis (Canal)	SITIO	San Gregorio
ESPECIE (N.Común / N.Científico)	Luis	(Canal)	ESPECIE (N.Común / N.Científico)	
Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	✓	✓	Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	✓
Tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>)	x	x	Tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>)	x
Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	x	x	Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	✓
Charal (<i>Menidia jordani</i>)	x	x	Charal (<i>Menidia jordani</i>)	x
Burro (<i>Goodea atripinnis</i>)	✓	✓	Burro (<i>Goodea atripinnis</i>)	x
Espada (<i>Xiphophorus hellerii</i>)	x	x	Espada (<i>Xiphophorus hellerii</i>)	x
Lobina negra (<i>Micropterus salmoides</i>)	x	x	Lobina negra (<i>Micropterus salmoides</i>)	x
Carpa Japonesa (<i>Carassius auratus</i>)	x	x	Carpa Japonesa (<i>Carassius auratus</i>)	x
Guatopote (<i>Poeciliopsis gracilis</i>)	x	x	Guatopote (<i>Poeciliopsis gracilis</i>)	x
Mexcalpique (<i>Girardinichthys viviparus</i>)	x	x	Mexcalpique (<i>Girardinichthys viviparus</i>)	x
Guatopote manchado (<i>Heterandria bimaculata</i>)	x	x	Guatopote manchado (<i>Heterandria bimaculata</i>)	x
Guppys (<i>Poecilia reticulata</i>)	x	x	Guppys (<i>Poecilia reticulata</i>)	x
Acocil (<i>Cambarellus montezumae</i>)	x	x	Acocil (<i>Cambarellus montezumae</i>)	x

Las tablas 20-25 indican las presencias y ausencias de invertebrados e insectos de cada uno de los 23 sitios de muestreo, organizados por zona, de acuerdo a la “Regionalización extendida de los canales de la zona lacustre de Xochimilco”.

Tabla 20. Datos de presencias y ausencias de especies de invertebrados e insectos en la Zona A.

ZONA A				
SITIO	Laguna de la Virgen	Japón	Paso del Águila	Laguna de Tlilac
Familia o Género				
Tipulidae	X	X	X	X
Chironomidae	✓	✓	✓	X
Hyaella	✓	✓	✓	✓
Isopoda	X	X	X	X
Ischnura	X	✓	✓	✓
Acrididae	X	X	X	X
Physa	X	X	✓	X
Belastoma	X	✓	X	X
Dystiscidae	X	✓	X	✓
Eristalis	X	X	X	X
Aeshna	X	X	X	X
Cambarellus	✓	✓	X	X
Buena	X	✓	✓	X
Culex	X	X	X	X
Corixidae	X	✓	✓	X
Veliidae	X	✓	✓	✓
Helopdella	X	✓	X	X
Hydrophilidae	X	✓	✓	✓
Caecydotea	X	X	X	X
Erphodella	X	X	X	X
Noctuidae	X	X	X	X

Tabla 21. Datos de presencias y ausencias de especies de invertebrados e insectos en la Zona B.

ZONA B						
SITIO	Ampampilco	Apatlaco	Tezhuilo	La Santísima	Puente de Urrutia	Laguna de la Y
Familia o Género						
Tipulidae	x	x	x	x	x	x
Chironomidae	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hyalella	x	✓	✓	✓	✓	✓
Isopoda	x	✓	x	x	x	x
Ischnura	x	✓	✓	x	x	✓
Acrididae	x	x	x	x	x	✓
Physa	x	x	x	x	x	x
Belastoma	x	✓	x	x	x	x
Dystiscidae	x	✓	x	x	x	x
Eristalis	x	✓	x	x	✓	x
Aeshna	x	✓	✓	x	x	✓
Cambarellus	✓	x	✓	x	x	x
Buena	x	x	✓	x	x	x
Culex	x	x	x	✓	x	x
Corixidae	x	x	x	x	x	x
Veliidae	✓	x	✓	x	x	✓
Helopdella	x	✓	x	x	x	x
Hydrophilidae	x	✓	x	✓	x	x
Caecydotea	x	x	x	x	✓	x
Erphodella	x	x	x	x	x	x
Noctuidae	x	✓	✓	x	x	x

Tabla 22. Datos de presencias y ausencias de especies de invertebrados e insectos en la Zona C.

ZONA C				
SITIO	El 27	Sta. Cruz	Xaltocan	Caltongo
Familia o Género				
Tipulidae	✓	x	x	x
Chironomidae	✓	✓	✓	✓
Hyalella	✓	x	x	✓
Isopoda	x	✓	x	x
Ischnura	✓	x	✓	x
Acrididae	x	x	✓	x
Physa	x	x	✓	x
Belastoma	x	x	x	x
Dystiscidae	x	x	x	x
Eristalis	x	x	x	x
Aeshna	x	x	x	x
Cambarellus	x	x	x	x
Buena	x	x	x	x
Culex	x	x	x	x
Corixidae	x	x	x	x
Veliidae	x	x	x	x
Helopdella	x	x	✓	✓
Hydrophilidae	x	x	x	x
Caecydotea	x	x	x	✓
Erphodella	x	x	x	✓
Noctuidae	x	x	x	✓

Tabla 23. Datos de presencias y ausencias de especies de invertebrados e insectos en la Zona D.

ZONA D				
SITIO	Amelaco	Laguna del Toro	Cuemanco	El Bordo
Familia o Género				
Tipulidae	X	X	X	X
Chironomidae	✓	✓	X	✓
Hyalella	✓	✓	✓	✓
Isopoda	X	X	X	X
Ischnura	✓	✓	✓	X
Acrididae	X	✓	X	X
Physa	X	X	✓	X
Belastoma	X	X	✓	X
Dystiscidae	X	X	X	X
Eristalis	X	X	X	X
Aeshna	✓	✓	✓	X
Cambarellus	X	X	X	✓
Buena	✓	X	✓	✓
Culex	X	X	X	X
Corixidae	X	X	X	✓
Veliidae	✓	✓	X	✓
Helopdella	X	X	X	X
Hydrophilidae	✓	X	✓	✓
Caecydotea	X	X	X	X
Erphodella	X	X	X	X
Noctuidae	X	X	✓	X

Tabla 24. Datos de presencias y ausencias de especies de invertebrados e insectos en las Zonas G y H.

ZONA G		ZONA H	
SITIO	Ciénega Grande	SITIO	Ciénega Chica
Familia o Género		Familia o Género	
Tipulidae	X	Tipulidae	X
Chironomidae	✓	Chironomidae	✓
Hyaella	✓	Hyaella	X
Isopoda	X	Isopoda	X
Ischnura	X	Ischnura	✓
Acrididae	X	Acrididae	X
Physa	✓	Physa	X
Belastoma	✓	Belastoma	✓
Dystiscidae	✓	Dystiscidae	X
Eristalis	X	Eristalis	X
Aeshna	✓	Aeshna	X
Cambarellus	X	Cambarellus	X
Buenoa	✓	Buenoa	✓
Culex	✓	Culex	X
Corixidae	✓	Corixidae	✓
Veliidae	X	Veliidae	X
Helopdella	✓	Helopdella	X
Hydrophilidae	✓	Hydrophilidae	X
Caecydotea	X	Caecydotea	X
Erphodella	X	Erphodella	X
Noctuidae	X	Noctuidae	X

Tabla 25. Datos de presencias y ausencias de especies de invertebrados e insectos en las Zonas I y J.

ZONA I			ZONA J	
SITIO	Pueblo San Luis	San Luis (Canal	SITIO	San Gregorio (Canal San
Familia o Género	Tlaxialtemalco	Nacional)	Familia o Género	Sebastián)
Tipulidae	X	X	Tipulidae	X
Chironomidae	X	✓	Chironomidae	X
Hyaella	✓	✓	Hyaella	✓
Isopoda	X	X	Isopoda	X
Ischnura	X	✓	Ischnura	✓
Acrididae	X	X	Acrididae	X
Physa	✓	✓	Physa	✓
Belastoma	✓	✓	Belastoma	✓
Dystiscidae	X	✓	Dystiscidae	X
Eristalis	X	X	Eristalis	X
Aeshna	X	X	Aeshna	✓
Cambarellus	X	X	Cambarellus	X
Buena	X	X	Buena	X
Culex	X	✓	Culex	X
Corixidae	X	X	Corixidae	X
Veliidae	X	X	Veliidae	✓
Helopdella	X	X	Helopdella	X
Hydrophilidae	✓	✓	Hydrophilidae	✓
Caecydotea	✓	✓	Caecydotea	X
Erphodella	X	X	Erphodella	X
Noctuidae	X	X	Noctuidae	X

Variación espacial

Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos presentaron la siguiente variación espacial. En agua dulce, el pH oscila entre 6.5 y 8.7; en lagos alcalinos con carbonato sódico es mayor de 9; cuando existe ácido sulfúrico y/o húmicos se alcanza un pH de 3. Cuando la fotosíntesis es intensa puede presentarse un pH de casi 9. Tomando en cuenta las ocho zonas muestreadas del humedal, las zonas G y H fueron las que presentaron los valores más altos de pH. Estos valores se deben principalmente al tipo de suelo que hay en estas zonas y a la gran cantidad de cascajo que es depositado en los alrededores y en época de lluvias es lixiviado hacia estas dos Ciénegas. Los valores cercanos a 7, los presentaron las zonas B, C, D e I, lo que

indica que la actividad chinampera, las entradas de agua de las plantas de tratamiento y el uso controlado de agroquímicos mejora notablemente el pH.

En cuanto al oxígeno disuelto, la zona D presentó los valores más altos debido a que son sitios en los que la acción del viento ejercida es constante y la entrada de agua de la planta de tratamiento del Cerro de la Estrella provoca recambios importantes en estos canales.

Los valores de clorofila a y b fueron mayores en la zona G y los valores más bajos correspondieron a la zona J. Estos valores se deben principalmente a la cantidad de plantas acuáticas que existen en la Ciénega grande. La zona J refleja que es uno de los sitios con mayor perturbación de todo el sistema debido al uso excesivo de agroquímicos y plaguicidas.

La transparencia fue mayor en la zona J, situación que se debe a que la productividad primaria que hay en San Gregorio Atlapulco es muy baja. La cantidad de plantas acuáticas y las comunidades de zooplancton están muy disminuidas en esta zona.

La temperatura del agua fue mayor en la zona H debido a que es la zona más somera del sistema pues apenas rebasa los 40 cm de profundidad. La zona I resultó ser la más cálida, quizá por la gran cantidad de ahuejotes y árboles que hay en esta zona y que brindan sombra a los canales.

Los sólidos disueltos y la salinidad fueron altos en las zonas G y H debido a que ambas Ciénegas tienen aportes de sedimentos muy altos. Los valores más bajos se presentaron en las zonas C y D, que son zonas en las que existen entradas de agua de las plantas de tratamiento, lo que provoca una dilución importante.

Vegetación

La distribución de la vegetación de acuerdo a su abundancia y diversidad fue mayor en las zonas A y B, que son zonas en las que la chinampería es un poco más activa, el número de chinampas abandonadas no es tan alto, la calidad del agua suele estar dentro de los límites óptimos para el desarrollo de la vida animal y la profundidad y el ancho de cada uno de los

canales que conforman estas zonas juega un papel fundamental. En la zona C y D, el lirio acuático y la ninfa son las únicas especies que están presente en todos los canales que la conforman, no hay diversidad ni abundancia importante, situación ocasionada por ser zonas en las que el turismo afecta sustancialmente el desarrollo de plantas acuáticas. En las zonas G y H que corresponden a las Ciénegas grande y chica, la diversidad es muy baja estando presente sólo el tule y el shacaltule. No obstante la abundancia de estas dos especies es alta. Las zonas I y J presentaron una diversidad y abundancia intermedia.

Vertebrados

Otra forma de medir el grado de perturbación del sistema es determinando cuantas y cuáles son las zonas en las que aún coexisten especies nativas de vertebrados, ya que éstas están presentes sólo en los sitios en los que la calidad de agua suele ser relativamente alta. La zona A, B, C y D fueron las únicas zonas en las que se registraron ejemplares de charal (*Menidia jordani*) y mexcalpique (*Girardinichthys viviparus*). En las restantes zonas no se registraron ejemplares de ninguna de estas especies, sin embargo, en todo el sistema se registró una gran cantidad de ejemplares de tilapia (*Oreochromis niloticus*), que es la especie introducida más dañina que hay en todo el sistema lacustre.

Insectos

Es importante destacar que las zonas con mayor abundancia y diversidad fueron la A, G y H aun cuando en éstas tres regiones solamente se distribuyen el tule (*Typha latifolia*) y el shacaltule (*Schoenoplectus californicus*) abundantemente. En estas dos especies de plantas, los invertebrados suelen formar poblaciones numerosas en sus raíces que funcionan como sitios de refugio, reproducción y anidación.

Conclusiones

Se compararon los parámetros fisicoquímicos que fueron registrados en cada una de las zonas de acuerdo a la “Regionalización extendida de los canales de la zona lacustre de Xochimilco”. Se encontró que en las zonas A, B, C y D, la chinampería tradicional aún se mantiene como la única forma de cultivo y esto promueve que diversos parámetros como el pH, el oxígeno disuelto, la salinidad y los sólidos disueltos se mantengan dentro de los límites óptimos para el adecuado desarrollo de especies nativas del sistema y restablecer el régimen hídrico del humedal. Las zonas más perturbadas resultaron ser la Ciénega chica y Ciénega grande, ya que son sitios que funcionan como zonas de amortiguamiento y también son zonas de recarga de los mantos freáticos. También se encontró que la zona I y J están altamente perturbadas. En estas regiones la perturbación es causada por la gran cantidad de invernaderos que utilizan agroquímicos y son vertidos directamente a los canales de manera irresponsable.

En cuanto a la distribución de la vegetación, si se toman en cuenta la abundancia y la diversidad, éstas fueron mayores en las zonas A y B, sitios en los que la calidad del agua resultó ser mejor que en las otras zonas. En estos sitios se registraron especies de plantas acuáticas como la ninfa, que es una especie emblemática de Xochimilco. En la zona C y D el lirio acuático y la ninfa fueron las especies que se presentaron en todos los canales que la conforman. Para las zonas G y H, la diversidad fue baja pues solamente estuvo representada por el tule y el shacaltule. Sin embargo, estas dos zonas fueron las que presentaron mayor diversidad de invertebrados acuáticos. El nivel de perturbación que hay en el sistema y la gran cantidad de tilapias que coexisten con especies nativas interfieren negativamente en el establecimiento y distribución de éstas, por ejemplo el charal, el acocil y el mexcalpique o pez amarillo. Para el caso de los insectos, las zonas con mayor abundancia y diversidad fueron A, G y H que son zonas en las que la actividad y presencia humana son limitadas; por lo general existe una gran cantidad de chinampas abandonadas y la limpieza y retiro de plantas acuáticas no existe.

CHINAMPAS Y REFUGIOS

Se presentan las actividades correspondientes a la línea de acción chinampas y refugios que incluyen el acopio de insumos, producción de abonos orgánicos, producción de biofertilizantes, preparación de suelo con composta, creación de almácigos y siembra para el control de calidad de hortalizas. Se realizaron colectas y muestreo de sedimentos, compostas y hortalizas, se evaluaron refugios de ajolotes ya existentes monitoreando el estado de salud de los organismos y otras especies nativas. A continuación se presentan las actividades realizada por metas y actividades establecidas. En las actividades participaron 17 personas: seis para el acopio de insumos y cinco para actividades de limpieza, nivelación, preparación de suelo con composta, creación de almácigos, siembra, elaboración de composta y biofertilizantes; en la limpieza, mantenimiento de zanjas, elaboración y colocación de compuertas participaron cuatro personas y para los trabajos de monitoreo, planeación y seguimiento participaron dos personas más.

En la realización de estas actividades participaron 17 personas entre profesionistas, chinamperos y personas que hicieron trabajo de campo.

2500 m² de chinampa con cultivo

Preparación de suelo con composta, almácigos y siembra

Establecimiento de cultivos

Se habilitaron cuatro superficies con diferentes medidas. En total, éstas cubren 2650 m². A continuación se describe cada uno de los sitios:

Sitio 1

El terreno rehabilitado tenía un periodo aproximado de 20 años sin ser labrado. La compactación del suelo era severa lo que requirió mayor tiempo. Dando seguimiento al Programa de Análisis y Restauración del Sistema Lacustre de Xochimilco y del Ajolote se realizaron trabajos de forma manual con ayuda de palas, azadones y carretillas en una superficie promedio de 1400 m² (Figuras 96 y 97). La época de lluvias propicia el

crecimiento de hierbas y pasto, lo que dificultó las labores de preparación. A pesar de haber realizado deshierbe y limpieza, las raíces y pequeños residuos de pasto que no fueron eliminados se desarrollaron rápidamente con la lluvia. Los problemas generados por el pasto consisten en competencia por agua y nutrientes, además de invadir espacios dificultando el libre desarrollo de hojas y frutos. Para favorecer la filtración homogénea de agua, evitar encharcamientos y facilitar el establecimiento de cultivos se niveló toda la superficie con ayuda de carretillas y azadones.



Figura 96. Apariencia de chinampa al iniciar los trabajos de deshierbe y nivelación.



Figura 97. Trabajos de nivelación de chinampa.

Se procedió a planificar la división del terreno y el establecimiento de cultivos, para lo cual se elaboró un plano donde se plasmó la organización de camas de cultivo. Esto también permite recabar datos de fertilidad y desarrollo, además de facilitar la identificación,

registro y tratamiento de problemas relacionados con plagas, enfermedades, fertilidad y salinidad.

Se planearon y programaron las actividades a realizar, se calendarizó la siembra y trasplante, la aplicación de biofertilizantes y la programación de cultivos de acuerdo al ciclo productivo Primavera – Verano, Otoño – Invierno de la unidad “Chinampa – Refugio.

La Figura 98 muestra la programación hecha hasta el mes de Noviembre de 2012. En ésta se muestra cómo se establecen los cultivos para mantener producción constante. La programación correspondiente al cultivo de arúgula fue cambiado a espinaca porque resiste mejor la temporada invernal. La programación se realizó tomando en cuenta los cultivos que toleran mejor las bajas temperaturas y por la posibilidad de tener diversos cultivos para la venta de hortalizas. Se muestra también la programación de la preparación de biofertilizantes y su aplicación, y minerales.

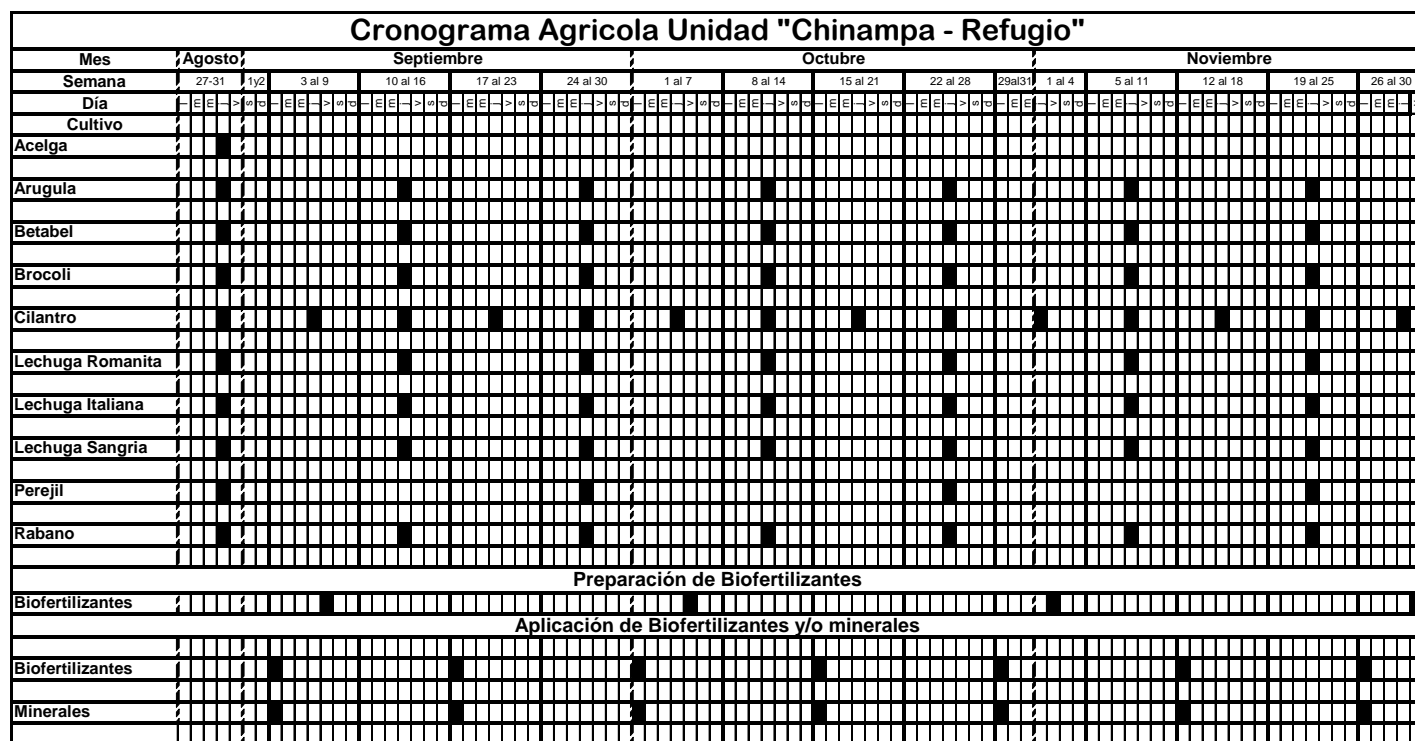


Figura 98. Programación de la Unidad Chinampa – Refugio.

En un pizarrón se colocó el plano de la chinampa, el cronograma de actividades y las recomendaciones para elaborar biofertilizantes y abonos orgánicos, tal como lo establece el

Manual de procedimientos para el manejo de abonos orgánicos y hortalizas en chinampas que se encuentra detallado en otra sección de este informe (Figura 99).

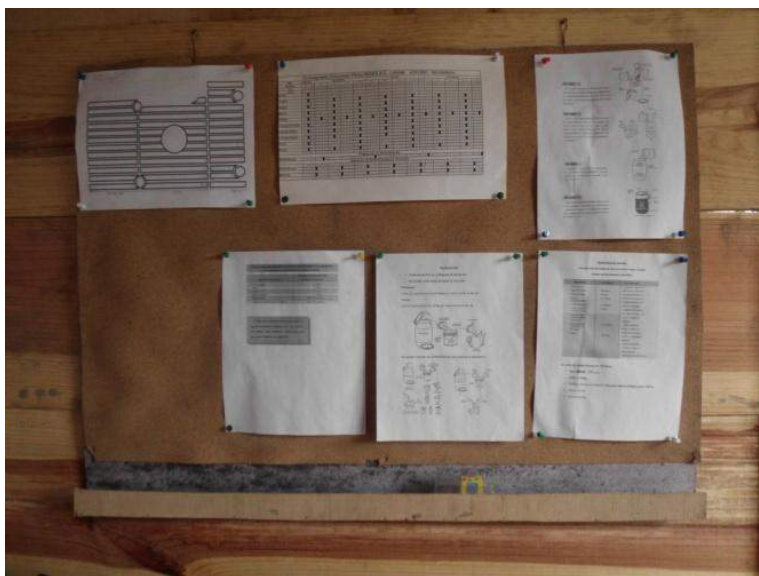


Figura 99. Planeación y programación de actividades y calendarios de cultivos.

Con ayuda de hilos y cinta métrica se trazó cada una de las camas y pasillos para posteriormente barbechar e incorporar abonos orgánicos, al tiempo que se preparaban almácigos para trasplante una vez que terminaran de concluirse las camas (Figuras 100-103).



Figura 100. Delimitación y barbecho de camas.



Figura 101. Establecimiento de almácigos (chapines).



Figura 102. Aplicación de abonos orgánicos en suelo.



Figura 103. Camas terminadas con abonos orgánicos incorporados y cubiertas con paja.

En la superficie se han establecido diversos cultivos como: Acelga, Espinaca, Jitomate, Cempasúchil, Menta, Hierbabuena, Cebollín, Lechuga Romana, Italiana y Escarola, Betabel, Cilantro y Espinaca (Figura 104). En cada cama se aplicó abono orgánico previamente almacenado en proporciones de 8 kg por m² cuando se inició el trabajo, evaluándose la incorporación de 5 Kg por m² como lo establece el Manual de procedimientos para el manejo de abonos orgánicos y hortalizas en chinampas. También se incorporaron los restos de hierbas y pasto seco para favorecer el mejoramiento de suelo en cuanto a características de porosidad, fertilidad y actividad microbiológica. El objetivo principal del establecimiento de cultivos es retomar la gran capacidad productiva que tiene la zona chinampera en cuanto a superficie y diversidad de productos.

Entre los principales aportes de los abonos orgánicos en los suelos están:

- Mejoramiento de permeabilidad.
- Mejoramiento de aireación.
- Mejoramiento de porosidad de suelos.





Figura 104. Cultivo de Calabaza, Jitomate, Betabel, Lechuga romana, Jitomate (cosecha) y Cilantro.

En la zona trabajada el agua se encuentra entre 1.00 y 1.50 m por debajo del nivel del suelo, esto favorece que el agua ascienda hasta la superficie y se evapore disminuyendo la cantidad de agua que puede ser utilizada por las plantas aun cuando se aplican riegos superficiales abundantes, lo que dificulta a las plantas realizar funciones metabólicas. El salitre se asocia a la existencia de concentraciones elevadas de sodio, (Figuras 105 y 106) un alto contenido de este resulta tóxico para las plantas y también afecta el estado físico del suelo ocasionando:

- Dispersión de la materia orgánica y las partículas de arena, limo y arcilla.
- Impide la normal estructuración y porosidad.
- Afecta la infiltración de agua.
- Afecta la circulación del aire.
- Dificulta la penetración de raíces.
- El suelo se vuelve alcalino.
- Provoca deficiencias en la disponibilidad de nutrientes.

Si bien la recuperación y el mejoramiento de las chinampas es un proceso paulatino debido al tiempo de estabilización de materia orgánica y producción de agentes microbiológicos, los aportes obtenidos con abonos orgánicos permiten recuperar zonas de cultivos, mejorar la producción y sustituir paulatinamente el uso de agroquímicos dentro del Área Natural Protegida.



Figura 105. Desarrollo deficiente debido a salitre.



Figura 106. Aspecto de suelo con problemas de salitre.

Con la finalidad de evaluar la calidad y capacidad productiva de los abonos orgánicos se cultivó chile jalapeño, hinojo y albahaca en macetas (Figuras 107 y 108). En cada maceta se incorporó 100% de abono orgánico que se tenía almacenado con un periodo de 3 meses de maduración. La recomendación es ocupar el abono en un periodo máximo de dos meses después de su preparación pero se han obtenido excelentes resultados. El proceso se complementó con aplicación periódica de biofertilizantes obteniendo desarrollo óptimo de cultivos, además, la incidencia de plagas y enfermedades es nula.



Figura 107. Albahaca cultivada con abonos orgánicos.



Figura 108. Chile jalapeño cultivado con abonos orgánicos.

Como parte del establecimiento de cultivos y plan de trabajo se enumeró cada cama y cada almácigo para favorecer la toma de datos. La aplicación de biofertilizantes se realizó cada 15 días. La superficie finalmente quedó dividida en 37 camas de cultivo. Se elaboró un cuadro con datos de distancia, superficie sembrada, el rendimiento mensual obtenido por cada cultivo, el rendimiento esperado al mes en kg, y el número de meses que tardan las plantas en obtener cosecha (Tabla 26).

Tabla 26. Cultivos de la Unidad Chinampa – Refugio.

Cultivo	Distancia entre plantas en cm	Superficie sembrada en m ²	Numero de plantas o matas	Rendimiento Mensual Planta o Mata en gramos	Cosecha mensual obtenida* en Kg o Piezas**	Numero de meses para obtener cosecha	Numero de cama donde se establece cada cultivo
Acelga	40	80.6 mts	465	70	32.55	2.5	12, 31, 32
Cebollin	40	13 mts	40	60	2.4	1	2
Cilantro	20	171.6 mts	3,960	70	277.2	3.5	7, 8 11, 16, 17, 18, 21, 21.5, 23, 25
Espinaca	15	58.5 mts	1,500	200	300	2.5	1,9,10,19,20,24
Hierbabuena	40	18.2 mts	105	100	10.5	1	4
Lechuga	30	240.5 mts	2,448	Pieza	2,448	2.5	15,15,26,28,29,30,34,36
Menta	40	13 mts	40	100	4	1	3
Perejil	20	33.8 mts	780	300	234	3.5	33
Romero	70	18.2 mts	40	100	3	12	6
Tomillo	70	18.2 mts	40	100	3	12	5
Romeritos	Voleo	67.6 mts	67.7	4000	270.8	3	27,35

* Los rendimientos fueron los obtenidos y registrados en la ejecución del proyecto excepto romero y tomillo que corresponden a los rendimientos esperados despues de un año de ser establecidos

** Todos los rendimientos son en Kilogramos excepto las lechugas que corresponden al numero de piezas obtenidas

Para establecer la distancia entre plantas se tomaron en cuenta las recomendaciones hechas en el Manual de procedimientos para el manejo de abonos orgánico y hortalizas en chinampas (presente en este informe) realizando algunas modificaciones de acuerdo a la experiencia de algunos productores y el espacio disponible para cada cultivo. La superficie sembrada también fue calculada de acuerdo a dicho manual y el rendimiento se monitoreó y registró en la Tabla 26 para saber cuánto producto puede obtenerse. El número de meses para obtener cosecha también se ha establecido con base en los datos obtenidos en la unidad.

La chinampa tiene una superficie total de 1,400m² incluyendo pasillos y jardineras (Figura 109). Los diversos cultivos se indican en cada una de las camas y corresponden al ciclo Otoño – Invierno. Los cultivos presentados corresponden al 10 de Diciembre de 2012. Se muestran la longitud de cada una de las secciones de cama de cultivo; la distancia de 1.30 m corresponde a el ancho de todas las camas y la distancia de 0.5 m al ancho promedio de los pasillos. También se muestra el número de cada cama y el cultivo que corresponde a cada una (Tabla 27).

Tabla 27. Organización de la unidad ambiental Chinampa – Refugio.

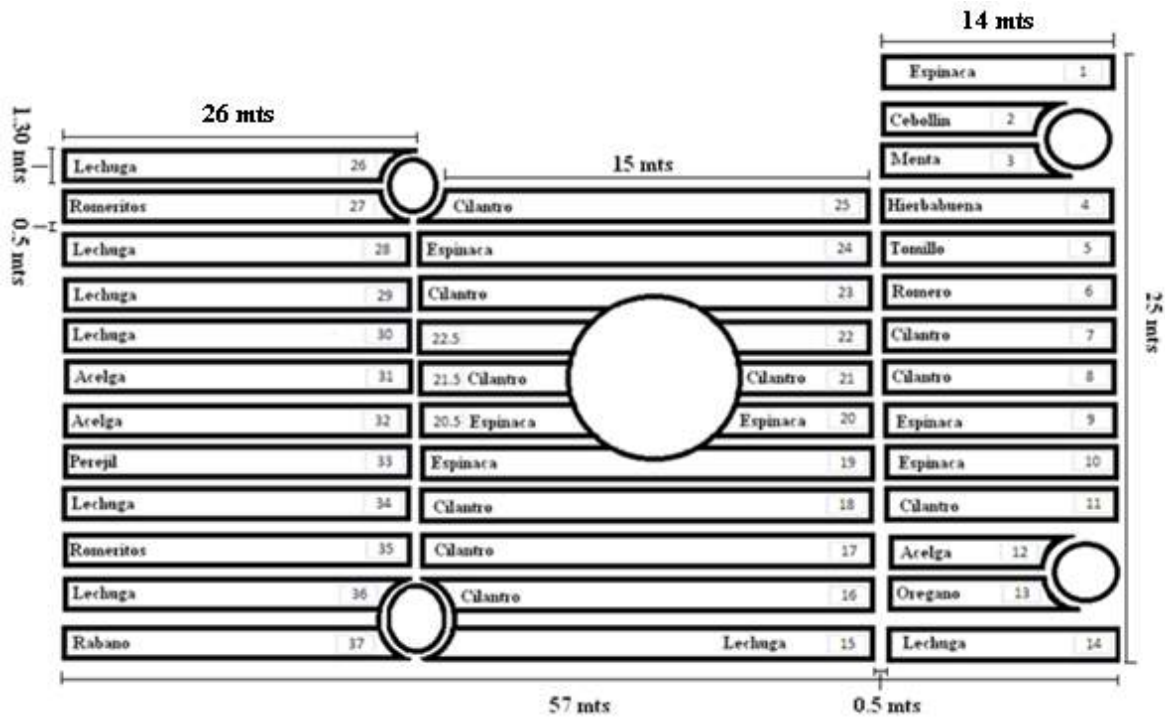


Figura 109. Aspecto actual de la chinampa con 1,400 m² de cultivo.

Sitio 2

Este sitio es propiedad del Señor Esteban Valentín Fosado. Debido al interés del productor por sembrar cultivos con alto valor en el ciclo Otoño – Invierno se le proporcionaron arcos de metal y plástico, infraestructura que es muy fácil de montar y desmontar y no tiene impactos negativos en el entorno si los materiales se almacenan o desechan correctamente cuando ha concluido su vida útil. El material permite obtener verdolaga durante los meses de Diciembre, Enero y Febrero en los cuales dicho producto alcanza valores elevados de compra y venta.

Este productor se está integrando paulatinamente a las actividades de elaboración de abonos y biofertilizantes, así como a la producción de diversos cultivos para abastecer a mercados y consumidores que están interesados en los productos chinamperos.

Para la preparación del terreno fue necesario realizar labores de limpieza, barbecho, aplicación de 700 kg de abono en toda la superficie y aplicación de semilla al voleo. La superficie tiene un total de 200 m² (Figuras 110y 111).

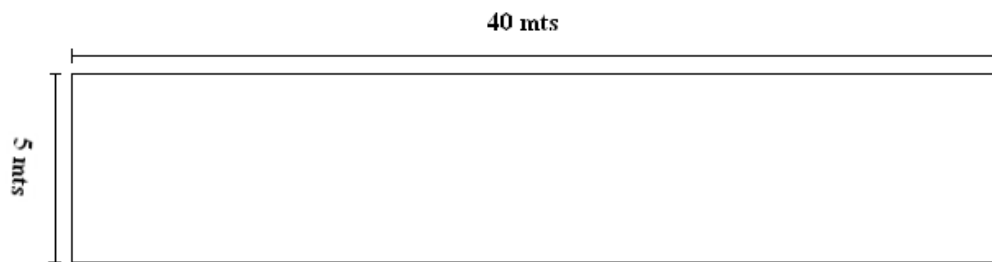


Figura 110. Medidas del área correspondiente al sitio 2.



Figura 111. Aspecto inicial, entrega y montaje de material, aspecto con abono, cultivos y aspecto final.

Sitio 3

Este sitio pertenece al Señor Anastasio Santana. El productor también manifestó su interés en sembrar verdolaga por el precio de compra y venta que alcanza el producto en la época invernal. El sitio ya había sido utilizado para cultivo de lechugas aunque el rendimiento obtenido por este cultivo no fue bueno. Se realizaron labores de barbecho y posteriormente se aplicaron 1800 kg de abono en toda la zona de cultivo y semilla al voleo. Para finalizar se colocaron arcos y plástico para cubrir el área que quedó

dividida en dos túneles de 60 m de largo por 5 m de ancho cada uno, lo que en total representa 600 m² (Figuras 112, 113 y 114).

El productor trabajó de forma estrecha en las labores de preparación de abonos orgánicos, aplicación y producción de diversas hortalizas que comenzaron a comercializarse.

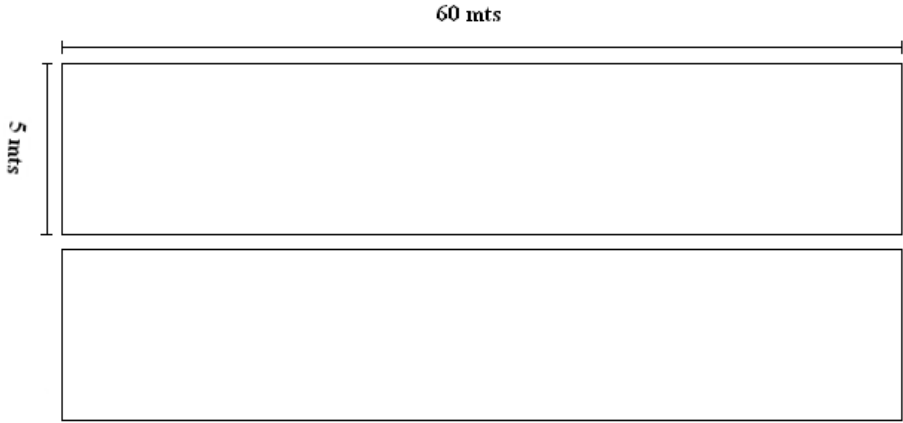


Figura 112. Medidas del área correspondiente al sitio 3.





Figura 113. Labores de preparación de zona de cultivo, incorporación de abonos y aspecto final con túneles.



Fig. 114. A la izquierda, aspecto actual del cultivo de verdolaga sembrado en noviembre y ya cosechado en parte. A la derecha, aspecto de ambos túneles. El túnel de la izquierda ya fue cosechado y se volvió a aplicar abono, el túnel de la derecha es el que se está cosechando para la venta. Fotos tomadas el 31 de enero de 2013.

Sitio 4

Este sitio es propiedad del Señor Juan Fernández quien manifestó su deseo de sembrar Cilantro, Espinaca y Epazote. La zona de cultivo abarca 450 m^2 y se divide como lo muestra la Figura 115. En el sitio se han realizado labores de limpieza y barbecho (Figuras 116 y 117).

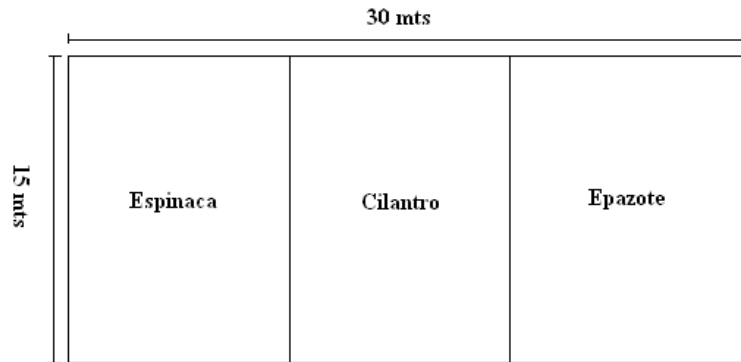


Figura 115. Medidas del área correspondiente al sitio 4.



Figura 116. Aspecto inicial de la zona y aspecto una vez realizadas labores de limpieza y barbecho.



Figura 117. Aspecto del área de cultivo del Sr. Juan, sembrada con cilantro, epazote y lechuga. Foto tomada el 30 de enero de 2013.

15 toneladas de composta y 600 litros de biofertilizante

Producción de Abonos Orgánicos

Acopio de insumos, elaboración de composta y biofertilizantes

Biofertilizantes

El proceso inició con el establecimiento de un espacio propicio para la correcta maduración de los biofertilizantes. Para esto fue necesario cubrir un espacio de 10 m², ya que las especificaciones técnicas para la preparación indican que los contenedores deben estar cubiertos de lluvia y sol para no interferir con el proceso de fermentación y maduración al elevar o disminuir la temperatura drásticamente.

Para acondicionar este espacio se colocaron postes de madera, para soportar el techo se colocaron cintas de madera, para cubrir la superficie se recuperó plástico para invernadero de desecho y se cosieron pedazos de malla sombra en desuso (Figura 118).



Figura 118. Trabajos de establecimiento de espacio propicio para la elaboración de biofertilizantes.

El proceso de elaboración se realizó en los términos establecidos en el Manual de procedimientos para el manejo de abonos orgánicos y hortalizas en chinampas, el cual forma parte del presente informe. El periodo de fermentación duró aproximadamente 40 días. Los biofertilizantes fueron aplicados periódicamente y se tienen 450 litros almacenados.

Ingredientes

Los ingredientes necesarios para elaborar los biofertilizantes son:

- Estiércol fresco de bovino
- Agua potable
- Leche fresca o suero
- Piloncillo
- Ceniza

Materiales necesarios por cada contenedor de biofertilizante

- Tambo de plástico de 125 l
- 1 niple de bronce o PVC de 20 cm y 1 o ½ pulgada.
- 2 empaques de plástico
- 2 rondanas metálicas
- 2 tuercas metálicas
- 1 metro de manguera de plástico de 1 o ½ pulgada

- Abrazadera metálica de 1 o ½ pulgada

La obtención de minerales para incorporar dentro del proceso de maduración y mejorar la calidad de los preparados resultó difícil, por este motivo al preparar los biofertilizantes para ser aplicados se agregó una solución comercial de ocho micronutrientes altamente solubles que son: Magnesio, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro, Hierro, Molibdeno, Cobalto.

Elaboración

En contenedores o tambos de plástico con capacidad de 250 litros, se colocaron 125 litros de agua potable, 31 kg de estiércol fresco de bovino, 2.5 kg de ceniza y se revolvió hasta lograr una mezcla homogénea. En una cubeta con 15 litros de agua se disolvieron 1.5 litros de leche o 5 litros de suero y 3 kg de piloncillo, y se agregaron al recipiente donde se encuentra el estiércol. El recipiente se cerró herméticamente colocando una manguera para la expulsión de gases (Figura 119).



Figura 119. Elaboración de biofertilizantes.

El aspecto final del preparado es brillante y tiene olor a fermentado, no a putrefacción. Además, se verificó constantemente que no existieran interferencias en el proceso al observar la expulsión de gases hasta el término del proceso (Figura 120). La duración de este proceso depende de la temperatura ambiente, por lo cual es más rápido entre los meses de marzo y junio y más lento entre los meses de julio y febrero. En este caso, el proceso duró 45 días, aproximadamente.



Figura 120. Aspecto final del biofertilizante y contenedores en proceso de fermentación.

Aplicación

Las aplicaciones se realizaron de acuerdo al cronograma elaborado para la unidad Chinampa – Refugio, esto es, por la mañana antes de las 10 a.m. y por la tarde después de las 4 p.m. ya que las plantas asimilan mejor el biofertilizante y la pérdida por evaporación es mínima. La aplicación se realizó preferentemente en el envés de las hojas aunque también puede aplicarse directamente sobre el suelo o en los abonos. Aunque las concentraciones y periodos de aplicación pueden variar dependiendo el tipo de cultivo se realizaron aplicaciones en concentración de 1 litro de biofertilizante por cada mochila con 19 o 20 litros de agua. Los minerales fueron aplicados junto con los biofertilizantes (Figura 121).



Figura 121. Aplicación de biofertilizantes.

Abonos Orgánicos

Con la finalidad de enmendar problemas derivados de salinidad y deficiencia de nutrientes, favorecer la resistencia a plagas y enfermedades, evaluar y generar opciones que permitan sustituir el uso de agroquímicos se elaboraron 15 toneladas de abonos orgánicos fermentados. Las primeras actividades

consistieron en adquirir y trasladar a la zona de trabajo los ingredientes necesarios para la elaboración de abonos (Figura 122).

Debido a que el tiempo de almacenamiento no debe ser mayor a dos meses se optó por escalonar la producción en periodos de 20 días inicialmente, quedando escalonada la elaboración en dos periodos de 40 días.



Figura 122. Traslado y acopio de Materiales.

La mezcla de ingredientes se realizó de acuerdo a las recomendaciones del Manual para el manejo de abonos orgánicos y hortalizas en chinampas. Los ingredientes utilizados fueron los siguientes (Figura 123):

- Pacas de paja (tallos secos de ciertas gramíneas como la avena, que no contiene semillas), rastrojo (restos de cosecha de maíz) o zacate seco. Su uso depende de la disponibilidad.
- Estiércol Equino y Bovino
- Levadura

- Piloncillo
- Carbón
- Cal Agrícola
- Tierra (opcional, de acuerdo a las condiciones de salinidad)



Figura 123. Ingredientes para la preparación de biofertilizantes.

