

# Manual para construir **refugios de axolotes** en chinampas de Xochimilco



**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

**EDUCACIÓN  
AMBIENTAL**

Manual para construir refugios de axolotes en chinampas de Xochimilco

DR © **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)**.  
Av. Ejército Nacional No. 223, Colonia Anáhuac I, Alcaldía Miguel Hidalgo,  
C.P. 11320, Ciudad de México.  
[www.gob.mx/semarnat](http://www.gob.mx/semarnat)

**Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU)**  
Av. Progreso No. 3, Colonia del Carmen, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04100,  
Ciudad de México.  
[www.gob.mx/semarnat/educacionambiental](http://www.gob.mx/semarnat/educacionambiental)

**Universidad Nacional Autónoma de México**  
Instituto de Biología  
Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.  
<http://www.ib.unam.mx/>

**Fotografía de portada:** Tania Fernández.

Primera edición: 2020.

ISBN:

Manual para construir  
**refugios de axolotes**  
en chinampas de Xochimilco



## Directorio

---

### **Gobierno de la República**

Lic. Andrés Manuel López Obrador

Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos

Mtra. María Luisa Albores González

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Dr. Agustín Ávila Romero

Coordinador General del Centro de Educación  
y Capacitación para el Desarrollo Sustentable

Soc. Javier Lara Arzate

Director de Comunicación Educativa

Ciudad de México, México.

Diciembre de 2020.

**Autores:** Dr. Luis Zambrano González, Chinampero Pedro Méndez Rosas, Chinampero Marco Antonio Méndez Rosas, Lic. Carlos Uriel Sumano Arias, Biól. Diana Vázquez Mendoza, Biól. Rubén Rojas Villaseñor, Chinampero y M. en E. Felipe Barrera Aguirre, Chinampero Víctor Velazco Escobar, Lic. Leonel Efraín Marín Betanzos, Chinampero Marco Antonio del Valle Gardida, Hidrobiól. Omar Jiménez Jiménez, Scigo. Hisami Miyano.

**Colaboradores:** Chinamperos Miguel del Valle, Bacilio Bermúdez, Agustín Galicia González, Porfirio Enríquez Serralde, Anastasio Medina Jiménez, Leonardo Medina Jiménez, Dionisio Eslava Sandoval, Miguel Sánchez y Gauri Flores del Ángel.



---

Dedicado a

*A los chinamperos que mantienen viva la cultura y biodiversidad  
lacustre, en especial a Don Chope pionero en los refugios.*

---



---

# Agradecimientos

---

A través de los años el Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ha contado con el financiamiento de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), el Instituto Nacional de Ecología (INECOL), la Comisión de Recursos Naturales del Distrito Federal (CORENA), la Cámara de Diputados, junto con la Autoridad de la Zona Patrimonio (AZP), la Secretaría de CULTURA a través de la Dirección General de Sitios y Monumentos del Patrimonio Cultural, la Delegación Xochimilco y la recién formada Alcaldía Xochimilco. Su participación ha sido muy importante para lograr diversos cometidos, entre ellos este manual.

Este manual es resultado de varios años de colaboración y experimentación entre Chinamperos y el Laboratorio de Restauración Ecológica. Representa un esfuerzo por conservar y mejorar el patrimonio que tenemos como humanidad y trasciende cualquier diferencia que pueda alejarnos de este objetivo. Muchos son los amigos, colaboradores e instituciones que han permitido construir los refugios y el conocimiento a través de los años, con todos ellos estamos muy agradecidos. En especial queremos agradecer y reconocer el acompañamiento de las cooperativas Chinampayolo S.C., Olintlalli S.C. y Granja Apampilco S.C. quienes han aportado su experiencia, conocimiento e ímpetu para evitar que desaparezca el legado que tienen como dicha y responsabilidad.

Al Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), que con su proyecto editorial ha contribuido a la difusión de conocimientos, la reflexión y el análisis crítico en temas de importancia para el campo de la educación ambiental, se reconoce su colaboración para la publicación y difusión de este manual.



Construyendo el conocimiento colectivo con chinamperos.

---

# Índice

---

13	<b>1. Motivo del manual</b>
15	<b>2. La zona chinampera</b>
16	2.1. Los problemas de la zona chinampera
19	<b>3. El modelo chinampa-refugio</b>
22	3.1. La chinampa
23	3.2. El refugio
27	<b>4. La construcción de refugio</b>
27	4.1. El canal
30	4.2. Dimensiones y profundidad
31	4.3. Apertura de un nuevo canal
33	4.4. Rehabilitación de un canal cerrado
34	4.5. Rehabilitación de un canal abierto
35	4.6. Los biofiltros
37	4.7. Estabilización de canales con ahuejotes
38	4.8. El hábitat
39	4.8.1. Siembra de plantas
43	4.8.2. Introducción de animales acuáticos
47	<b>5. Mantenimiento y monitoreo de refugios</b>
47	5.1. Externo