Preparación

La preparación se realizó de acuerdo a las recomendaciones del Manual para el manejo de abonos orgánicos y hortalizas en chinampas en dos etapas. Las mezclas fueron las siguientes:

Para el abono preparado a base de estiércol de res se mezclaron el estiércol y la paja en proporciones iguales (Figura 124 y 125). Se modificó la cantidad de carbón aplicado por considerar que la relación de Carbono/Nitrógeno puede verse afectada al aplicar una parte de Carbón por cada dos de Estiércol o Paja. Se evitó el uso de tierra en la mezcla por las condiciones de salinidad. Las cantidades se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28. Cantidades, unidades y pesos de cada material utilizado para el abono a base de estiércol de res.

Material	Unidad	Cantidad	Peso por unidad en Kg	Peso Final en Kg
Estiercol de Res	Costal	100	35	3,500
Pacas de paja	Paca	140	25	3,500
Carbon	Costal	35	40	1,400
Cal	Costal	4	25	100
Piloncillo	Kilogramo	40	1	40
Levadura	Libra (454 g)	19	0.454	9
				8,549





Figura 124. Composta de bovino terminada. Foto tomada el 1 de noviembre de 2012.



Fig. 125. Segunda parte de la producción de composta elaborada con estiércol de bovino, en proceso de descomposición.
Foto tomada el 21 de noviembre 2012.

En el caso del abono preparado a base de estiércol de caballo se siguieron las recomendaciones del Manual mencionado aplicando 890 g de estiércol por cada kilogramo de paja. Los demás ingredientes se aplicaron de acuerdo a las mismas condiciones que el abono a base de estiércol de res. También se evitó el uso de tierra en el preparado por las condiciones de salinidad del terreno (Tabla 29; Figuras 126 y 127).

Tabla 29. Cantidades, unidades y pesos de cada material utilizado para el abono a base de estiércol de caballo.

Material	Unidad	Cantidad	Peso por unidad en Kg	Peso Final en Kg
Estiercol de Caballo	Costal	89	35	3,115
Pacas de paja	Paca	140	25	3,500
Carbon	Costal	25	40	1,000
Cal	Costal	3	25	75
Piloncillo	Kilogramo	30	1	30
Levadura	Libra (454 g)	18	0.454	8
				7,728



Figura 126. Elaboración de abono orgánico fermentado a base de estiércol de caballo y paja de avena.



Fig. 127. Composta de caballo terminada. Foto tomada el 1 de noviembre 2012.

Instalaciones

Se elaboraron las estructuras para postes, arcos y soportes del túnel. Primero se colocaron los postes necesarios para soportar los arcos, posteriormente se colocaron los perfiles para reforzar la estructura y finalmente se colocó el plástico y la malla sombra para mantener los abonos libres de agua y sol directo (Figura 128).





Figura 128. Montaje de estructura para la elaboración de abonos orgánicos.

Evaluación de rendimiento

Con la finalidad de obtener datos de rendimiento con el uso de abonos orgánicos se tomaron datos de peso obtenido en los cultivos (Figura 129). Es importante mencionar que se considera que aún no existe la capacidad plena de producción dentro de la unidad “Chinampa – Refugio” (Tabla 30).





Figura 129. Toma de datos de peso para rendimiento.

Tabla 30. Datos de rendimiento obtenidos en la unidad Chinampa – Refugio.

Cultivo*	Rendimiento Mensual Planta o Mata en gramos	Numero de cama donde se establece cada cultivo	Superficie total sembrada
Acelga (Planta)	70	12, 31, 32	83.2
Cebollin (Mata)	60	2	15.6
Cilantro (Mata)	70	7, 8 11, 16, 17, 18, 21, 21.5, 23, 25	193.7
Espinaca (Mata)	200	1,9,10,19,20,24	122.2
Hierbabuena (Planta)	100	4	18.2
Lechuga (Pieza)	Pieza	15,26,28,29,30,34,36	222.3
Menta (Planta)	100	3	14.3
Perejil (Mata)	300	33	33.8
Romero (Planta)	100	6	18.2
Tomillo (Planta)	100	5	18.2
Romeritos (Cama)	4000 en 1m ²	27,35	67.6

* Los cultivos que se refieren a "Planta" son aquellos que se desarrollan de forma individual, los cultivos que se refieren a "Mata" son aquellos en los cuales se germinan 4 o 5 semillas por chapin para que crezcan de manera conjunta, en el caso del cebollin crecen entre 50 y 70 individuos por mata, los romeritos se siembran regando la semilla sobre la superficie (al voleo) por lo que se considera mejor obtener el rendimiento por metro cuadrado

Lombricomposta

Se comenzó a establecer la producción de lombricomposta en la Unidad Chinampa- Apantle. Se agregaron 3 Kilogramos de lombriz en 250 Kg de estiércol revuelto con rastrojo. Se ha comenzado a establecer la segunda cama para aumentar la capacidad de producción (Figura 130).



Figura 131. Producción de lombricomposta.

Documento: “Manual de control de procedimientos para manejo de abonos orgánicos y hortalizas en chinampas”

Los Abonos Orgánicos en Xochimilco

Los abonos orgánicos mejoran las condiciones del suelo y favorecen el reciclaje de materia orgánica. Si bien la producción agrícola que resulta de la incorporación de plantas acuáticas, limos, restos de cosechas y en general todos los restos de materia orgánica se caracterizan por el reciclamiento de materiales y el uso de elementos locales para mejorar suelos y nutrir cultivos, bajo las condiciones actuales de extracción de agua de manantiales, descarga de drenajes, contaminación por hidrocarburos, depósito de basura en chinampas y canales, la aplicación de agroquímicos y fertilizantes altamente solubles, ha propiciado la contaminación de sedimentos o lodos, suelo y agua. Es así que resulta riesgoso mantener las técnicas tradicionales pues es probable que las plantas acuáticas y limos absorban contaminantes que al ser aplicados contaminen suelos y cultivos. Esto requiere análisis y evaluaciones pertinentes para considerar el uso en técnicas tradicionales de cultivo e incorporación de los materiales antes mencionados a la elaboración de abonos.

Los abonos orgánicos que se presentan en este Manual son una solución inmediata al problema de elementos que nutren los cultivos sin afectar la salud de los consumidores, al mismo tiempo que se favorece el mejoramiento de suelo y agua.

Los cálculos y formulaciones de los abonos orgánicos (composta y biofertilizantes) que se presentan se basan en el estiércol como principal fuente de nitrógeno y restos de avena (sin semilla) como principal fuente de carbono, además de otros ingredientes que son fáciles de conseguir localmente. El ingenio, la experimentación y las pruebas constantes son los factores más importantes para la generación de abonos sin tener como factor limitante la disponibilidad de materiales y recursos.

Aportes de los abonos orgánicos

El estudio central de la elaboración de abonos orgánicos fermentados se basa en obtener por medio de un proceso de semi-descomposición aeróbica de residuos orgánicos un material parcialmente estable de lenta descomposición que es capaz de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir a la tierra.

Los abonos orgánicos representan múltiples beneficios:

- No se forman gases tóxicos ni surgen malos olores.
- Pueden elaborarse en pequeños o grandes volúmenes, según las condiciones económicas y necesidades de cada productor.
- Los materiales se consiguen localmente.
- Activan rizobacterias promotoras de crecimiento y bioprotección.
- Se autorregulan agentes patógenos en la tierra por medio de inoculación biológica natural.
- Su elaboración y aplicación no presenta riesgos para el ambiente y salud de productores y consumidores.
- Mejora la permeabilidad de los suelos, aireación y porosidad.
- Favorece la colonización del suelo por la macro y micro vida en las capas más profundas.
- Favorecen la biodiversidad de la fauna y flora, contribuyendo a la estabilidad ambiental.

Ingredientes

Los ingredientes pueden variar y están condicionados por el lugar donde se elaboran los abonos. En este caso se utilizaron los siguientes ingredientes:

- Pacas de avena sin semillas, rastrojo o zacate (restos de cosecha de maíz)
- Estiércol de Equino y Bovino
- Levadura o pulque
- Piloncillo
- Carbón
- Cal Agrícola
- Tierra (opcional, de acuerdo a las condiciones de salinidad)

Elaboración

Estas son algunas recomendaciones para conseguir los materiales en Xochimilco:

- Las pacas de avena o zacate se consiguen en forrajearías del centro de Xochimilco. Se sugiere trasladarse a San Gregorio Atlapulco donde se consigue a mejores precios y el traslado no implica mucho tiempo o un aumento importante en el precio. Entre los meses de Octubre y Enero, los productores de maíz en la zona chinampera venden zacate o rastrojo.
- El estiércol puede conseguirse con productores locales de leche y queso o dueños de caballos que acuden al bosque de Nativitas. De preferencia se recomienda hacerlo entre Noviembre y Abril cuando es más fácil conseguirlo con poca humedad, de esta manera resulta más fácil trasladarlo (en estos meses puede programarse la elaboración de abonos orgánicos). El estiércol puede guardarse a granel o en costales bajo techo para utilizarlo paulatinamente. Es recomendable no utilizar estiércol cuando se han aplicado medicamentos o vacunas a los animales. Es necesario esperar por lo menos 10 días después de la aplicación para poder ocupar el estiércol.
- La levadura se consigue fácilmente en panaderías o tiendas de materias primas en el centro de Xochimilco. En caso de usar pulque, éste también se consigue en los alrededores del centro de Xochimilco.
- El piloncillo se consigue en tiendas de materias primas del centro de Xochimilco.
- Existen numerosas carbonerías en diversos puntos de Xochimilco.

- La cal agrícola se consigue en tiendas de materiales para construcción en calles aledañas al centro de Xochimilco.

El proceso de elaboración siempre está abierto a la experiencia y propuesta de los productores y no representa un paquete tecnológico imposible de modificar. Lo que se busca es una buena incorporación de los ingredientes, cuidando la uniformidad en el tamaño de los ingredientes. No es conveniente pedazos de carbón o rastrojo muy grandes. Si el zacate y la paja están bien triturados, se obtiene un mejor abono (Figura 132). Es importante cuidar que el proceso se realice bajo resguardo de la lluvia y el sol directos, ya que estos factores pueden intervenir en el proceso que comprende el tiempo necesario para que la semi-descomposición aeróbica (con presencia de oxígeno) de residuos orgánicos se complete. Una forma sencilla de saber cuándo el proceso está terminado es observar cuando la temperatura del abono disminuye y se estabiliza.



Figura 132. Trituración de materiales.

En el caso de la unidad Chinampa-Apantle, la preparación de abonos orgánicos se realiza de la siguiente manera con buenos resultados:

1. Se extiende el estiércol en la zona donde se elaborará el abono.
2. Se tritura el piloncillo y se mezcla con la levadura o pulque; por cada cubeta de 20 litros se agregan 2 kg de piloncillo, 1 kg de levadura o 2 l de pulque y 15 l de agua.

3. Se extiende la paja o zacate molido sobre el estiércol.
4. Se incorpora carbón.
5. Se incorpora cal.
6. Se mezclan todos los ingredientes con ayuda de bieldos y garras.
7. Se agrega la levadura o pulque mezclado con piloncillo y agua.
8. Se humedece la mezcla.
9. Se mezclan nuevamente los ingredientes.



1. Se extiende el estiércol en la zona donde se elaborará el abono.



2. Se tritura el piloncillo y se mezcla con la levadura o pulque.



3. Se extiende la paja o zacate molido sobre el estiércol.



4. Se incorpora carbón.



5. Se incorpora cal.



6. Se mezclan todos los ingredientes con ayuda de bieldos y garras.



7. Se agrega la levadura o pulque mezclado con piloncillo y agua.



8. Se mezclan nuevamente los ingredientes.



9. Se mezclan nuevamente los ingredientes.



Abono finalizado y listo para usarse.

Generalmente se recomienda incorporar tierra al preparado para mejorar la homogeneidad del abono, distribuir la humedad y aumentar el volumen. Esto propicia el desarrollo de la actividad microbiológica. En muchos casos puede ser hasta la tercera parte del total del abono, sin embargo, en el caso de la zona lacustre se ha evitado su uso por las condiciones de salinidad propias del lugar. Se recomienda realizar pruebas incorporando tierra al abono una vez concluido el proceso de preparación del mismo. En todo caso la mezcla con tierra se deja a criterio del productor y se requiere de pruebas para evaluar su efectividad.

La mezcla debe tener 2.5 m de ancho y 1.40 m de alto como máximo al iniciar la preparación del abono. La altura dependerá del volumen de abono que se elabore cuidando no sobrepasar la distancia y altura recomendadas para iniciar el proceso. El abono debe voltearse una o dos veces al día al iniciar el aumento de temperatura (una vez por la mañana y otra vez por la tarde; Figura 133). Esto sucede a partir del segundo o tercer día de iniciado el abono, si no se dispone de un termómetro para medir la temperatura debe introducirse la mano en distintos puntos, procurando que la temperatura no aumente demasiado y queme la mano. La temperatura comienza a disminuir paulatinamente y los volteos deben ser menos frecuentes hasta que se estabilice la misma. Para acelerar el proceso final de fermentación y ayudar al control de temperatura se puede disminuir la altura del montón de abono a partir del tercer día hasta lograr una altura de 30 a 50 cm entre el octavo y decimo día, para lo cual se podrá ocupar una superficie mayor a los 2.50 m planteados al inicio de la preparación. Al cabo de 15 días aproximadamente, el abono está listo y podrá ser almacenado o utilizado.



Figura 133. Procedimiento de volteo de la mezcla.

Una vez que han sido mezclados todos los ingredientes comienza la actividad microbiana con el consecuente aumento de temperatura. En el caso de la unidad ambiental Chinampa – Refugio se ha observado que la mezcla alcanza temperaturas de 50° C después de un día y medio o dos días de preparada la mezcla. Es muy importante monitorear constantemente la mezcla para evitar un aumento de temperatura por encima de los 50°C ya que temperaturas mayores pueden modificar la disponibilidad de oxígeno y humedad (Figura 134).

La mezcla se humedece únicamente al principio de la preparación del abono. La humedad ideal se obtiene tomando un poco de la mezcla y apretándola, al hacer esto no deberán salir gotas de agua entre los dedos y se deberá formar un terrón quebradizo en la mano (prueba del puño). Se recomienda realizar esta prueba después de unos veinte minutos o media hora de haber incorporado el agua, ya que la paja o el zacate se tardan un poco en absorberla. En caso de excederse en el agua utilizada puede aplicarse más paja o zacate, sin embargo, mientras se adquiere práctica, es recomendable que el abono tienda a seco y no a exceso de humedad.

En la medida de lo posible se recomienda hacer prácticas con pequeñas cantidades de abono, aumentando el volumen de acuerdo a las necesidades y la experiencia.



Figura 134. Monitoreo y control constante de la temperatura.

Cantidades

Existen mezclas que han sido generadas en diversas comunidades del país con buenos resultados, por lo que se presentan las cantidades que han sido utilizadas. Las mezclas presentadas en las tablas 31-33 incluyen ingredientes que son fáciles de conseguir en Xochimilco, por lo que estas mezclas pueden tomarse como base para elaborar abonos orgánicos.

Tabla 31. Adecuación del abono orgánico tipo Bocashi en Atlacomulco, Estado de México (Restrepo-Rivera, 2006).

Ingredientes	Cantidad
Tierra bien cribada o tamizada	20 costales o sacos
Rastrojo de maíz bien picado	20 costales o sacos
Gallinaza o estiércol bovino	20 costales o sacos
Carbón de olote de maíz	4 costales o sacos
Melaza de caña de azúcar u 8 kilos de piloncillo o panela	8 litros
Olote de maíz bien molido (tipo salvado; subproducto proveniente del desgranado mecánico de la mazorca de maíz)	3 costales o sacos
Levadura granulada para pan	1 kilogramo
Agua suficiente para humedecer la mezcla (prueba del puño).	

Tabla 32. Adecuación del abono orgánico tipo Bocashi en el estado de Querétaro (Restrepo-Rivera, 2006).

Ingredientes	Cantidad
Estiércol vacuno seco y bien molido	200 kilogramos
Tierra cribada o tamizada	200 kilogramos
Paja de trigo bien trituradas	4 pacas
Cisco carbón de olote de maíz	50 kilogramos
Salvado de trigo	50 kilogramos
Cal o ceniza de fogón de leña	40 kilogramos
Pulque o 5 kilogramos de piloncillo o panela	10 litros
Agua suficiente para humedecer la mezcla, (prueba del puño)	

Tabla 33. Adecuación del abono orgánico tipo Bocashi por el grupo Vicente Guerrero en el estado de Tlaxcala (Restrepo-Rivera, 2006).

Ingredientes	Cantidad
Rastrojo o paja bien picada	2 costales o sacos
Tierra	2 costales o sacos
Estiércol (gallina, vaca, conejo).	2 costales o sacos
Cal o ceniza de fogón.	4 kilogramos
Carbón.	1 costal o saco
Levadura para pan ó 5 litros de pulque.	1 libra
Melaza o 2 kilogramos de piloncillo.	4 litros
Agua suficiente para humedecer la mezcla (prueba del puño).	

En la unidad Chinampa – Apantle se elaboraron dos tipos de abono, uno a base de estiércol de bovinos y pajas de avena y el otro a base de estiércol de equinos y pajas de avena por ser los elementos más fáciles de conseguir en la localidad. Para el caso del abono elaborado a base de estiércol de bovinos se tomaron en cuenta las proporciones de la tabla 33 evitando la tierra por las consideraciones antes mencionadas.

Para el caso de la unidad chinampa-refugio se realizó el abono a base de estiércol de equinos considerando los ingredientes de acuerdo al contenido de Carbono y Nitrógeno de la tabla 34. En dicha tabla se presentan valores de diversos materiales que son comunes en la zona chinampera con la finalidad de poder hacer los abonos acorde con los materiales que los productores tengan a la mano, para lo cual puede utilizarse la fórmula presentada en la figura 135. Dicha fórmula se presenta de tal manera que los valores puedan sustituirse fácilmente según el material a utilizar. La relación de estos dos elementos debe ser $C/N = 30/1$ para obtener un abono de buena calidad.

Tabla 34. Contenido de Carbono, Nitrógeno, Fósforo y Potasio de los materiales más comunes en la zona chinampera (Restrepo-Rivera, 2006).

Materiales	MO%	C%	N%	C/N	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
Ricos en nitrógeno						
Estiercol de equinos	96,19	25,50	1,67	18/1	0,33	0,91
	53,10	29,50	1,86	16/1	1,06	2,23
	52,10	29,01	2,76	11/1	2,07	1,67
Ricos en Carbono						
Pajas de avena	85,00	47,52	0,66	72/1	0,33	0,91
Maíz rastrojo o zacate	96,75	53,76	0,48	112/1	0,38	1,64
Estiercol de Bovinos	96,19	53,44	1,67	32/1	0,68	2,11
Estiercol ovinos	82,94	46,08	1,44	32/1	0,74	1,65

$$X = \frac{(30 \text{ veces } Nn) \text{ menos } Cn}{Cc \text{ menos } (30 \text{ veces } Nc)}$$

X = Cantidad en peso del material rico en carbono, para cada parte de nitrógeno

Nn = % de nitrógeno, en el material rico en N.

Cn = % de carbono, en el material rico en N.

Cc = % de carbono, en el material rico en C.

Nc = % de nitrógeno, en el material rico en C.

Figura 135. Fórmula para calcular la mezcla de materiales en la elaboración de abonos orgánicos.

De acuerdo a la fórmula y la información de la tabla 34 se puede conocer cuántas partes (en peso) de pajas de avena se deben mezclar (material rico en Carbono). Para una parte en peso de estiércol de equino (material rico en Nitrógeno) se realizaron los siguientes cálculos:

$$Nn = 1,67$$

$$Cn = 25,50$$

$$Cc = 47,52$$

$$X = \frac{(30 \times 1,67) - 25,50}{47,52 - (30 \times 0,66)}$$

$$X = \frac{50,1 - 25,50}{47,52 - 19,8}$$

$$X = \frac{24,6}{27,72}$$

$$X = 0,887$$

Así, por cada parte en peso de pajas de avena se deben incorporar 0.89 partes en peso de estiércol de caballo. En otras palabras, por cada kilo de paja se deben incorporar 890 gramos de estiércol de caballo. La paja debe estar lo mejor triturada posible para que disminuya el volumen de la misma y sea más fácil incorporar los ingredientes.

Notas

Cuando los abonos se almacenan deben estar cubiertos del sol, viento y lluvia. Se recomienda no tenerlo almacenado por un periodo mayor a dos meses.

El pH adecuado para obtener un abono que proporcione buena nutrición debe ser entre 5.0 y 5.5 para lograr una buena actividad microbiológica. Además de los análisis de laboratorio, el pH puede medirse con un “peachímetro” o simplemente evaluar los resultados del abono aplicándolo en plantas de prueba.

La cal agrícola tiene la función de regular la acidez que se presenta durante todo el proceso de fermentación y dependiendo de su origen puede contribuir aportando minerales. La cal puede ser sustituida por ceniza de fogones.

Aplicación de los abonos

La cantidad de abonos utilizados depende de diversos factores como:

- Fertilidad original de la zona de cultivo
- Necesidades del cultivo establecido
- Clima

En el caso de la unidad chinampa – refugio la aplicación se realizó de tres formas:

1. La técnica tradicional de abonar la tierra en la zona chinampera consiste en realizar orificios a lo largo de toda la zona de cultivo y aplicar entre 50 y 70 g de lodo en cada uno. En la zona de trabajo se usó la misma técnica, pero sustituyendo el lodo por abono, del cual se aplicó 70 g en cada hoyo. Después de la aplicación del abono, se colocó el chapín, el cual se cubre con tierra dejando que sobresalga la plántula. El chapín es un cubo de sedimento semiseco de 4 cm donde

se siembra la semilla, una vez que ésta germina y la plántula crece a unos 5 cm, se trasplanta completo al terreno de cultivo.



Se hacen orificios en la zona de siembra de acuerdo a la distancia recomendada para cada cultivo.



Se aplica abono orgánico en cada uno de los orificios.



Aspecto del suelo con plántulas.

2. Sobre toda la superficie de cultivo se aplicó el abono orgánico y posteriormente se realizó un ligero barbecho. Esto puede aplicarse para todos los cultivos aunque se recomienda para verdolaga y romeritos. La cantidad aplicada es de 5 kg promedio por metro cuadrado.



Aplicación superficial de abono orgánico.



Aspecto de la zona de cultivo una vez aplicado abono orgánico, realizado un ligero barbecho y establecido el cultivo.

3. Se colocó el volumen total de las macetas con abono orgánico después de dos meses de concluido el proceso de preparación (Figuras 136 y 137).



Figura 136. Maceta con el 100% de abono orgánico donde se colocó la albahaca.



Figura 137. Maceta con el 100% de abono orgánico donde se colocó chile jalapeño.

A continuación se transcriben las cantidades de abono orgánico para distintas plantas según las recomendaciones de Restrepo-Rivera (2006):

- Hortalizas de hoja de 30 a 50 gramos por plántula.
- Hortalizas o tubérculos que forman cabeza sobre la superficie como brócoli, col o brócoli entre 80 y 100 gramos por plántula.
- Chiles y Tomate, 125 gramos por plántula.

El abonado dependerá de la experiencia que va adquiriéndose con la práctica. Se puede comenzar con las recomendaciones pero es importante hacer pruebas y aplicar de acuerdo a observaciones y resultados.

Biofertilizantes

La elaboración de biofertilizantes tiene varios objetivos:

- Complementar la nutrición de cultivos donde se aplican abonos orgánicos.
- Mejorar la capacidad productiva con insumos locales.
- Ofrecer opciones prácticas y sencillas para la elaboración de abonos.
- Aportar macro y micronutrientes a los cultivos.
- Compensar deficiencias en la nutrición.
- Contribuir a nutrir, recuperar y reactivar la vida de los suelos.
- Estimular la protección de los cultivos contra el ataque de insectos y enfermedades.

Existen dos métodos de preparación:

El primero consiste en cerrar herméticamente el contenedor para favorecer el proceso de fermentación anaeróbica que resultara en un abono líquido en concentraciones muy altas.

En el segundo método, el biofertilizante puede estar expuesto a procesos de producción aeróbica pero deberá incorporarse agua oxigenada al preparado.

Se ha optado por utilizar el primer método que nos permite obtener un preparado en mayores concentraciones y por tanto tener biofertilizantes por un tiempo más prolongado y hacer un mayor número de aplicaciones.

El periodo de elaboración depende principalmente de las condiciones de temperatura ambiental, siendo el proceso más rápido en primavera- verano y más lento en otoño-invierno. El periodo puede variar entre 20 y 45 días, y la temperatura ideal para su preparación se encuentra entre los 38 y 40°C.

En la unidad Chinampa-Refugio se elaboró el biofertilizante anaeróbico a base de los siguientes ingredientes y materiales (Figura 139):

Ingredientes

- Estiércol fresco de bovino
- Agua potable
- Leche fresca o suero
- Piloncillo
- Ceniza

Materiales (Figura 138)

- Tambo de plástico de 125 litros
- 1 niple de bronce o PVC de 20 cm y 1 o ½ pulgada
- 2 empaques de plástico
- 2 rondanas metálicas
- 2 tuercas metálicas
- 1 metro de manguera de plástico de 1 o ½ pulgada
- Abrazadera metálica de ½ o ¾ de pulgada

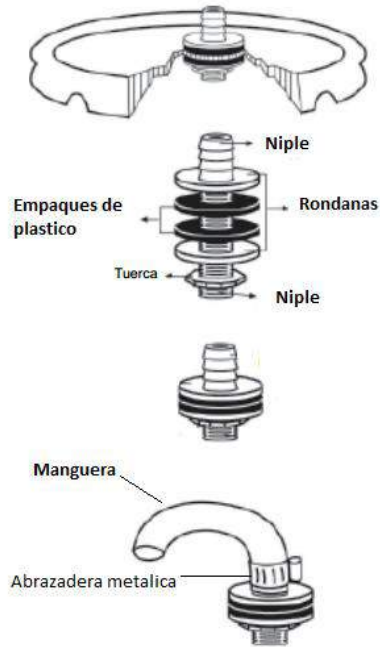


Figura 138. Esquema de construcción de válvula para expulsión de gases en contenedores para biofertilizantes (Restrepo-Rivera, 2006).



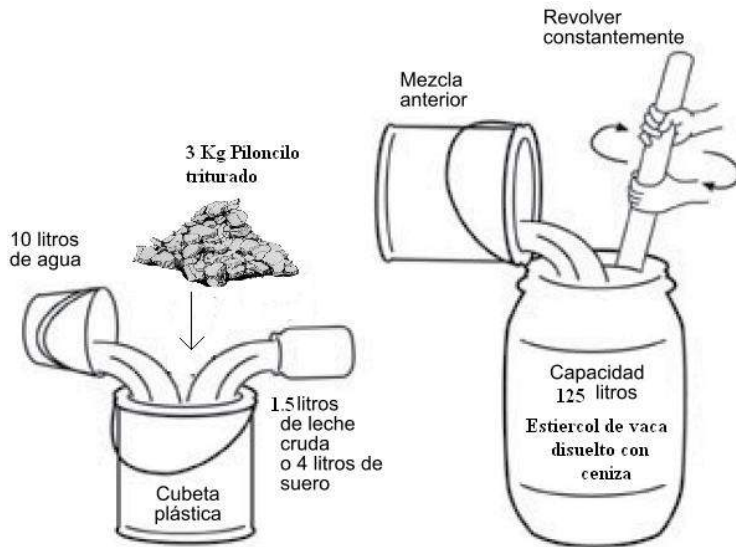


Figura 139. Ingredientes para la preparación de biofertilizantes.

Proceso de Elaboración (Restrepo-Rivera, 2006)



1. En un recipiente de plástico se colocan 125 litros de agua potable, 31 kg de estiércol fresco de vaca, 2.5 kg de ceniza y se revuelve hasta lograr una mezcla homogénea.



2. En una cubeta con 10 litros de agua se disuelven 1.5 litros de leche o 5 litros de suero y 3 kg de piloncillo, y se agregan al recipiente donde se encuentra el estiércol. El recipiente se cierra herméticamente colocando una manguera para la expulsión de gases.



3. Se agrega agua limpia hasta completar 100 litros.



4. Se tapa herméticamente el tambo verificando que existe expulsión de gases y no hay entrada de oxígeno.

5. Esperar un tiempo mínimo de 30 días y verificar que ha terminado la expulsión de gases. Esto indica que el biofertilizante está listo. El proceso puede durar hasta 90 días.

Notas

Se debe tener la precaución de preparar el biofertilizante en un lugar que esté protegido del sol y la lluvia, ya que estos factores pueden influir en el proceso. Resulta más fácil elaborar el biofertilizante en el lugar donde se dejará fermentar pues es difícil trasladar el tambo después de mezclados los ingredientes.

El biofertilizante finalizado debe tener olor a fermentación y color ámbar brillante translucido (Figura 140). Es necesario cuidar que no tenga olor a putrefacción o color azul violeta. La presencia de moscas y/o gusanos indican una mala fermentación. Si alguno de los problemas mencionados ocurre debe desecharse el biofertilizante. El color del biofertilizante puede variar dependiendo del color inicial del estiércol, por lo que se recomienda tener especial atención en el olor y el aspecto brillante del preparado (Figura 141).



Figura 140. Aspecto de contenedores en proceso de fermentación.



Figura 141. Aspecto del biofertilizante al concluir el proceso de maduración.

Aplicación

Las aplicaciones deben realizarse por la mañana antes de las 10 a.m. o por la tarde después de las 4 p.m. En estos horarios las plantas asimilan mejor el biofertilizante y la pérdida por evaporación es mínima. La aplicación se realiza preferentemente en el envés de las hojas aunque también puede aplicarse directamente sobre el suelo o en los abonos. Aunque las concentraciones y periodos de aplicación pueden variar dependiendo el tipo de cultivo se realizan aplicaciones en concentración de 1 litro de biofertilizante por cada mochila con 19 o 20 litros de agua (Figura 142).



Figura 1142. Aplicación de biofertilizantes.

Manejo de hortalizas

Planeación de Semilleros

Se han establecido 8 semilleros o almácigos de 1.30 m x 2.50 m cada uno. Estos se prepararon de acuerdo a las técnicas utilizadas en las chinampas, es decir, se extrae lodo del fondo de canales y zanjas. Si bien no se utilizó el sedimento para la preparación de abonos por la posibilidad de transmitir metales pesados a los cultivos, se consideró que la cantidad de sedimento por plántula o chapín no representa problemas, además, los análisis de sedimento demuestran que no existe problema al utilizarlo. El lodo se limpia se limpia y posteriormente se vierte sobre un área delimitada, se deja secar, se corta, se colocan las semillas y se cubren con plástico para su germinación y posterior trasplante (Figura 143).



Figura 143. Labores de preparación de almácigos.

Cada chapín o plántula mide en promedio 4 x 4 cm (puede variar dependiendo el cortador de lodo o cultivo establecido) ya que las hortalizas no requieren mayor espacio para germinar. Con este dato se realizaron los siguientes cálculos:

Se calculó a cuantos centímetros equivalen los metros que se utilizan para establecer los almácigos. El tamaño puede variar dependiendo del número de plantas y cultivo que se desea establecer:

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$2.5 \text{ m} = X \text{ cm}$$

$$X = 2.5 \text{ m} \times 100 \text{ cm} / 1 \text{ m}$$

$$X = 250 \text{ cm}$$

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$1.30 \text{ m} = X \text{ cm}$$

$$X = 1.30 \text{ m} \times 100 \text{ cm} / 1 \text{ m}$$

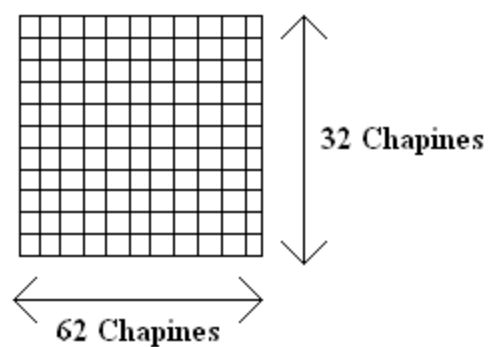
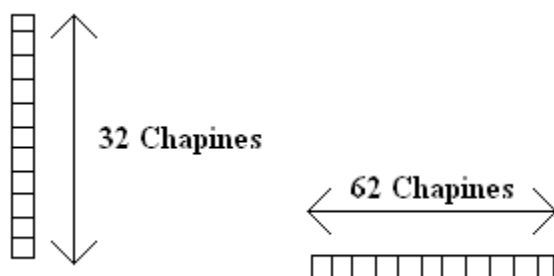
$$X = 130 \text{ cm}$$

Así se sabe que cada uno de los almácigos mide 250 cm x 130 cm.

Se calculó cuántos chapines caben en la superficie total:

$$130 \text{ cm} / 4 \text{ cm} = 32.5$$

$$250 \text{ cm} / 4 \text{ cm} = 62.5$$



$$32.5 \times 62.5 = 2,031.25 \text{ Chapines}$$

Para fines prácticos se consideraron 2,000 chapines por cada semillero. En general se ha observado que el porcentaje de germinación en los semilleros cuando se establecen de forma correcta es del 98%, por lo que se consideró tener 1,960 plántulas o chapines por semillero (Figura 144).

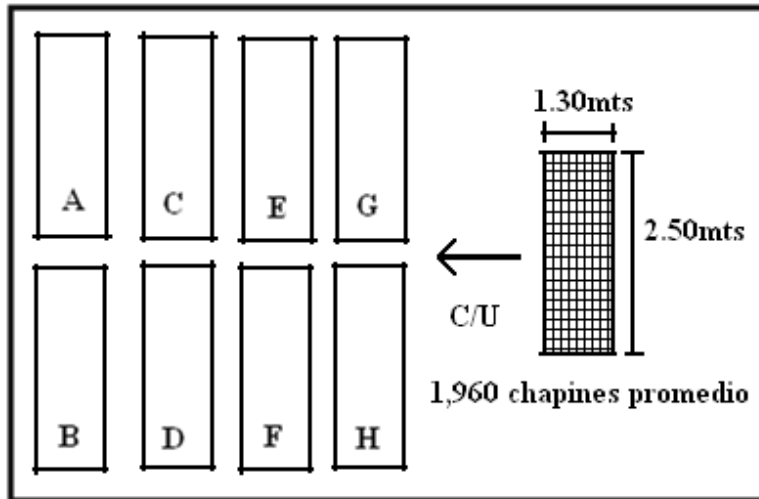


Figura 144. Área destinada a chapines o almácigos.

Planeación de la siembra

Una vez establecida la capacidad de cada semillero, se calculó la superficie disponible para siembra. En este caso se calcula la superficie disponible en una cama de 1.30 m x 26 m. Esto depende del tipo de cultivo que se desea establecer, pues la distancia recomendada para cada cultivo es variable. En la tabla 35 se mencionan las distancias recomendadas (Jeavons, 1991) entre individuos para los cultivos que se manejan en la unidad chinampa- refugio o que comúnmente siembran los productores dentro de las chinampas. Las distancias pueden ser variables de acuerdo a la experiencia, criterio y resultados obtenidos por diversos productores.

Tabla 35. Distancia recomendada para cultivos producidos en las chinampas.

Cultivo	Distancia recomendada en Centímetros	Cultivo	Distancia recomendada en Centímetros
Acelga	20	Jitomate	53
Apio	15	Lechuga romanita	30
Betabel	10	Laechuga Italiana	30
Calabacita	46	Orégano	50
Calabaza de castilla	76	Perejil	20
Cebollin	40	Rabano	4
Cilantro	20	Romero	70
Col	38	Tomillo	70
Espinaca	15		

En la figura 145 se muestra una de las camas con que cuenta la unidad chinampa – refugio.

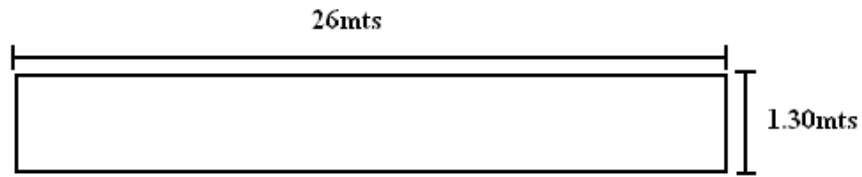


Figura 145. Cama con medidas.

Si en una superficie como esta se desea sembrar lechuga italiana se deben realizar los siguientes cálculos:

Datos

- Distancia recomendada: 30cm
- Superficie disponible: 26 m x 1.30 m

Cálculos

Primero se calcula a cuántos centímetros equivalen los metros disponibles:

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$26 \text{ m} = X \text{ cm}$$

$$X = 26 \text{ m} \times 100 \text{ cm} / 1 \text{ mt}$$

$$X = 2,600 \text{ cm}$$

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$1.30 \text{ m} = X \text{ cm}$$

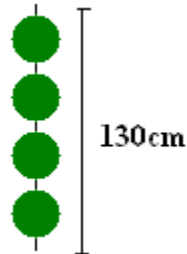
$$X = 1.30 \text{ m} \times 100 \text{ cm} / 1$$

$$X = 130 \text{ cm}$$

Obtenidos estos datos se calcula cuántas lechugas caben en 130 cm, dividiendo esta superficie entre 30:

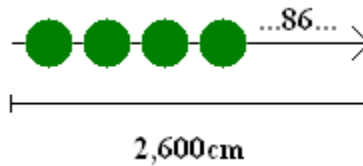
$$130 / 30 = 4.3$$

Para términos prácticos se consideran 4 lechugas que, en términos de espacio, quedan así:



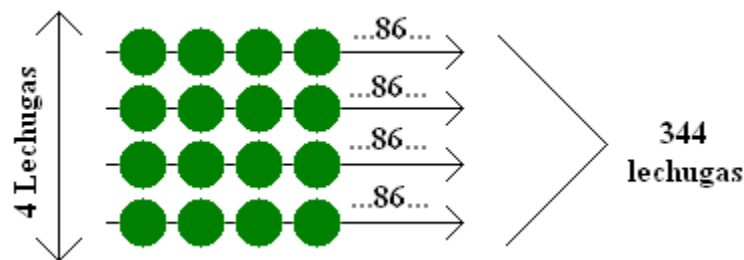
Ahora es necesario saber cuántas lechugas caben en 2600 cm, entonces se divide la superficie total entre 30:

$$2,600 / 30 = 86.66 \text{ (se consideran 86)}$$



Por último, se calcula el número total de lechugas en la superficie:

$$86 \times 4 = 344 \text{ Lechugas}$$



El cálculo de la superficie es útil para programar la superficie del semillero de acuerdo a la superficie que se desea sembrar. Es importante considerar la capacidad de vender o consumir los productos que se siembran, de esta forma se evita el desperdicio de la plantación.

Elección de Cultivos según Ciclo Agrícola

Generalmente se consideran dos ciclos agrícolas debido a factores climáticos como lluvia, temperatura y exposición solar (fotoperiodo). El ciclo Primavera – Verano se caracteriza por presencia de lluvias, temperaturas altas y exposición de plantas a varias horas de luz solar. El ciclo Otoño – Invierno se caracteriza por pocas lluvias, temperatura baja y tiempo de exposición de luz solar menor que en el ciclo Primavera – Verano.

El principal criterio de programación de cultivos consiste en los rangos de temperatura que pueden soportar diversas plantas de interés agrícola. El efecto directo por las heladas ocurre cuando se forman cristales de hielo dentro o fuera de las células, las plantas pueden congelarse y morir o pueden congelarse y recuperarse gradualmente conforme la temperatura ambiente aumenta.

La tabla 36 indica la tolerancia de distintos cultivos a diversas temperaturas. La tabla 37 indica que tan susceptible son las frutas y verduras al daño por heladas.

Tabla 36. Rangos de tolerancia de hortalizas a diferentes temperaturas (Jeavons, 1991).

Cultivo	Temperatura mínima °C	Rango Óptimo °C	Temp. Optima °C	Temp. Máxima °C
Acelga	4	10 a 30	30	35
Apio	4	5.5 a 21	21	30
Betabel	4	10 a 30	30	35
Calabacita	15.5	21 a 35	35	38
Calabaza de castilla	15.5	21 a 32	35	38
Cebollin	∴∴	∴∴	∴∴	∴∴
Cilantro	4	10 a 30	24	32
Col	4	7 a 35	30	38
Espinaca	2	7 a 24	21	30
Jitomate	10	15.5 a 30	30	35
Lechuga romanita	2	4 a 26.5	30	35
Laechuga Italiana	2	5 a 26.5	30	35
Orégano	∴∴	∴∴	∴∴	∴∴
Perejil	4	10 a 30	24	32
Rabano	4	7 a 32	30	35
Romero	∴∴	∴∴	∴∴	∴∴
Tomillo	∴∴	∴∴	∴∴	∴∴

Tabla 37. Susceptibilidad de frutas y verduras al daño por heladas (Snyder et al., 2010).

Susceptibilidad de frutas y verduras al daño por heladas		
MAS SUSCEPTIBLES	MODERADAMENTE SUSCEPTIBLES	MENOS SUSCEPTIBLES
Aguacates	Apio	Barbón común
Albaricoques	Brócoli	Berza común
Bananas	Calabaza, Invierno	Chirivías
Batata o Boniato	Cebolla (seca)	Col rábano
Bayas (excepto frambuesas)	Coliflor	Col, madura y sabrosa
Berenjena	Espinacas	Coles de Bruselas
Calabaza, Verano	Frambuesa	Colinabos
Ciruelas	Guisantes	Dátiles
Espárragos	Manzanas	Nabos
Judías verdes	Naranjas	Remolachas
Lechuga	Peras	
Lima	Perejil	
Limonas	Rábanos	
Melocotoneros	Uva de mesa	
Okra	Uvas	
Patatas	Zanahorias	
Pepinos		
Pimientos, dulces		
Tomates		

Rotación de cultivos

El criterio para realizar rotación de cultivos se basa en la cantidad de nutrientes que los cultivos extraen del suelo y se dividen en tres categorías:

1. MEN - Mucha Extracción de Nutrientes (la mayoría de las hortalizas incluyendo al maíz y el jitomate).
2. PEN - Poca extracción de nutrientes (Nabo, camote, pimiento).
3. DON – Donantes (chícharo, frijol, alfalfa, trébol y habas).

Una vez que se barbecha el terreno y se aplica composta de forma adecuada se siembran cultivos con Mucha Extracción de Nutrientes (MEN), posteriormente un cultivo Donante (DON) y para concluir el ciclo y dejar el suelo listo para colocar un cultivo muy demandante se establece un cultivo con poca extracción de nutrientes (PEN) (Figura 146). La rotación de cultivos debe hacerse en la medida de lo posible. En ocasiones resulta complicado por la demanda de ciertos cultivos, lo que condiciona el espacio disponible, sin embargo, resulta conveniente por lo menos evitar la siembra del mismo cultivo durante varios ciclos en la misma superficie ya que la incidencia de plagas será mayor. En caso existir dificultad para realizar la rotación de cultivos el abonado deberá ser más constante.

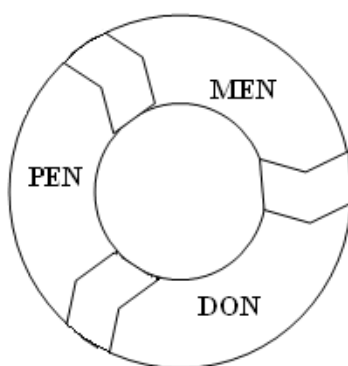


Figura 146. Reciclaje de nutrientes.

Control de calidad de hortalizas y abonos orgánicos

Con el fin de evaluar la viabilidad sanitaria de los abonos orgánicos y hortalizas producidas en la unidad ambiental chinampa-refugio con las técnicas y métodos descritos en el Manual que antecede a esta sección, se realizó análisis bacteriológico y de metales pesados en muestras de agua, sedimento, hortalizas y composta, a la cual adicionalmente se le hizo un análisis bromatológico. En este apartado se describe el proceso de colecta de las muestras, traslado al laboratorio para su análisis, resultados y conclusiones.

El estudio pretende establecer la ruta que podrían seguir los coliformes fecales y metales pesados a través del sedimento, agua y abonos orgánicos y evaluar su presencia y concentración en los cultivos en etapa de plántula y en el momento de su cosecha. Se plantearon dos tiempos de colecta con la finalidad de evaluar los parámetros bajo diferentes condiciones ambientales; la temporada seca-fría corresponde a los meses de noviembre a

febrero y la temporada lluvia-fría a los meses de marzo-abril, por lo que en el presente Informe solo se incluyen los resultados de la primera temporada (Tabla 38).

Tabla 38. Matrices y parámetros de evaluación.

MATRIZ	PARÁMETROS	No. TOTAL DE MUESTRAS	No. DE MUESTRAS TEMPORADA SECA-FRÍA	No. DE MUESTRAS TEMPORADA LLUVIA-FRÍA
SEDIMENTO	Hongos, Coliformes fecales, Salmonella spp., Huevos de helminto viables, Cromo hexavalente, Arsénico, Cadmio, Cobre, Plomo, Mercurio	3	2	1
HORTALIZAS EN ETAPA DE PLÁNTULA, DOS MUESTRAS POR HORTALIZA (LECHUGA, ESPINACA Y CILANTRO)	Hongos, Coliformes fecales, Salmonella spp., Huevos de helminto viables, Cromo hexavalente, Arsénico, Cadmio, Cobre, Plomo, Mercurio	6	3	3
COMPOSTA. MUESTRAS DE COMPOSTA ELABORADA CON ESTIÉRCOL DE VACA Y DOS ELABORADA CON ESTIÉRCOL DE CABALLO, EN DIFERENTES TIEMPOS	pH, Humedad, Materia orgánica, Nitrógeno total, Relación Carbono / Nitrógeno, Fósforo total, Sodio, Potasio, Relación Potasio / Sodio, Hongos, Coliformes fecales, Salmonella spp., Huevos de helminto viables, Plástico flexible y/o película, Vidrio y/o metal y/o plástico rígido, Cromo hexavalente, Arsénico, Cadmio, Cobre, Plomo, Mercurio	4	2	2
HORTALIZAS EN ETAPA DE COSECHA, DOS MUESTRAS POR HORTALIZA (LECHUGA, ESPINACA Y CILANTRO)	Hongos, Coliformes fecales, Salmonella spp., Huevos de helminto viables, Cromo hexavalente, Arsénico, Cadmio, Cobre, Plomo, Mercurio	6	3	3
AGUA	Hongos, Coliformes fecales, Salmonella spp., Huevos de helminto viables, Cromo hexavalente, Arsénico, Cadmio, Cobre, Plomo, Mercurio	4	2	2

Antecedentes

Debido a un historial de manejo inadecuado de los desechos orgánicos de casas y traspatios y de los agroquímicos cuya utilización ha ido en aumento en los últimos treinta años, en Xochimilco existe un problema latente de contaminación bacteriológica y de metales pesados.

El agua de los canales de Xochimilco ha sido objeto de estudio por parte de especialistas, habiendo encontrado detergentes y metales pesados como cadmio, zinc y cobre en el agua de los canales (Vega *et al.*, 2005). La descarga constante de heces humanas y de origen animal a los canales origina cambios en las características fisicoquímicas del agua que afectan su viabilidad como agua de riego agrícola. Asimismo, entre los organismos potencialmente patógenos al ser humano y animales domésticos se han encontrado *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., *Salmonella* spp., *Enterobacter* spp., *Enterococcus* spp., *Pseudomonas* spp. y *H. pylori* (Mazari *et al.*, 2008).

Sin embargo, esta situación no significa que se deba desacreditar la producción chinampera, cuya permanencia es condicionante de la sobrevivencia de la zona lacustre de Xochimilco

ante la amenaza de la urbanización. Así, se hace necesario un control constante de la calidad de las hortalizas que se producen a fin de proponer medidas prácticas o basadas en técnicas accesibles que permitan mejorar la calidad de las hortalizas y de los suelos de las chinampas.

Colecta y análisis bimestral de muestras de hortalizas y composta (metales pesados y coliformes fecales)

El estudio se realizó en la Unidad Chinampa-Apantle, la cual tiene un área de 1400 m² y se ubica en el paraje Tezhuilo. (Figura 147).

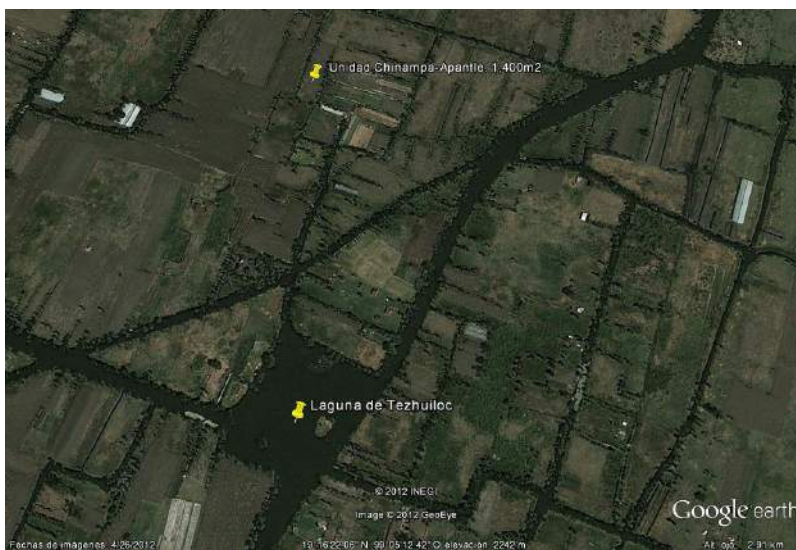


Figura 147. Localización de la Unidad Chinampa-Apantle en el paraje Tezhuilo.

Los insumos que se utilizaron en la preparación de los abonos orgánicos son de origen local (estiércol de vaca y de caballo) y comercial (piloncillo, levadura, carbón).

En la elaboración de los abonos no se utilizó sedimento, ni pescado ni lirio acuático con el fin de disminuir los riesgos de su uso en el cultivo de hortalizas, ya que se ha registrado la presencia de metales pesados en los tres elementos, los cuales bajo determinadas condiciones y concentraciones, pueden ser bioacumulables en la cadena trófica (Murguía, 2008; Zambrano y Valiente, 2008; Posada, 2006).

Sin embargo, en el caso del sedimento, se utilizó en la elaboración de almácigos, los cuales son parte intrínseca del modo de producción en las chinampas. Por lo tanto, se requirió analizar a fin de evaluar su influencia en el aporte de coliformes, hongos o metales pesados a las hortalizas.

Los análisis se realizaron en un laboratorio particular denominado Investigación y Desarrollo de Estudios de Calidad del Agua (IDECA S.A.de C.V.), con número de acreditación EMA: AG-010-154/12, y se efectuaron conforme a las Normas correspondientes NOM-111-SSA1-1994; Anexo III, IV, V y VI de NOM-004-SEMARNAT-2002; NOM-044-SCFI-2001; NOM-AA-025-1984; NOM-AA-016-1984; NOM-AA-021-1985; NOM-AA-024-1984; NOM-AA-067-1985; NOM-AA-094-1985; NOM-021-RECNAT-2000; NOM-AA-016-1984; NOM-AA-42-1987; MSTD 21th-9260B-2005; NOM-AA-113-SCFI-1999.

Método

Las muestras se colectaron en la Unidad Chinampa-Apantle, en el canal externo que rodea a la chinampa y en los almácigos y camas de sembrado dentro de la misma. En la Figura 148 se muestra el área y los puntos de muestreo de sedimento y agua (Punto A) y de agua (Punto B). Para la colecta de las muestras se utilizaron guantes de látex desechables, bolsas Ziplok, botellas colectoras y un muestreador de agua de acero inoxidable.

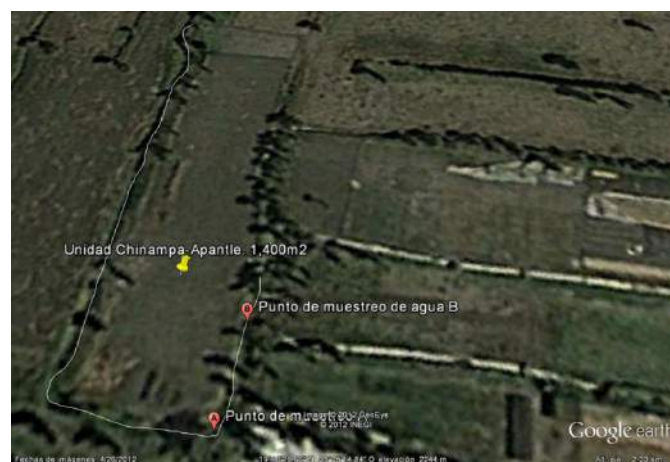


Figura 148. Puntos de muestreo A y B.

Sedimento

Se muestreó el sedimento que se ocupa en la elaboración de los almácigos siguiendo la misma técnica de extracción que se usa para tal fin. El punto de colecta se ubicó en el área de donde se extrae el sedimento cotidianamente (Punto A; Figura 149).

Se introduce una red de mariposa con bolsa de lona en el sedimento, aproximadamente 30 cm dentro de la columna y se permite que escurra el agua.

Una vez que escurrió el exceso de agua, se tomó una muestra compuesta del centro de la bolsa y de tres puntos alrededor, procurando no tocar las paredes de la bolsa y se almacenó en una bolsa de plástico.

Las muestras se colectaron el 12 de octubre y el 1° de noviembre.



Figura 149. Área de colecta de sedimento para almácigos, en canal externo.

Agua

A principios de noviembre se colectaron las muestras en el canal de donde se extrae el agua para el riego de las hortalizas en la chinampa de estudio. Los puntos de muestreo se ubican en la entrada de la zanja o apantle (Punto A; Figura 150) y el segundo al finalizar el canal externo (Punto B; Figura 151). Para la colecta se usó un muestreador de agua en el punto A dado que tiene una profundidad de 60 cm. Sin embargo, en el segundo punto la profundidad es de 15-20 cm y no se puede sumergir el equipo por lo que se introdujo la botella cerrada y

una vez que estaba a $\frac{3}{4}$ del fondo, se abrió la botella y se cerró dentro del agua una vez llena.



Figura 150. Colecta de agua en la terminación del canal colindante a la unidad Chinampa-Apantle.



Figura 151. Colecta de agua en el canal externo de la unidad Chinampa-Apantle.

Hortalizas

Inicialmente se había planteado analizar muestras de lechuga, betabel y verdolaga, sin embargo, a la fecha de la colecta estas dos últimas aún no habían alcanzado su desarrollo óptimo para la venta, por lo que se sustituyeron con muestras de lechuga, espinaca y cilantro. Las hortalizas se cortaron con cuchillo directamente de los almácigos y de las camas de siembra y se almacenaron en bolsas de plástico, extrayendo el aire de la bolsa.

Una vez hecho lo anterior, se colocaron en hielo para su transporte al laboratorio el mismo día (Figura 152). Las plántulas (en almácigo) y las plantas listas para venta, se colectaron en un solo tiempo a principios de noviembre (Figura 153).



Figura 152. Colecta de hortalizas.





Figura 153. Cilantro, lechuga y espinacas en almácigo (abajo) y para su venta (arriba).

Composta

El análisis bromatológico de la composta que se produjo incluye los dos tipos de estiércol, el de vaca y el de caballo (Figuras 154 y 155). Las muestras de composta se dividieron en dos con estiércol de vaca y dos con estiércol de caballo. Las primeras dos muestras (bovino-caballo) se colectaron a principios de noviembre y la dos siguientes se colectarán en la temporada de lluvia entre marzo y junio. Las muestras que se analicen en esta última temporada, deberán haber considerado en su producción, los resultados obtenidos en el primer análisis.



Figura 154. Colecta de muestras de composta. El montón del fondo es con estiércol de caballo y el de enfrente con estiércol de vaca (foto de la izquierda).



Figura 155. Traslado de muestras al laboratorio.

Resultados

Composta

Se presentan los resultados de los análisis realizados a las compostas elaboradas con estiércol de vaca y de caballo (Figuras 156 y 157).

Se evaluaron los resultados a partir de la Norma NTEA-006-SMA-RS-2006, que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos (Figura 158).

Como lo establece el Manual de procedimientos para el manejo de Abonos Orgánicos y Hortalizas en Chinampas, la relación Carbono/Nitrógeno es el parámetro que debe cuidarse en la preparación de abonos orgánicos. La relación ideal para preparar un buen abono debe ser de 30:1 y los datos presentados en el análisis de compostas establece una relación de 311.84:1 para el abono hecho con estiércol de vaca y una relación de 169.94:1 para el abono hecho con estiércol de caballo; ambos parámetros superan por mucho a la relación ideal. Los factores con los que se determinó la cantidad de cada ingrediente para la elaboración de la composta estuvieron en función de su concentración de Carbono y de Nitrógeno, mientras que la NMX considera el porcentaje de materia orgánica, de nitrógeno

y la constante de Jackson. Dadas estas diferencias se deben tomar con reserva las comparaciones y se debe evaluar la posibilidad de equiparar ambos métodos.

Modificar la relación C/N está en función de aplicar mayor cantidad de estiércoles y menor cantidad de paja a la mezcla inicialmente establecida, lo que modifica también los parámetros de Nitrógeno y Fósforo. El parámetro de pH es de 9.08 para el abono hecho con estiércol de vaca y 9.36 para el abono hecho con estiércol de caballo. El Manual establece que el rango óptimo para que exista una buena nutrición y actividad microbiana debe estar en el rango de 5.0 y 5.5. El parámetro puede modificarse aplicando mayor cantidad de cal a la mezcla. Este análisis es preliminar y se evaluarán las modificaciones correspondientes.

En cuanto a los parámetros microbiológicos, los resultados para ambos tipos de composta muestran cero contenido de Hongos, Huevos de helmintos y para Salmonella se observan números menores a 3, que es la cantidad máxima en mejoradores de suelos. En el caso de coliformes fecales, se aprecia mayor número en la composta elaborada a partir de estiércol de vaca en comparación con la elaborada a partir de estiércol de caballo, pero en ambos casos se rebasa la norma de 1000 NMP/g.

Los resultados de concentraciones de metales pesados muestran que el Mercurio se encuentra por debajo de los Límites de Detección del Método, por lo que no representa riesgo alguno.

Los resultados obtenidos en ambos tipos de compostas para Cadmio, Arsénico y Cobre muestran concentraciones por debajo del Límite Máximo Permisible de acuerdo a la Norma.

Sin embargo, el Plomo se presenta ligeramente por arriba de la Norma en ambas compostas y el Cromo hexavalente rebasa en poco más del doble la concentración máxima permisible.

Datos de la Muestra

Identificación: 250-3b-Composta de vaca
 Matriz: Composta
 Recepción: 2012-11-01
 Observaciones:

Datos del Muestreo

Lugar: Xochimilco, Texhuilo
 Método: NMX-AA-014-1980
 Fecha: 2012-11-01
 Realizó Instituto de Biología, UNAM (Elsa Valiente)

Parámetro	Resultado	Unidades	Método Analítico	LDM	Analista	Fecha de Análisis
pH	9,08	unidades	NMX-AA-025-1984	0,01	LHA	12-11-01
Humedad	55,55	%	NMX-AA-016-1984	---	NPM	12-11-01
Materia orgánica	16,13	%	NMX-AA-021-1985	---	MSV	12-11-20
Nitrógeno total	0,03	%	NMX-AA-024-1984	0,002	YCMH	12-12-13
Relación Carbono/Nitrógeno	311,84	---	NMX-AA-067-1985	---	MSV	12-11-12
Fósforo total	4,05	%	NMX-AA-094-1985	0,01	ESLG	12-12-12
Hongos	0	UFC/g	NOM-111-SSA1-1994	0	NPM	12-11-01
Huevos de helminto (viables)	0	HH/g	NOM-004-SEMARNAT-2002	0	ESLG	12-11-01
Coliformes fecales	7X10 ³	NMP/g	NOM-004-SEMARNAT-2002	3	NPM	12-11-01
Salmonella ssp.	<3	NMP/g	NOM-004-SEMARNAT-2002	3	NPM	12-11-01
Arsénico	0,014	mg/kg	NOM-004-SEMARNAT-2002	0,001	VGN	12-11-12
Cadmio	0,40	mg/kg	NOM-004-SEMARNAT-2002	0,010	VGN	12-11-12
Cobre	10,70	mg/kg	NOM-004-SEMARNAT-2002	0,02	VGN	12-11-12
Cromo hexavalente	12,52	mg/kg	NMX-044-SCFI-2001	0,007	ESLG	12-11-12
Mercurio	<0,001	mg/kg	NOM-004-SEMARNAT-2002	0,001	VGN	12-11-12
Plomo	5,11	mg/kg	NOM-004-SEMARNAT-2002	0,05	VGN	12-11-12
Potasio	5 118,65	mg/L	NOM-021-RECNAT-2000	1	VGN	12-11-12
Sodio	140,34	mg/L	NOM-021-RECNAT-2000	1	VGN	12-11-12
Relación Potasio/Sodio	51	---	NOM-021-RECNAT-2000	---	LHA	12-11-16
Plástico flexible y/o película	Ausencia	---	Abertura 5.60 mm	---	LHA	12-11-16
Vidrio y/o metal y/o plastic rígido	Ausencia	---	Abertura 2.00 mm	---	LHA	12-11-16

Notas:

LDM = Límite de Detección del Método. Para microbiológicos es IM = Índice del método
 Ensayos acreditados.

Figura 156. Resultados de la muestra de composta de bovino.

Datos de la Muestra
 Identificación: 250-3a-Composta de caballo
 Matriz: Composta
 Recepción: 2012-11-01
 Observaciones:

Datos del Muestreo
 Lugar: Xochimilco, Texhuilo
 Método: NMX-AA-014-1980
 Fecha: 2012-11-01
 Realizó: Instituto de Biología, UNAM (Elsa Valiente)

Parámetro	Resultado	Unidades	Método Analítico	LDM	Analista	Fecha de Análisis
pH	9,36	unidades	NMX-AA-025-1984	0,01	LHA	12-11-01
Humedad	46,88	%	NMX-AA-016-1984	---	NPM	12-11-01
Materia orgánica	14,65	%	NMX-AA-021-1985	---	MSV	12-11-20
Nitrógeno total	0,05	%	NMX-AA-024-1984	0,002	YCMH	12-12-13
Relación Carbono/Nitrógeno	169,94	---	NMX-AA-067-1985	---	MSV	12-11-12
Fósforo total	2,27	%	NMX-AA-094-1985	0,01	ESLG	12-12-12
Hongos	0	UFC/g	NOM-111-SSA1-1994	0	NPM	12-11-01
Huevos de helminto (viables)	0	HH/g	NOM-004-SEMARNAT-2002	0	ESLG	12-11-01
Coliformes fecales	2X10 ³	NMP/g	NOM-004-SEMARNAT-2002	3	NPM	12-11-01
Salmonella ssp.	<3	NMP/g	NOM-004-SEMARNAT-2002	3	NPM	12-11-01
Arsénico	0,0192	mg/kg	NOM-004-SEMARNAT-2002	0,001	VGN	12-11-12
Cadmio	0,25	mg/kg	NOM-004-SEMARNAT-2002	0,010	VGN	12-11-12
Cobre	9,43	mg/kg	NOM-004-SEMARNAT-2002	0,02	VGN	12-11-12
Cromo hexavalente	11,78	mg/kg	NMX-044-SCFI-2001	0,007	ESLG	12-11-12
Mercurio	<0,001	mg/kg	NOM-004-SEMARNAT-2002	0,001	VGN	12-11-12
Plomo	5,63	mg/kg	NOM-004-SEMARNAT-2002	0,05	VGN	12-11-12
Potasio	12 380,90	mg/L	NOM-021-RECNAT-2000	1	VGN	12-11-12
Sodio	165,42	mg/L	NOM-021-RECNAT-2000	1	VGN	12-11-12
Relación Potasio/Sodio	62	---	NOM-021-RECNAT-2000	---	LHA	12-11-16
Plástico flexible y/o película	Ausencia	---	Abertura 5.60 mm	---	LHA	12-11-16
Vidrio y/o metal y/o plastic rígido	Ausencia	---	Abertura 2.00 mm	---	LHA	12-11-16

Notas:
 LDM = Límite de Detección del Método. Para microbiológicos es IM = Índice del método
 Ensayos acreditados.

Figura 157. Resultados de la muestra de composta de equino.

Característica	Resultados	Contaminante	Límite Máximo Permissible ppm ³
pH	6.5-8	Arsénico	5
Materia Orgánica	mayor al 15%	Cadmio	1
Relación Carbono-Nitrógeno	menor a 12	Cromo hexavalente	5
Fósforo	mayor a 0.10% o 1000 partes por millón	Cobre	30
Potasio	mayor a 0.25% ó 2500 partes por millón	Plomo	5
Relación Potasio-Sodio	mayor a 2.5	Níquel	5
Hongos fitopatógenos	ausente	Zinc	90
Huevos de helmintos ¹ /g en base seca	menor a 10		
Coliformes fecales NMP ² /g en base seca	menor a 1000		
Salmonella spp/g en base seca	menor a 3		

Figura 158. Resumen de los requisitos fisicoquímicos y sanitarios y LMP para contaminantes, de acuerdo a la Norma NTEA-006-SMA-RS-2006.

En la tabla 39 se resumen los resultados obtenidos por matriz y parámetro para las muestras de sedimento, agua y hortalizas.

Tabla 39. Resumen de resultados por Matriz y Parámetro.

Matriz/ Parámetro	SEDIMENTO			AGUA			HORTALIZAS						
	Resultados 1a Muestra 11 octubre 2012	Resultados 2a Muestra 1* noviembre 2012	Unidades	Resultados Muestra Compuerta	Resultados Muestra Fin de Canal	Unidades	Resultados Espinaca Plántula	Resultados Espinaca Cosecha	Resultados Cilantro Plántula	Resultados Cilantro Cosecha	Resultados Lechuga Plántula	Resultados Lechuga Cosecha	Unidades
Hongos	20	0	UFC/g	0	0	UFC/mL	0	0	0	0	0	0	UFC/g
Huevos de Helminfos	8	7	HH/g	1	1	HH/L	1	0	1	1	0	1	HH/g
Coliformes fecales	9*10 ⁴	6*10 ³	NMP/g	9*10 ⁵	4*10 ⁵	NMP/100 mL	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	NMP/g
Salmonella	Ausente	Ausente	mg/kg	Ausente	Ausente	NMP/100 mL	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	mg/kg
Arsénico	0.003	0.045	mg/kg	0.0031	0.0038	mg/L	0.003	0.019	0.009	0.007	0.02	0.004	mg/kg
Cadmio	0.86	0.23	mg/kg	<0.005	<0.005	mg/L	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	mg/kg
Cobre	8.49	15.4	mg/kg	<0.006	<0.006	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	mg/kg
Cromo hexavalente	5.45	5.94	mg/kg				16.99	8.67	10.1	10.31	3.68	1.01	mg/kg
Mercurio	0.007	0.093	mg/kg	<0.0002	<0.0002	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	mg/kg
Plomo	13.44	10.7	mg/kg	<0.02	<0.02	mg/L	0.5	1.06	0.44	0.72	0.4	0.53	mg/kg

En la tabla 40 se muestran los límites máximos permitidos de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas 001, 003 y 147. La NOM-001-ECOL-96 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. La NOM-003-ECOL-96 establece los límites máximos permisibles para las aguas residuales tratadas que se utilicen en servicios al público en contacto directo. La NOM-147-SEMARNAT-SSA-2004 establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.

Tabla 40. Compilación de Valores máximos de acuerdo a las NOM. : La Concentración de referencia total es la masa del elemento químico regulado, expresada en mg/kg, por encima de la cual se considera existe riesgo de que se generen efectos adversos para la salud.

Parámetros mg/L	NOM-001-ECOL-96. Agua LMP en embalses naturales y artificiales. Uso en riego agrícola.Promedio diario	NOM-001-ECOL-96. LMP Suelo. Uso en riego agrícola.Promedio diario	NOM-001-ECOL-96. LMP Humedales Naturales.Promedio diario	NOM-ECOL-003. Aguas residuales. Servicios al Público con Contacto Directo	NOM-147-SEMARNAT-SSA-2004-SEDIMENTOS. Concentración de referencia total.Uso agrícola.mg/kg
Arsénico	0.4	0.4	0.2		22
Cadmio	0.4	0.1	0.2		37
Cobre	6	6	6		
Cromo	1.5	1	1		280
Mercurio	0.02	0.01	0.01		23
Níquel	4	4	4		1600
Plomo	1	10	0.4		400
Zinc	20	20	20		
Coliformes fecales NMP/100ml				240	
Huevos de helminto H/L				≤ 1	

Comparativamente entre matrices, en el sedimento se observan los valores más altos en todos los parámetros a excepción de *Salmonella*, la cual está ausente en todas las muestras. En relación con las Normas 001 y 003, el único parámetro por debajo de los límites es el mercurio mientras que el plomo, el cobre y el cromo presentan valores altos. Sin embargo, ningún metal pesado se acerca a las concentraciones de referencia totales establecidas para sedimentos de uso agrícola, por lo que no se consideran concentraciones que presenten un riesgo para la salud humana.

En el caso de la matriz Agua, se observa una disminución en la cantidad de hongos y huevos de helmintos y en metales pesados las concentraciones de cadmio, cobre, mercurio y plomo son menores al Límite de Detección del Método, por lo que no representan un riesgo sanitario.

El arsénico se mantiene por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a las NOM 001 y 003, y en el caso del cromo no se registran datos.

En cuanto a las hortalizas, se observa ausencia de hongos, los coliformes fecales están por debajo del límite de detección y los huevos de helmintos están justo en el límite máximo permitido según la NOM-003.

Los metales cadmio, cobre y mercurio están por debajo del límite de detección, por lo que no representan riesgos a la salud. El arsénico presenta concentraciones bajas, no así el cromo que aumenta su concentración en particular en el cilantro y la espinaca, aunque en la lechuga disminuyó en comparación con las concentraciones en sedimento.

También en relación con las concentraciones en sedimento, el plomo disminuyó en las hortalizas, siendo la espinaca la que contiene la mayor cantidad de plomo.

De acuerdo con la Food and Drug Administration de Estados Unidos (FDA) (Tabla 41), la concentración de cromo en las hortalizas no representa riesgo a la salud, puesto que se encuentran por debajo de las dosis tóxicas o letales en la dieta humana. No obstante, en el caso del plomo se observa que la espinaca en su etapa de cosecha sí se encuentra en la dosis tóxica, ya que si consideramos que la espinaca al guisarla reduce mucho en cantidad, normalmente se utiliza a partir de medio kilos hacia arriba para elaborar los alimentos, por lo que con un kilo de espinacas se estaría consumiendo la dosis diaria considerada como tóxica por la FDA.

Tabla 41. Dosis tóxicas y letales de algunos elementos contenidos en la dieta humana (FDA, 2012).

<i>Elemento</i>	<i>Dosis dieta humana mg/día¹</i>	
	<i>Tóxica</i>	<i>Letal</i>
As	0.0003	1 a 3
Cd	3-330	1500 a 9000
Co	500	-
Cr	200	3000 a 8000
Cu	-	175 a 250
Pb	1	-
Zn	150-600	6000

De acuerdo con Alloway (1995) las principales fuentes de plomo en los cultivos son los fertilizantes, pesticidas, lodos de aguas residuales y composta derivada de basura (Figura 159).

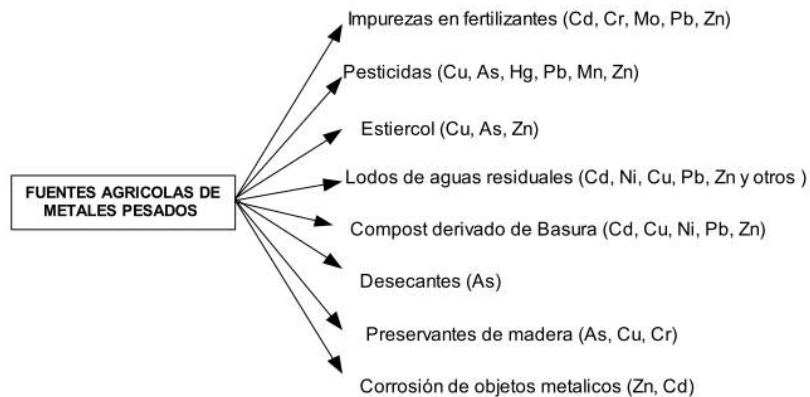


Figura 159. Fuentes agrícolas de metales pesados.

Murguía-Flores (2008) menciona que las plantas de tratamiento que surten a los canales de Xochimilco con agua residual contienen en promedio anual 0.069 mg/L de plomo y 0.056 mg/L de cromo totales, que son los elementos más conspicuos en las concentraciones halladas en el presente estudio. Además de este aporte, se puede considerar el que proviene de pesticidas y fertilizantes, así como la acumulación de ambos metales en el sedimento, el cual presenta concentraciones por encima de los límites máximos permisibles de acuerdo a la NOM-001, aunque muy por debajo de las concentraciones de referencia total de la NOM-147. Sin embargo, con la información obtenida en los análisis no es posible discernir si la concentración de plomo contenido en las hortalizas proviene del sedimento, dado que para que éste sea bioasimilable intervienen diversos factores como el contenido de materia orgánica del suelo, el contenido de humedad, el pH del suelo y la propia fisiología de la planta.

En estudios realizados con anterioridad en Xochimilco (Murguía-Flores, 2008) se encontró que la “mayor proporción de metales traza y metales extractables y totales, se encuentran en forma adsorbida y fijada en el suelo, y el alto contenido de materia orgánica en el mismo, favorece la formación de complejos poco disponibles para las plantas”.

Las plantas absorben el plomo por vía aérea por las hojas o de manera pasiva por las raíces y lo almacenan en las paredes celulares en concentraciones importantes, especialmente en las raíces (Murguía-Flores, 2008).

En el mismo estudio, en el suelo de una chinampa en San Gregorio Atlapulco, los valores de plomo fueron los más altos (21 y 26 mg/kg), pero también fue el metal de menor transferencia suelo-hoja. Para cultivos de lechuga, este estudio considera que la concentración de metales en las hojas podría obedecer a la evapotranspiración de las plantas, ya que la exposición directa a los rayos del sol favorece el flujo de agua a través de la planta, inducido por la transpiración, lo cual provee un buen canal de transporte para los metales. La protección de los cultivos con malla sombra podría disminuir la concentración de metales en las hojas.

Conclusiones

En el estudio de caso que se presenta en este Informe, puede afirmarse que el mayor problema se presenta en las concentraciones de plomo y cromo encontradas en espinacas y cilantro.

Particularmente en este aspecto y a manera de prueba, se propone cubrir las camas de espinaca con malla-sombra y realizar un nuevo análisis comparativo de plomo en espinaca, lechuga y cilantro, siendo los dos últimos cultivos los controles para verificar si se presenta una disminución en la concentración de plomo en las hojas de espinaca.

Sin embargo, es importante considerar que la calidad del agua de la zona lacustre de Xochimilco presenta variaciones en espacio y tiempo en función del manejo y gestión que se hace del recurso hídrico, tanto en las plantas de tratamiento que abastecen a los canales, como en la misma zona lacustre.

El uso no regulado de agroquímicos, el vertido directo de desechos orgánicos y el crecimiento de asentamientos irregulares en prácticamente toda el Área Natural Protegida, contribuye a de manera importante a la variabilidad de la calidad del agua, que se refleja de manera conspicua en los análisis y estudios realizados por diversos autores en diferentes épocas, hortalizas y áreas de cultivo.

Ante este panorama la planeación de los cultivos y el manejo correcto en la preparación de abonos orgánicos se convierte en tema de primera importancia para poder mitigar las condiciones adversas que padece la actividad agrícola en las chinampas. También de gran importancia es el análisis periódico de los parámetros bacteriológicos y de metales pesados en las matrices agua-sedimento-suelo- hortalizas y en puntos clave de la zona chinampera

para generar un mapa de flujo de contaminantes que permita determinar las zonas y la época de mayor aporte de contaminantes y proponer medidas correctivas.

Documento “Informe sobre el funcionamiento de los refugios”

Evaluación de cuatro refugios de ajolotes ya existentes

La finalidad de la habilitación de los refugios fue incrementar el área de recuperación de las poblaciones de especies nativas y mejorar la calidad de su hábitat, a lo largo de un corredor ubicado en la zona núcleo del Área Natural Protegida. El planteamiento consistió en considerar a la chinampa y a los apantles o zanjas como una unidad ambiental, cuya interacción es altamente dependiente una de otra. Es decir, las actividades que se desarrollan en la chinampa inciden directamente en la calidad de los apantles, y ésta a su vez influye en la conservación de la vocación agrícola de las chinampas.

Bajo esta premisa, el trabajo que Restauración Ecológica y Desarrollo A.C. (REDES A.C.) y el Laboratorio de Restauración Ecológica de la UNAM han desarrollado desde 2009 a la fecha ha contemplado el compromiso por parte de los productores de trabajar su chinampa con fines de producción agrícola, utilizando abonos orgánicos y prescindiendo del uso de agroquímicos.

Con esa finalidad y con recursos federales de INDESOL, entre 2009 y 2010, REDES A.C. habilitó otras cinco zanjas en la chinampa del Sr. Santana, algunas de las cuales se han trabajado como refugios de ajolotes.

Posteriormente, durante el Programa de Análisis y Restauración del Sistema Lacustre de Xochimilco y del Ajolote, primera etapa, se invitó a tres productores a participar en el proyecto, habilitando cinco zanjas como refugios de especies nativas en tres chinampas. Dichas zanjas se abrieron a finales de 2011 y durante el primer trimestre del presente año, siendo los propietarios de las chinampas los señores Abertano Sánchez, Eduardo Rivera y Anastasio Santana.

En la figura 160 se muestra una imagen aérea de 2012 con la ubicación de las zanjas.



Figura 160. Zanjas habilitadas del 2009 a la fecha en el paraje Tezhuilo, Xochimilco.

En las figuras 161 y 162 se aprecian detalles de las zanjas abiertas entre 2011 y 2012:



Figura 161. Zanjas del Sr. Abertano Sánchez. A la izquierda la zanja grande (19.4 m), a la derecha la zanja chica (18.4 m).



Figura 162. Zanjas en la chinampa del Sr. Eduardo Rivera. A la izquierda la zanja de 33 m y a la derecha la zanja de 18 m.

La zanja del Sr. Anastasio Santana tiene una longitud de 107 m, conectando dos canales anchos, el primero del lado norte, que desemboca en la Laguna La Virgen, y el segundo hacia el sur, es un canal que surte de agua a las chinampas del señor Santana. En la secuencia de fotos se observa de arriba abajo la entrada sur hasta desembocar en la entrada norte (Figura 163).





Figura 163. Secuencia de imágenes en la que se observa la entrada sur hasta desembocar en la entrada norte.

Si bien inicialmente la idea era trabajar todas las zanjas como refugios para especies nativas, se tuvo que prescindir del uso de las zanjas del Sr. Rivera, quien decidió no continuar en el proyecto debido a falta de tiempo para trabajar su chinampa.

En el caso de las zanjas del Sr. Abertano, se les dio seguimiento durante el año 2012 en lo concerniente a la medición de parámetros fisicoquímicos, observándose el siguiente comportamiento registrado en el 2012 (Figuras 164-167):

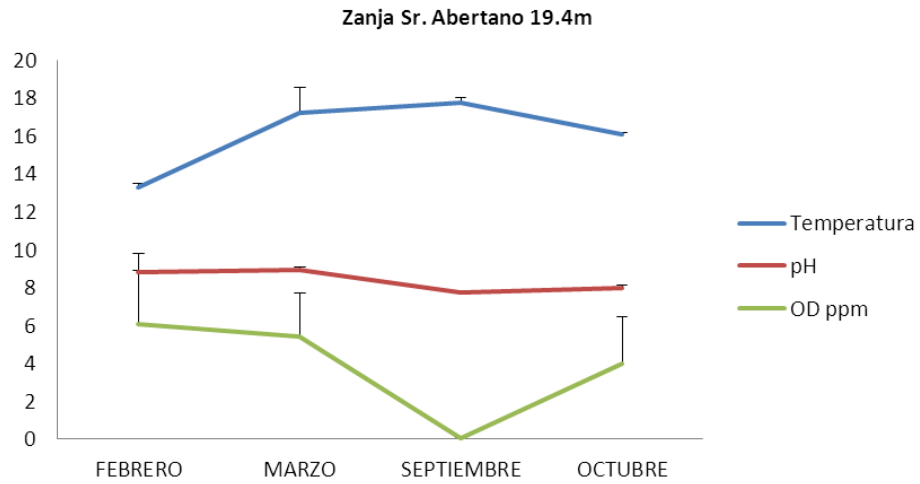


Figura 164. Valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto en la zanja grande del Sr. Abertano durante 2012.

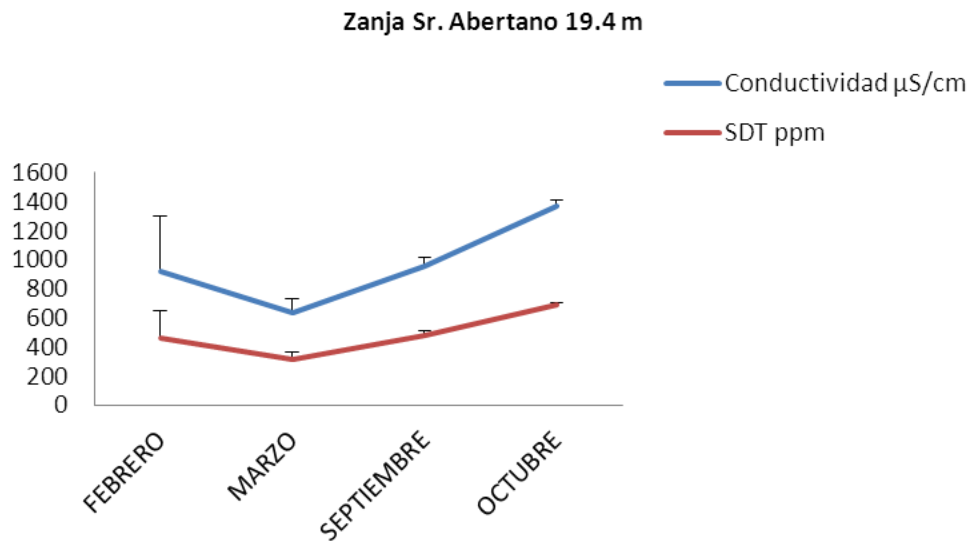


Figura 165. Valores de conductividad y sólidos disueltos totales en la zanja grande del Sr. Abertano durante 2012.

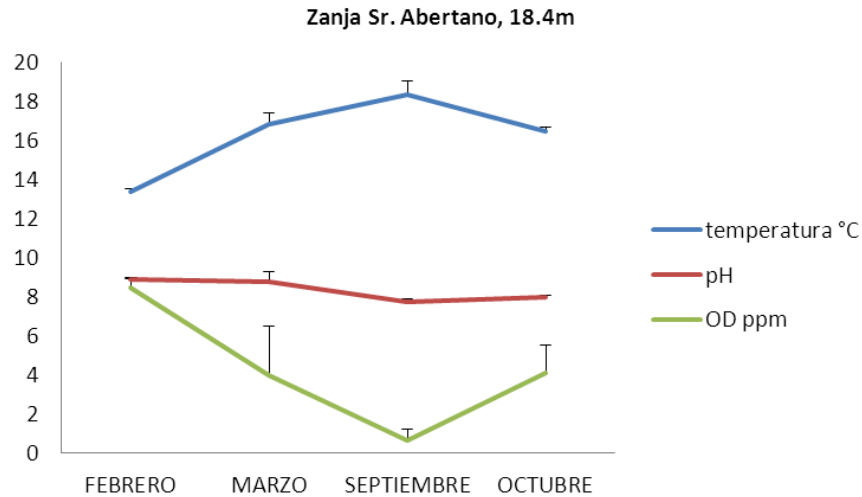


Figura 166. Valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto en la zanja chica del Sr. Abertano durante 2012.

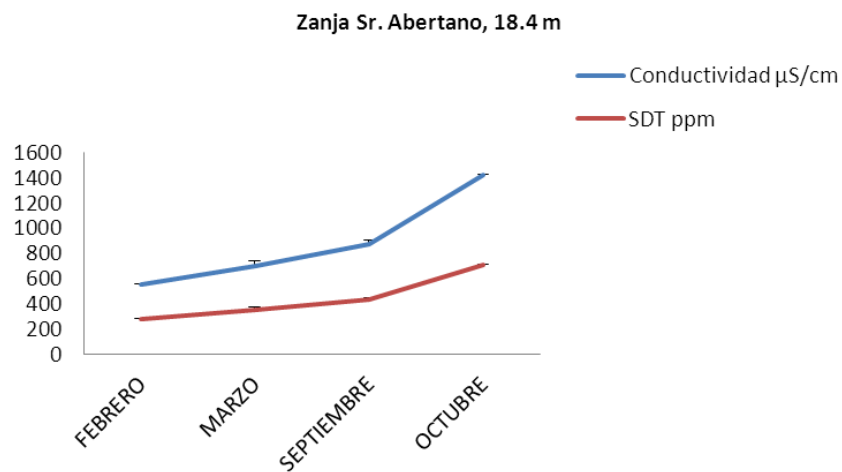


Figura 167. Valores de conductividad y sólidos disueltos totales en la zanja chica del Sr. Abertano durante 2012.

Con el fin de acondicionar nuevamente la chinampa y las zanjas, se visitó la chinampa el 12 de septiembre del presente año y las zanjas presentaban hierba alta en sus orillas, pero hacia dentro se observaba plantas acuáticas y abundancia de insectos (Figura 168). La limpieza de estas zanjas se hizo el 17 de octubre (Figura 169), encontrando un fuerte olor a herbicida, por lo que el día 18 se buscó al Sr. Pablo Sánchez, hijo del Sr. Abertano Sánchez, quien confirmó que había rociado el herbicida Faena en las orillas de las zanjas para matar

la hierba, no obstante que se le había avisado desde principios de octubre que se limpiarían las zanjas para reanudar el proyecto de los refugios y el cultivo de la chinampa.



Figura 168. Zanjas del Sr. Abertano, la grande a la izquierda y la chica a la derecha, el 3 de septiembre

El día 19 de octubre se hizo una inspección, encontrando que no solo había rociado las zanjas, sino también la hierba del centro y de la orilla de la chinampa (Figura 170). Ante esto, se habló con el señor Pablo Sánchez para informarle que en estas condiciones no era posible trabajar en su chinampa, que se requiere dejar descansar la tierra y el agua durante algunos meses para que el herbicida se elimine. Por lo tanto, estas zanjas no se trabajaron.



Figura 169. Zanjas del Sr. Abertano, la grande a la izquierda y la chica a la derecha, el 17 de octubre.



Figura 170. Secuencia que muestra la condición de la chinampa del Sr. Abertano el 19 de octubre.

Las zanjas en las que se llevó a cabo el desarrollo de este proyecto se localizan en las chinampas del Sr Santana; miden 40, 45 y 107 m de longitud. Las dos primeras fueron abiertas en 2009 y 2010, respectivamente y desde fines del 2010 hasta junio de 2012, alojaron a una población de ajolotes provenientes del Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la UNAM, desde la etapa de huevo, hasta que alcanzaron una talla promedio de 20 cm en julio de 2012, cuando se recuperaron y se llevaron al laboratorio.

Estas zanjas se limpiaron de maleza que creció a la orilla y se retiró Lemna y lirio que había crecido dentro. Las actividades de limpieza iniciaron en septiembre y continúa su mantenimiento cada semana (Figuras 171-175).



Figura 171. Zanjas de 45 m (izq.) y de 40 m (der.) en la chinampa del Sr. Santana, habilitadas en 2009 y 2010.



Figura 172. Zanja de 45m del Sr. Santana, el 2 de septiembre (izq.) y el 8 de octubre (der.).



Figura 173. Zanja de 40 m, el 3 de septiembre.



Figura 174. Zanja 40 m del Sr. Santana, el 8 de octubre.



Figura 175. Sr. Pedro, encargado del mantenimiento de las zanjas de 40 y 45 m.

La zanja de 107 m fue abierta a principios de este año y permaneció sin compuertas con el fin de aumentar el flujo de agua hacia las chinampas. Así se mantuvo desde marzo hasta septiembre. Durante este periodo creció nuevamente tular y plantas acuáticas que cerraron parte de la zanja, por lo que al 12 de septiembre el 70% de su área estaba cubierta de tula y lirio, quedando un tramo de 10 m aproximadamente del lado norte libre de vegetación y otro tramo al inicio del lado sur, también sin vegetación acuática. La profundidad en estas zonas es variable, fluctuando entre 15 y 60 cm. Se requirió un mayor esfuerzo de limpieza y dar más profundidad a esta zanja, por lo que las labores de limpieza se realizaron paulatinamente. El 27 de octubre la zanja presentaba la totalidad de su área libre de vegetación y solo faltaba dar profundidad en algunas zonas, particularmente hacia el lado sur de la misma. Esta zanja quedó concluida el 31 de octubre (Figuras 176-178).



Figura 176. Secuencia que muestra la condición de la zanja desde la entrada norte hacia la entrada sur, el 12 de septiembre de 2012.



Figura 177. Limpieza paulatina de la zanja, imágenes del 21 de octubre.



Figura 178. Zanja del Sr. Santana, libre de vegetación.

Método

El manejo de las zanjás como refugios comprende siete actividades básicas, las cuales se explican a continuación y se ejemplifican en imágenes, de acuerdo a lo realizado en las zanjás del Sr. Santana.

1) Colocación de compuertas

La colocación de compuertas en la entrada de las zanjas fue necesaria para evitar la entrada de especies invasoras como la carpa y la tilapia, que ocasionan remoción del sedimento, se alimentan de larvas de insectos acuáticos, huevos de ajolote y crustáceos como el acocil, además de impedir la propagación de plantas acuáticas.

En esta etapa del proyecto, únicamente se colocaron compuertas en la zanja de 107 m. Una vez instaladas, se dividió la zanja en tres partes, utilizando divisiones de malla sombra, con el fin de facilitar el monitoreo y la recuperación de los ajolotes posteriormente (Figura 179).



Figura 179. Instalación de compuertas en la zanja de 107 m (arriba, compuerta sur; abajo izquierda, compuerta norte; abajo derecha, división con malla sombra).

2) Uso de trampas para peces

En el caso de la zanja de 107 m fue necesario colocar seis trampas para peces a lo largo del canal para retirar las carpas y tilapias que pudiesen estar presentes puesto que estuvo abierta varios meses. Estas trampas se revisaron diariamente y los peces u otros organismos nativos, fueron regresados al canal. Entre éstos, se observó *Heterandria bimaculata*, Poecílidos, *Chirostoma jordani*, *Cambarellus montezumae* e insectos acuáticos. También se encontraron carpas y tilapias, las cuales se sacaron del canal. Las trampas se han colocado periódicamente para retirar los peces exóticos que hayan permanecido (Figura 180).



Figura 180. Colocación y revisión de trampas para peces.

3) Siembra de plantas acuáticas

La introducción de plantas acuáticas en los refugios tiene la finalidad de disminuir los sólidos disueltos en el agua, disminuir la concentración de salinidad y proporcionar un área de refugio para micro y macro invertebrados y pequeños peces que forman parte de la alimentación del ajolote. Marín (2007) observó que las raíces de algunas plantas como *Egeria densa*, son preferidas por los ajolotes para depositar sus huevos. Por otra parte, durante el año de estudio de los ajolotes en los refugios (Valiente *et al.*, 2012), se registró mayor abundancia de zooplancton en los refugios con *Lemna*, por lo que también se favorece su presencia. Durante el mismo estudio, se trabajó con *Eichhornia crassipes* o lirio acuático, planta que retiene metales pesados y también proporciona una zona adecuada para la ovoposición de los ajolotes, sin embargo, se observó la infestación de los ajolotes con *Lernaea* spp, parásito propio de carpas que se aloja en las raíces del lirio, por lo que se discontinuó su uso en los refugios.

Durante este proyecto se colectó *Myriophyllum aquaticum* y *Egeria densa* en canales cercanos al Canal de Apatlaco y se sembraron en las zanjas de 45 y 107 m. El *Ceratophyllum demersum*, así como la *Lemna minor* se traslocaron del refugio de 40 m al de 45 y 107 m, dado que existía sobreabundancia en el refugio de más antigüedad (Figuras 181 y 182).

Es importante señalar que se requiere controlar el crecimiento de los manchones de plantas acuáticas porque son especies que se nutren del fósforo y nitrógeno disponible. En ambientes eutróficos como Xochimilco, estos son fácilmente asimilables durante todo el año, siendo el factor limitante la temperatura. En invierno, la tasa de crecimiento de estas especies disminuye y esto ayuda al control de las mismas.



Figura 181. De Izquierda a derecha, *Egeria densa* y *Ceratophyllum demersum*; abajo, *Myriophyllum aquaticum*.





Figura 182. Siembra de plantas acuáticas y acocil.

4) Monitoreo de variables abióticas

El monitoreo de las variables fisicoquímicas se realizó con una sonda multiparamétrica marca HANNA, modelo 91800. Los parámetros que se analizaron son: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto (ppm), pH, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos disueltos totales (ppm) y con un disco de Secchi se evaluó transparencia (cm) (Figura 183).

La medición de fisicoquímicos se hizo cada semana y la de transparencia cada mes.



Figura 183. Medición de parámetros fisicoquímicos.

Si bien el presente Informe comprende la totalidad del proyecto en 2012, los datos recabados en este periodo no son suficientes para poder analizar una tendencia en el comportamiento de las variables. Sin embargo, considerando que las zanjas de 40 y 45 m de la chinampa del Sr Santana se han trabajado durante casi dos años, se incluyen en el análisis la totalidad de las mediciones realizadas en dichas zanjas. En el caso de la zanja de 107 m, abierta en el primer trimestre del presente año y rehabilitada entre septiembre y octubre, se presentan solo los datos de los meses de enero, febrero, marzo, septiembre, octubre y noviembre.

Resultados

Previo a la presentación de los resultados de los análisis fisicoquímicos, es importante recordar que los cuerpos de agua muestreados fueron hace más de 20 años, zanjas o apantles activos e integrados a una red hidráulica que respondía a variaciones climáticas y a cambios naturales en la entrada de agua, puesto que provenía de los manantiales y de la precipitación pluvial estacional.

Las zanjas en estudio son cuerpos de agua que se reconstruyeron, tratando de dar una profundidad y pendiente que favoreciera el flujo constante de agua. Por lo tanto, las condiciones morfológicas de las zanjas difieren en profundidad, longitud, ancho y alto de las paredes. Asimismo, la condición de sus paredes influye en la calidad de agua, ya que al desprenderse la tierra incrementa la cantidad de sólidos disueltos en el agua. Esta situación se observa recurrentemente en la zanja de 45 m.

Por otra parte, es muy importante tener en cuenta que los suelos adyacentes a las zanjas también habían estado sin manejo agrícola por 20 años, por lo que es natural el lavado de las sales que se vierten directamente en las zanjas.

Los resultados que se presentan a continuación, reflejan los promedios de los parámetros entre las tres zanjas, el comportamiento particular de cada zanja a lo largo del tiempo y el comportamiento de los parámetros más variables, comparativamente entre las tres zanjas.

En la tabla 42 se presentan los promedios de cada parámetro en cada zanja, estimado para 2011 y 2012.

Tabla 42. Promedios de parámetros fisicoquímicos.

Promedios de parámetros en cada zanja. 2011-2012						
	Temperatura °C	pH	OD ppm	Salinidad ppm	Conductividad µS/cm	Sólidos Disueltos Totales ppm
Zanja 45 m	16.00466406	8.2090915	3.50999377	0.61915075	1195.432649	597.726607
Zanja 40 m	15.52270949	8.13755966	3.22040864	0.62311456	1221.860689	610.926027
Zanja 107 m	16.63804242	8.51311158	8.53186425	0.41757079	841.667777	420.866734

De acuerdo a los histogramas de promedios entre las tres zanjas (Figuras 184-186), los parámetros más homogéneos fueron la temperatura y el pH.

El pH tiende a ser básico, lo cual favorece los procesos biológicos y limita la disponibilidad de los metales pesados contenidos en el sedimento. El promedio bianual de temperatura presentó valores bajos, que podrían afectar al fitoplancton y el zooplancton, sin embargo, existen picos a la alza de temperatura durante el día que podría favorecer la estabilidad de la población de zooplancton.

La conductividad y los sólidos disueltos totales presentaron un comportamiento similar, lo cual muestra que los sólidos disueltos en el agua tienen un alto contenido de sales. En la NOM-001-ECOL-1996, se establece un máximo de 40 mg/L de sólidos disueltos totales para la protección de la vida acuática, lo cual se rebasa claramente, puesto que en los registros que se muestran el rango oscila entre 420 y 610 ppm.

En el caso de la salinidad, el agua se puede considerar como salobre u oligohalina, puesto que se encuentra en el rango de 0.5-30 ppm (Massol, 1994).

El oxígeno es el parámetro que mayor variación presentó (Figuras 178, 179, 182, 183). Es el que mayor afectación puede presentar por cambios en la temperatura, la profundidad y el ancho de las zanjas y por los procesos de oxidación de la materia orgánica.

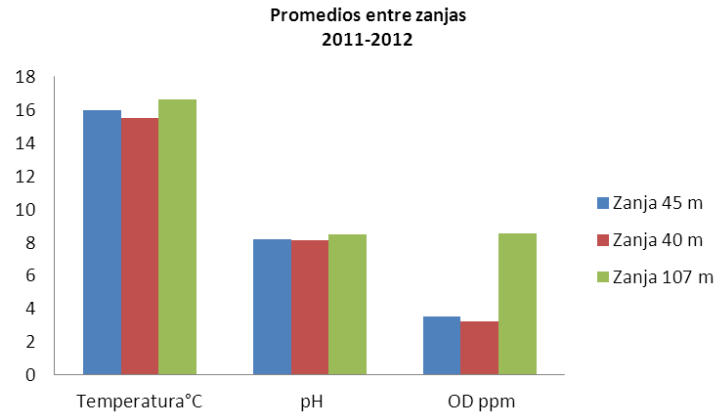


Figura 184. Promedios de temperatura, pH y oxígeno disuelto en las zanjas.

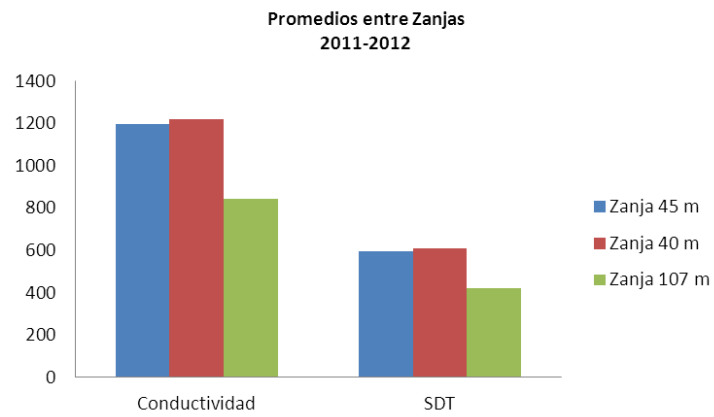


Figura 185. Promedios de conductividad y sólidos disueltos totales en las zanjas.

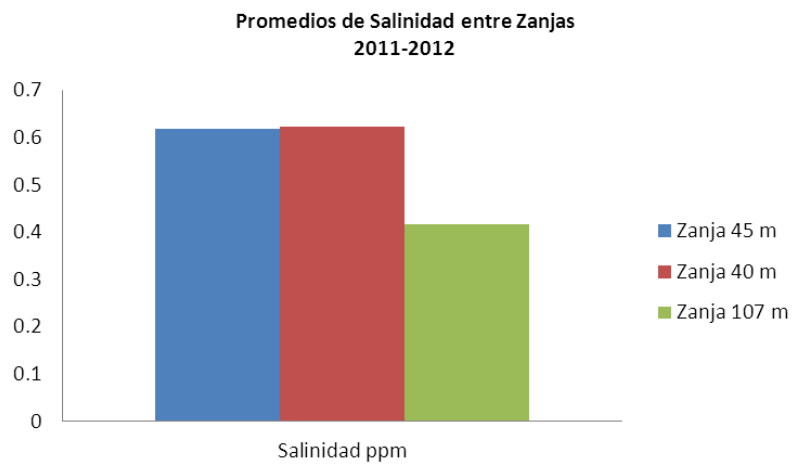


Figura 186. Promedios de salinidad en las zanjas.

A lo largo de 2011 y 2012 se observa en la zanja de 40 m un patrón constante de pH cercano a las 8 unidades. La temperatura presentó los valores más altos para 2011 entre agosto y septiembre y para 2012 en octubre se presentó un pico de aumento de temperatura. El oxígeno mostró un comportamiento irregular a lo largo del año, aunque el valor de enero probablemente sea incorrecto, dado que por la altitud de la Ciudad de México, el valor más alto de concentración de Oxígeno es de 12 ppm. Por lo tanto, se podría considerar un rango entre 6 y 8 ppm para el 2011. En 2012, los valores disminuyeron a menos de 5 ppm, lo cual puede deberse al aumento de la temperatura que influye en la aceleración de los procesos biológicos (Figuras 187 y 188).

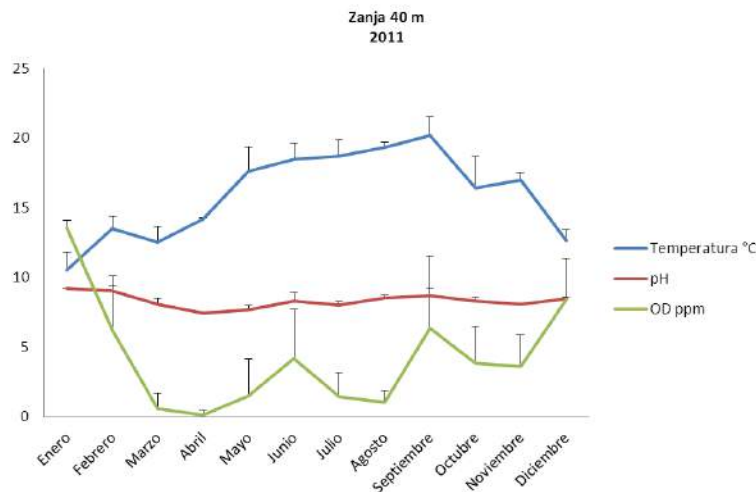


Figura 187. Valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto en la zanja de 40 m durante 2011.

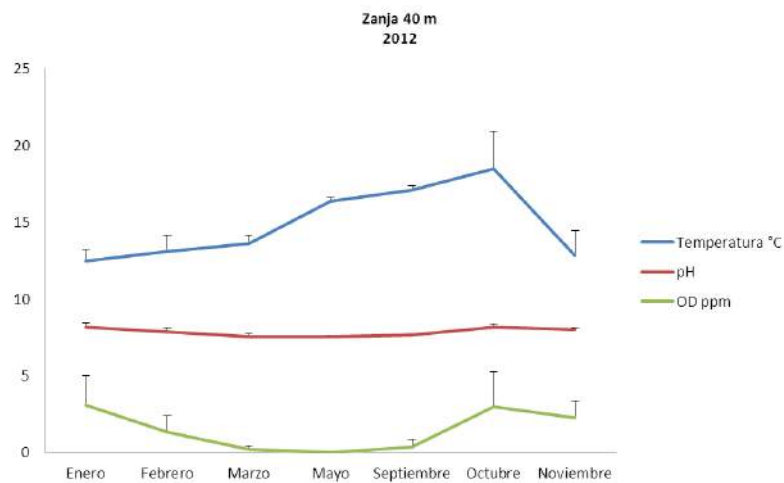


Figura 188. Valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto en la zanja de 40 m durante 2012.

En el caso de los sólidos disueltos y la conductividad, en la zanja de 40 m (la más antigua), se observó una disminución importante en los valores de 2011 a 2012 (Figuras 189 y 190). Esta tendencia puede deberse a la introducción de plantas acuáticas, ya que en la literatura se registra el uso de plantas acuáticas para la depuración de aguas residuales (Gersberg *et al.*, 1986; Hillman y Culley, 1978). Si bien no se cuenta con los análisis correspondientes para confirmar esta suposición, sí constituye un factor que se debe comprobar adecuadamente.

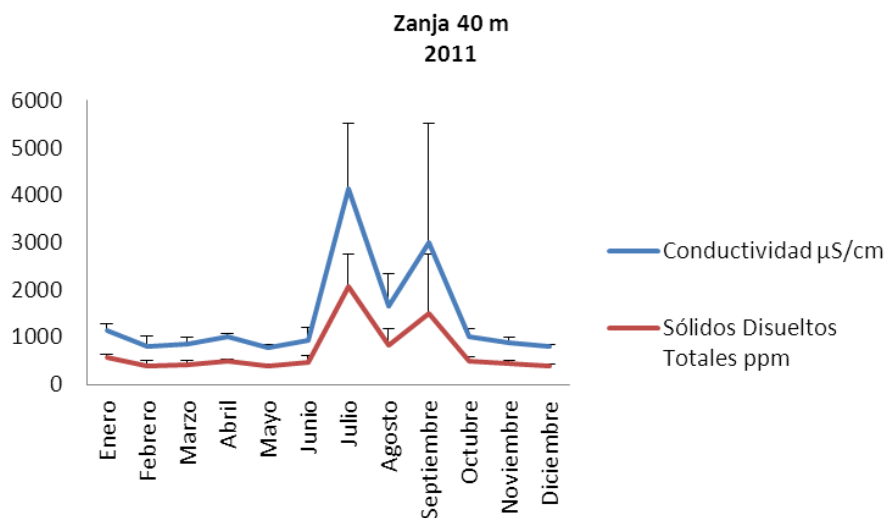


Figura 189. Valores de conductividad y sólidos disueltos totales en la zanja de 40 m durante 2011.

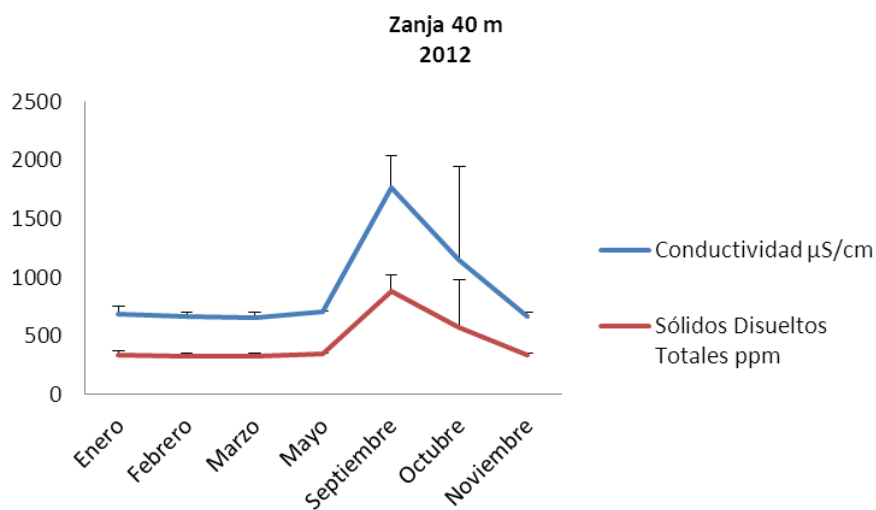


Figura 190. Valores de conductividad y sólidos disueltos totales en la zanja de 40 m durante 2012.

En la zanja de 45 m, abierta en 2010 y con problemas importantes de deslave de sus paredes, se observaron valores de pH y temperatura similares en 2011 y 2012. La concentración de oxígeno disuelto en el agua incrementó en el 2012, dado que sólo en el mes de septiembre presentó valores cercanos a 0 ppm. La conductividad y los sólidos disueltos presentaron una disminución importante en el 2012 (Figuras 191-194). Una posible explicación para la disminución de los valores de sólidos disueltos totales y conductividad podría ser que los suelos de la chinampa adyacentes a las zanjas se han lavado lo suficiente como para disminuir la concentración de sales que vierten en las zanjas de 40 y 45 m.

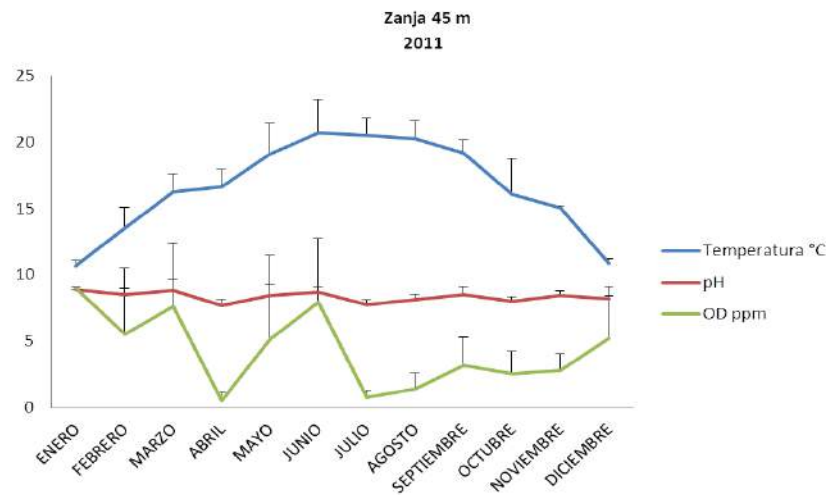


Figura 192. Valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto en la zanja de 45 m durante 2011.

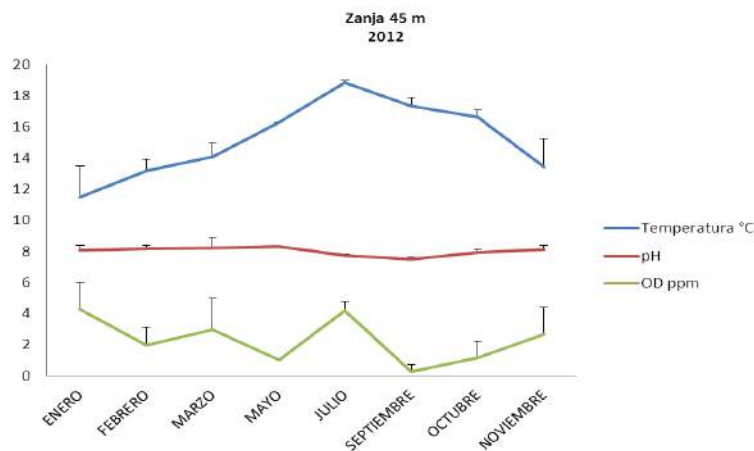


Figura 193. Valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto en la zanja de 45 m durante 2012.

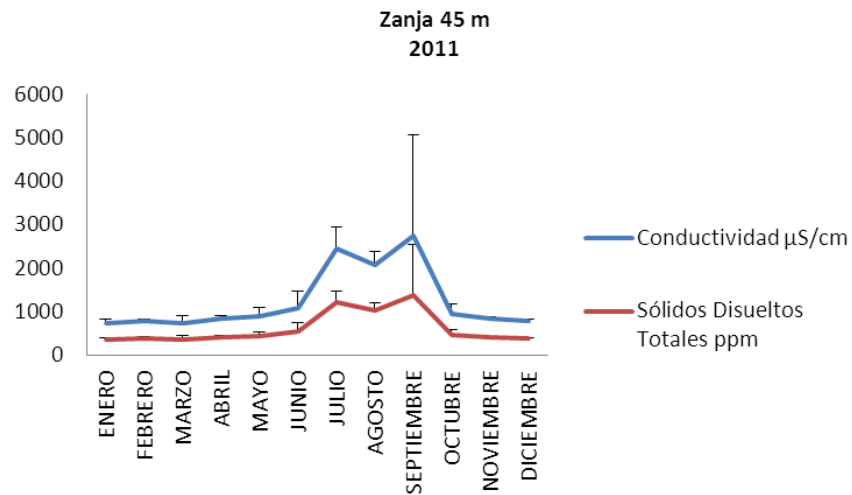


Figura 194. Valores de conductividad y sólidos disueltos totales en la zanja de 45 m durante 2011.

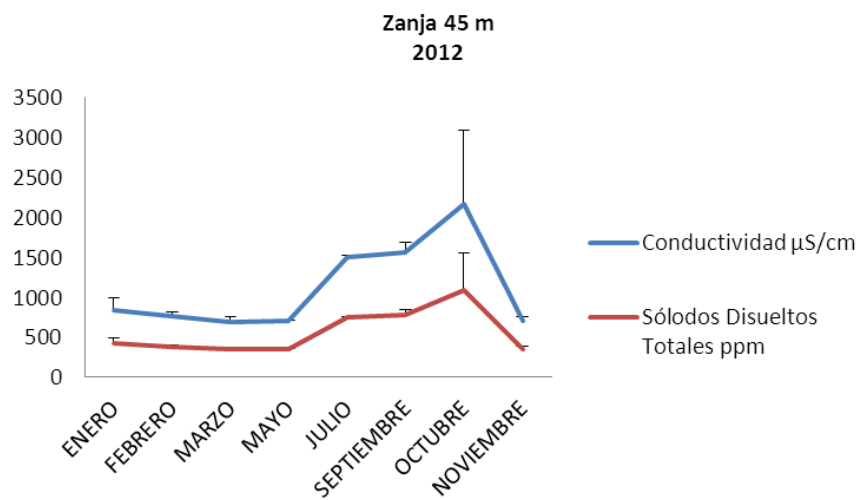


Figura 195. Valores de conductividad y sólidos disueltos totales en la zanja de 45 m durante 2012.

En el caso de la zanja de 107 m cabe recordar que después de 20 años se ha habilitado dos veces en el presente año. Los valores de enero a marzo reflejaron el resultado de la primera apertura y los valores de septiembre a noviembre, el de la segunda habilitación. No obstante, se observan valores muy aceptables en todos los parámetros, el oxígeno presentó

rangos entre 5 y 8 ppm e incluso en conductividad y sólidos disueltos los valores fueron menores que en las zanjas de más antigüedad (Figuras 196 y 197).

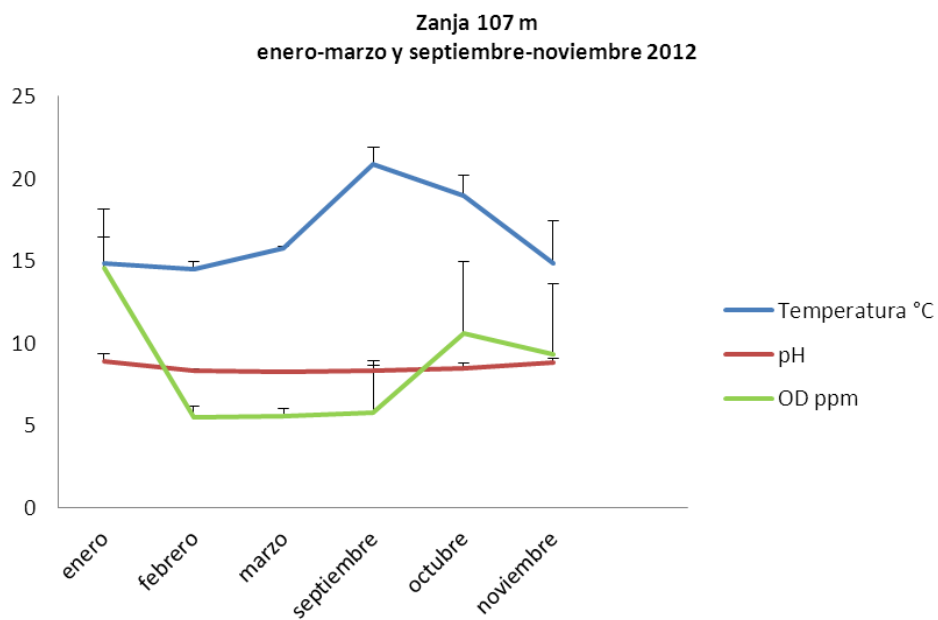


Figura 196. Valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto en la zanja de 107 m durante 2012.

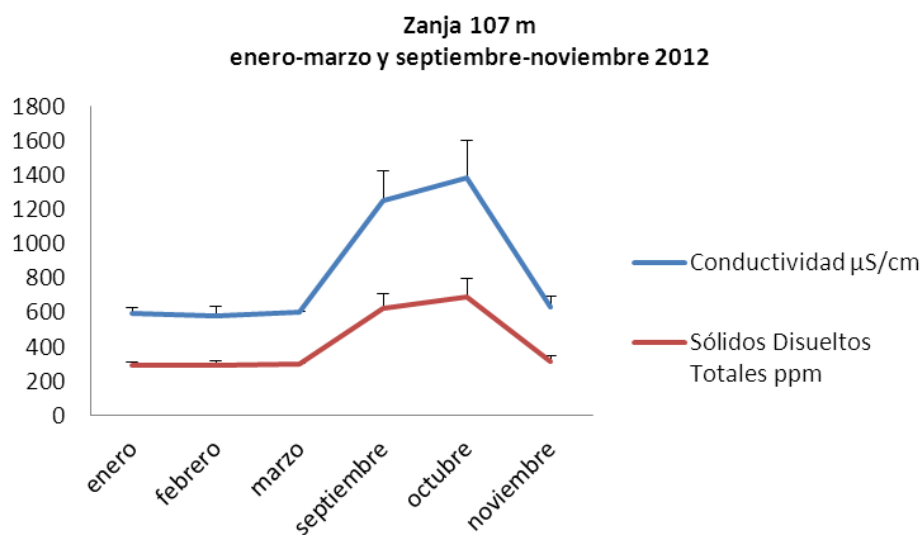


Figura 197. Valores de conductividad y sólidos disueltos totales en la zanja de 107 m durante 2012.

Medición de transparencia

Se realizó en las zanjas de 40 y 45 m, los meses de septiembre, octubre y noviembre y en la zanja de 107 m se midió a principios y mediados de noviembre (Figuras 198-200). En la tabla 43 se presentan los promedios de cada zanja al inicio, mitad y final de las mismas.

Tabla 43. Promedio de transparencia en cada refugio.

Punto de muestreo	Profundidad (cm)	Transparencia (cm)
107-compuerta sur	48	30
107-mitad	30	28.5
107-compuerta norte	30	24.75
40-inicio	52	34.75
40-mitad	48.5	48.5
40-final	67.5	57.5
45-inicio	48	21.5
45-mitad	39	39
45-final	44.5	40.5

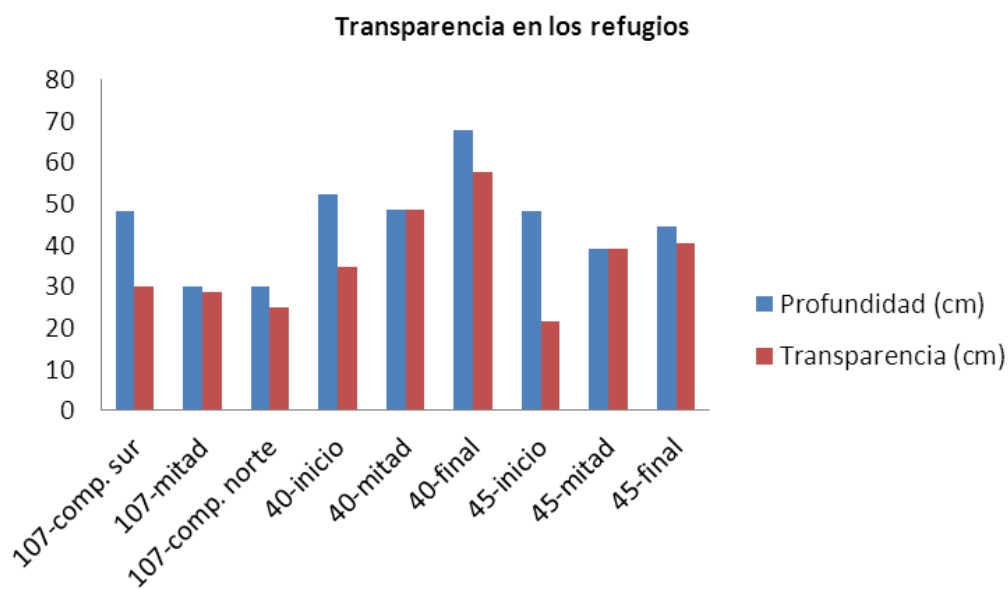


Figura 198. Promedios de transparencia en cada refugio.



Figura 199. Medición de transparencia en la zanja de 40m.



Figura 200. Medición de transparencia en las zanjas de 45 y 107 m.

Como se observa en la gráfica, la zanja con mayor profundidad y transparencia es la zanja de 40 m, la cual se habilitó en 2009. Durante 2011 y 2012 ha estado bajo mantenimiento constante, el cual ha consistido en el corte del pasto en las orillas, retiro de exceso de *Lemna spp.* y bombeo quincenal. En esta zanja se introdujo *Ceratophyllum demersum* desde 2009 y *Myriophyllum aquaticum* en 2012.

La zanja de 45 m presentó buena condición de transparencia a la mitad y al final de la zanja, la cual se habilitó en 2010 y se ha trabajado durante 2011 y 2012, con un periodo de descanso de tres meses. Al igual que la zanja de 40 m, se ha cuidado el corte de la maleza, el retiro de *Lemna* y se ha bombeado en promedio una vez al mes. Sin embargo, esta zanja presenta deslaves en sus orillas, los cuales se ha tratado de aminorar con la colocación de polines. Esta situación ha ocasionado diferencias en la profundidad de la zanja.

La zanja de 107 m se rehabilitó a fines de octubre, por lo que únicamente se midió en dos fechas, el 7 y 16 de noviembre. Esta zanja presentó diferencias en profundidad y se encuentran tres pozas a la mitad de la zanja. Por la altura y ancho de la zanja que es de 1.6 m, no es fácil acceder a la parte media de la misma, por lo que las mediciones fueron realizadas en la orilla y sólo en la compuerta sur se pudo alcanzar mayor profundidad. En la zanja se introdujeron plantas a principios de noviembre, sin embargo, aún no se han establecido completamente. En esta zanja no se ha bombeado agua.

5) Monitoreo de variables bióticas

Se estimó la abundancia de zooplancton en cada zanja durante el mes de noviembre.

Se colectó una muestra compuesta de cada zanja, mediante el filtrado de tres cubetas de 19 litros, al inicio, final y en la parte media de las zanjas. El agua fue filtrada a través de una malla de 330 micras y se vertió el contenido en tubos de centrifugación de 10 ml (Figura 201).

A cada muestra se le agregó de 3 a 5 ml de formol al 4% y en laboratorio se clasificó y contabilizó el zooplancton en alícuotas de 1 ml.



Figura 201. Colecta de zooplancton.

Resultados

El análisis de las muestras en el microscopio, mostró presencia de ostrácodos, anfípodos, cladóceros y larvas y pupas de insectos como Culicidae y Odonata.

La extrapolación al número de litros filtrados resulta en las siguientes cifras (Tabla 44)

Tabla 44. Estimación de la abundancia de zooplancton e insectos.

Organismo	Zanja 45 m	Zanja 40 m	Zanja 107 m
Ostrácodos	380,000.00	285,000.00	142,500.00
Hyaella	1,114,666.67	836,000.00	418,000.00
Daphnia	13,122,666.67	9,842,000.00	4,921,000.00
Culicidae	354,666.67	266,000.00	53,200.00
Odonata	25,333.33	19,000.00	1,900.00

Monitoreo de crecimiento, estado de salud de ajolotes y otras especies nativas

6) Traslado de ajolotes a las zanjas

Para realizar la correcta evaluación del funcionamiento de los refugios, se llevaron a las zanjas 47 ajolotes con el fin de evaluar su desarrollo en términos morfológicos y funcionales, específicamente en el aspecto reproductivo.

Los ajolotes utilizados son organismos cuyo crecimiento desde la etapa de huevo hasta juveniles de 20 cm en promedio, se desarrolló dentro de las zanjas de 40 y 45 m, de abril de 2011 a julio de 2012, periodo en el que se llevó a cabo un proyecto financiado por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos (FWS).

En el mes de julio se recuperaron de los refugios y fueron trasladados al Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la UNAM, para realizar análisis de isótopos y evaluar su estado de salud.

En este proyecto, se dio continuidad al trabajo previo, siendo el objetivo lograr la ovoposición y crecimiento de las larvas dentro de los refugios y dar seguimiento al crecimiento de las puestas hasta su fase adulta. Es importante mencionar que no se pretendió la reintroducción de los ajolotes en su medio natural, es decir, en los canales y lagunas de Xochimilco, sino recuperar la población de una especie en peligro de extinción, bajo condiciones controladas y con la participación de los productores agrícolas de Xochimilco. Todos los ajolotes fueron marcados con microchips y se cuenta con un registro de su peso y talla (LT) al momento de su captura en las zanjas el 26 de julio de 2012, cuando se llevaron al laboratorio del IBUNAM, donde permanecieron hasta el 10 de octubre y 12 de noviembre de 2012. Al reintegrarlos a los refugios en dichas fechas se registró nuevamente su peso y talla, observándose una disminución promedio en el peso de los ajolotes, del 33% (Tabla 45).

En julio el dimorfismo sexual aún no estaba bien definido en todos los ajolotes, pero durante los dos meses y medio que permanecieron en el laboratorio continuaron su desarrollo y en su reciente liberación en las zanjas ya fue posible identificar el número de machos y de hembras con seguridad.

Tabla 45. Variación de peso y talla (Longitud Total) de los ajolotes reintegrados a los refugios después de una estancia de 3 y 4 meses en condiciones de cautiverio.

Fecha de retiro de los refugios	No. de chip	Sexo	Peso (g)	LT (cm)	Fecha de regreso a los refugios	No. de chip	Zanja	Sexo	Peso (g)	LT (cm)	Subgrupo en zanja de 107 m
26-jul-12	057 551 639	Hembra	84	21.5	12-nov-12	57551639	107m	Macho	50.2	20	I
26-jul-12	057 553 576	Hembra	65	19	12-nov-12	57553576	107m	Hembra	49	18	III
26-jul-12	057 554 310	Macho	92	21.5	12-nov-12	57554310	107m	Macho	65.8	22	III
26-jul-12	057 555 042	Hembra	92	21.5	12-nov-12	57555042	107m	Hembra	55.6	19.4	I
26-jul-12	057 565 539	Hembra	97	22	10-oct-12	57565539	40 m	Hembra	66.96	22	
26-jul-12	057 568 850	Macho	88	22.6	12-nov-12	57568850	107m	Macho	61.2	21.5	III
26-jul-12	057 575 299	Macho	77	22.1	10-oct-12	57575299	40 m	Macho	57.15	21.5	
26-jul-12	057 578 597	Hembra	97	22	12-nov-12	57578597	107m	Hembra	55.6	20	III
26-jul-12	057 580 355	Hembra	101	22.7	10-oct-12	57580355	45 m	Macho	66.71	22	
26-jul-12	057 581 536	Hembra	104	21.5	12-nov-12	57581536	107m	Hembra	74.12	21	I
26-jul-12	057 587 368	Hembra	107	22.2	12-nov-12	57587368	107m	Hembra	72.4	21.5	II
26-jul-12	077 799 340	Macho	77	21	12-nov-12	77799340	107m	Macho	47.8	20	II
26-jul-12	077 801 114	Hembra	82	21	10-oct-12	77801114	45 m	Macho	57.87	21	
26-jul-12	077 835 090	Macho	61	19	10-oct-12	77835090	45 m	Macho	46.04	19.5	
26-jul-12	077 835 858	Hembra	93	21.3	12-nov-12	77835858	107m	Macho	55.1	21	I
26-jul-12	077 836 615	Hembra	85	21.2	10-oct-12	77836615	45 m	Macho	64.69	22	
26-jul-12	077 839 273	Macho	59	19	10-oct-12	77839273	40 m	Macho	50.55	19	
26-jul-12	077 839 293	Hembra	57	18.3	12-nov-12	77839293	107m	Hembra	43.2	16.5	I
26-jul-12	077 840 016	Hembra	78	20.1	12-nov-12	77840016	107m	Hembra	60.9	19.5	II
26-jul-12	077 840 256	Hembra	63	18.4	12-nov-12	77840256	107m	Hembra	47.5	18.5	I
26-jul-12	077 842 025	Hembra	98	22	10-oct-12	77842025	40 m	Hembra	57	20.5	
26-jul-12	077 843 325	Hembra	82	20	12-nov-12	77843325	107m	Hembra	53.8	18	I
26-jul-12	077 843 539	Hembra	69	19	10-oct-12	77843539	45 m	Hembra	47.7	18	
26-jul-12	077 844 333	Macho	54	16.8	10-oct-12	77844333	45 m	Macho	40.97	16	
26-jul-12	077 844 769	Hembra	85	19.5	12-nov-12	77844769	107m	Hembra	56.5	19	II
26-jul-12	077 847 588	Hembra	88	21	10-oct-12	77847588	40 m	Hembra	61.8	20.5	
26-jul-12	077 848 337	Hembra	71	20	12-nov-12	77848337	107m	Macho	44.3	17.7	II
26-jul-12	077 848 782	Macho	86	21.5	12-nov-12	77848782	107m	Macho	53.5	21	II
26-jul-12	077 850 793	Hembra	86	21	10-oct-12	77850793	40 m	Macho	56.86	21	
26-jul-12	077 851 269	Macho	81	21.5	12-nov-12	77851269	107m	Macho	54.9	20.7	III
26-jul-12	077 851 824	Macho	71	21.5	12-nov-12	77851824	107m	Macho	45.8	21	I
26-jul-12	077 852 013	Hembra	99	21.7	10-oct-12	77852013	45 m	Hembra	61.69	19.2	
26-jul-12	077 853 276	Hembra	79	21.3	10-oct-12	77853276	45 m	Hembra	48.96	19.5	
26-jul-12	077 855 381	Hembra	66	19.8	10-oct-12	77855381	45 m	Hembra	43.12	18	
26-jul-12	077 856 052	Hembra	82	20	12-nov-12	77856052	107m	Hembra	49.7	16.8	III
26-jul-12	077 856 268	Hembra	87	20	10-oct-12	77856268	40 m	Macho	56.49	20	
26-jul-12	077 856 329	Hembra	85	19.5	12-nov-12	77856329	107m	Hembra	53.7	18	III
26-jul-12	077 856 381	Hembra	70	19.5	12-nov-12	77856381	107m	Hembra	44.3	16.5	II
26-jul-12	077 858 057	Hembra	93	21.5	12-nov-12	77858057	107m	Hembra	53.5	19.2	III
26-jul-12	077 859 105	Hembra	112	22.5	12-nov-12	77859105	107m	Hembra	82.5	21	II
26-jul-12	077 862 553	Hembra	64	19.1	12-nov-12	77862553	107m	Hembra	43.5	17	III
26-jul-12	077 863 013	Macho	63	20.1	10-oct-12	77863013	40 m	Macho	45	19	
26-jul-12	077 863 779	Hembra	89	21.3	10-oct-12	77863779	45 m	Hembra	50.61	18	
26-jul-12	077 864 628	Macho	95	22	10-oct-12	77864628	40 m	Macho	66.84	22.3	
26-jul-12	077 866 023	Hembra	82	20	10-oct-12	77866023	40 m	Hembra	48.45	19	
26-jul-12	077 872 794	Hembra	99	21	12-nov-12	77872794	107m	Hembra	58.3	19	II
					12-nov-12	75089887	107m	Hembra	46.5	16.5	I

El primer traslado se hizo el 10 de octubre y se llevaron 20 ajolotes a las zanjas de 40 y 45 m. En el Laboratorio de Restauración Ecológica se prepararon bolsas con agua y aire y en cada una se introdujeron dos ajolotes. Las bolsas se colocaron en jivas de plástico. De esta manera disminuye el estrés del traslado para los ajolotes y se amortigua el movimiento (Figura 202).



Figura 202. Traslado de ajolotes a los refugios.

Los ajolotes fueron pesados y medidos en la chinampa antes de su liberación en los refugios (Figura 203).

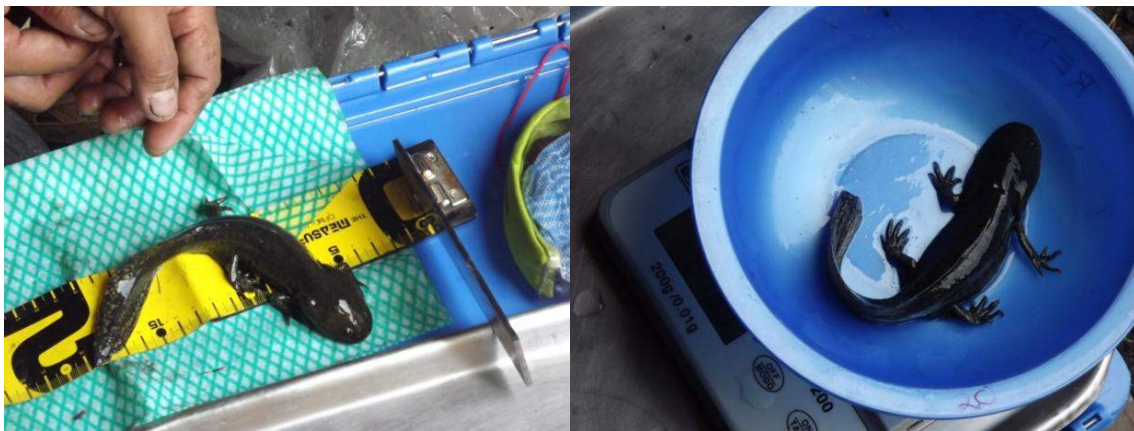


Figura 203. Toma de medidas morfométricas de los ajolotes.

Posteriormente se liberaron en las zanjas de 40 m y 45 m (Figura 204).



Figura 204. Proceso de liberación de ajolotes en las zanjas de 40 y 45 m, el 10 de octubre.

En la zanja de 40 m se encontró una culebra *Thamnophis eques*, misma que se retiró y se llevó a un canal externo, al otro lado del refugio, ya que se ha comprobado que son depredadoras de los ajolotes (Figura 205).



Figura 205. *Thamnophis eques* retirada de la zanja.

Se distribuyeron 10 ajolotes en cada zanja, con una proporción de sexos de cinco hembras y cinco machos en la zanja de 45 m, y seis machos con cuatro hembras en la zanja de 40 m. Todos estuvieron en buenas condiciones de salud, sin parásitos, lesiones o enfermedad aparente (Tabla 46).

Tabla 46. Relación de ajolotes liberados el día 10 de octubre de 2012.

MONITOREO DE AJOLOTES EN REFUGIOS							
Fecha de monitoreo	Zanja	No. de chip	sexo (h= hembra, m = macho)	peso (g)	talla (cm)	tamaño de branquias (cm)	Observaciones
10-Oct-12	45 m	57580355	M	66.71	22		
10-Oct-12	45 m	77843539	H	47.7	18		
10-Oct-12	45 m	77836615	M	64.69	22		
10-Oct-12	45 m	77855381	H	43.12	18	2	
10-Oct-12	45 m	77835090	M	46.04	19.5	2.3	
10-Oct-12	45 m	77844333	M	40.97	16	1.8	
10-Oct-12	45 m	77863779	H	50.61	18	2.2	
10-Oct-12	45 m	77801114	M	57.87	21	2.1	
10-Oct-12	45 m	77853276	H	48.96	19.5	1.3	
10-Oct-12	45 m	77852013	H	61.69	19.2		
10-Oct-12	40 m	77866023	H	48.45	19		
10-Oct-12	40 m	77856268	M	56.49	20		
10-Oct-12	40 m	77863013	M	45	19		
10-Oct-12	40 m	77864628	M	66.84	22.3		
10-Oct-12	40 m	77842025	H	57	20.5		
10-Oct-12	40 m	77839273	M	50.55	19		
10-Oct-12	40 m	57575299	M	57.15	21.5		
10-Oct-12	40 m	77847588	H	61.8	20.5		
10-Oct-12	40 m	77850793	M	56.86	21		
10-Oct-12	40 m	57565539	H	66.96	22	2	

El segundo traslado de ajolotes se hizo el día 12 de noviembre a la zanja de 107 m, una vez que ésta se estabilizó después de la limpieza y estuvo habilitada con las compuertas, encierros y plantas.

La preparación de los ajolotes se llevó a cabo de la misma manera, con bolsas de aire y en grupos de ajolotes por bolsa. Se traslocaron 27 organismos, los cuales se midieron y pesaron y quedaron distribuidos en tres encierros, en cada uno de los cuales hay una poza con profundidad de 50 cm en promedio (Figuras 206-209; Tabla 47).



Figura 206. Traslado de ajolotes el 12 de noviembre.



Figura 207. Toma de medidas morfométricas de cada ajolote.



Figura 208. Aspecto de los ajolotes llevados al refugio de 107 m.



Figura 209. Introducción de los ajolotes en el refugio de 107 m.

Tabla 47. Relación de ajolotes liberados el día 12 de noviembre de 2012.

MONITOREO DE AJOLOTES EN REFUGIOS								
No. de Ajolote	Fecha de traslocación	Zanja	No. de chip	sexo (h= hembra, m = macho)	Peso (g)	LT (cm)	Subgrupos en encierros	Observaciones
1	12-Nov-12	107m	57581536	H	74.12	21	I	
2	12-Nov-12	107m	57555042	H	55.6	19.4	I	
3	12-Nov-12	107m	77839293	H	43.2	16.5	I	
4	12-Nov-12	107m	77843325	H	53.8	18	I	
5	12-Nov-12	107m	77840256	H	47.5	18.5	I	
6	12-Nov-12	107m	57551639	M	50.2	20	I	
7	12-Nov-12	107m	75089887	H	46.5	16.5	I	COLA CORTA
8	12-Nov-12	107m	77851824	M	45.8	21	I	
9	12-Nov-12	107m	77835858	M	55.1	21	I	
10	12-Nov-12	107m	77859105	H	82.5	21	II	
11	12-Nov-12	107m	77844769	H	56.5	19	II	
12	12-Nov-12	107m	77840016	H	60.9	19.5	II	
13	12-Nov-12	107m	57587368	H	72.4	21.5	II	
14	12-Nov-12	107m	77848337	M	44.3	17.7	II	
15	12-Nov-12	107m	77848782	M	53.5	21	II	
16	12-Nov-12	107m	77799340	M	47.8	20	II	
17	12-Nov-12	107m	77856381	H	44.3	16.5	II	COLA CORTA
18	12-Nov-12	107m	77872794	H	58.3	19	II	
19	12-Nov-12	107m	57568850	M	61.2	21.5	III	
20	12-Nov-12	107m	57554310	M	65.8	22	III	
21	12-Nov-12	107m	77851269	M	54.9	20.7	III	COLA CORTA
22	12-Nov-12	107m	77858057	H	53.5	19.2	III	
23	12-Nov-12	107m	77856329	H	53.7	18	III	
24	12-Nov-12	107m	57578597	H	55.6	20	III	
25	12-Nov-12	107m	57553576	H	49	18	III	COLA CORTA
26	12-Nov-12	107m	77856052	H	49.7	16.8	III	COLA CORTA
27	12-Nov-12	107m	77862553	H	43.5	17	III	

7) Recaptura

En trabajos previos, la recaptura de los ajolotes se realizaba vaciando la zanja y colectándolos a mano directamente del sedimento. Sin embargo, debido a que el objetivo de esta nueva liberación en las zanjas fue monitorear su desarrollo reproductivo y que se reprodujeran dentro de los refugios y considerando que el periodo de ovoposición de la especie es de noviembre a marzo en condiciones naturales, se intentó estresarlos lo menos posible, disminuyendo la intensidad del muestreo.

Por lo tanto, el monitoreo de su desarrollo se llevó a cabo mediante colecta aleatoria con trampas diseñadas previamente por un alumno de la Licenciatura en Biología. Dichas trampas son garrafones de agua invertidos, con un poco de tubifex y/o tortilla dentro para atraer a los peces y a los ajolotes. El tubifex se retiró y cambió diariamente (Figura 210).



Figura 210. Trampas para recaptura de ajolotes con tubifex dentro.

Las trampas se colocaron del 12 al 20 de noviembre y se revisaron diariamente. Debido a que en la zanja de 107 m los ajolotes se llevaron el 12 de noviembre, solo se colocaron las trampas en las zanjas de 40 y 45 m, donde los ajolotes tenían ya un mes de estancia. En la zanja de 45 m se colocaron dos garrafones, a la mitad y al final de la zanja.

Resultados

El 14 de noviembre se recuperó un ajolote de la zanja 2 en el último encierro, donde se colocó un garrafón (Figura 211). El 16 de noviembre se recuperó un ajolote de la zanja 3 también al fondo del refugio (Figura 212). Los datos de los ajolotes recuperados se presentan en la tabla 48.

Tabla 48. Relación de ajolotes recuperados.

Ajolotes recuperados entre el 12 y el 20 de noviembre					
Fecha	Refugio	No. de chip	Peso (g)	LT (cm)	Peso (g) al 10 de octubre
14-Nov-12	45 m	77844333	49.74	16.5	40.97
16-Nov-12	40 m	77866023	66.4	20	48.45



Figura 211. Ajolote capturado el 14 de noviembre en la zanja de 45 m.



Figura 212. Ajolote capturado el 16 de noviembre en la zanja de 40 m.

En la zanja de 45 m también se encontró una rana dentro del garrafón (Figura 213).



Figura 213. Rana encontrada dentro de un garrafón.

Si bien la recaptura no se puede considerar representativa, sí se considera positiva, ya que en una semana fue posible capturar con una trampa a un ajolote en cada zanja, por lo que si se aumenta el número de trampas y se distribuyen en la zanja durante un mayor período de tiempo, se podrían recapturar más ajolotes. Asimismo, esta experiencia brindó una noción del crecimiento de los ajolotes, el cual fue aparentemente mejor en la zanja de 40 m, donde el ajolote capturado aumentó 17.95 g, en comparación con los 8.77 g del ajolote de la zanja 2.

El mismo 14 de noviembre, en la zanja de 107 m, donde se habían colocado trampas para recuperar carpas y tilapias, se encontró dentro de una de ellas a seis ajolotes y una puesta de huevos.

Los huevos se dejaron adheridos a la trampa y ésta se colocó dentro de una jaula para protegerlos de depredadores y estar en posibilidad de darles seguimiento una vez eclosionados (Figura 214).



Figura 214. Ovoposición de ajolote dentro de una trampa en la zanja de 107 m.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos mostraron estabilidad en parámetros como la temperatura y el pH, y una tendencia a la baja en la conductividad y sólidos

disueltos totales en las zanjas habilitadas en años anteriores. El oxígeno, sin embargo, es la variable más fluctuante y aleatoria.

Las medidas implementadas al interior de los refugios como la instalación de compuertas y la siembra de plantas acuáticas han sido benéficas para lograr dicha estabilidad.

El bombeo periódico de agua de los canales externos hacia los refugios fue importante para mantener niveles de oxígeno disuelto adecuados a los organismos acuáticos, en especial para peces e invertebrados. Para el ajolote también es un factor limitante en las primeras etapas de vida, desde huevo hasta su desarrollo en larvas de 5-6 cm, cuando sus hábitos alimenticios y de vida son principalmente bentónicos (Chaparro-Herrera, 2007).

Después de los 6 cm los ajolotes se vuelven más activos y comienzan a desarrollar sus branquias y hacen uso del saco pulmonar en condiciones de poco oxígeno, por lo que esta variable deja de ser limitante para este anfibio.

La presencia de ostrácodos, anfípodos y cladóceros entre el zooplancton, así como el desarrollo de los ajolotes dentro de los refugios, indica que existen las condiciones apropiadas para su desarrollo, sin embargo, se requiere mayor estudio en relación a los factores que favorecen el crecimiento de las poblaciones de invertebrados y a su dinámica estacional.

En este punto se puede mencionar que se ha observado mayor abundancia de zooplancton en las áreas con mayor cantidad de *Lemna spp.*

En relación a la recaptura de los ajolotes, se considera alentador el uso de trampas, a fin de evitar el vaciado de las zanjas, ya que las condiciones ambientales se modifican drásticamente y los ajolotes sufren de mayor estrés, por lo que se continuará la recaptura mediante trampas.

La puesta de huevos en la zanja de 107 m, será monitoreada y se espera lograr nuevas ovoposiciones, por lo que se hará un seguimiento cercano de todos los ajolotes trasladados a los refugios, hasta el mes de marzo, cuando finaliza la época reproductiva.

Informe sobre la relación costo-beneficio de mantener una chinampa con su refugio

Análisis financiero de la unidad ambiental “chinampa-refugio”

Resumen

El análisis financiero de la unidad ambiental Chinampa – Refugio presenta en detalle los costos de habilitación y mantenimiento de una propuesta que permite mejorar las condiciones ambientales de la zona lacustre de Xochimilco a la vez que se producen alimentos, se recuperan canales o zanjas, se rehabilita el hábitat de especies endémicas y se mejoran las condiciones de agua para riego. La unidad cuenta con 1400 m² de superficie disponible para cultivo de hortalizas y se ubica en la zona núcleo del Área Natural Protegida “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”. A través de la corrida financiera y el flujo de caja se muestra el comportamiento financiero durante cinco años de operación. Se consideran algunos cálculos para estimar la afluencia de visitantes a través de la Capacidad de Carga Física y se enumeran algunos riesgos a tomar en cuenta para disminuir la posibilidad de pérdida económica.

Alcances

En la actualidad la actividad agrícola dentro de las chinampas resulta diversa respecto al grado de incorporación tecnológica y técnicas utilizadas. Parte del equipo de trabajo son herramientas manuales como azadones, palas y bieldos, entre otras, y en algunos casos se utilizan motocultores y/o tractores. Para el riego de cultivos, algunos productores utilizan botes y regaderas manuales. La mayoría utiliza motobombas y en algunos casos se encuentran sistemas de riego por aspersion donde sólo es necesario conectar bombas y encenderlas. La producción de plantas ornamentales se realiza casi por completo bajo invernaderos con mayor o menor grado de incorporación tecnológica, es decir, hay productores que han establecido cubiertas con palos, ramas y plástico hasta invernaderos con estructuras sólidas y sistemas de riego incorporados. Por este motivo, aunque se haya analizado la misma zona, resultaría complejo y arriesgado establecer un análisis aplicable a todos los casos dentro de la zona chinampera ya que éste dependerá del enfoque productivo (plantas ornamentales o alimentos), grado de incorporación tecnológica, infraestructura y herramientas utilizadas, entre otros factores.

Este documento se refiere al análisis de la unidad chinampa – refugio que se ha desarrollado antes y durante este proyecto y por lo tanto, sólo se presentan los datos y proyecciones para dicha propuesta, lo cual podrá ser aplicable en mayor o menor grado en otros casos dentro de la zona chinampera, dependiendo de las condiciones iniciales de las unidades donde se pretenda incidir.

Exclusión de costos

Para el análisis no se ha considerado el costo de distribución y ventas ni el costo de asesoría técnica para la planeación, establecimiento, mantenimiento, seguimiento y evaluación de zona de cultivo y refugios. Respecto a la infraestructura se ha excluido el costo de la bodega para el resguardo de equipo y material y se incluyó sólo la infraestructura para la correcta elaboración de abonos orgánicos y biofertilizantes, así como la zona de acopio de los mismos.

Los costos o gastos que han sido excluidos no se consideraron necesarios en caso de proponer el modelo a otros productores. Debido a que la inclusión de los mismos incide en la rentabilidad del proyecto, estos gastos se externalizan a instituciones educativas, gubernamentales, sociales o civiles. En el caso de la biotrituradora se excluyó el costo inicial dentro de las inversiones (aunque se consideró la depreciación) pues ya se tenía al iniciar el proyecto. Se ha excluido también el pago de impuestos debido a las facilidades administrativas publicadas en el Diario Oficial de la Federación con fecha del 31 de Enero de 2012 en el Título 1. Sector Primario, apartado 1.7.

Características de la propuesta unidad chinampa - refugio

La propuesta tuvo la finalidad de reactivar, incentivar, mantener y mejorar la producción agrícola y la conservación de la biodiversidad en una unidad física compuesta por la chinampa, los canales y los apantles que la circundan. Por lo tanto, a la par que se mejora la calidad del sustrato agrícola con la aplicación de abonos orgánicos, se rehabilitan los canales y apantles extrayendo las plantas acuáticas que impiden el flujo del agua y aislándolos para evitar el paso de especies exóticas a fin de propiciar el desarrollo de especies nativas. Estas acciones también contribuyen a favorecer la circulación del agua y mejorar la calidad del agua utilizada para riego.

Las actividades agrícolas propuestas excluyen el uso de agroquímicos, favorecen las condiciones de fertilidad del suelo y estimulan la bioprotección de las plantas a través de abonos orgánicos, biofertilizantes, incorporación de limos, restos de cultivos y restos de cosechas. Además, con la extracción de limos se mejora paulatinamente la profundidad y navegabilidad de los canales que, aunado a la incorporación de diversas plantas acuáticas mejoran la calidad del agua. En el presente análisis resultó importante resaltar el mejoramiento gradual de agua y suelo ya que influye directamente en la productividad de las zonas de cultivo. Este mejoramiento gradual implica considerar el periodo de tiempo durante el cual la productividad es baja y los ingresos son mínimos. El periodo de tiempo mediante el cual se mantienen condiciones productivas poco favorables depende de las condiciones iniciales del suelo y el manejo que se hace del mismo. En este análisis se consideró una superficie de 1400 m² con condiciones de suelo poco fértil y un promedio de 20 años de inactividad agrícola donde se mejoraron paulatinamente las condiciones de fertilidad en un periodo de ocho meses de incorporación constante de abonos orgánicos, restos de materia orgánica y biofertilizantes.

Si bien el proyecto involucró la habilitación y mantenimiento de 2,500m², las condiciones de fertilidad, distancia y cultivos establecidos resultaron heterogéneos. Esto imposibilitó tener un análisis y propuesta estándar, por lo tanto se recortó la superficie a ser analizada a 1400 m² para obtener un estudio homogéneo y hacer propuestas de incidencia aumentando proporcionalmente los costos de acuerdo a la superficie. El periodo de acondicionamiento de refugios se consideró igual al de la generación de condiciones ideales dentro de la zona de cultivo, es decir, los cambios son paulatinos y las condiciones ideales se alcanzan a partir del noveno mes.

Por caracterizarse Xochimilco como zona turística, se ha incluido la posibilidad de obtener ingresos por medio de visitas a la zona de cultivo considerando la capacidad de carga física, siendo la producción y la venta de hortalizas las actividades principales y la base de los ingresos.

Colecta y registro de datos

Los datos se han obtenido de acuerdo a la inversión correspondiente a la limpieza, nivelado, establecimiento de cultivos, operación y mantenimiento, en el caso de la producción agrícola e infraestructura básica. Para el caso de los refugios se incluyeron los costos de apertura de zanjas, desazolve, mantenimiento (limpieza y desorillado), construcción y colocación de compuertas, costos que se han registrado durante todo el periodo de establecimiento de la unidad Chinampa – Refugio.

Costos

Esta sección representa la inversión inicial que requiere la unidad Chinampa – Refugio y los gastos operativos para su mantenimiento. Se presenta la inversión necesaria para iniciar la unidad de 1400 m². En ésta se definen los montos que requiere cada rubro con sus especificaciones. Respecto a los gastos operativos se consideró necesario mantener los sueldos por \$ 10,900.00 hasta el noveno mes. A partir de ese periodo se considera que la unidad tendrá una capacidad productiva del 100% y las labores de mantenimiento serán menores, por lo que disminuye la cantidad destinada a sueldos a \$ 6,100.00. Los costos de operación se mantienen constantes durante todo el periodo. En este caso es necesario aumentar las estimaciones por inflación que son presentadas en la sección correspondiente. En la tabla 49 aparecen algunos conceptos con el recuadro Inicial/Mensual, los cuales se refieren a que la inversión inicial es la misma en cada mes de operación, es decir, estos montos son considerados mensualmente dentro de la corrida financiera. Los costos se dividen en fijos y variables y se describe a continuación las consideraciones hechas para cada rubro:

Chinampas

Los datos correspondientes a este rubro son:

A. Costos Variables

1. Materias primas e insumos: Estiércol, rastrojo o paja, levadura y/o pulque, piloncillo, cal, carbón y leche.

2. Repuestos: Reparaciones de herrería para herramientas, llantas y cámaras para carretilla, mangos para palas, azadones y biellos, sustitución de plásticos, lazos, malla, entre otros.
3. Combustibles: Para el funcionamiento de bombas de riego y molino.
4. Mano de obra: Pagos extraordinarios a los sueldos debido al traslado de material y/o actividades de habilitación, operación y mantenimiento.
5. Otros: Gastos extraordinarios o imprevistos.

B. Costos fijos

1. Sueldos: Incluye limpieza, nivelación, barbecho, siembra, establecimiento de semilleros, generación y aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes, traslado de materiales y equipo, deshierbes, riegos, corte entre otros.
2. Alimentos: Compra y/o preparación de alimentos de personal operativo.
3. Otros: Herramientas y equipo con periodos de sustitución y/o reparación mayores a un año (bombas, mangueras, abrazaderas, arcos, tambos, cajas para traslado de productos, entre otros), así como una pequeña partición para imprevistos.

Refugios

Los datos correspondientes a este rubro son:

A. Costos Variables

1. Materiales: Malla-sombra, polines, manguera, equipo y herramienta (palas, biello, azadones, carretillas, entre otros).
2. Repuestos: Reparaciones en compuertas, repuestos para palas, redes entre otros.
3. Combustibles: Para el funcionamiento de bombas de riego y molino.
4. Mano de Obra: Pagos extraordinarios a los sueldos debido al traslado de material y/o actividades de habilitación, operación y mantenimiento.
5. Otros: Gastos extraordinarios o imprevistos.

B. Costos fijos

1. Sueldos: Incluye limpieza, desazolve, traslado de materiales y equipo, bombeos y actividades de mantenimiento en general.
2. Alimentos: Compra y/o preparación de alimentos de personal operativo.
3. Otros: Herramientas y equipo con periodos de sustitución y/o reparación mayores a un año (bombas, mangueras, abrazaderas, entre otros), así como reparaciones o sustituciones eventuales.

Costos de producción de productos chinamperos y mantenimiento de refugios y beneficios de venta con valor agregado

Conceptos y costos iniciales de Habilitación (Inversión)

Se muestran los costos necesarios para habilitar la unidad (Tabla 49). En el apartado de observaciones se especifican los materiales que incluye cada concepto y/o se amplía la información.

Tabla 49. Costos de habilitación de la unidad Chinampa – Refugio.

Costos de habilitación unidad "Chinampa- Refugio"						
Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Frecuencia	Costo Unitario	Costo total	Observaciones
Herramienta y Equipo	Varios	Varios	Unico	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	Incluye: viedos, palas, azadones, carretilla, guadaña, redes, lazo, hilos, cubetas, se incluye depreciación y reposición en sección correspondiente
Canoa	Pieza	Una	Unico	\$ 11,000.00	\$ 11,000.00	Se incluye depreciación y costo de reposición en la sección correspondiente
Remo	Pieza	2	Unico	\$ 250.00	\$ 500.00	
Bomba	Pieza	1	Unico	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	Se incluye depreciación y costo de reposición en la sección correspondiente
Pichancha, niples, abrazaderas	Varios	Varios	Unico	\$ 800.00	\$ 1,000.00	
Materiales para composta	Varios	Varios	Inicial/trimestral	\$ 3,000.00	\$ 5,000.00	Incluye: Estiercol, rastrojo o paja, levadura o pulque, carbon, piloncillo, cal.
Semillas	Varios	Varios	Inicial/Mensual	\$ 300.00	\$ 300.00	
Tunel para laboración de composta	Pieza	1	Unico	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00	Se incluye depreciación y costo de reposición en la sección correspondiente
Material para refugios	Varios	1	Unico	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	Incluye polines, malla, manguera, clavos y repuestos
Alimentos	Varios	1000	Inicial/Mensual	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00	
Nivelado	Jornales	40	Unico	\$ 200.00	\$ 8,000.00	
Labores de labranza	Jornales	35	Inicial/Mensual	\$ 200.00	\$ 7,000.00	Incluye batbecho, abonado delimitación de zona de siembra, deshierbes, limpieza, riego, creacion de semilleros, entre otras actividades
Compostaje	jornales	8	Inicial/Mensual	\$ 200.00	\$ 1,600.00	Incluye trituración, mezcla, bolteo, almacenaje
Elaboración de biofertilizantes	Jornales	3	Inicial/Mensual	\$ 200.00	\$ 600.00	Incluye elaboración
Apertura de zanjas	Jornales	50	Unico	\$ 200.00	\$ 10,000.00	Incluye: limpieza y desasolve de zanjas para ajolotes y zanjas aledañas para circulación de agua y riego
Mantenimiento de zanjas	Jornales	8	Inicial/Mensual	\$ 200.00	\$ 1,600.00	El costo varia en epoca de lluvias debido al crecimiento de hierbas y pasto, en este caso se incluye ademas de la zanja con ajolotes los canales aledaños a la chinampa
Combustible	Litros	20	Inicial/Mensual	\$ 11.00	\$ 220.00	Riego agricola y bombeo en zanjas con ajolotes y trituración de rastrojo, paja y zacate
				Total	\$ 70,020.00	

Costos fijos y variables de operación

Tabla 50. Costos fijos y variables en que incurre la unidad Chinampa – Refugio en el primer año y la proyección del segundo al quinto año.

Depreciación

Es importante considerar que los activos o equipos que se utilizan para generar bienes, en este caso productos agrícolas y abonos orgánicos, sufren una disminución anual de valor debido al desgaste o la obsolescencia. El desgaste genera bienes y por lo tanto ingresos, por este motivo la disminución en el valor del equipo y herramienta debe considerarse durante la operación de la unidad para que al transcurrir la vida útil pueda ser sustituido sin afectar la liquidez o estado financiero del mismo.

El cálculo de depreciación parte del costo inicial de los activos fijos (con periodo de reposición mayor a un año). La Ley General de Impuestos sobre la Renta en el artículo 41 fracciones I y XI establece una tasa anual de depreciación del 5% para embarcaciones y de 25% para activos en el caso de actividades agrícolas. Esto hace a los activos fijos (a excepción de la canoa) completamente depreciados en un periodo de cuatro años. La tabla 51 considera el valor de salvamento al tercer año y la depreciación anual de acuerdo con dicha ley, lo que resulta útil en términos fiscales aunque no siempre representa la depreciación real. Por ese motivo se realizaron cálculos de acuerdo a diversos criterios. En todos se ha considerado un periodo de vida útil de los activos de cinco años y cada uno establece montos de depreciación variables. En todos los casos, los montos obtenidos representan la cantidad de dinero que debe ser guardada anualmente para reponer los activos después de cinco años y por lo tanto deben ser considerados dentro del análisis financiero.

A continuación se presentan los diferentes cálculos de depreciación con la descripción pertinente en cada uno de los casos. Al final de las tablas se establece el criterio por el cual se definió el monto a ser considerado dentro del análisis.

Depreciación de activos según Ley de Impuesto Sobre la Renta

En este apartado se muestran los conceptos que se consideraron en el cálculo de depreciación de la unidad Chinampa- Refugio” de acuerdo a los criterios establecidos en la Ley General de Impuesto Sobre la Renta para efectos fiscales. En la tabla 51 se puede observar el costo inicial de los activos y el valor de depreciación de cada uno al año. El valor total representa a los activos completamente nuevos. En el cuadro de valor deducible por año se muestra el total de depreciación por año y el valor de salvamento indica el valor de cada uno de los activos y el valor total de los mismos después de tres años.

Tabla 51. Activos fijos.

Activos Fijos							
Concepto	U. Medida	Precio Unidad	Cantidad	Total	Tasa de depreciación Art.41 fracción I y XI Ley ISR	Valor de depreciación deducible por año	Valor de salvamento al 3 ^{er} año
Terrenos	Has	\$ -	1	\$ -	0	\$ -	\$ -
Biotrituradora (molino)	Pieza	\$ 50,000.00	1	\$ 50,000.00	25%	\$ 12,500.00	\$ 12,500.00
Canoa	Pieza	\$ 11,000.00	1	\$ 11,000.00	5%	\$ 550.00	\$ 9,350.00
Bomba	Pieza	\$ 6,000.00	1	\$ 6,000.00	25%	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
Herramientas y equipo	Varios	\$ 7,000.00	1	\$ 7,000.00	25%	\$ 1,750.00	\$ 1,750.00
Tunel para composta	Pieza	\$ 4,000.00	1	\$ 4,000.00	25%	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
				\$ 78,000.00		\$ 17,300.00	\$ 26,100.00

La depreciación total se obtiene al restar el valor total del activo menos el valor de salvamento

$$DT = \$78,000 - \$26,100 = \$51,900.00$$

Siguiendo el criterio debe considerarse guardar \$ 17, 300.00 anuales para la reposición de los activos después de concluir un periodo de tres años.

Cálculo de depreciación por el método de línea recta

Indica el valor de depreciación de los activos en cinco años tomando como base el valor inicial y el valor de salvamento de los activos, es decir, se calcula el valor que se debe considerar anualmente para poder reponer los activos al concluir cinco años (Figura 215).

Calculo de depreciacion por metodo de linea recta

$$D = \frac{C - S}{n}$$

Depreciacion es igual a : \$10,380.00

Donde:
C = Costo inicial del activo
S = Valor de salvamento
n = Años de vida util

\$78,000
\$26,100
5

Esto nos indica que la depreciacion anual sera de \$10,380.00, por lo cual se debera guardar esa cantidad en un fondo de reserva para reposición

Figura 215. Cálculo de depreciación por el método de línea recta.

Cálculo de depreciación por el método de Saldo Decreciente

Muestra el valor total del activo que se actualiza cada año. Se observa que el valor del activo en el primer año es de \$ 78,000.00 y la depreciación es de \$ 19,500.00. En el segundo año el valor inicial del activo es de \$ 58,500.00 (considerando este valor como si fuera el valor de los activos nuevos) y la depreciación es de \$ 14,625.00. Repitiendo el mismo criterio cada año, la depreciación es menor y el valor de salvamento es de \$ 18,510.00. Resulta útil para destinar recursos de depreciación en áreas diferentes de la organización según los requerimientos anuales (Figura 216).

Calculo de depreciacion por metodo de Saldo Decreciente

$$D_{i+1} = D_i - dD_i$$

$i = 0,1,\dots,n$

\$78,000
0.25
5

El cuadro representa el valor de depreciación en cada año y el valor de rescate al concluir los 5 años

Año	Valor inicial	Depreciación anual	Valor anual de activos
1	\$78,000	\$19,500	\$58,500
2	\$58,500	\$14,625	\$43,875
3	\$43,875	\$10,969	\$32,906
4	\$32,906	\$8,227	\$24,680
5	\$24,680	\$6,170	\$18,510

Figura 216. Cálculo de depreciación por el método de saldo decreciente.

Cálculo de depreciación por el método de Unidades de Producción

El cálculo muestra la depreciación de los activos considerando que sólo se deprecian de acuerdo al tiempo que se utilizan. Esto permite alargar o acortar el tiempo de vida útil y el monto destinado a cubrir la reposición de los mismos. Para este caso y de acuerdo a los datos obtenidos y la información proporcionada por diferentes actores dentro del proyecto se consideró el tiempo de vida útil de todos los activos (exceptuando canoas) de 400 horas y un tiempo de 80 horas anuales de uso (Figura 217).

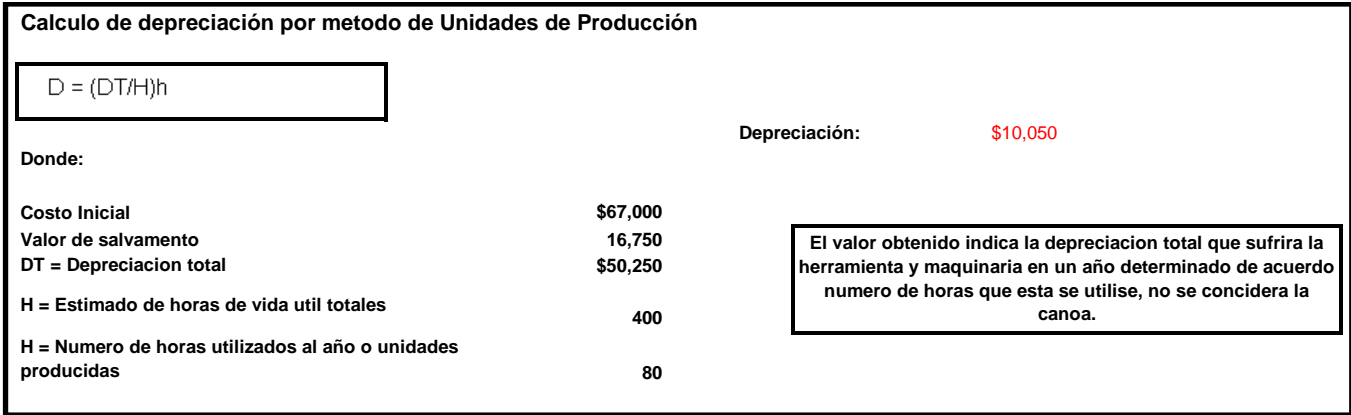


Figura 217. Cálculo de depreciación por el método de unidades de producción.

Cálculo de depreciación por el método de Fondo acumulativo de amortización

Se muestra como primer valor del análisis (dentro del recuadro “valor del activo”) la depreciación total que se obtiene en él. A partir de ese valor se calculó la depreciación que se acumula anualmente hasta concluir los cinco años que se establecieron como límite para renovar equipo y herramienta. El depósito anual por depreciación es igual pero los intereses ganados por mantener invertido el fondo de reserva aumentan anualmente, ya que el cálculo se realizó sobre el monto total del fondo acumulado. Al concluir cinco años y si no se realizan retiros se obtiene una ganancia de \$ 4,711.33 que puede ser utilizada para reponer activos (Figura 218).

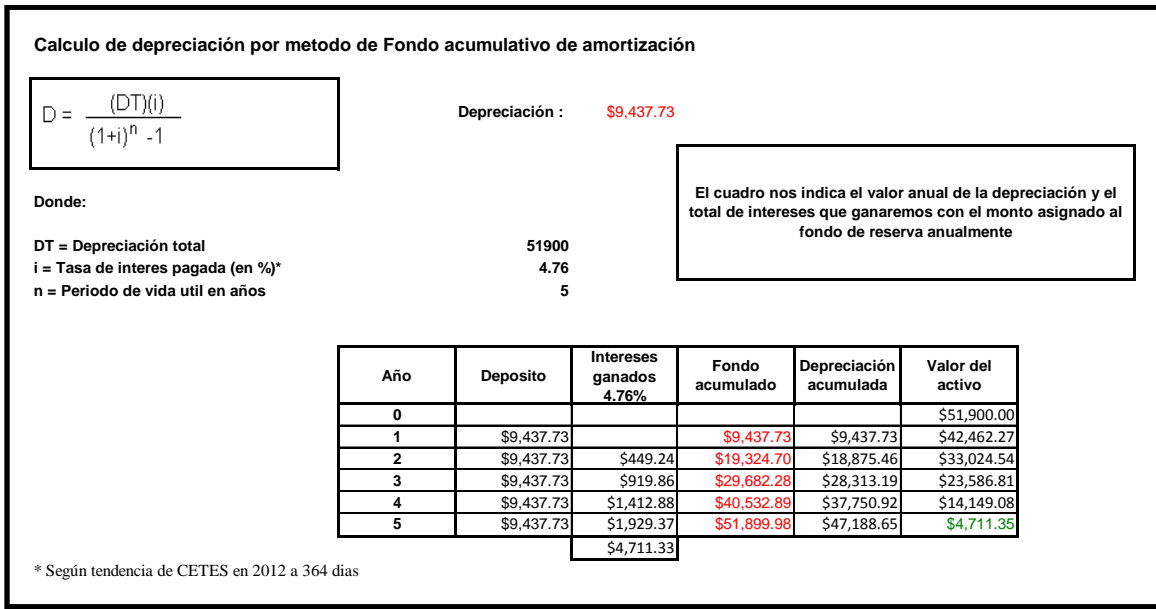


Figura 218. Cálculo de depreciación por el método de fondo acumulativo de amortización.

De lo anterior se puede decir que la depreciación promedio es de \$ 9, 955.91, monto que es considerado dentro del análisis financiero. Este monto se divide entre doce meses para obtener la depreciación mensual que se refleja en la corrida financiera (\$ 830 mensuales).

Beneficios de venta con valor agregado

Cálculo de rendimiento y Utilidad obtenida en la superficie de la unidad Chinampa – Refugio

Para realizar los cálculos correspondientes a los ingresos se requirió estimar la producción promedio en la superficie analizada (1,400 m²). Las estimaciones se han hecho de acuerdo a los productos que pueden mantenerse en el periodo agrícola Otoño – Invierno y los cálculos de rendimiento se han elaborado de acuerdo a las especificaciones hechas en el Manual de procedimientos para el manejo de abonos orgánicos y hortalizas. El aumento en la producción es gradual y se estimó que la capacidad plena de producción se obtiene a partir del noveno mes. Para el caso de romero y tomillo se considera como periodo de producción 12 meses, por lo cual se consideran ingresos hasta finales del primer año de establecida la unidad Chinampa – Refugio (Tabla 52).

Tabla 52. Cálculos de rendimiento y utilidad de las hortalizas.

Cultivo	Distancia recomendada	Superficie sembrada	Numero de plantas o matas	Rendimiento Mensual Planta o Mata en gramos	Cosecha mensual esperada en Kg o Piezas	Numero de meses para obtener cosecha	Precio de venta por Kg o Pieza	Utilidad Mensual 100%	25%	50%	75%
Acelga	40	80.6 mts	465	70	32.55	2.5	40	\$ 520.80	\$ 130.20	\$ 260.40	\$ 390.60
Cebollin	40	13 mts	40	60	2.4	1	70	\$ 168.00	\$ 42.00	\$ 84.00	\$ 126.00
Cilantro	20	171.6 mts	3,960	70	277.2	3.5	30	\$ 2,376.00	\$ 594.00	\$ 1,188.00	\$ 1,782.00
Espinaca	15	58.5 mts	1,500	200	300	2.5	20	\$ 2,400.00	\$ 600.00	\$ 1,200.00	\$ 1,800.00
Hierbabuena	40	18.2 mts	105	100	10.5	1	80	\$ 840.00	\$ 210.00	\$ 420.00	\$ 630.00
Lechuga	30	240.5 mts	2,448	Pieza	2,448	2.5	6	\$ 5,875.20	\$ 1,468.80	\$ 2,937.60	\$ 4,406.40
Menta	40	13 mts	40	100	4	1	80	\$ 320.00	\$ 80.00	\$ 160.00	\$ 240.00
Perejil	20	33.8 mts	780	300	234	3.5	30	\$ 2,005.71	\$ 501.43	\$ 1,002.86	\$ 1,504.29
Romero	70	18.2 mts	40	100	3	12	100	\$ 300.00	\$ -	\$ -	\$ -
Tomillo	70	18.2 mts	40	100	3	12	100	\$ 300.00	\$ -	\$ -	\$ -
Romeritos	Voleo	67.6 mts	67.7	4000	270.8	3	12	\$ 1,083.20	\$ 270.80	\$ 1,083.70	\$ 812.40
								\$ 15,105.71	\$ 3,626.43	\$ 7,252.86	\$ 10,879.29

Los cálculos de superficie sembrada fueron realizados de acuerdo a los datos presentados en presente informe.

El precio de venta se ha estimado más elevado que el obtenido en el mercado local del centro de Xochimilco. En la mayoría de los casos es el doble del precio obtenido al llevar la producción con los comerciantes locales. Este precio puede ofrecerse a los productores y cubrir los gastos de distribución en los diferentes mercados que han comenzado a crearse.

Los precios pueden variar de acuerdo a la época del año y el comportamiento de la oferta y la demanda.

Ingresos según capacidad inicial y capacidad plena

Se presenta el aumento paulatino en los ingresos durante el primer año alcanzando el 100% al mes 12 debido al periodo de desarrollo del romero y tomillo. Sin embargo, debido a que la diferencia en los ingresos no es significativa con el tomillo y el romero se considera alcanzada la capacidad plena a partir del noveno mes. Los ingresos obtenidos por visitantes también tienen un aumento gradual, alcanzando el máximo estimado a partir del noveno mes. Las estimaciones pueden mejorarse de acuerdo al comportamiento observado durante el primer año de operación. La limitante para este rubro estará determinada por la capacidad de carga turística, cálculo que se presenta en el apartado correspondiente (Tabla 53).

Tabla 53. Ingresos de acuerdo a la capacidad inicial y la capacidad plena.

CONCEPTOS	Año 1												TOTAL
	CAPACIDAD INICIAL						CAPACIDAD PLENA						
			25%		50%		75%		100%				
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Visitas	0	0	300	300	600	600	800	800	1,000	1,000	1,000	1,000	7,400
Venta de productos	168	168	3,626	3,626	7,253	7,253	10,879	10,879	15,106	15,106	15,106	15,106	104,276
Suman Ingresos	168	168	3,926	3,926	7,853	7,853	11,679	11,679	16,106	16,106	16,106	16,106	111,676

CONCEPTOS	Año 2 - 5												TOTAL
	CAPACIDAD PLENA												
	100%												
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Visitas	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000
Venta de productos	15,106	15,106	15,106	15,106	15,106	15,106	15,106	15,106	15,106	15,106	15,106	15,106	181,269
Suman Ingresos	16,106	16,106	16,106	16,106	16,106	16,106	16,106	16,106	16,106	16,106	16,106	16,106	193,269

Corrida Financiera

Se muestra la corrida financiera de la unidad Chinampa – Refugio. Aquí se conjunta la información obtenida en los cálculos de costos, depreciación, producción e ingresos y se muestra el comportamiento de la unidad en el primer año y las proyecciones hechas para el

Flujo de Efectivo

El flujo de efectivo representa las estimaciones hechas en la unidad Chinampa – Refugio. A cinco años de operación muestra los totales de cada uno de los conceptos y los ingresos que serán obtenidos. Se estima tener utilidad neta de \$ 63,073 anuales, es decir, esa es la cantidad que puede obtenerse como ganancia cada año (Tabla 55).

Con los datos obtenidos en el flujo de efectivo se calculó el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) a Tasa Anual (T.A.). El VAN representa el valor que tendrá la unidad “Chinampa Refugio” al quinto año de operación descontando la inversión inicial y la tasa obtenida por los Certificados de Tesorería (CETES) en 2012 a 364 días 4.76%, se puede observar que resulta una opción viable que permite obtener ganancias a partir del segundo año de operación. La TIR muestra que la propuesta de la unidad Chinampa – Refugio resulta viable y se puede obtener una utilidad muy por encima de la utilidad obtenida al invertir en CETES.

Tabla 55. Flujo de efectivo.

AÑO	1	2	3	4	5	SUMA
Ingresos	111,676	193,269	193,269	193,269	193,269	884,750
Costos de operación						
Variables	29,040	32,640	32,640	32,640	32,640	159,600
Fijos	126,000	87,600	87,600	87,600	87,600	476,400
Total	155,040	120,240	120,240	120,240	120,240	636,000
Utilidad de operación	-43,364	73,029	73,029	73,029	73,029	248,750
Depreciación	9,956	9,956	9,956	9,956	9,956	49,780
Utilidad Neta	-53,320	63,073	63,073	63,073	63,073	198,971

INDICADORES (T.A.) =	VAN*=	\$143,350.61
	TIR=	32.292%

* VAN se calcula de acuerdo a la tasa de interes estimada para CETES a 364 dias en 2012 (4.76%)

Riesgo

El riesgo es considerado en el sentido más amplio como la posibilidad de pérdida financiera. La evaluación del mismo puede determinarse cuantitativa y cualitativamente, considerando para su determinación factores que dependen de la naturaleza de la empresa o proyecto analizado. Para el análisis del mismo se consideraron cuatro tipos de riesgo en los que puede incurrir la unidad Chinampa – Refugio. Para el análisis se utilizaron diversas variables y factores, además de los resultados obtenidos como resultado de la corrida financiera y el flujo de efectivo.

Tipos de riesgo

Riesgo de mercado

Es la posibilidad de pérdida financiera debido al comportamiento de la oferta y demanda de productos agrícolas y fluctuación de visitantes o turistas al proyecto.

Riesgo operativo

Es la posibilidad de pérdida financiera debido a un aumento en los costos de operación o un aumento en la necesidad de personal operativo y/o aumento en los costos o cantidad de insumos indispensables para el funcionamiento óptimo.

Riesgo climático

Es la posibilidad de que eventuales factores climáticos (granizadas, sequías, lluvias, inundaciones, entre otros) afecten cultivos y disminuyan la posibilidad de asistencia de visitantes y por consiguiente los ingresos del proyecto.

Riesgo biológico

Es la posibilidad de que plagas y enfermedades afecten cultivos y por lo tanto los ingresos.

Riesgo de mercado

Afluencia de visitantes

Si bien los ingresos por afluencia de visitantes no representan el principal ingreso, se establece la capacidad que tiene el desarrollo para recibir visitas ya que dicha capacidad resulta el factor limitante para los ingresos de la unidad en este rubro. Como las actividades se realizan dentro de un Área Natural Protegida se realizan cálculos de Capacidad de Carga Física (CCF).

Los cálculos se basan en los siguientes supuestos:

- El espacio suficiente para que una persona se mueva libremente es de 1 m².
- El tiempo aproximado de visita es de una hora como máximo.
- El horario de visita es entre las 9:00 am y las 5:00 pm (8 horas diarias).
- La superficie disponible se calcula de acuerdo al número de pasillos y la superficie de cada uno, más el área destinada a la construcción de una palapa (Tabla 56).

Tabla 56. Superficie total disponible.

Numero de Pasillos	Superficie en Metros	Superficie Total en Metros
11	0.5 x 26	143
11	0.5 x 15	82.5
13	0.5 x 14	91
1	0.5 x 25	12.5
1	0.5 x 21	10.5
Total		339.5
Area de palapa		
25 x 10 metros =		250
Total		589.5

Capacidad de carga física (CCF)

Es el límite máximo de visitas que se pueden hacer al sitio durante un día. Está dada por la relación entre factores de visita (horario y tiempo de visita), el espacio disponible y la necesidad de espacio por visitante y el tipo de sendero (circular o lineal). Aunado a la CCF solo se toma en cuenta el factor de corrección pluvial ya que no se consideran afectaciones sobre vegetación, animales o algún otro factor.

La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$CCF = \frac{S}{Sp} \cdot Nv$$

Donde:

S = Superficie disponible m²

Sp = Superficie usada por persona

NV = Número de veces que puede ser visitado el sitio por una persona al día

Con los datos anteriores se obtiene:

S = 589.5

Sp = 1

NV = 1

$$CCF = \frac{589.5}{1} \cdot 1 = 589.5 \text{ mts}$$

La unidad tiene la capacidad de recibir 589.5 visitas al día de acuerdo al cálculo de Capacidad de Carga. Este indicador se ve afectado por el riesgo climático que está considerado en la sección correspondiente.

Riesgo por disminución en ventas de productos

Como el proyecto también considera la venta de productos agrícolas fue necesario evaluar la disminución de ingresos por venta de los mismos.

Análisis

Como se observa en la corrida financiera y en el flujo de efectivo, los ingresos mensuales por venta de productos no pueden disminuir más allá de \$ 4,227.00 siempre que se mantenga constante el ingreso de \$ 1,000.00 por visitas. Este límite permite mantener la operación de la unidad sin pérdidas, aunque la ganancia sería nula.

Recomendaciones

Enfocar la atención en generar y aumentar los mercados que han comenzado a generarse para aumentar las ventas y evitar el riesgo de inviabilidad del proyecto a largo plazo.

Riesgo Operativo

Se deriva de un aumento en los costos de mantenimiento y operación detonados por aumento de precios, necesidad de mano de obra o aumento en los requerimientos de insumos.

Análisis

En el proyecto resulta poco probable la necesidad de aumentar la cantidad de personal operativo si no aumenta la superficie de cultivo, por lo tanto, el principal factor a considerar es un aumento en el precio de insumos derivado de la inflación. El indicador es variable y debe considerarse de acuerdo a las estimaciones hechas por el Banco de México periódicamente. Para este caso se considera la inflación anual estimada para 2012 que es de 4.18%. En la figura 219 se muestra la tendencia de la inflación a partir de octubre de 2010 hasta octubre de 2012 (Banco de México, 2012). Para referencia resulta conveniente conocer el comportamiento de la inflación en el mismo periodo en los productos agropecuarios, los servicios y energéticos, que son los factores que afectan de manera directa a la unidad.

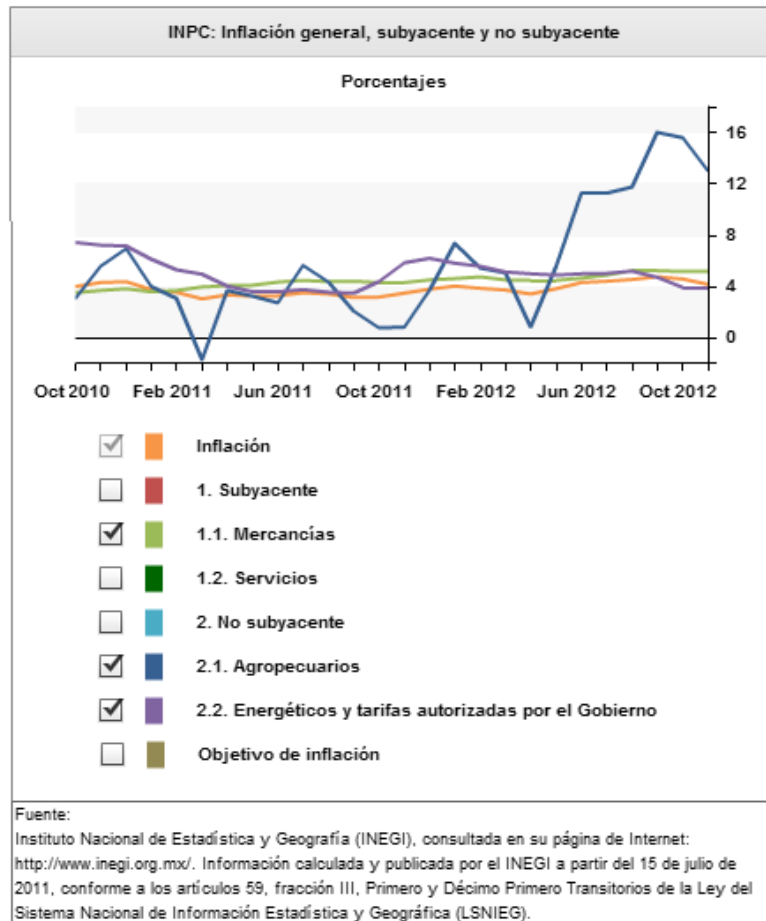


Figura 219. Inflación general subyacente y no subyacente.

La inflación en el sector agropecuario tiene grandes variaciones. A partir de marzo de 2012 se dio una disminución en la tendencia al aumento de precios; a partir de mayo de 2012 se dio un aumento de precios importante que a la fecha muestra una tendencia a la baja, como muestra la gráfica el sector agropecuario. Los indicadores de inflación promedio, mercancías y energéticos se muestran estables.

Recomendaciones

En los mercados que han comenzado a generarse se recomienda mantener los precios de venta estables durante todo el año para evitar fluctuaciones imprevistas, ya que el sector agropecuario es de los sectores con mayor variación de precios derivado de la inflación. Resulta importante mencionar a los compradores que sin importar el comportamiento de la oferta y la demanda se asegura un precio estable durante todo el año.

También se recomienda considerar un aumento en precios de venta del 4.18% para 2013 y en la medida de lo posible crear un fondo de reserva de por lo menos 4.18% sobre el VAN de la unidad para enfrentar problemas derivados de la inflación.

Riesgo climático

Obtenido el indicador de Capacidad de Carga Física (CCF) y considerando que la afluencia de visitantes puede afectarse por las lluvias se incorpora el Factor de Corrección Pluvial. La época de lluvias en la zona lacustre está considerada entre junio y octubre de cada año, aumentando la posibilidad de precipitaciones a partir de las 3 p.m. Así, se cuenta con 2 horas diarias sin la posibilidad de tener visitantes, ya que se considera horario de visitas hasta las 5 p.m.

Semanalmente se tienen 12 horas, por los cinco meses considerados se tienen 250 horas anuales sin la posibilidad de recibir visitas y 1,896 h anuales con la posibilidad de recibir visitas. Entonces, calculando el factor de corrección pluvial

$$FC_p = 1 - \frac{hl}{ht}$$

Donde:

hl : horas de lluvia limitantes por año

ht : horas que la chinampa está abierta por año

se obtiene:

$$FC_p = 1 - \frac{250}{1896} = 0.8681$$

Capacidad de carga real

$$CCR = CCF (FC_p) \quad CCR = 589.5 (0.8681) = 511.7$$

Se tiene entonces la capacidad de recibir 511 visitantes al día y como máximo se estima un total de 50 visitantes al mes con una cuota de \$ 20 por persona, lo que da un total de \$ 1,000 mensuales dentro de la corrida financiera.

Análisis

El riesgo derivado de las lluvias no representa una limitante para la capacidad de carga turística. Sin embargo, es importante considerar que durante cinco meses se tienen dos horas diarias menos para recibir visitas.

Recomendaciones

Es importante programar recorridos considerando la imposibilidad de recibir visitas de 9 a.m. a 3 p.m. para tener la certeza de hacer los recorridos sin contratiempos.

Se recomienda enfocar la atención en aumentar la afluencia de visitantes para mejorar los ingresos a la unidad, ya que la capacidad de carga real lo permite.

Afectaciones en cultivos

Los cultivos se pueden ver afectados por granizadas, sequías, tormentas, y heladas. Las labores de elaboración de abonos orgánicos y acopio de materiales se dificultan por las lluvias, así como las actividades de mantenimiento y operación de la zona de cultivo.

Recomendaciones

Es conveniente considerar dentro de los costos de inversión, la malla antigranizo. Se recomienda también calendarizar la producción de acuerdo a lo establecido en el Manual de procedimientos para el manejo de abonos orgánicos y hortalizas para disminuir el riesgo de pérdida por aumentos o bajas de temperatura. Las actividades de acopio de materiales y elaboración de abonos orgánicos deben programarse entre los meses de noviembre y mayo. En caso de que se elaboren abonos orgánicos en la temporada de lluvias Junio – Octubre, es recomendable hacerlo antes de las 3 p.m.

Riesgo biológico

Por la naturaleza del proyecto es probable que plagas y enfermedades afecten los cultivos.

Recomendaciones

Abonar constantemente cultivos para mejorar suelos y así mejorar el metabolismo de las plantas. La mejora en los suelos aporta microorganismos benéficos que ayudan a evitar la infestación por plagas y enfermedades. Existen productos derivados de extractos de plantas que son aptos para la agricultura orgánica. Se recomienda adquirirlos e incorporarlos a la unidad.

Opciones de Comercialización

En la unidad se ha establecido contacto con diferentes grupos de la sociedad que están interesados en participar con la recuperación de Xochimilco a través de la compra de hortalizas. En general existe una tendencia hacia el consumo de productos libres de agroquímicos y/o ambientalmente responsables, por lo que se considera que existe oportunidad de abrir espacios cada vez mayores de comercialización. A la fecha se han realizado visitas al Instituto de Biología de la UNAM donde un grupo de trabajadores, investigadores y estudiantes han adquirido productos provenientes de Xochimilco y han manifestado su interés en continuar haciéndolo e incluso han manifestado su deseo de ampliar la capacidad de venta invitando a más personas para que compren los productos de la zona chinampera. Se están entregando paquetes de diversas hortalizas en una unidad habitacional cerca de Xochimilco con un grupo de vecinos que han visitado la zona de producción y manifestaron su interés por participar en el proyecto adquiriendo los productos. También se han realizado entregas en restaurantes y a la fecha existen invitaciones para participar en diversos espacios como restaurantes y exposiciones vendiendo productos y promocionando el proyecto (Figura 220). Por este motivo se considera que a la par que se mejora la organización y la producción dentro de la unidad Chinampa – Refugio y con algunos productores que comienzan a participar en el proyecto se pueden ampliar los espacios de comercialización.



Figura 220. Diversos espacios donde han comenzado a comercializarse los productos de la Zona Lacustre de Xochimilco.

Conclusiones

La unidad ambiental Chinampa – Refugio representa una opción viable para mejorar las condiciones de la zona lacustre de Xochimilco si no se considera el pago a especialistas y la comercialización y produciendo al 100% de su capacidad. Si bien el primer año de operación representa una pérdida en términos económicos, a partir del segundo año de operación permite obtener ganancias por la producción y la venta de productos agrícolas aunada a la afluencia constante de visitas a la misma siempre y cuando se considere que esta actividad permita cubrir los gastos generados por los recorridos y obtener ganancias. Se requiere de inversión inicial que no puede ser recuperada de inmediato pero en el largo plazo el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno muestran un comportamiento favorable. Considerando que la TIR es de 32.292% es un desarrollo muy rentable. Con los indicadores proyectados se obtendrán ganancias mensuales por \$ 5,256.00 a partir del noveno mes vendiendo la totalidad de la producción y manteniéndola constante. Sin embargo, puede existir variación de acuerdo al ciclo productivo Primavera – Verano y el precio de venta obtenido por los productos. La unidad tiene capacidad de aumentar los ingresos de acuerdo a la afluencia de visitantes que puede aumentar de forma considerable sin afectaciones al Área Natural Protegida. Deben considerarse aumentos anuales de acuerdo a la inflación para no afectar las ganancias del desarrollo y realizar algunas modificaciones para disminuir el riesgo climático y biológico.

Existe un amplio potencial de generar espacios de comercialización para la venta de productos provenientes de la zona lacustre y generados con técnicas que no impactan negativamente al ambiente.

El análisis no considera los beneficios ambientales que representa la unidad Chinampa – Refugio que seguramente la convierte en una opción sumamente favorable para mejorar las condiciones de la zona lacustre de Xochimilco.

PESCA

Extracción de 50 toneladas de peces

Introducción

El hombre como especie debe su bienestar y éxito en gran medida al aprovechamiento de los servicios ecosistémicos. Sin embargo, la falta de planeación y el mal aprovechamiento de estos servicios, trajeron consigo la degradación del ambiente natural. En la Ciudad de México, en especial en la zona lacustre de Xochimilco, el recurso hídrico ha sido fuertemente afectado por la introducción de especies exóticas.

La incursión y el exitoso establecimiento de peces exóticos ha sido seguido de dramáticos cambios ecológicos (Bwanika *et al.*, 2006). El número de especies exóticas de peces registradas en México hasta 2004 era de 118. Una vez establecidas, la mayoría de estas especies son permanentes y su erradicación es difícil, costosa y muchas veces imposible (Pérez y Santiago, 2002).

La tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* es una especie que ha sido ampliamente trasladada en todo el mundo y generalmente se considera una plaga exótica.

Algunos ejemplos de la degradación del hábitat causada por la introducción de esta especie es el aumento de la turbidez que se ha producido en los cuerpos de agua, la modificación de las redes tróficas acuáticas y el desplazamiento de las especies nativas (Zambrano *et al.*, 2010).

La introducción del género *Tilapia* en México en nuevos cuerpos de agua resultó en dramáticas alteraciones ecológicas en los niveles de comunidad y ecosistema.

Desde su introducción en México, la tilapia ha sido muy apreciada en la piscicultura por su resistencia a las enfermedades, su tolerancia a una amplia variación de la temperatura, aceptación de una amplia gama de alimentos, tolerancia a aguas de baja calidad, tanto dulce como salobre e incluso marina. Estas características atractivas, impulsaron a los gobiernos a realizar su disseminación en diversos embalses alrededor del mundo por la facilidad de su reproducción y el deseo de obtener altos rendimientos a bajo costo (Basurto, 1995).

En 1977 llegaron a México los primeros ejemplares de *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) procedentes de Panamá y fueron depositados en el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama, Hidalgo, de donde se enviaron al Centro Acuícola de Temascal, Oaxaca (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986). En 1978 se efectuó una segunda introducción de *O. niloticus* en México (Pullin *et al.*, 1997) la cual se realizó en el centro acuícola Tezontepec, Hidalgo.

A partir de estas introducciones y el éxito obtenido en su cultivo, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) y el Instituto Nacional de Pesca (INP) se encargaron de realizar más introducciones y de verificar que estos organismos fueran distribuidos en la mayor parte de los embalses, ríos, cuencas y centros acuícolas del país con el fin de impulsar la acuicultura a nivel nacional (Secretaría de Pesca, 1994).

De esta forma y a finales de los 80s, con apoyo de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), se realizaron las primeras introducciones de tilapia (*O. niloticus*) dentro de la zona lacustre de Xochimilco con el fin de promover un recurso local para el desarrollo socioeconómico y alimenticio sustentable de las localidades, además de utilizar el potencial natural de esta zona de humedal. Sin embargo, la idea de este cultivo extensivo en un sistema natural no tuvo algún control o estudio sobre las consecuencias ecológicas que estos organismos podrían causar a corto, mediano o largo plazo.

Posición Taxonómica

Las tilapias que existen en México se clasifican de acuerdo con Berg modificado por Trewavas (1983) de la siguiente forma:

Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Superclase:	Gnathostomata
Serie:	Pisces

Clase: Actinopterygii
Orden: Perciformes
Suborden: Percoidei
Familia: Cichlidae
Género: *Oreochromis*
Especie: *niloticus*

En Xochimilco, la tilapia ha demostrado ser muy nociva. Al tener una tasa de crecimiento poblacional mayor a la de la pesca, las densidades de tilapia han generado múltiples problemas en Xochimilco. Por ejemplo, la tilapia realiza socavones en la zona ribereña de las chinampas generando agujeros que reducen la estabilidad de las paredes. La reducción de esta estabilidad ha generado la caída de ahuejotes en los canales y la pérdida de área chinampera. Otro problema que han generado las tilapias es la reducción de las especies nativas, por competencia o por depredación, en particular en relación con el axolote. En estudios experimentales se ha encontrado que las tilapias se alimentan de manera incidental de los huevos y alevines de los axolotes y la estructura trófica indica que los adultos de axolotes compiten con las tilapias por alimento.

Es por esto que resulta necesario generar un programa de reducción de tilapias en el sistema lacustre de Xochimilco. Por lo tanto, el objetivo es realizar este programa de pesca intensiva con el fin de reducir las densidades de tilapia en los canales de Xochimilco.

Método

Los organismos fueron capturados utilizando una red de 80 m de largo y 25 m de ancho y dos paredes de 175 y 120 m de caída con una pulgada de luz de malla. A este tipo de red se le denomina “red de calcetín” por su forma de saco alargado. La red de calcetín fue diseñada especialmente para la pesca en Xochimilco en proyectos previos de extracción de peces exóticos en el sitio. Para llevar a cabo una pesca eficiente con este

arte de pesca fue necesario el esfuerzo de 22 pescadores. Cada lance duró aproximadamente 30 minutos (5 horas por día). El tendido de la red se hizo en las mañanas (entre 9 a.m. y 3 p.m.) aprovechando las horas con mayor luz. La morfología de los canales de Xochimilco (angostos y largos) obligó a generar una red pasiva que evitara que los ajolotes fueran capturados y que, a su vez, permitiera capturar a las especies de peces exóticos (Figura 221).

La red se tejió a partir de 20 paños de monofilamento calibre 0.40 mm de una pulgada de luz de malla y un tamaño de 200 x 100 m. Se incluyeron además 10 paños de monofilamento calibre 0.25 mm de una pulgada de luz de malla y un tamaño de 100 x 100.

La red se elaboró utilizando 200 kg de plomo, 80 kilos de lazo, 300 boyas alargadas, 30 carretes de monofilamento calibre 0.40 mm y 30 carretes de hilo guía de monofilamento negro. La red se utiliza actualmente para la extracción de carpas y tilapias.

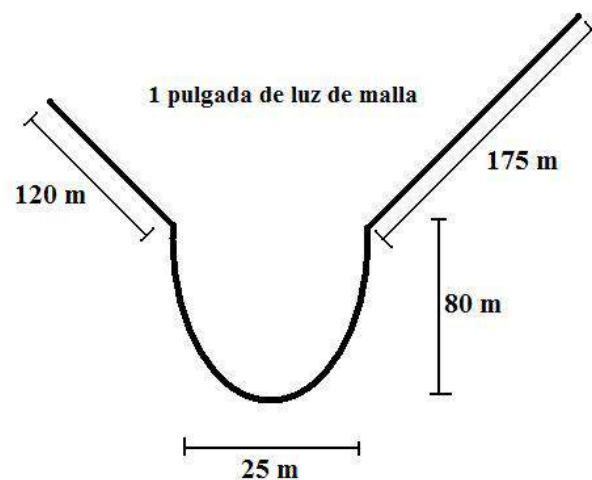


Figura 221. Diagrama de la red de calcetín y sus dimensiones, utilizada para la pesca intensiva.

La red utilizada para la extracción de las especies exóticas es la misma que se describe en la sección de marca y recaptura. El método de la extracción consistió en tender la red denominada calcetín y “arrear” al pescado desde una distancia de 200 metros golpeando la superficie del agua con tubos de metal y el fondo con remos. Para esta actividad participaron 18 pescadores. Una vez arreado el pescado, otros cuatro pescadores recibieron al pescado y levantaron la malla vertiendo el pescado en una canoa (Figura 222). En cada lance se realizó el conteo de los individuos y se midieron con un

Ictiómetro de 400 mm (± 1 mm) con el cual se registró la longitud patrón (L_p), que se define como la distancia que hay entre el hocico y el inicio de la aleta caudal (Sparre y Venema, 1997). En seguida, el organismo se colocó sobre una balanza digital de 2 Kg. (± 0.1 g) Ohaus modelo CS 2000 serie M 02.11, y se registró el peso, así como el sexo del organismo. Esto sólo se realizó con un porcentaje de los organismos colectados (1.5% aproximadamente). Para esto se llevó a cabo un muestreo en los canales Apatlaco, Cuemanco y Tlilac. Estos canales fueron elegidos debido a la abundancia de organismos que presentan, así como el tamaño adecuado de canal que es propicio para el uso de la red de caletín (Anexo 3; Figura 223). Todas las medidas se registraron en formatos especiales elaborados por el Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la UNAM (Anexo 4).





Figura 222. Procedimiento de pesca.

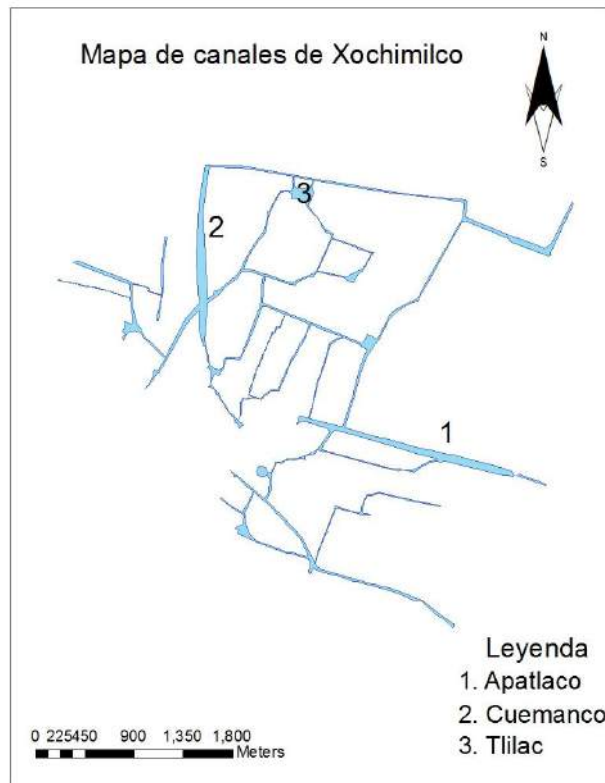


Figura 223. Ubicación geográfica de los canales de Xochimilco.

Con los datos de peso de todos los organismos se determinó la captura total, que se define como el número total de individuos o kilogramos capturados en las semanas de colecta. De esta captura total se obtuvo el promedio general del peso y talla para todos los organismos colectados con su respectiva desviación estándar.

Posteriormente se clasificaron los datos por semana y se obtuvo la captura de organismos en kilogramos por cada una de las nueve semanas de colecta, así como el promedio y su desviación estándar. Las semanas consistieron de cinco días de trabajo cada una.

Debido a la cantidad obtenida en cada día (aproximadamente una tonelada, que es igual a más de 9 mil organismos) se midió aproximadamente el 1.5% de cada día de colecta. Por lo tanto, se obtuvieron datos poblacionales de más de 135 organismos cada día. Los organismos se obtuvieron al azar en cada una de las muestras y fueron utilizados para el análisis poblacional. Con esto se obtuvo la distribución de frecuencias de tallas capturadas, así como el rango de tallas que se capturó. Para obtener la distribución de frecuencia de tallas se generaron intervalos de 1 cm de amplitud en los cuales se vaciaron todos los datos para poder obtener su frecuencia. Posteriormente se obtuvieron

los promedios con su desviación estándar para cada una de las semanas que se colectó, así como los promedios del peso de los organismos capturados.

Resultados

En el periodo comprendido entre el 1 de octubre y el 30 de noviembre de 2012 se extrajeron 52,607.1 Kg de tilapia que corresponden aproximadamente a 468,930 organismos (Tabla 57). El promedio en peso es de 72.28 ± 41.37 g y en talla el promedio es de 13.02 ± 2.50 cm. No se obtuvo ningún ejemplar de carpa (*Cyprinus carpio*).

Tabla 57. Cantidad de peces extraídos (kilogramos y organismos) en los diferentes canales de Xochimilco durante el mes de octubre y noviembre.

<i>Semanas</i>	<i>Kilogramos</i>	<i>Organismos</i>
1	5541.9	49735
2	4995.9	44835
3	5105.1	45815
4	5760.3	51695
5	4722.9	39200
6	5623.8	50470
7	7971.6	71540
8	6033.3	54145
9	6852.3	61495
Total	52607.1	468930

El promedio de captura semanal fue de 5845.23 ± 1015.38 Kg. La mayor captura en kilogramos se dio en la semana 7 con 7971.6 kg. La menor captura se obtuvo en la semana 5 con 4722.9 kg. (Figura 224).

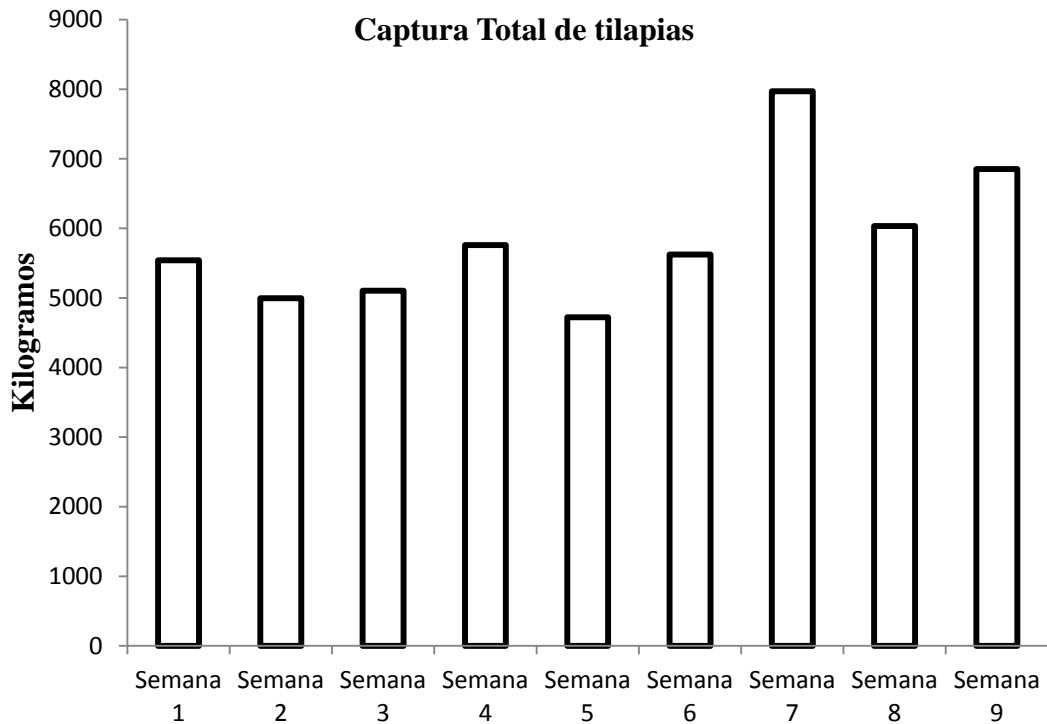


Figura 224. Captura semanal en Organismos y kilogramos para *O. niloticus*.

Conclusiones

El canal en el que hubo mayor cantidad de organismos fue en Tlilac, seguido de Cuemanco y Apatlaco. En donde menos tilapias se pescaron fue en el canal de Japón.

Existió una gran diferencia de organismos pescados por semana. Esto se debe a que en cada semana se colectó en diferente canal. Por lo tanto, las semanas en las que se llevó a cabo la pesca en el canal de Tlilac se pescó más que en las semanas en las que se pescó en Japón.

Documento: “Informe pesquero sobre el estado de las poblaciones de especies exóticas”

Marca y recaptura de los peces durante dos semanas

Introducción

La densidad y la abundancia de una población son parámetros fundamentales en la aplicación de algunos modelos de pesquería. La abundancia es un atributo de las

poblaciones variable en el tiempo y el espacio, y de singular importancia en el manejo de la fauna. Estimar la abundancia de una población permite evaluar y comparar su estado a través del tiempo en un área determinada. Asimismo, sirve como criterio de evaluación de la calidad del hábitat en la asignación de planes de manejo, entre otras cosas (Seber, 1982).

Los estudios de ecología de poblaciones son esenciales. Estos deben estar apoyados, entre otros factores, en el conocimiento de las fluctuaciones de densidad y biomasa, la estructura de edad de las poblaciones y sus áreas de actividad, así como detectar los principales factores que operan en la regulación de esos parámetros (Seber, 1982).

Objetivo

Estimar la densidad poblacional y la biomasa de *Oreochromis niloticus* en el sistema lacustre de Xochimilco.

Método

La captura de *Oreochromis niloticus* se llevó a cabo del 9 de agosto al 3 de septiembre de 2012. Los sitios de captura fueron previamente elegidos a partir de colectas anteriores en las que se observó una abundancia diferencial entre los canales. Puesto que fue necesario reducir las poblaciones de especies exóticas de peces se eligieron los canales con una abundancia superior al promedio. La colecta de peces para hacer la actividad de marca y recaptura se hizo mediante la red de caletín, mencionada en la sección de Extracción de 50 toneladas de peces. El tendido de la red se hizo en las mañanas (entre 9 a.m. y 3 p.m.) aprovechando las horas con mayor luz para tener una mejor observación de las marcas en los organismos.

Cada individuo de *O. niloticus* colectado fue marcado de manera permanente con una flechadora y plastiflechas de plástico (Figura 225). La marca fue colocada en las diferentes aletas de cada organismo para identificar el día de la marcación. Cada individuo capturado y recapturado fue registrado anotando la fecha y el canal en el que se llevó a cabo la colecta. Se utilizaron marcajes en las diferentes aletas, así como distintos colores de plastiflechas para evitar la confusión con marcas de individuos de

otros canales y facilitar el conteo de los individuos previamente marcados para las estimaciones de densidad y biomasa (Seber, 1973; Krebs, 1989; Figura 226).



Figura 225. Flechadora y plastiflechas empleadas en el marcaje de *O. niloticus* en varios canales de Xochimilco.





Figura 226. Procedimiento de marca y recaptura.

Procesamiento de datos

Se estimó la abundancia de *O. niloticus* utilizando el método de marca-recaptura múltiple. Este método fue desarrollado independientemente por Petersen (1896) y Lincoln (1930), por lo que se le conoce como el método de Lincoln-Petersen. Se seleccionó este modelo porque aprovecha en forma muy completa la información de marcas y recapturas. Este modelo se basa en una estimación final de N_i (número total de individuos) por medio de la ecuación de Petersen modificada por Bailey (1951):

$$N_i = (S1+1) (S2 +1)/M$$

N_i = Número total de individuos en el área colectada

$S1$ = Número de individuos de la primera captura

$S2$ = Número de individuos de la segunda captura

M = número de individuos recapturados en $S2$ con marcas de $S1$.

La biomasa de las poblaciones se expresa como peso por unidad de área y se utilizó la siguiente ecuación (Seber, 1982):

$$B = (D)(W) = (D)\left(\sum \left(\frac{W}{n}\right)\right)$$

DONDE:

B = Biomasa (g/ha)

D = densidad

W = Peso promedio de los individuos

n = Número de individuos en la muestra.

Resultados

A lo largo del estudio se marcó un total de 39189 peces en cuatro localidades. En la tabla 58 se incluye el número de marcas y recapturas por cada localidad. Asimismo, en

las figuras 227-230 se muestran los resultados de marca y recaptura por fecha y por localidad.

Tabla 58. Población estimada usando el método de marca y recaptura por zona.

Especie	Fecha	Zona	Captura	Recaptura
<i>O. niloticus</i>	9-08-12 al 13-08-12	Apatlaco	13245	183
<i>O. niloticus</i>	16-08-12 al 20-08-12	Cuemanco	15680	62
<i>O. niloticus</i>	23-08-12 al 27-08-12	Japón	3348	72
<i>O. niloticus</i>	30-08-12 al 03-09-12	Tlilac	6916	12
Total			39189	329

Apatlaco							
	Capturados	Marcados	Rc-Lns	Rc-Mrts	Rc-Mrcls	Rc-Jvs	Rc-Vrns
Lunes	2940	2851	--	--	--	--	--
Martes	5635	4520	16	--	--	--	--
Miércoles	2940	2940	9	18	--	--	--
Jueves	3185	2934	20	33	14	--	--
Viernes	6370	--	18	19	22	14	--
Total	21070	13245	63	70	36	14	
Sitio: Apatlaco							
Fecha: 9-08-12 al 13-08-12							
Total recapturados: 183 organismos							
13245 total de organismo marcados							
Recapturados	183	Recapturado	1.38%				

Figura 227. Datos de la marca y recaptura realizada en Apatlaco. RC = recaptura; Lns = Lunes; Mrts = Martes; Mrcls = Miércoles; Jvs = Jueves y Vrns = Viernes.

Cuemanco								Migración	
	Capturados	Marcados	Rc-Lns	Rc-Mrts	Rc-Mrcls	Rc-Jvs	Rc-Vrns	Capturados	Apatlaco
Lunes	5390	4841	--	--	--	--	--	Lunes	1
Martes	--	--	--	--	--	--	--	Martes	--
Miércoles	--	--	--	--	--	--	--	Miércoles	--
Jueves	4900	4794	19	--	--	--	--	Jueves	3
Viernes	5390	--	11	--	--	32	--	Viernes	5
Total	15680	9635	30	--	--	32		Total	9
Sitio: Cuemanco									
Fecha: 16-08-12 al 20-08-12									
Total recapturados: 62 Organismos									
9635 total de organismo marcados									
Recapturados	62	Recapturado	0.64%						

Figura 228. Datos de la marca y recaptura realizada en Cuemanco. RC = recaptura; Lns = Lunes; Mrts = Martes; Mrcls = Miércoles; Jvs = Jueves y Vrns = Viernes.

Japón								Migración		
	Capturados	Marcados	Rc-Lns	Rc-Mrts	Rc-Mrcls	Rc-Jvs	Rc-Vrns	Capturados	Apatlaco	Cuemanco
									Semana 1	Semana 2
Lunes	--	--	--	--	--	--	--	Lunes	3	1
Martes	1470	1428	--	--	--	--	--	Martes	3	
Miércoles	1225	903	--	1	--	--	--	Miércoles		2
Jueves	1225	1017	--	11	24	--	--	Jueves	4	4
Viernes	4900	--	--	5	15	16	--	Viernes		
Total	8820	3348	--	17	39	16		Total	10	7
Sitio: Japón								Total	17	
Fecha: 23-08-12 al 27-08-12										
Total recapturados: 72 Organismos										
8820 total de organismo marcados										
Recapturados	72	Recapturado	2.15%							

Figura 229. Datos de la marca y recaptura realizada en Japón. RC = recaptura; Lns = Lunes; Mrts = Martes; Mrcls = Miércoles; Jvs = Jueves y Vrns = Viernes.

Tlilac								Migración			
	Capturados	Marcados	Rc-Lns	Rc-Mrts	Rc-Mrcls	Rc-Jvs	Rc-Vrns	Capturados	Apatlaco	Cuemanco	Japón
									Semana 1	Semana 2	Semana 3
Lunes	3920	3711	--	--	--	--	--	Lunes	1	8	
Martes	--	--	--	--	--	--	--	Martes			4
Miércoles	3430	3205	12	--	--	--	--	Miércoles	3	3	
Jueves	--	--	--	--	--	--	--	Jueves			9
Viernes	--	--	--	--	--	--	--	Viernes			
Total	7350	6916	12					Total	4	11	13
Sitio: Japón								Total	28		
Fecha: 30-08-12 al 03-09-12											
Total recapturados: 12 Organismos											
6916 total de organismo marcados											
Recapturados	12	Recapturado	0.17%								

Figura 230. Datos de la marca y recaptura realizada en Tlilac. RC = recaptura; Lns = Lunes; Mrts = Martes; Mrcls = Miércoles; Jvs = Jueves y Vrns = Viernes.

En cada canal se realizó un cálculo independiente. De esta manera, el cálculo total fue la suma de las poblaciones totales obtenidas por el modelo Lincoln-Petersen. Utilizando el supuesto de que no existe migración entre canales y sumando los valores de cada canal se obtuvo un total de 8,231,305.19 individuos de *O. niloticus*, lo que equivale a una biomasa de 917.20 toneladas (Tabla 59).

Tabla 59. Densidad y biomasa estimada con el método de marca y recaptura para *O. niloticus* para cada uno de los canales. La densidad estimada se refiere al número de organismos y la biomasa estimada está medida en kilogramos.

Zona	Captura	Recaptura	Densidad estimada	Biomasa estimada
<i>Apatlaco</i>	13245	183	1,516,882.97	169,024.10
<i>Cuemanco</i>	15680	62	2,398,446.29	267,255.44
<i>Japón</i>	3348	72	404,678.48	45,092.74
<i>Tlilac</i>	6916	12	3,911,297.46	435,830.29

Discusión y Conclusiones

Xochimilco es un lugar muy heterogéneo, por lo tanto, los organismos no sobreviven de la misma manera en los diferentes canales. Esto parece ser particularmente importante para los vertebrados e incluso para las especies exóticas como las tilapias (Contreras, 2012). Por lo tanto, aún cuando existe cierta migración entre los canales, es altamente probable que ésta sea muy reducida. Así, el análisis de marca recaptura realizado pretendió encontrar la varianza entre los diferentes sitios con el fin de contar con un panorama más certero de la abundancia de las tilapias dentro de Xochimilco. El supuesto utilizado para este ejercicio es que la migración afectaba poco a los números totales y por ello no se considera al momento de realizar el análisis general.

Este segundo ejercicio de marca-recaptura sugiere que durante los últimos cinco años, la cantidad de tilapias ha crecido en 200 toneladas. Es posible que esto se deba a las interrupciones de pesca durante muchos meses en los cuales las tilapias tienen capacidad de reproducirse continuamente. Por lo tanto, cada programa de trabajo sobre la reducción de tilapias tiene que comenzar desde abajo. Por lo anterior es fundamental generar un programa intensivo que se mantenga a lo largo de no menos de tres años sin interrupciones. Con esto, es posible que la densidad de tilapias baje considerando además que la cantidad de organismos ahora capturados está por encima del Rendimiento Máximo Sostenible (ver la sección de Análisis Poblacional de las Especies Exóticas).

Análisis poblacional de las especies exóticas

Introducción

El análisis pesquero es fundamental para contar con bases numéricas al momento de hacer cualquier manejo con este recurso. Este análisis comenzó en los 40's como parte de los análisis de entendimiento ecológico poblacional. Estos análisis buscaban evitar la sobrepesca en diferentes partes del mundo. Los fundamentos de la ecología pesquera siguen vigentes y se basan en la capacidad de los organismos y su capacidad de sobrevivencia a lo largo de su historia de vida.

Algunas de las variables para medir la dinámica poblacional de los peces son utilizadas como parámetros en la colecta de peces. De esta manera los análisis pesqueros pueden ayudar a conocer la Captura por Unidad de Esfuerzo (que es la cantidad de peces obtenidos por un esfuerzo estandarizado). Asimismo, de estos análisis se pueden obtener variables como la tasa de crecimiento individual o la talla máxima de los peces. Estas variables son útiles para encontrar el Rendimiento Máximo Sostenible (que es la cantidad máxima de peces que se pueden pescar sin afectar la capacidad poblacional de crecimiento al año siguiente).

El objetivo de estas técnicas siempre ha sido evitar que el recurso pesquero llegue a una crisis por una disminución drástica de la población. Por el contrario, en este proyecto se busca disminuir las poblaciones de los peces. Por lo tanto, la información generada se utiliza para sobrepasar los límites pesqueros. De esta manera se asegura una disminución de los organismos nocivos para el ecosistema.

Método

La CPUE (Captura por Unidad de Esfuerzo) está definida como el número de organismos o el peso total en kilogramos entre el número total de lances.

Para cada canal se obtuvo la abundancia de organismos capturados, así como la talla media y peso medio de captura. Los resultados fueron analizados con una ANOVA de una vía para determinar si existen diferencias significativas entre los canales con respecto a la abundancia de peces en cada uno de ellos. Para determinar la proporción sexual de la especie de manera total y verificar si ésta es 1:1 (Nikolsky, 1963) se contó

el número de machos y hembras de toda la población y se aplicó la prueba de bondad de ajuste de chi-cuadrada (χ^2) con α de 0.05 (Daniel, 1997).

Debido a que los peces crecen de manera diferencial dependiendo de la cantidad de recursos que ofrece el sistema (Ricker 1975), se realizó el análisis de la relación peso-longitud para determinar el tipo de crecimiento que existe en Xochimilco. La relación entre la longitud y el peso del pez puede expresarse generalmente con la siguiente ecuación (Pauly, 1984):

$$P = a L^b$$

Donde:

P = peso total

L = longitud patrón

a y b = Constantes empíricas

La transformación logarítmica de esta expresión resulta ser una función lineal:

$$\text{Log } P = \log a + b \log L$$

La obtención de la ordenada al origen ($\log a$) y de la pendiente (b) se obtuvo aplicando el método de regresión lineal por medio de los mínimos cuadrados. De esta forma se generó la ecuación de la relación peso-longitud para el total de la población.

Al valor obtenido de la pendiente se le aplicó una prueba de t -Student para determinar si el valor representa alometría ($B \neq 3$) o isometría ($B = 3$; B es el valor paramétrico desconocido del estimador b). El valor alométrico indica si las tilapias tienen cantidad suficiente de recurso. En el caso de altas densidades donde el recurso es escaso por la competencia por comida es de esperarse que el valor alométrico de los organismos esté por debajo de 3. En otras palabras, este valor sugiere la escasez de recurso ante una densidad muy alta de peces.

El comportamiento de los datos en frecuencias de tallas de los peces pueden indicar el número de cohortes. Así, una multimodalidad en la frecuencia de tallas en una población sugiere varias cohortes en donde cada moda representa un evento

reproductivo en el año y por lo tanto una cohorte. Esto es muy útil para comprender la cantidad de eventos reproductivos por año y la velocidad de crecimiento de las cohortes a lo largo del tiempo. Para esto se utilizó el modelo de Batthacharya (1967), el cual consiste en separar cada una de las distribuciones normales (componentes gaussianos), las cuales se interpretan cada una como una cohorte de peces.

Para reducir la varianza en los datos, a cada una de las distribuciones normales se les aplicó logaritmo para transformar la curva normal en una parábola y posteriormente, se obtuvo la diferencia entre los logaritmos para obtener rectas con pendiente negativa que representa la distribución normal (Sparre y Venema, 1997). Los cálculos se hicieron con los programas escritos para Stata por Salgado-Ugarte y colaboradores (1994; 2000).

Para lograr obtener variables como el Rendimiento Máximo Sostenible que nos permitirá conocer el mínimo de pesca necesario para reducir las poblaciones, es fundamental obtener variables poblacionales como la tasa de crecimiento individual (para esto se utilizan el análisis de frecuencia de tallas) y otras funciones relacionadas con el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (1938), cuyos valores de las constantes (L_{∞} , W_{∞} , K y t_0) se determinaron por medio del método de Ford-Walford, Gulland y Beverton y Holt (Pauly, 1983; Gómez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2000). Este es un modelo matemático que se ajusta al crecimiento observado en la mayoría de las especies de peces (Sparre y Venema, 1997).

$$L_t = L_{\infty} * [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Donde:

L_{∞} = Talla media de un pez muy viejo o longitud asintótica.

K = Tasa de crecimiento o constante de catabolismo que determina la rapidez con la que el pez alcanza L_{∞} .

t_0 = Parámetro de condición inicial que determina el punto en el tiempo en el que el pez tiene talla cero.

$L(t)$ = Talla o longitud del pez.

t = Edad del pez.

El modelo de von Bertalanfy considera dos criterios importantes: se ajusta a la mayoría de los datos observados de crecimiento de los peces y pueden incorporarse fácilmente a modelos para la evaluación de poblaciones (Gómez-Márquez, 1994).

Los valores se pueden derivar a partir de datos de tallas por edades mediante métodos gráficos, que siempre se basan en una conversión a una ecuación de tipo lineal, como en el método de Ford-Walford (1949), Gulland (1969) y Gulland y Holt (1959; Sparre y Venema, 1977).

Los procesos de determinación de los parámetros de las expresiones de crecimiento, consisten en ajustar dichas expresiones a los valores observados mediante una selección de parámetros. Estos hacen que la curva expresada por la función de crecimiento pase tan próxima como sea posible a la mayoría de los puntos (Gómez-Márquez, 1994). Los parámetros de la función de crecimiento fueron estimados usando los procedimientos computarizados presentados en Salgado-Ugarte y colaboradores (2000; 2005).

Resultados

Tamaño y peso de las tilapias

Los resultados obtenidos en los análisis de varianza (Tabla 60) muestran que no existen diferencias significativas en la longitud y peso de los peces que habitan los canales muestreados, lo que sugiere que no existe una heterogeneidad en las poblaciones dependiendo del sitio donde viven (Figura 231).

El sitio con el promedio mayor de tallas para *O. niloticus* fue Apatlaco (13.35 ± 2.66 cm de longitud patrón, que se refiere a la talla del pez desde el hocico hasta el final del pedúnculo caudal). Sin embargo, al comparar las tallas entre los canales mediante un análisis de varianza (ANOVA) no se encontraron diferencias significativas en las tallas ($F_{3, 6} = 2.18; P = 0.05$).

Tabla 60. Intervalos de Longitud y peso para organismos de *Oreochromis niloticus*; d.s. = desviación estándar.

Longitud patrón	media	d.s	mínimo	máximo
Apatlaco	13.35	2.66	6.5	22
Cuemanco	12.8	2.48	5	29
Tlilac	12.61	2.37	6	19.4
Peso total	media	d.s	mínimo	máximo
Apatlaco	82.56	47.58	11.12	329
Cuemanco	72.76	41.05	6.7	330
Tlilac	61.54	35.49	5.8	191

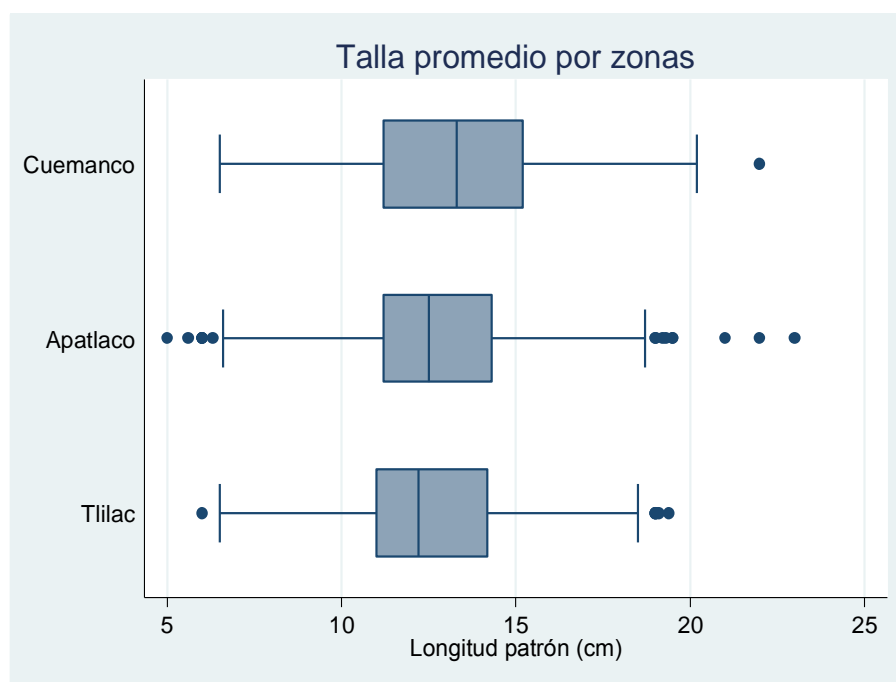


Figura 231. Tallas promedio por zonas para *O. niloticus*.

Con respecto al peso de *O. niloticus*, el valor más alto en promedio fue observado en el mismo canal donde se registraron las mayores tallas (Apatlaco 82.56 ± 47.58 g; Figura 232). Al aplicar el ANOVA no se encontraron diferencias significativas entre los pesos de los organismos en los distintos canales ($F 3, 6 = 1.352$; $P = 0.05$).

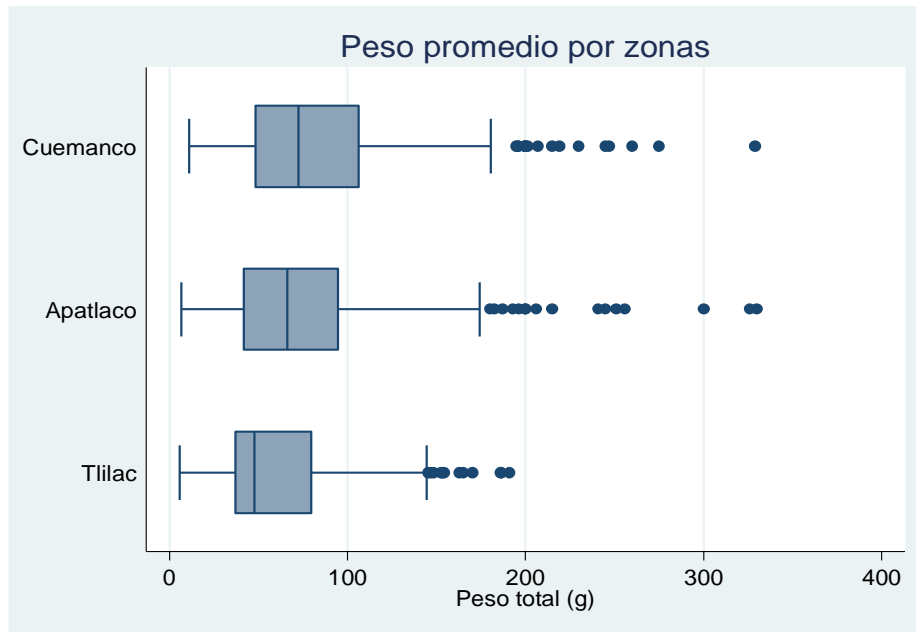


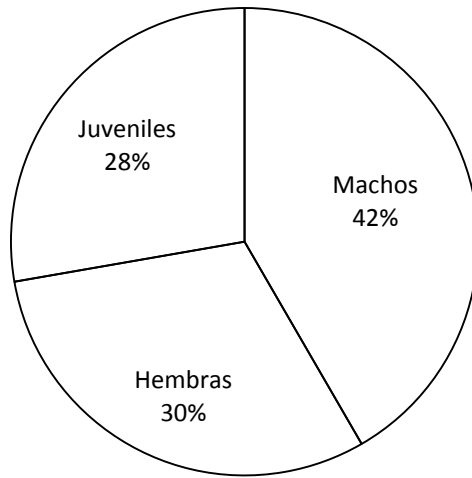
Figura 232. Peso promedio por zonas para *O. niloticus*.

Proporción sexual

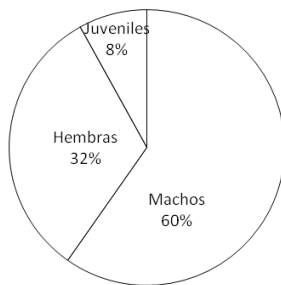
De 1496 organismos sexados en el periodo de octubre a noviembre de 2012, el 42% correspondió a machos (643), el 30% a hembras (458) y el 28 % a individuos cuyo sexo es indeterminado (395). La proporción sexual macho:hembra para este periodo fue de 1:1.40 ($\chi^2=31.09$; $P<0.05$).

Asimismo, la proporción sexual para individuos de *O. niloticus* se realizó por canal de extracción mostrando el mismo comportamiento en cuanto a la proporción para todos los sitios de colecta. Los cambios en las proporciones de machos, hembras y juveniles entre los canales se deben fundamentalmente a los juveniles que aumentan en abundancia en Tlilac mientras que en Apatlaco son mucho menos abundantes (Figura 233, Tabla 61). Esto sugiere que existe una distribución heterogénea en la población de peces. Algunos lugares como Tlilac están funcionando como sitios de crecimiento de tilapias mientras que otros lugares como Apatlaco son preferidos por los adultos. Sin embargo, haciendo a un lado los juveniles, la relación entre machos y hembras es muy parecida en todos los canales. Esto sugiere que no existe variabilidad en las proporciones de machos y hembras (Figura 233, Tabla 61).

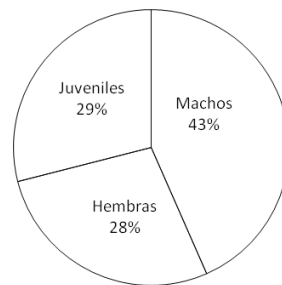
Proporción sexual de la población de *O. niloticus*



Proporción sexual de *O. niloticus* en Apatlaco



Proporción sexual de *O. niloticus* en Cuemanco



Proporción sexual de *O. niloticus* en Tlilac

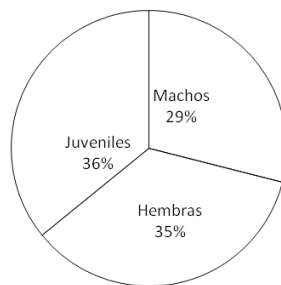


Figura 233. Proporción sexual general y por sitio de *O. niloticus*

Tabla 61. Composición y proporción sexual de *O. niloticus*.

	Machos	Hembras	Juveniles	Totales	H:M	χ^2
Apatlaco	141	76	19	236	1.85	19.47
Cuemanco	352	224	235	811	1.57	28.44
Tlilac	130	158	161	449	0.82	2.72

Captura por Unidad de Esfuerzo

Se determinó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) con la extracción de peces. La forma más adecuada para obtener y analizar los rendimientos de pesca corresponde a la captura en número de individuos obtenida por lance realizado.

La extracción total de tilapia fue de 468,930 organismos, que representa una captura en peso de 52,607.1 kg. La CPUE semanal obtuvo un promedio de $5055.53 \pm 1,035.09$ organismos/Lance. En relación a los kilogramos por lance el promedio fue de 569.90 ± 126.96 kg/Lance. En la semana 5 se presentó la mayor CPUE en cuanto a kilogramos con 787.15 kg/lance. Asimismo, esta semana presentó la mayor CPUE en organismos con 6533.3 organismos/lance. La semana con menor CPUE fue la semana 4 con 3692 organismos por lance (Figura 234).

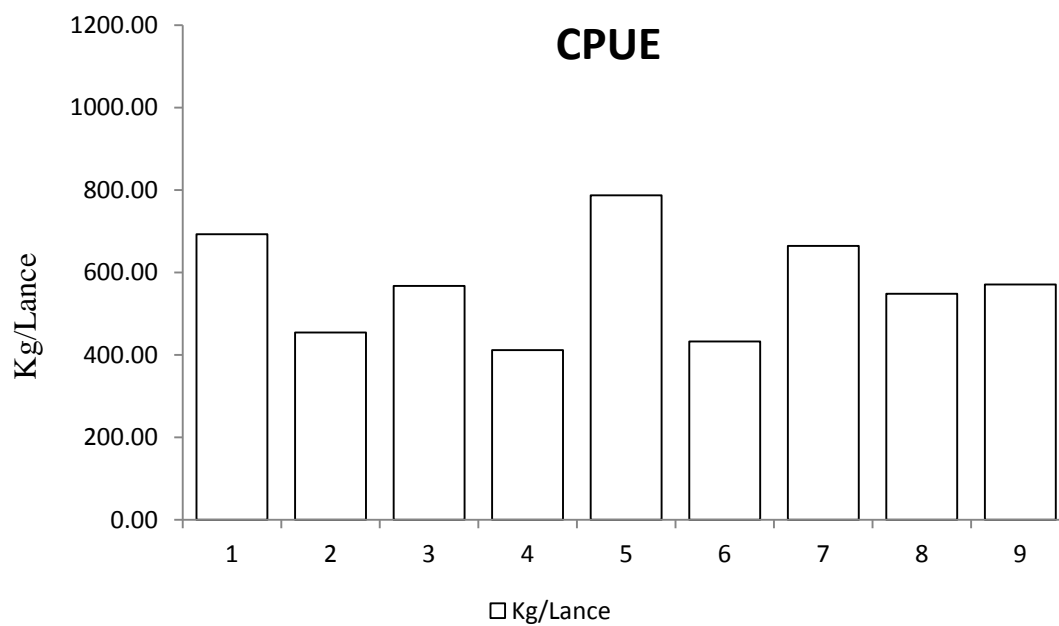


Figura 234. CPUE semanal en kg/lance y organismos/lance.

La abundancia por canal que presentó la mayor CPUE fue Cuemanco con 581.01 kg por lance. El canal que presentó la menor CPUE fue Apatlaco con 341.87 kilogramos por lance (Figura 235). El análisis de varianza (ANOVA) entre los canales mostró diferencias significativas entre los valores de CPUE ($F_{3, 14} = 3.27$ $P < 0.05$), siendo Cuemanco el canal con mayor productividad.

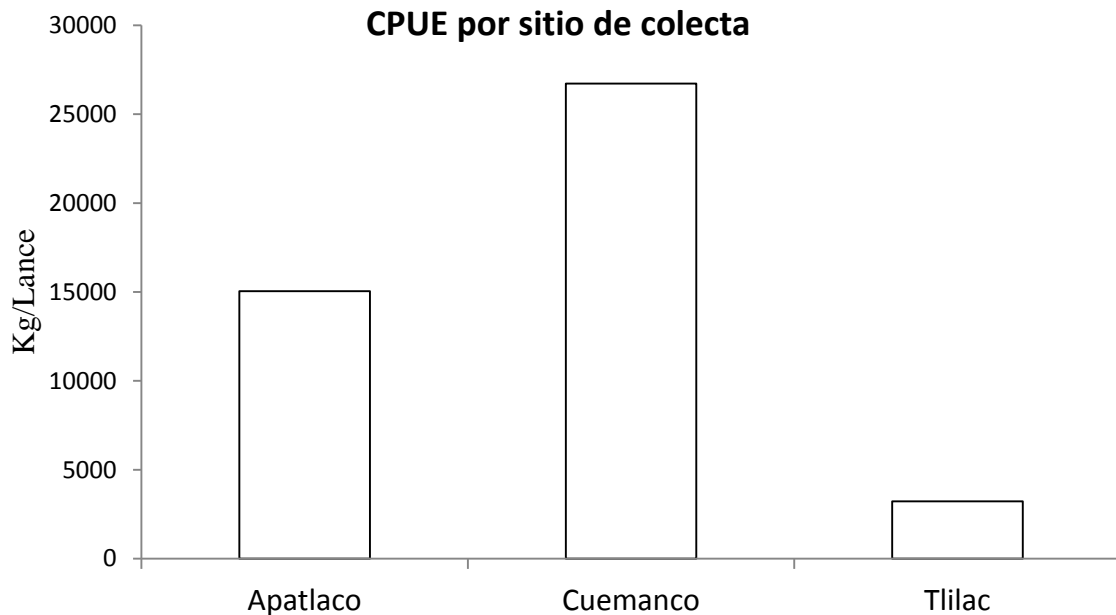


Figura 235. CPUE por sitio de colecta.

Relación Peso-Longitud

La gráfica obtenida de la relación peso longitud para la base de datos de *O. niloticus* muestra que los datos tienen un comportamiento de tipo potencial (Figura 236). La ecuación indica un crecimiento cercano al 2.66 que está muy por debajo del crecimiento alométrico de 3.

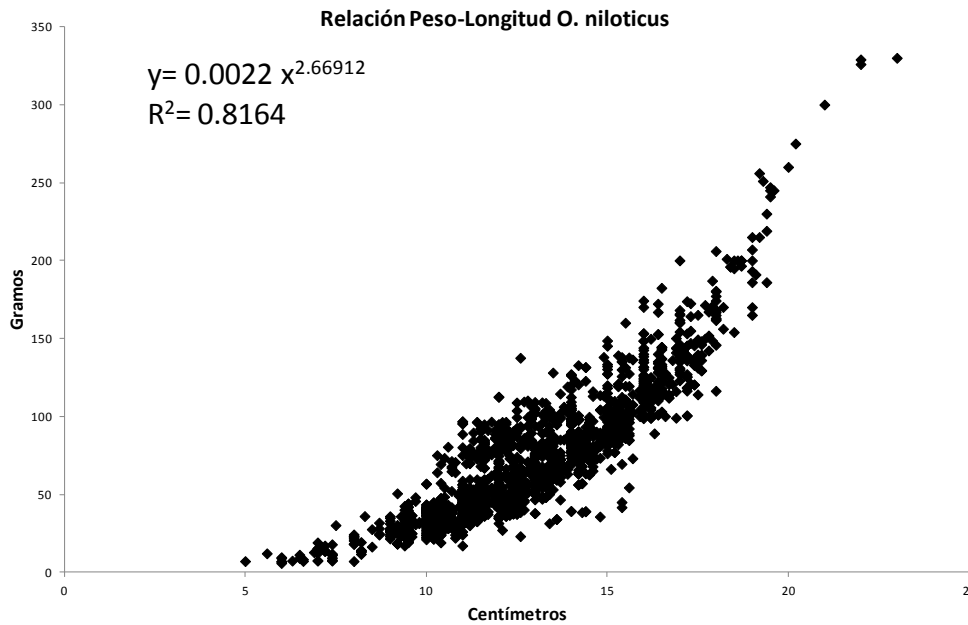


Figura 236. Relación Peso-Longitud para la población de *O. niloticus*.

Con la aplicación de la prueba *t-Student* (Pauly, 1984) al valor de la pendiente de las muestras se determinó el tipo de crecimiento que presentan las poblaciones de *O. niloticus* para este periodo de estudio (Tabla 62).

Tabla 62. Pruebas de *t-Student* para las pendientes, relación peso-longitud.

Especie	Pendiente (b)	T(i)	Ho: B=3	n	Tipo de crecimiento
<i>Oreochromis niloticus</i>	2.6691	3.52	Rechaza	1767	Alometría Negativa

La relación peso-longitud para *O. niloticus* muestra una alometría negativa que indica que los organismos presentaron un mayor crecimiento en longitud que en peso.

Distribución de Frecuencia de tallas

Las tilapias capturadas dentro de la zona lacustre de Xochimilco mostraron una distribución de tallas dentro de un intervalo que va de 7 a 29 centímetros, en la que el

65% de la población estuvo dentro de un intervalo de 10 a 18 cm, y las tallas de 29 cm están representadas por el 35%, presentando tallas inferiores a las mínimas recomendadas para captura comercial (29.5cm; NOM-028-PESC-2000).

Para llevar a cabo la exploración de la distribución de frecuencias de tallas se realizó el análisis de densidad por kernel (Salgado-Ugarte *et al.*, 2002; Tabla 63). Esto se realizó por medio de muestreos repetitivos con reemplazamiento. Esto permitió obtener un número de modas estadísticamente significativo para una distribución de tallas.

Tabla 63. Parámetros de suavización sugeridos para la elección de la amplitud del intervalo/banda para *O. niloticus*.

Algunas reglas practicas para la elección y amplitud de intervalo/banda para estimación de densidad por histogramas, polígonos de frecuencia y estimadores por kernel.	
<i>Oreochromis niloticus</i> n = 2208	
Amplitud de banda optima Gaussiana de Silverman	0.5076
Amplitud de banda optima mejorada de Hardle	0.5976
Amplitud de banda sobre suavizada para kernel Gaussiano de Scott	0.6449

Los datos obtenidos de las poblaciones de *O. niloticus* mostraron distribuciones que van de 1 a 7 modas (Figura 237).

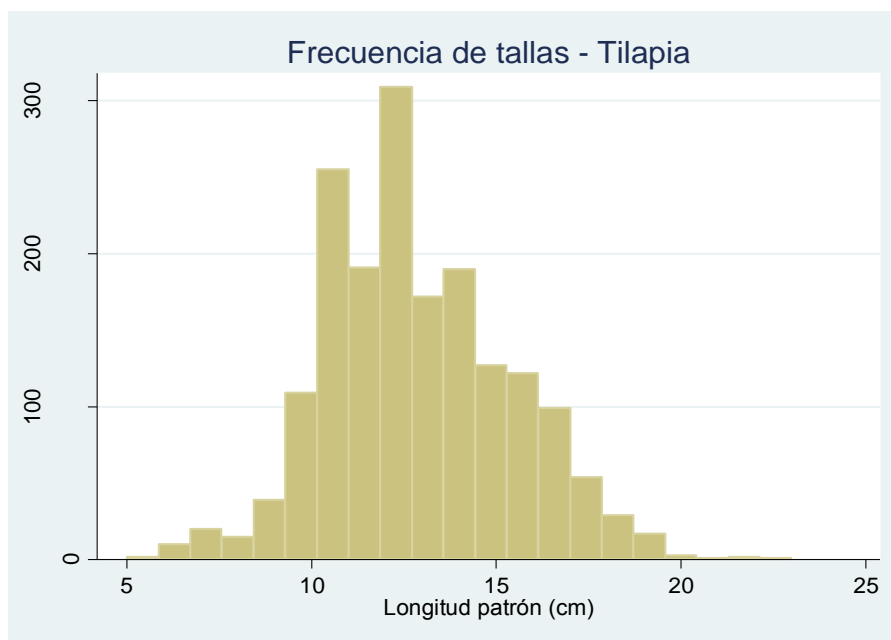


Figura 237. Distribución de las frecuencias de tallas con amplitud de banda de ($h=0.561$) para longitud patrón de *O.niloticus*.

Las distribuciones multimodales se analizaron mediante el método de Bhattacharya con el fin de caracterizar a los componentes gaussianos individuales (Figura 238). Por este método se registraron siete grupos de talla (Tabla 64).

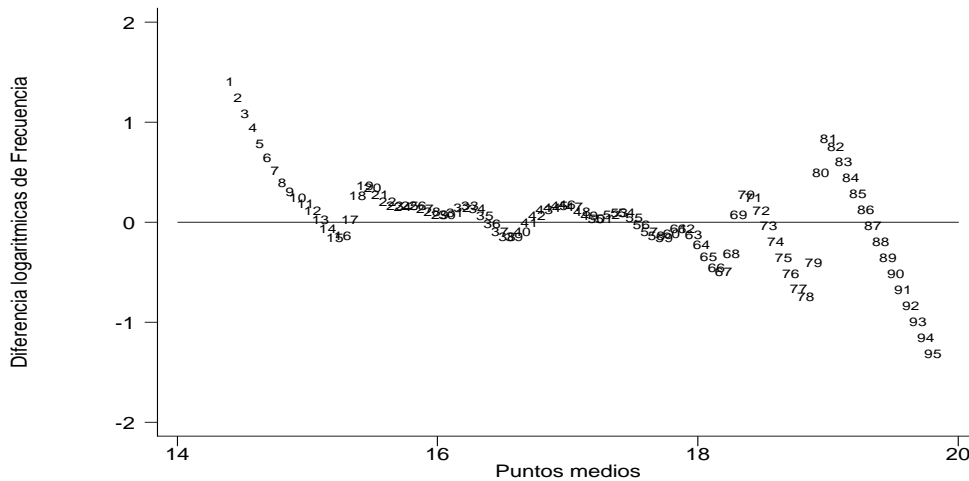


Figura 238. Distribuciones multimodales, método de Bhattacharya.

Tabla 64. Valores promedio de Longitud patrón (cm) por grupos de edad obtenidos mediante el método de Bhattacharya para los años en estudio.

	0	1	2	3	4	5	6	7
<i>O. niloticus</i>		7.14	11.34	12.18	15.12	19.04	21.98	22.96

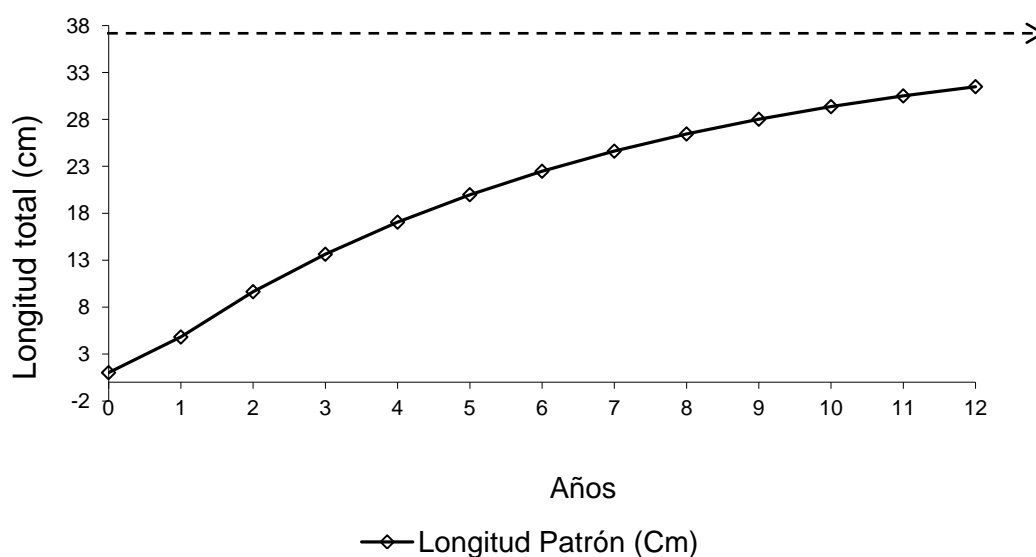
Edad y crecimiento

Con los valores de los componentes gaussianos obtenidos mediante el método de Bhattacharya y con base en la distribución de frecuencias, pudieron estimarse los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy (1938; FCVB) mediante los métodos tradicionales de Ford-Walford (1949), Gulland (1969), Beverton-Holt (1957; Tabla 65).

Tabla 65. Parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB) mediante los métodos tradicionales.

	L-	K	t0	r ²
<i>Oreochromis niloticus</i>				
Ford-Walford	37.52	0.1214		0.9155
Gulland	37.52	0.1214		0.1869
Beverton -Holt	37.52	0.1273	0.5050	0.9758

Se obtuvieron los parámetros de FCVB para la población de *O. niloticus* y se estimaron los parámetros de los modelos de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB) mediante los métodos tradicionales de Ford-Walford (1949), Gulland (1969), Beverton-Holt (1957). (Figura 239).



$$Lp = 37.52[1 - \text{Exp}\{-0.1273(t+0.5050)\}]$$

Figura 239. Curva de crecimiento para *O. niloticus* por medio del análisis de frecuencia de tallas.

Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) de tilapias

El rendimiento máximo sostenible (RMS) es la captura óptima que puede extraerse de una población de peces sin poner en peligro su capacidad de regeneración futura. En la actualidad, la mayor parte de las poblaciones de peces comunitarias se pescan en

proporciones que se encuentran muy por encima del RMS. Por lo tanto, la incorporación y el manejo de modelos matemáticos para describir y pronosticar las respuestas de las poblaciones sometidas a explotación toma cada día mayor importancia, a medida que se cuenta con técnicas más precisas y rápidas para llevar a término los cálculos y poner en práctica medidas tendientes a controlar y administrar de manera científica los recursos naturales (Del Monte-Luna *et al.*, 2001). En el caso de las tilapias en Xochimilco, el valor del RMS se utilizó para buscar el mínimo esfuerzo que permita reducir sus poblaciones. Así, este valor se utilizó de manera inversa, pues lo que se busca es controlar las poblaciones de esta especie exótica.

Método

El RMS se estimó a partir de los modelos de producción excedentaria de Schaefer y Fox (Sparre y Venema, 1997). Con estos modelos no es necesario determinar la estructura de edades y pueden establecer el nivel óptimo de esfuerzo a partir del esfuerzo (f) y de la captura por unidad de esfuerzo CPUE (Y/f). Las ecuaciones para cada modelo se representan de la siguiente manera:

Modelo de Schaefer:

$$Y(i)/f(i)=a+b* f(i)$$

Modelo de Fox:

$$Y(i)/f(i)= \exp (c+d*f(i))$$

Donde $Y(i)$ se refiere a la captura (peso) y f al esfuerzo (lances) en ambos modelos. Para el modelo de Schaefer (a) se refiere a la ordenada al origen y (b) a la pendiente. En el caso del modelo de Fox estos parámetros son sustituidos por (c) y (d) respectivamente, para la ordenada al origen y la pendiente.

El modelo de Schaefer es un modelo lineal a diferencia del de Fox que es logarítmico. En el modelo de Schaefer existe un punto de aniquilación de la población o stock de organismos ($-a/b$), lo que implica que aun existiendo una cantidad de esfuerzo (f) mayor que cero, la captura (Y/f) será cero. Para el caso del modelo de Fox, al ser logarítmico se representa por una línea prácticamente asintótica al eje “x” lo que significa que cualquier valor de captura (Y/f) será mayor que cero para cualquier esfuerzo (f). Para ambos modelos la pendiente (b) es negativa, es decir que los valores más altos de

captura (Y/f) se encuentran cuando los valores del esfuerzo (f) estén cercanos a cero (Sparre y Venema, 1997).

Para graficar el Modelo de Schaefer se dividió el número total de kilogramos obtenidos semanalmente entre el número de lances realizados en el mismo tiempo. El valor obtenido de esta división se graficó contra el número de lances. Se expresa de la siguiente forma:

$$f(i) \text{ vs } Y(i)/f(i)$$

Donde, f es el esfuerzo o lances y el parámetro Y es la captura en kilogramos.

Al graficar estos valores se obtuvo su tendencia. Posteriormente se aplicó una regresión lineal de donde se obtuvieron los parámetros a y b necesarios para poder obtener el RMS y el esfuerzo necesario para alcanzar el RMS (f_{RMS}). El RMS se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{RMS Shaefer: } -0.25 * a^2/b$$

Y para obtener el f_{RMS} se aplicó la siguiente ecuación:

$$f_{RMS} \text{ Shaefer : } -0.5 * a/b$$

Para graficar el modelo de Fox se dividió el número total de kilogramos capturados entre el número de lances realizados en una semana. Al valor obtenido se le aplicó el logaritmo natural (\ln) y este se graficó contra el número de lances semanales, expresándose de la siguiente forma:

$$f(i) \text{ vs } \ln(Y(i)/f(i))$$

Donde f es el esfuerzo o lances y el parámetro Y es la captura en kilogramos.

Al graficar estos valores se aplicó una regresión lineal de donde se obtuvieron los parámetros c y d necesarios para poder obtener el RMS y el f_{RMS} . El RMS se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{RMS Fox: } -(1/d)*\exp(c-1)$$

Para obtener el f_{RMS} se aplicó la siguiente ecuación:

$$f_{RMS} \text{ FOX: } -1/d$$

Posteriormente se realizaron los gráficos del RMS basado en cada modelo. Para graficar el RMS basado en el modelo de Schaefer se empleó la siguiente ecuación:

$$Y(i) = a \cdot f(i) + b \cdot f(i)^2$$

Donde Y se refiere a la captura en kilogramos, *a* y *b* son los parámetros obtenidos a partir de la regresión lineal y *f* es el esfuerzo. Para el graficar el RMS basado en el modelo de Fox se empleó la siguiente ecuación:

$$Y(i) = f(i) \cdot \exp[c + d \cdot f(i)]$$

Donde, Y se refiere a la captura en kilogramos, *c* y *d* son los parámetros obtenidos a partir de la regresión lineal y *f* es el esfuerzo.

Resultados

La tendencia del rendimiento cumplió con los supuestos de los modelos de Schaefer y Fox: a mayor esfuerzo menor captura, implicando para el modelo de Schaefer una aniquilación del recurso para determinada cantidad de esfuerzo y para el de Fox una captura mínima independiente del esfuerzo. Sin embargo, para el RMS y el f_{RMS} , el modelo que más se adecuó a los datos fue el de Schaefer con una $R^2 = 0.67$, mientras que el Modelo de Fox tuvo una $R^2 = 0.64$ (Figura 240 y 241). Al ser el modelo de Schaefer el que más se ajustó a los datos, implicaría que los organismos se encuentran distribuidos de manera gregaria en los canales.

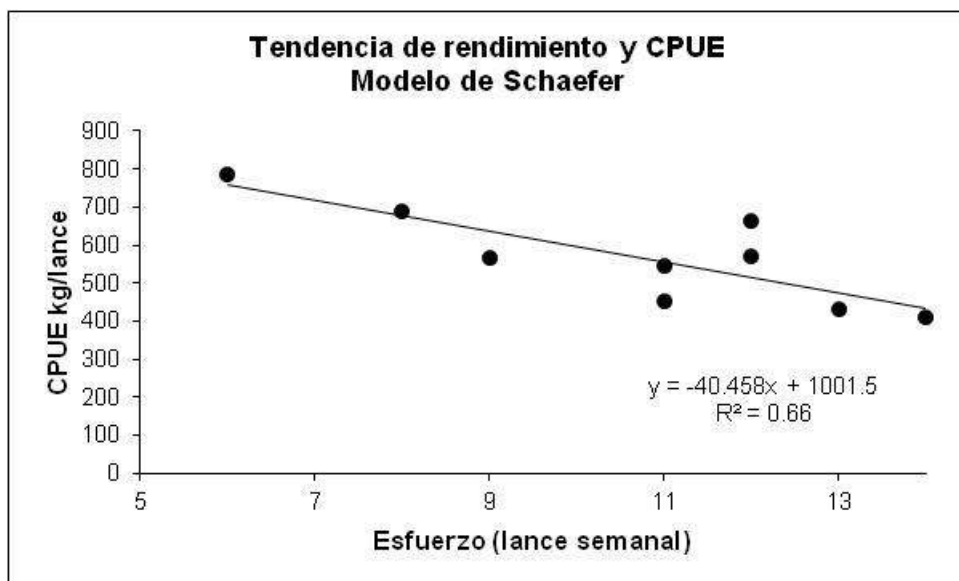


Figura 240. Tendencias del RMS a partir del modelo de producción excedentaria de Schaefer.

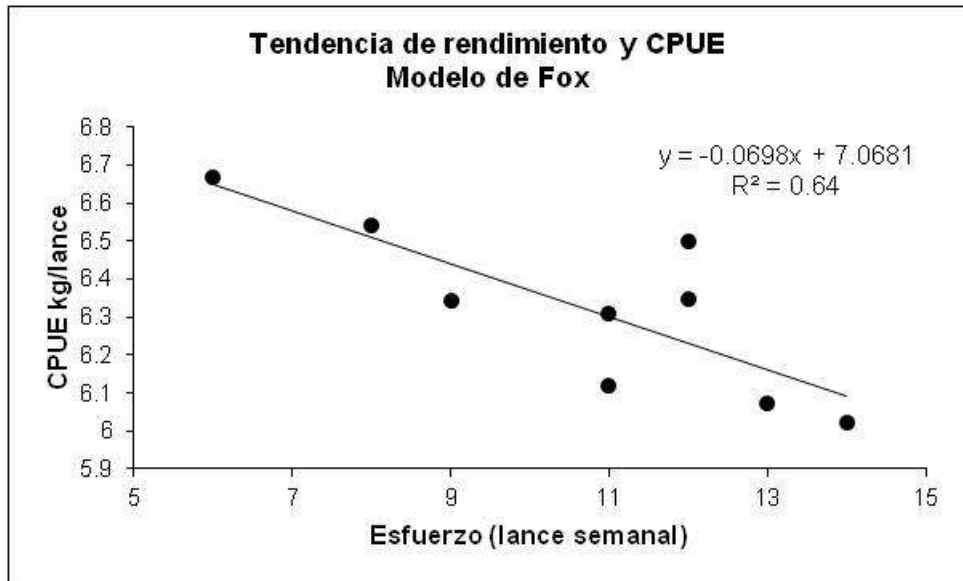


Figura 241. Tendencias del RMS a partir del modelo de producción excedentaria de Fox.

Al ser el modelo de Schaefer el que mejor se ajustó a los datos, los cálculos de RMS se efectuaron únicamente con los parámetros obtenidos con este modelo (Figura 242). De tal forma que el RMS, según el modelo de Schaefer fue de 6000 kg en ≈ 12 lances por semana.

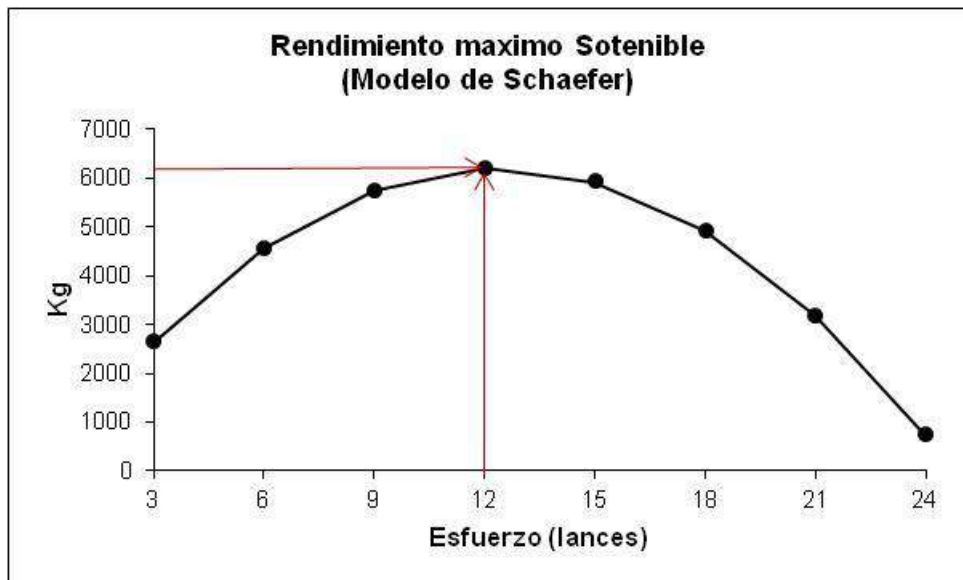


Figura 242. RMS obtenido a través del modelo de Schaefer.

Conclusiones

Durante el ciclo de pesca correspondiente a los meses de octubre a noviembre, la extracción de especies exóticas alcanzó las 52.60 toneladas correspondientes a 468,930 organismos. Esto deja un promedio de alrededor de 5,845 kilogramos por semana. Al considerar la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), el promedio de kilogramos extraídos por lance se aproxima a los 570 kilogramos.

Las tilapias capturadas presentaron una distribución de tallas dentro de un intervalo que va de 7 a 29 centímetros con un promedio aproximado de 13 cm. Estas tallas encontradas son inferiores a las mínimas recomendadas para captura comercial que es de 29.5cm (NOM-028-PESC-2000). El hallazgo de tallas inferiores a los 7 cm en la pesca indica que esta especie está presentando un reclutamiento constante reflejándose en sus altas abundancias.

El hecho de los peces no estén alcanzando las tallas recomendadas para su comercio tiene como consecuencia la necesidad de implementar otras formas de aprovechamiento.

Proporción sexual

La población de machos es ligeramente superior a la de las hembras, contrastando con otros estudios en donde esta proporción es de 2:1 (Morales, 1991).

El estudio de marca-recaptura sugiere que existen más 8 millones de organismos que en conjunto producen más 900 toneladas de tilapia en Xochimilco. Sin embargo, pocas de estas toneladas se pueden utilizar porque más del 25% de los organismos son juveniles y los adultos no llegan a las tallas comerciales.

CPUE

A través de la CPUE se estimó la abundancia por canal, siendo Cuemanco el canal que presentó la mayor abundancia en kilogramos y número de organismos. Esto se puede deber a múltiples razones que van desde el arte de pesca (error de muestreo) hasta preferencia de hábitat. Es necesario hacer investigaciones más profundas para determinar esta heterogeneidad espacial en la población.

Relación Peso-Longitud

La constante alométrica de la ecuación de la regresión peso-longitud para *O. niloticus* mostró un comportamiento de tipo alométrico negativo (2.7), es decir que crecen más en longitud que en peso. En condiciones naturales era de esperarse que el crecimiento de los organismos fuera alométrico negativo por el efecto que los factores ambientales ejercen hacia ellos.

Las diferencias o similitudes respecto al valor de la pendiente de la relación peso-longitud además de ser atribuidas a factores intrínsecos (i.e. genéticos) de las especies, se relacionan también con el hábitat, época del año y reproducción, siendo este último factor el que provoca que los organismos incrementen su peso durante la maduración sexual (Ricker, 1975; Weatherley *et al.*, 1987; Gómez-Márquez, 1994). Por otra parte, Nikolsky (1963) menciona que el peso de los organismos suele ser afectado por la época del año, temporada de reproducción y contenido estomacal. Por lo tanto, es necesario corroborar estos estudios con los generados previamente de contenido estomacal.

Distribución de frecuencia de tallas

La distribución de tallas mostró que el 65% de la población es menor a los 18 cm, lo que sugiere que existe un gran reclutamiento y confirma un posible enanismo de las organismos por sobrepoblación.

Edad y crecimiento

Pauly (1984) menciona que el valor de L_{∞} debe encontrarse cerca de los valores máximos observados en los peces capturados. En este caso esta regla no se cumple, ya que el valor máximo obtenido en la base de datos obtenida fue de 29 cm. La talla estimada ($L_{\infty} = 37.52$) proporciona una idea de la probabilidad y capacidad de crecimiento que puede tener un organismo. Se estima que los organismos alcancen la longitudes teóricas en aproximadamente 10 años, situación que en una pesquería llega a resultar poco probable por la presión de pesca.

Rendimiento máximo sostenible

La pesca mínima semanal en Xochimilco es de al menos 6 toneladas de tilapia con el fin de reducir paulatinamente sus poblaciones. Durante este proyecto se llevó a cabo una

extracción cercana a esta cifra. Por lo tanto, es necesario incrementar el esfuerzo pesquero con el fin de reducir el efecto de las especies exóticas.

Documento: “Informe sobre la calidad del producto pesquero.”

Colecta y análisis de muestras de peces colectados (metales pesados y coliformes fecales)

Introducción

La contaminación por metales pesados en cuerpos de agua está asociada usualmente con las descargas municipales, con los desechos industriales que van directamente hacia los ríos, estuarios y con la lixiviación de desechos. Sin embargo, se relaciona también con procesos naturales como el intemperismo de las rocas que aportan materiales al sistema fluvial (Forstner y Wittman, 1979).

Los metales pesados tienen la capacidad de formar compuestos con la materia orgánica, por lo tanto tienden a fijarse en los tejidos de los organismos expuestos. Este fenómeno es uno de los problemas más graves que los metales pesados presentan como contaminantes del medio acuático (Kampa & Castanas, 2005), puesto que la bioacumulación de estos metales puede llegar al hombre si éste consume organismos acuáticos contaminados.

La acumulación de metales pesados en humanos puede alterar las funciones básicas de los tejidos, provocando efectos nocivos como neumonía, disfunción renal, enfisemas y cáncer, entre otros (Bernard y Lauwerys, 1984).

Para comprender cual es la contaminación por metales pesados en un ecosistema acuático, la evaluación de su concentración en el tejido se realiza especialmente en los organismos que tienen hábitos bentónicos y filtradores, que se emplean como indicadores de contaminación (Goldberg, 1984).

En los peces, los metales pesados pueden llegar a través de la cadena alimentaria y la mayoría de las veces no es posible determinar su origen. Esto se debe a que la movilidad y las variaciones en su régimen alimentario tienden a amortiguar las diferencias temporales y espaciales de los contaminantes (Frazier 1976; Engler 1979; Forstner y Wittman 1979).

En Xochimilco, el problema de contaminación del agua que se podría ver reflejado en los peces se origina por las descargas de efluentes de tipo municipal sin tratar, de aproximadamente 2 mil 500 m³ diarios (Mazari-Hiriart *et al.*, 2008). También se han detectado detergentes y metales pesados, como cadmio, zinc y cobre en el agua de los canales (Contreras *et al.*, 2009; Zambrano, *et al.*, 2009).

La evaluación en la calidad del agua de los ecosistemas se mide también por medio de la concentración de bacterias en el agua. Ésta se mide con indicadores bacterianos de contaminación fecal como los coliformes y se relacionan con la posible presencia de microorganismos patógenos que pueden causar enfermedades por transmisión hídrica (González-González *et al.*, 2003). La transmisión de dichos microorganismos depende de la concentración de patógenos excretados (Havelaar *et al.*, 2001).

Anteriormente, se ha determinado la presencia de bacterias de origen fecal en el agua de los canales del embarcadero de Caltongo, con valores de entre 50 y 1100 NMP/100 ml (Pineda-Flores, 1999; Mazari-Hiriart *et al.*, 2008).

La explotación pesquera en Xochimilco tanto para la comercialización como para la disminución de las poblaciones de especies exóticas conlleva el peligro de la contaminación tanto por metales pesados como por coliformes. Por lo tanto es fundamental hacer un análisis constante de estos dos tipos de contaminantes.

Método

Para tener una muestra representativa a nivel espacial de los contaminantes que pueden tener los peces, se llevó a cabo la colecta de *O. niloticus* en cinco canales: Apatlaco, Cuemanco, Japón, Tlilac y Turístico. Los canales fueron elegidos por ser los sitios

donde se lleva a cabo de manera más activa la pesca (Figura 243). Los ejemplares fueron capturados con atarraya y procesados inmediatamente.

Se colectó un total de 50 organismos por canal. Se hicieron seis submuestras por canal (con un máximo de 15 organismos por submuestra con 50 g de músculo). En el caso de las vísceras se hicieron únicamente dos muestras compuestas utilizando los 50 organismos por canal (utilizando 50 g por muestra compuesta). El total de las muestras se colectó del 29 de noviembre al 2 de diciembre de 2012.

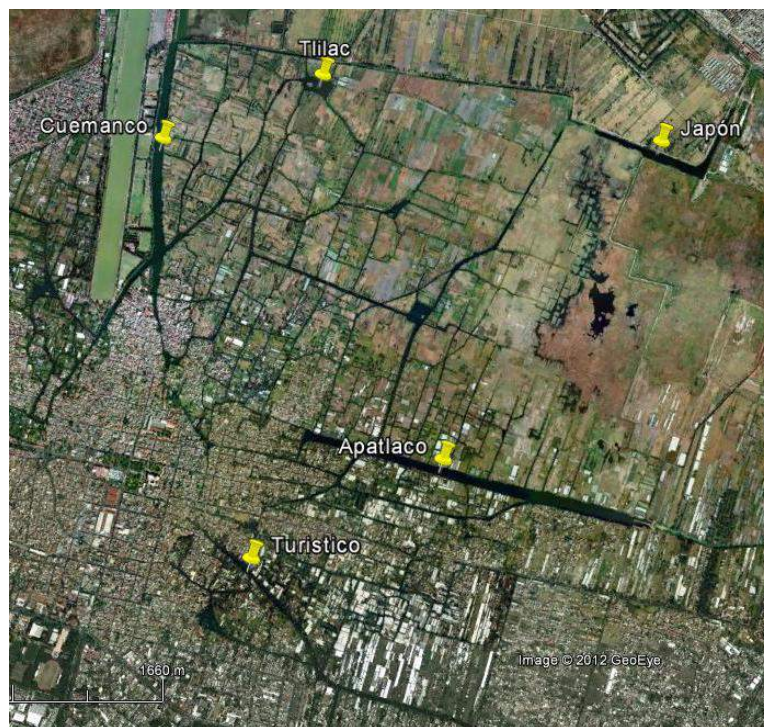


Figura 243. Canales donde se llevó a cabo el muestreo.

Los organismos fueron procesados con pinzas y tijeras. Se separó la piel del músculo y se extrajo una porción de músculo y una de intestino y se mezclaron con otras muestras hasta completar 50 g en la submuestra. Las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico y transportadas y mantenidas en hielo a -4° C hasta su análisis en el laboratorio (Figura 244).

Las muestras se enviaron a IDECA S.A. de C.V. Los parámetros analizados fueron: coliformes totales, arsénico, cobre, cromo, mercurio y plomo.

El método de análisis de coliformes está basado en la inoculación de alícuotas de la muestra, en una serie de tubos de un medio de cultivo líquido que contiene lactosa. Los tubos se examinan a las 24 y 48 horas de haberse incubado (35 o 37°C). Si los tubos presentan turbidez con producción de gas se resiembran en un medio confirmativo más selectivo. Posteriormente, se lleva a cabo la incubación de estos medios confirmativos hasta por 48 horas (35 o 37°C) para la detección de organismos coliformes. Finalmente, mediante tablas estadísticas se lleva a cabo el cálculo del número más probable (NMP) de organismos coliformes, que pueda estar presente en 100 cm³ de muestra, a partir de los números de los tubos que dan resultados confirmativos positivos.

El método para la determinación de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica se basa en la generación de átomos en estado basal y en la medición de la cantidad de energía absorbida por estos, la cual es directamente proporcional a la concentración de ese elemento en la muestra analizada.



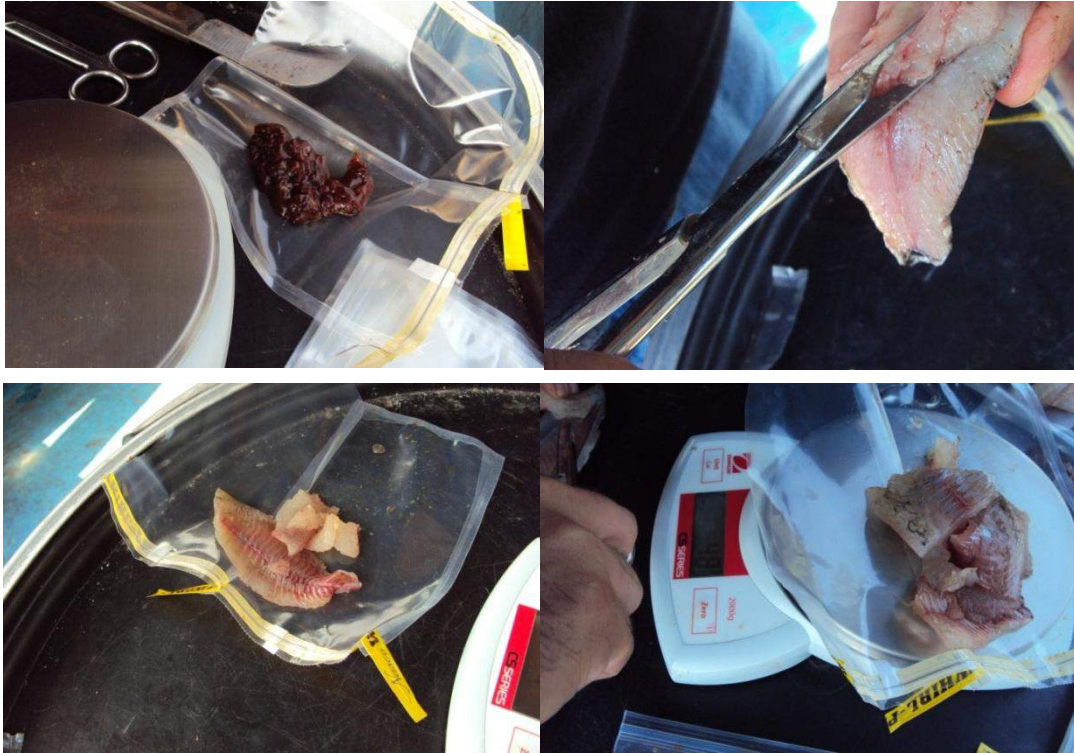


Figura 244. Extracción de músculo y vísceras para el análisis de metales pesados y coliformes.

Los resultados obtenidos de coliformes, plomo y mercurio se compararon con la Norma Oficial Mexicana NOM-027-SSA1-1993 (Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones Sanitarias) y con la Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009 (Productos y Servicios. Productos de la Pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba). La normatividad vigente no menciona especificaciones para arsénico, cobre y cromo, por lo que fue imposible comparar los resultados con alguna de las Normas. Sin embargo, se elaboró una tabla que contiene los efectos adversos de estos metales en la salud del ser humano.

Resultados

Presencia de coliformes totales y acumulación de metales pesados en músculo de *O. niloticus*

En los sitios Apatlaco, Canal Turístico y Cuemanco, el conteo de coliformes totales en músculo rebasó claramente los 400 NMP/g que señalan las NOM-027-SSA1-1993 y NOM-242-SSA1-2009 como límite máximo permisible para el consumo de productos de pescado. En el caso de Japón y Tlilac, el conteo de coliformes en las muestras fue de 251 y 76 NMP/g, respectivamente (Figura 245).

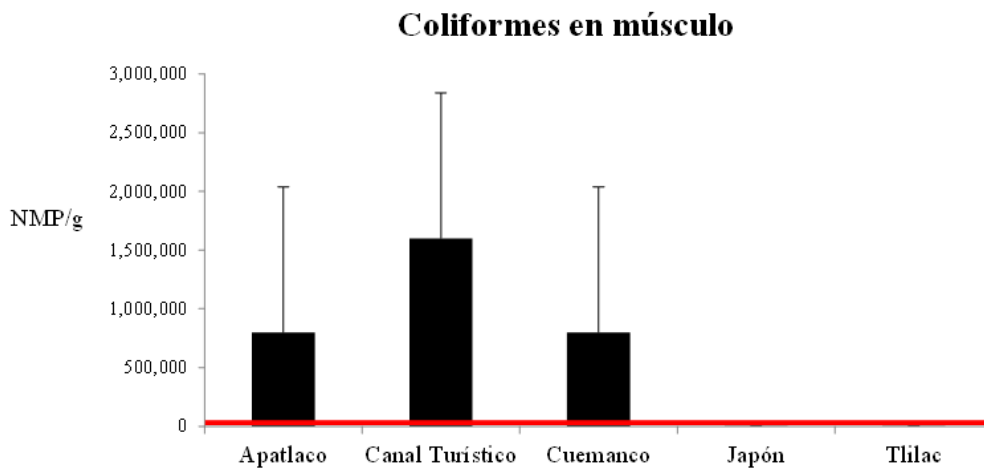


Figura 245. Conteo de coliformes totales en músculo de *O. niloticus* por canal. La línea roja señala el límite máximo permisible de coliformes de acuerdo a la normatividad.

En las muestras de músculo de todos los canales, la acumulación de arsénico fue muy baja y se encuentra por debajo del límite de detección del método de análisis (Figura 246).

Arsénico en músculo

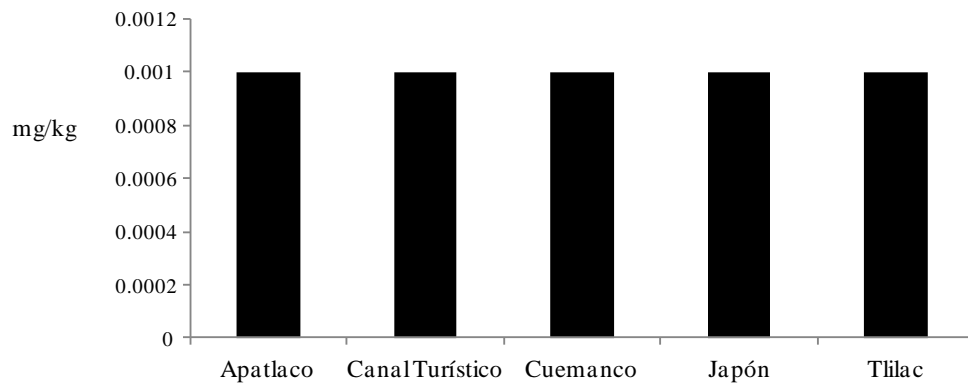


Figura 246. Acumulación de arsénico en músculo de *O. niloticus* por canal.

Las muestras de músculo del canal de Japón presentaron los niveles más altos de cobre (0.04 mg/kg), sin embargo, en las muestras de todos los canales, la acumulación promedio de este metal fue muy baja (<0.05 mg/kg; figura 247).

Cobre en músculo

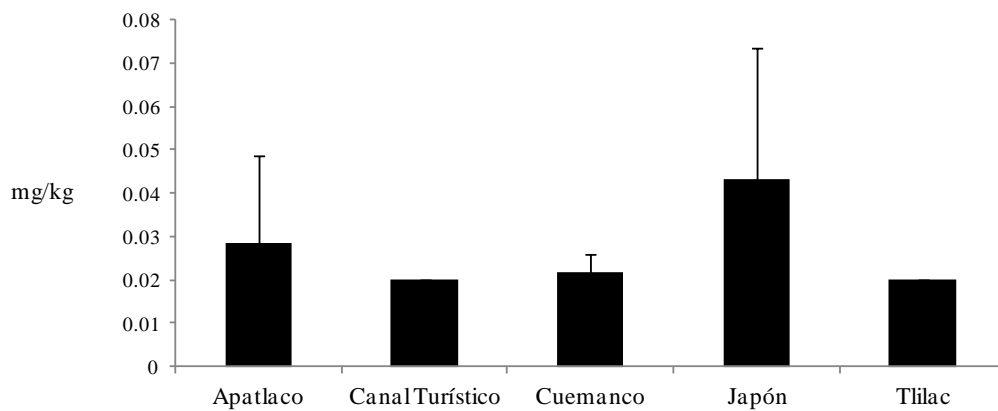


Figura 247. Acumulación de cobre en músculo de *O. niloticus* por canal.

Las muestras de músculo en todos los canales presentaron valores promedio similares de acumulación de Cromo que van desde 0.05 hasta 0.1 mg/kg (Figura 248).

Cromo en músculo

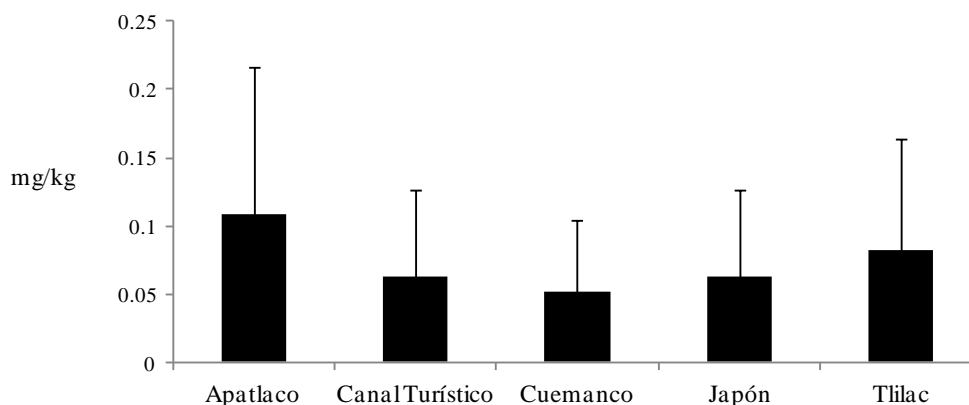


Figura 248. Acumulación de cromo en músculo de *O. niloticus* por canal.

Las Normas mencionadas anteriormente establecen 1 mg/kg como límite máximo permisible de acumulación de mercurio en productos frescos de pescado. La figura 249 muestra que los valores en las muestras de todos los canales resultaron muy inferiores a este límite.

Mercurio en músculo

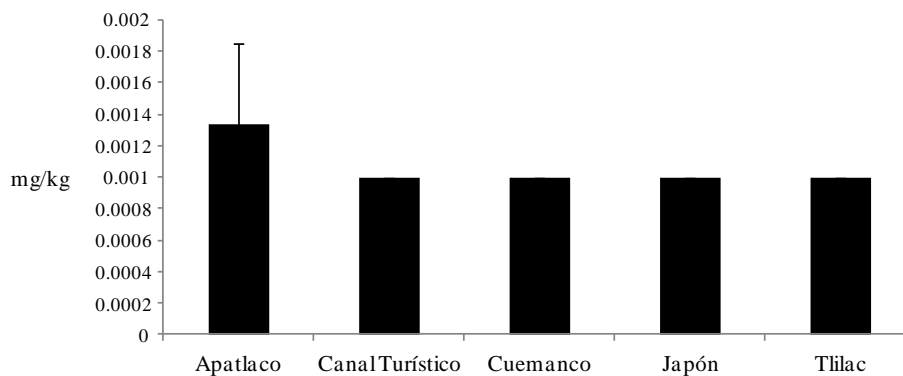


Figura 249. Acumulación de mercurio en músculo de *O. niloticus* por canal.

En las muestras de músculo de todos los canales, el valor promedio de plomo fue menor a 0.05 mg/kg, que es el límite de detección del método de análisis. Las muestras de Tlilac son la excepción, sin embargo, el valor difiere muy poco de los demás (0.06 mg/kg; figura 250). Las Normas establecen un límite máximo permisible de plomo de 0.5 mg/kg.

Plomo en músculo

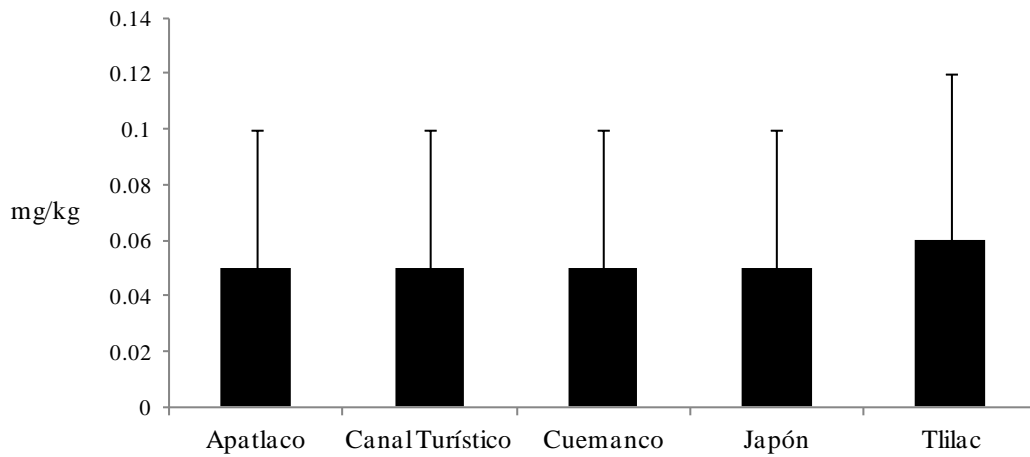


Figura 250. Acumulación de plomo en músculo de *O. niloticus* por canal.

Presencia de coliformes y acumulación de metales pesados en vísceras de *O. niloticus*

El resultado del conteo de coliformes totales en vísceras de pescado rebasó el límite de detección del análisis en todos los casos ($\geq 2,400,000$ NMP/g; figura 251).

Coliformes en vísceras

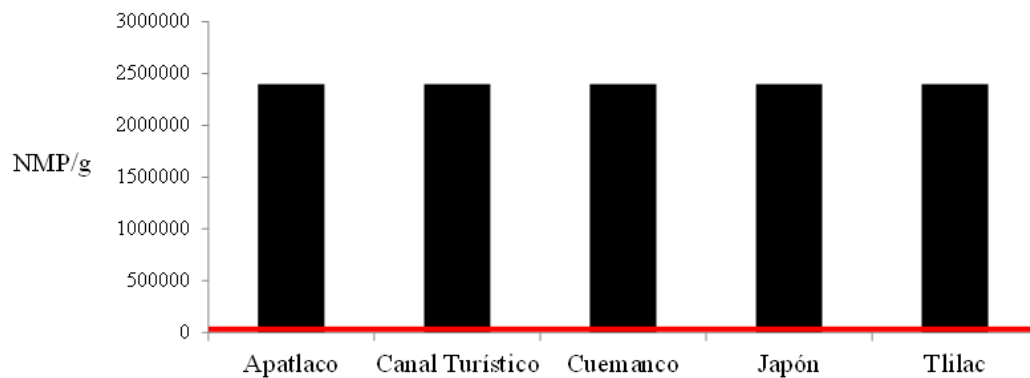


Figura 251. Conteo de coliformes totales en vísceras de *O. niloticus*. La línea roja señala el límite máximo permisible de coliformes fecales de acuerdo a la normatividad.

En las muestras de vísceras de todos los canales, la acumulación de arsénico fue menor a 0.001 mg/kg y se encuentra por debajo del límite de detección del método de análisis (Figura 252).

Arsénico en vísceras

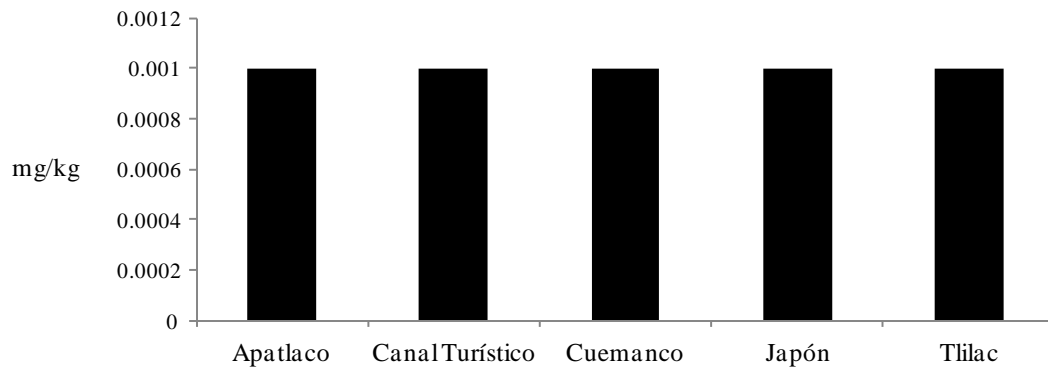


Figura 252. Acumulación de arsénico en vísceras de *O. niloticus* por canal.

Los valores de acumulación de cobre en muestras de vísceras fueron mayores en Japón y Cuemanco, mientras que en Tlilac se presentaron los valores más bajos (figura 253).

Cobre en vísceras

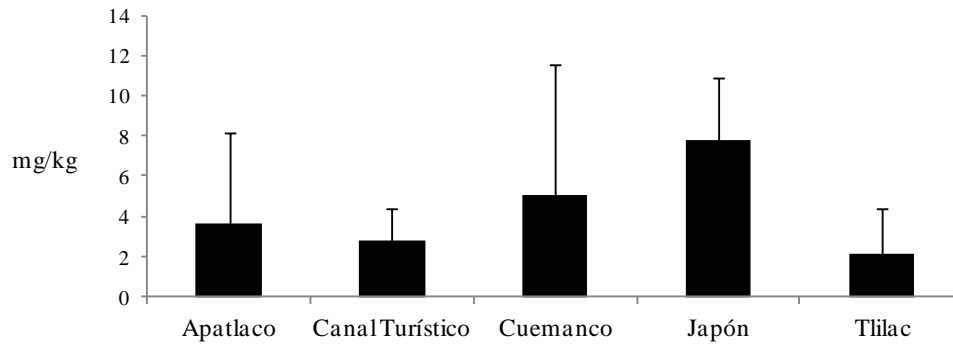


Figura 253. Acumulación de cobre en vísceras de *O. niloticus* por canal.

Los resultados de las muestras de vísceras para acumulación de cromo presentaron valores promedio similares en todos los canales (entre 0.15 y 0.21 mg/kg; Figura 254).

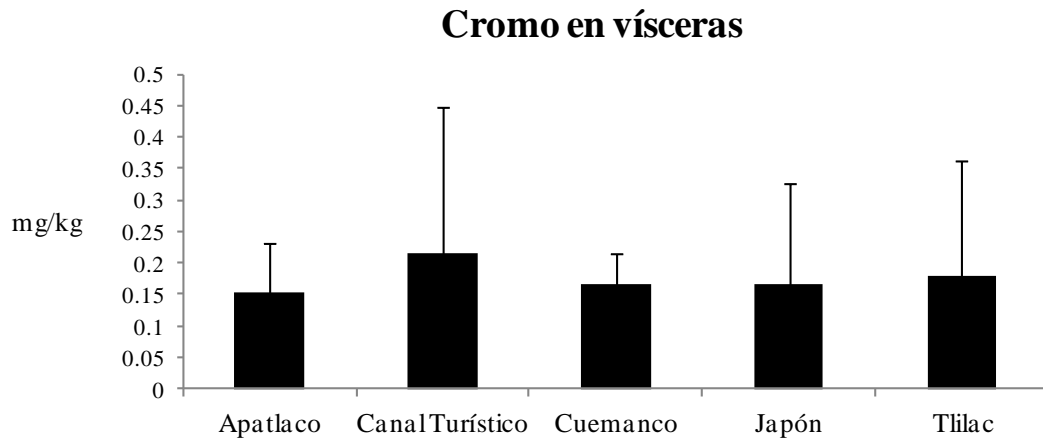


Figura 254. Acumulación de cromo en vísceras de *O. niloticus* por canal.

La acumulación de mercurio en las muestras de vísceras en todos los canales fue menor al límite de detección del análisis (Figura 255).

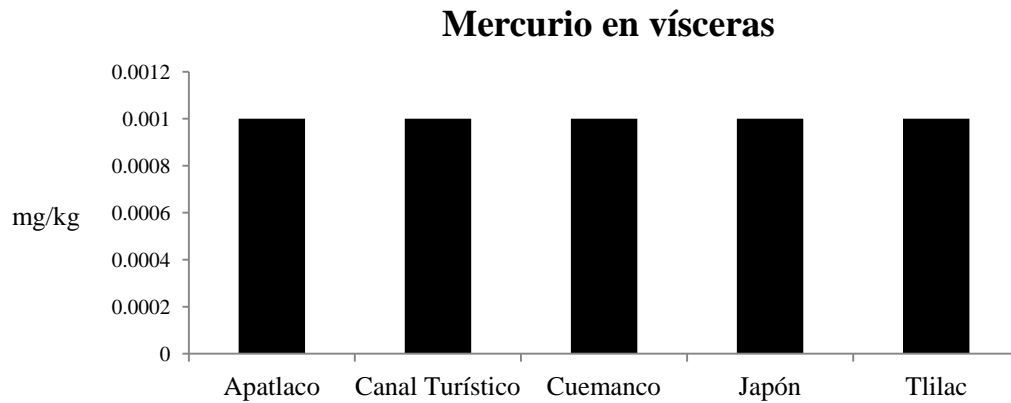


Figura 255. Acumulación de mercurio en vísceras de *O. niloticus* por canal.

En casi todos los canales, los resultados de acumulación de plomo de las muestras de vísceras presentaron valores promedio menores a 0.2 mg/kg, a excepción de las muestras del Canal Turístico (0.86 mg/kg; figura 256).

Plomo en vísceras

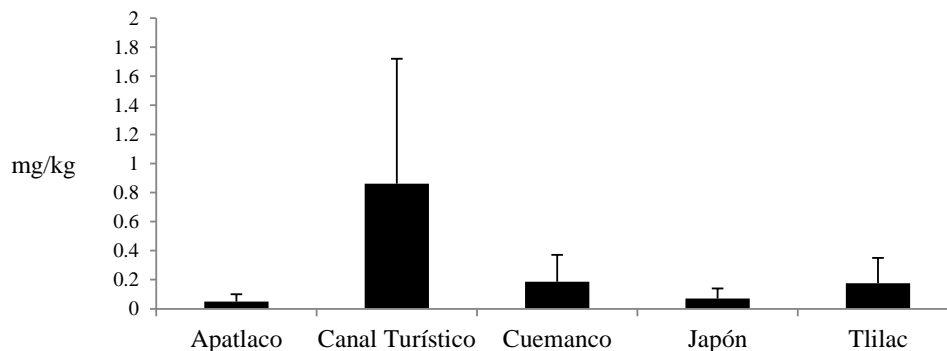


Figura 256. Acumulación de plomo en vísceras de *O. niloticus* por canal. La línea roja señala el límite máximo permisible de plomo de acuerdo a la normatividad.

La importancia epidemiológica del área de Xochimilco es notable debido al riesgo para la salud que puede presentar si no se mantiene el tratamiento adecuado de los efluentes de aguas residuales que llegan al cuerpo de agua y que se asocian con el consumo de alimentos. En la tabla 66 se presentan los efectos adversos sobre la salud que puede ocasionar la intoxicación por Mercurio, Plomo, Cromo y Arsénico.

Tabla 66. Metales pesados (mercurio, plomo, cromo y arsénico) y sus efectos en la salud humana.

Metal pesado	Efectos
Mercurio	En su estado inorgánico causa daños neurológicos y a los riñones. En su estado de metil-mercurio es muy fácil de encontrar en peces y es su forma más tóxica. Sin embargo, sólo afecta a grupos que están en contacto frecuente con este producto. Además se ha visto que provoca desórdenes coronarios al corazón y daños en el sistema nervioso. Las mujeres embarazadas deben evitar el contacto con este elemento dado que puede producir alteraciones durante el desarrollo del feto (Järup, 2003).
Plomo	Produce irritabilidad, dolor abdominal y de cabeza, psicosis, pérdida de la memoria, daños en los riñones y en el sistema nervioso, además de que está catalogado como posiblemente cancerígeno. Es peligroso para los niños porque interfiere con su aprendizaje (Järup, 2003).
Cromo	El Cromo trivalente es bajo en toxicidad mientras que el hexavalente es altamente tóxico. En su forma de CrP se ha visto que daña al ADN

	de cultivos celulares, sin embargo, en tejidos de organismos vivos no se ha visto este efecto. Puede provocar daños al riñón, pero dado que este elemento interviene en la producción de insulina se les otorga a los diabéticos en una dosis recomendada de 1000 microgramos al día hasta por 64 meses sin que exista peligro (Cefalu & Hu, 2004).
Arsénico	En su forma inorgánica III y V es un elemento muy tóxico. El trióxido de arsénico también es tóxico, sin embargo, la arsenobetaína que comúnmente se encuentra en los peces no se considera tóxica (CODEX, 1995). Los síntomas que provoca en su estado inorgánico son algunos gastrointestinales, daños al sistema nervioso central y al sistema vascular y la consecuente muerte. Los efectos que se han visto por consumir agua contaminada con Arsénico son daños en la vejiga, los pulmones y la piel. También causa cáncer de riñón (Järup, 2003).

Discusión y conclusiones

Las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes a los Productos de la Pesca contienen especificaciones únicamente para la “parte comestible” del pescado pues están enfocadas en el consumo humano. Además, en las secciones de metales pesados, solo se hace referencia al mercurio y al plomo. Sin embargo, como se muestra en la tabla 66 existen efectos adversos para la salud humana cuando se consumen otros metales pesados. Es por ello que las Normas debieran incluir especificaciones sobre otros elementos potencialmente presentes en los productos de la pesca.

Los metales pesados no sólo son perjudiciales para el ser humano, los peces expuestos a estos elementos pueden sufrir daños en la salud. El aumento en las concentraciones de los metales pesados en sus tejidos puede generar efectos fisiológicos de toxicidad con una consecuente elevada tasa de mortalidad (Langston y Bebianno, 1998). Por ello fue importante conocer la concentración de metales pesados en las vísceras de *O. niloticus*, ya que estos elementos están presentes en los canales de Xochimilco.

Debido al alto contenido de coliformes en las muestras de músculo de los canales Turístico, Apatlaco y Cuemanco, el consumo del pescado extraído en estos sitios es potencialmente peligroso. Los procesos de cocción disminuyen la cantidad de coliformes, sin embargo, es posible que el producto fresco de estos sitios no cumpla con la normatividad, pues el límite máximo permisible de coliformes fecales para producto fresco, refrigerado y congelado debe ser menor a 400 NMP/g (NOM-027-SSA1-1993; NOM-242-SSA1-2009). Con respecto al promedio de las muestras de músculo de los canales Japón y Tlilac, éste presenta niveles adecuados y no rebasa el límite máximo permisible de dichas Normas.

De acuerdo con los resultados de mercurio y plomo, las muestras de pescado de todos los canales analizados presenta valores adecuados, pues ninguna de las muestras rebasa el límite máximo permisible para ambos metales de acuerdo a la NOM-242-SSA1-2009 y a la NOM-027-SSA1-1993.

Debido a que los peces son bioindicadores de la contaminación por metales pesados en un sistema (Langston y Bebianno, 1998), es importante que este tipo de estudios se realicen con frecuencia en Xochimilco para evaluar la variación temporal, conocer las diferencias entre las zonas, establecer las diferencias entre las concentraciones de metales pesados en distintos tejidos (branquias, piel) y la comparación de la concentración de metales pesados entre los tejidos de los peces y el medio acuático.

Para lograr una recomendación precisa sobre la calidad del producto pesquero de Xochimilco es necesario realizar estudios adicionales que contengan todos los parámetros que establece la Normatividad mexicana para así evaluar si el pescado de Xochimilco es apto o no para el consumo humano. Conocer esta información es fundamental para mantener a largo plazo los proyectos de extracción de tilapia, ya que permitiría un mejor manejo en la pesca de la región y sería primordial para determinar la confiabilidad en el consumo del producto y sus distintos usos.

BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, F. G. 1987. Contaminación del lago de Xochimilco. Informe final de Servicio Social, UAM-Xochimilco.

Alloway, B.J. 1995. Heavy metals in soils. Segunda edición. Blakie Academic & Professional. U.K.

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association, Water Environmental Federation. 1998. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Vigésima edición. United Book Press. Washington, USA.

Arredondo, F. J. L. y A. M. Guzmán. 1986. Actual situación taxonómica de las especies de la tribu tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. Anales del Instituto de Biología. UNAM. Serie Zoología Vol (2): 555-572.

Arredondo, F. J. L. y S. M. Tejeda. 1989. El hueso faríngeo, una estructura útil para la identificación de las especies de la tribu tilapiini (Pises; Cichlidae), introducidas en México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM Vol. (16) (1): 59-68.

Arredondo, F. J. L. y G. S. Lozano. 1996. El cultivo de la tilapia en México. Primer concurso internacional de producción de tilapia.

Ayling, G.M. 1974. Uptake of cadmium, zinc, copper, lead and chromium in the Pacific Oyster *Crassostrea gigasi*, grown in the Tamar River, Tasmania Water.

Bailey, N.T.J. 1951. On estimating the size of mobile populations from capture-recapture data. Biometrika. 38.

Basurto, M. 1984. Estudio preliminar al conocimiento biológico y pesquero de la *Tilapia nilotica* (Linneo) en la Laguna de Chila, Veracruz. Tesis profesional. Universidad del Noroeste, Tampico, Tamp.

Brenes, O. y K. Castro. 2004 Determinación de la Capacidad de Carga Turística del Parque Internacional la Amistad, Centro Científico Tropical (CCT), Costa Rica. 34 p.

Casas, M. M. 1985. Desequilibrio ecológico en los canales de Xochimilco. Informe de Servicio Social, UAM-Xochimilco.

Castellanos, P. M. 1978. Contaminación del agua de los canales de Xochimilco. Informe de Servicio Social, UAM-Xochimilco.

Castro, C. E, y R. R. Guerrero. 2002. Los grupos en las organizaciones. Material de estudio de la Maestría Bibliotecología y Ciencia de la Información: Módulo sobre comportamiento organizacional. La Habana: Facultad de Comunicación.

CONAGUA. 2011. Indicadores de calidad del agua. SEMarnat. Tomado de: <http://www.cna.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n3=98&n4=98>.

Contreras, A.V. 2006. Distribución potencial de "*Ambystoma mexicanum*" en los canales de la zona chinampera de Xochimilco. Tesis de Licenciatura. UNAM. México, D.F.

Contreras, A.V. 2012. Variables bióticas y abióticas como indicadores de heterogeneidad en el Lago de Xochimilco, Distrito Federal. Tesis de maestría. UNAM. México, D.F.

Day, D.V., Gronn, P. y E. Salas. 2004. Leadership capacity in teams. *The Leadership Quarterly*, 15: 857-880.

Daniel, W. W. 1997. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Tercera Edición. Limusa. México, 878 p.

Delano, W. H. 1997. Finanzas Avanzadas: la cobertura de riesgos financieros. ITESM. México. 155 p.

Del Monte-Luna, P., Guzmán-Jiménez, G., Moncayo-Estrada, R., Sánchez-González S. y A. Ayala-Cortés. 2001. Máximo rendimiento sostenible y esfuerzo óptimo de pesca del huachinango (*Lutjanus peru*) en La Cruz de Huanacastle, Nayarit, México. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 15.

Diario Oficial de la Federación. 1985. 1ª. NHX-AA-067-1985. Protección al Ambiente-Contaminación de Suelos-Residuos Sólidos Municipales-Determinación de la relación Carbono/Nitrógeno.

Diario Oficial de la Federación. 1994. NOM-027-SSA1-1993. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias.

Díaz, L. M. S. 1985. Contribución al conocimiento de la edad y crecimiento de *Sarotherodon aureus* (mojarra) de la presa “El Bosque”, La Encarnación, Michoacán., Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM., México, D. F.

Engler, R.M. 1979. Bioaccumulation of the toxic substances from contaminated sediments by fish and benthic organism. En : Bottom sediments containing toxic substance (Peterson, S,A and Randolph, K,K.) Proc. 4th U.S Japan Experts Meet. Tokio USE PA, Corvallis, Oreg. EPA600-3-79-102, 325-354 p.

Forstn, V, G., y G. T. W. Wittman. 1979. Metal pollution in the aquatic environment. Springer- Verlog, Nueva York.

Frazier, J,M. 1976. The Dynamics of metal in the American Oyster *Crassostrea virginia*. Environmental effects. Chesapeake Sci, 17:188-197.

Gersberg, R. M., Elkins, B. V., Lyon, S. R. y C.R. Goldman. 1986. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. Water Research 20 (3): 363-368.

Gil, F.R, y M. M. Sánchez. 2008. Eficacia de equipos de trabajo. Papeles del Psicólogo, 29: 25-31.

Gitman Lawrence, J. 2007. Principios de administración financiera. Pearson. México 688 p.

Goldberg, E, D. 1984. The mussel watch concept. La Sirena. In: Noticias del programa de naciones unidas para el medio ambiente. No. 23.

Gómez, M J.L. 1994. Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 89 p.

Guerrero, G.N.S. Contaminantes metálicos en sedimentos y suelos agrícolas generados por actividades mineras en la cuenca del río Rimac. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

Grubinger, V. y D. Ross. 2011. Interpreting the results of soil tests for heavy metals. University of Vermont Extension.

Hardsty, M.W., Kartar, S. y M. Sainsbury. 1974. Dietary habits and heavy metals concentration in fish from the concentration in fish from the Sever Estuary and Bristol Channel. Mar. Pollut. Bull. 5:61-63.

Hillman, W.S. y D. D. Culley Jr. 1978. The Uses of Duckweed: The rapid growth, nutritional value, and high biomass productivity of these floating plants suggest their use in water treatment, as feed crops, and in energy-efficient farming. American Scientist. The Scientific Research Society 66 (4): 442-451.

Huss, H. H. 1997. Aseguramiento de la calidad de los productos pesqueros. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 334. Roma, FAO. 174 p.

Ibañez-Bernal, S. y C. Martínez-Campos. 1994. Clave para la identificación de larvas de mosquitos comunes en las áreas urbanas y suburbanas de la República Mexicana (Diptera: Culicidae) Departamento de Entomología. Folia Entomológica. Mex, 92: 43-73.

Jeavons, J. 1991. Cultivo Biointensivo de alimentos, Ecology Action. Estados Unidos de Norteamérica 204 p.

Jiménez-Badillo, M.L. 2004. Application of holistic and analytical models for the management of tilapia fisheries in reservoirs. Hidrobiológica 14(1):61-68.

Krebs, CH. J. 1989. Ecological Methodology. Harper Collins, New York.

- Marín, M. A. I. 2007. Preferencia de plantas para la ovoposición del Ajolote *Ambystoma mexicanum* en condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Massol, A. 1994. Manual de Ecología Microbiana. Tomado de:
<http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-salinidad.pdf>
- Merritts, R. W., Cummins, K. W. y M. B. Berg. 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. Editorial Kendall/Hunt Publishing Company.
- Morales, A. D. 1991. La tilapia en México, Ed. AGT, S. A., México, D. F., 190 p.
- Murgía-Flores, F. 2008. Transferencia de metales pesados del suelo a plantas de lechuga (*Lactuca sativa*), en la zona chinampera de Xochimilco, D.F. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias UNAM.
- Nikolsky, G. W. 1963. Biological basis of mathematical simulation of fish population dynamics. Vopr. Ikhtiol. 2934 p.
- Patrick, F. M. y M. Loutil. 1975. Passage of metals in effluents through bacteria to higher organisms. Water Res. 10: 333 p.
- Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters. A manual for use with programmable calculators. Ed. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 323 p.
- Pérez-Ortiz, G. y Santiago-Patlani, J. 2002. Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la Presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. 84 p.
- Pineda-Flores, G., Hernández, T., Cruz, M. C. y T. Gutiérrez-Castrejón. 1999. Aplicación de dos microbioensayos para evaluar la contaminación presente en las cuencas Xochimilco y Lerma-Santiago, Rev. Lat.-Amer. Microbiol., 41: 251-258.

- Posada, M. I., Arroyave, M. P. 2006. Efectos del mercurio sobre algunas plantas acuáticas tropicales. *Revista EIA* 6: 57-67. Escuela de Ingeniería de Antioquía, Envigado, Colombia.
- PSYCSA. 2001. Trabajo en equipo. Material de estudio del curso: Formando el equipo perfecto. Bilbao, España.
- Rangel, M. R. 1981. Determinación de algunos metales tóxicos: B, Cd, Cu, Pb, y Zn en aguas del lago de Xochimilco para uso agrícola. Tesis de licenciatura, ENCB-IPN.
- Restrepo-Rivera, J. 2006. Manual práctico El A, B, C de la Agricultura Orgánica y Harina de Rocas. Fundación Produce Jalisco A.C., México.
- Ricker, E. W. 1979. Growth rates and model. *Fish Physiology*, (8): 677-743.
- Ricklefs, R. E. y G. L. Miller. 1999. *Ecology*. Cuarta edición. W. H. Freeman and Company. New York.
- Salgado, U. I.H., Shimizu, M. y T. Taniuchi. 1994. Semi-graphical determination of Gaussian components in mixed distributions. *Stata Technical Bulletin*, 18: 15-27.
- Salgado-Ugarte, I.H. 2002. Suavización no paramétrica para análisis de datos. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM., México. 139 p.
- Schnabel, Z. E. 1988. The estimation of the total fish population of a lake. *Am. Math. Monthly*, 45: 348 - 352.
- Secretaría de Pesca. 1994. Cultivo de Tilapia. México. 46 p.
- Schumacher, F.X. y R.W. Eschmeyer. 1943. The estimation of fish populations in lakes and ponds. *J. Tennessee Acad. Sci.* 18: 228-249.
- Seber, G. A. 1982. *The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters*. Griffin, London.

Snyder, R. y P. Melo-Abreu. 2010. Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía, FAO, Italia.

Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1981. Biostatistics. Segunda edición. Freeman, San Francisco.

Sparre, P. y S. C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca, No. 306.1 Rev. 2: 420 p.

Thys, V.D. A. 1968. An Annotated Bibliography of [Tilapia] (Pises: Cichlidae). Musee Royal de L' Afrique Centrale., Tervuren, Belgique., Documentation Zoologique No. 14: 406 p.

Trewavas, E. 1983. Tilapiini fishes of the genera *Sarotherondon*, *Oreochromis* and *Danakilia* British Museum (Natural History), 583 p.

Valiente, E., Sumano, C., Rubio, M., Manzur, D., Pérez-Belmont, P., Zambrano, L. y M. Mazari. 2012. Plan de acción para la habilitación de refugios como áreas para la recuperación y conservación de la población endémica del ajolote *Ambystoma mexicanum*. Informe final del proyecto “Recovery of a critically endangered species, the axolotl *Ambystoma mexicanum*, in refuges of Xochimilco, Mexico city”, Fish & Wildlife Service, Assistance Award number 96200-0-G214, 20120-2012.

VanHassel, J. M. 1980. Heavy metals in a stream ecosystem at sites near highways. Trans. Am. Fish. Soc. 109: 636-643.

Weatherley, A.H. 1990. Ecology of fish growth. 2(12): 1321-1324.

West, M. A. y L. Markiewicz. 2004. Building team-based working. A practical guide to organizational transformation. Oxford: BPS / Blackwell.

Zambrano, L. y E. Valiente. 2008. Informe final de actividades del Proyecto Mitigación del impacto de las especies introducidas en la zona lacustre de Xochimilco. Laboratorio de Restauración Ecológica, Instituto de Biología, UNAM.

Zambrano, L., Valiente, E., y M. J. Vander Zanden. 2010. Food web overlap among native axolotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes: carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Xochimilco, Mexico City. *Biological Invasions*, 12(9), 3061-3069.

Páginas de internet consultadas:

<http://tiie.com.mx/cetes-noviembre-2012/#more-179725-Noviembre-2012>

<http://www.banxico.org.mx/portal-inflacion/index.html25-Noviembre-2012>

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5231578&fecha=31/01/201226-Noviembre-2012