47	5.2. Interno
47	5.3. Monitoreo
49	<b>6. Plantas y animales que están en los refugios</b>
49	6.1. Plantas
49	6.1.1. Plantas terrestres
49	6.1.1.1. Ahuejote
50	6.1.1.2. Ahuehuete
50	6.1.2. Plantas acuáticas
51	6.1.2.1. Plantas acuáticas libres flotadoras
52	6.1.2.2. Plantas acuáticas sumergidas
53	6.1.2.3. Plantas acuáticas enraizadas emergentes
54	6.2. Animales
54	6.2.1. Invertebrados
55	6.2.1.1. Microinvertebrados
55	6.2.1.2. Macroinvertebrados
55	6.2.1.2.1. Insectos
57	6.2.1.2.2. Caracol acuático
57	6.2.1.2.3. El acocil
57	6.2.2. Vertebrados
58	6.2.2.1. Peces
58	6.2.2.1.1. Charal
58	6.2.2.1.2. Mexcalpique
59	6.2.2.2. Anfibios
59	6.2.2.2.1. Rana leopardo
60	6.2.2.2.2. Rana Tláloc
60	6.2.2.2.3. Rana de árbol plegada
61	6.2.2.2.4. Axolote
62	6.2.2.3. Reptiles
62	6.2.2.3.1. Culebra panza negra
63	6.2.2.4. Otros animales asociados a los refugios
65	<b>Glosario</b>
69	<b>Referencias</b>

---

## Resumen

---

Las chinampas de Xochimilco tienen diversos reconocimientos por su importancia natural, cultural y ambiental. Pero su deterioro se acentúa día a día por la urbanización. Ante este escenario los agricultores de la zona (chinamperos) y el Laboratorio de Restauración Ecológica proponen un modelo de restauración del humedal y las chinampas, fundamentado en 20 años de prácticas con información académica y chinampería tradicional. El modelo se denomina Chinampa–Refugio. Este manual aborda únicamente la construcción de Refugios de axolotes en una chinampa. Desde la excavación del canal, la siembra de ahuejotes y el establecimiento del hábitat, el manual explica de manera gráfica cada uno de los pasos necesarios para la construcción de un refugio. Los refugios han demostrado ser viables para regenerar el hábitat de las especies nativas de Xochimilco a la vez que mejoran la calidad del agua para la producción de alimentos libres de agroquímicos en las chinampas.



---

# 1. Motivo del manual

---

La zona chinampera, al sur de la Cuenca de México, tiene el reconocimiento de la UNESCO desde 1987 como Patrimonio Cultural de la Humanidad. Además, forma parte de los 142 sitios Ramsar de México por la importancia ecológica y biológica de sus humedales. Esta zona provee de alimento a partir de la chinampería, una tecnología reconocida por Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como “Sistema Importante del Patrimonio Agrícola Mundial” (SIPAM) desde 2018.

Sin embargo, la zona chinampera se encuentra vulnerable a la urbanización. Esto ha promovido pérdidas de áreas que estaban dedicadas a la producción agrícola tradicional, y con ello se van perdiendo cultura y biodiversidad. Por ejemplo, está desapareciendo el axolote, *Ambystoma mexicanum*, anfibio endémico de la Cuenca de México, con características fisiológicas únicas en el mundo.

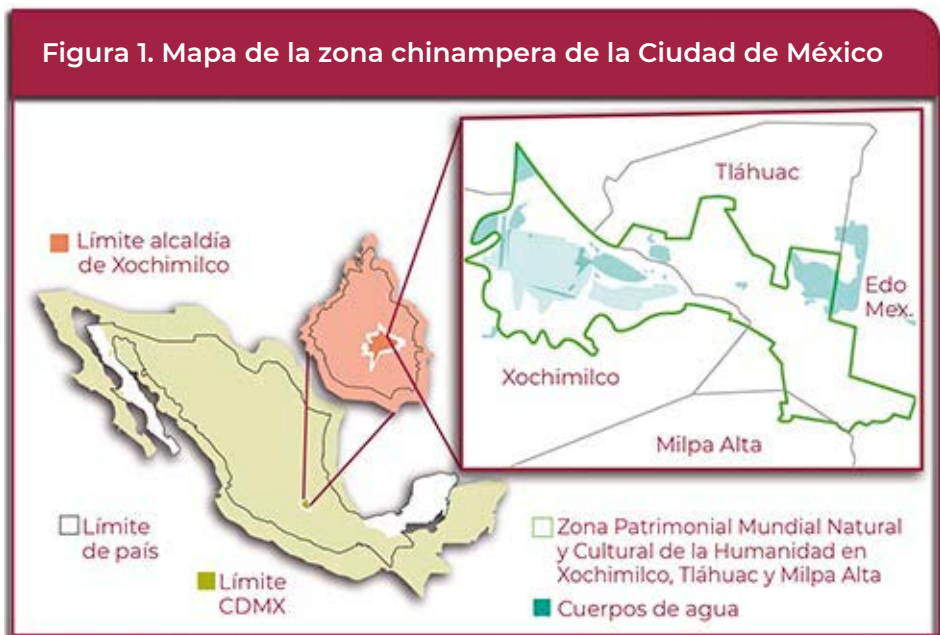
Para reducir el deterioro ambiental en la zona chinampera es necesaria la colaboración entre la academia y la sociedad. Con esta unión los proyectos de restauración se implementan con más solidez y tienen una visión de largo plazo. Este manual es el producto de la colaboración entre el Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la UNAM y los chinamperos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco. Los conocimientos académico y tradicional han sido un componente esencial para implementar un modelo de restauración que considera de manera integral, elementos ecológicos y productivos, a partir de la experiencia de la chinampería. El resultado es que juntos hemos logrado implementar el modelo llamado Chinampa–Refugio, para rehabilitar la producción de alimentos al mismo tiempo que mejoramos el

hábitat de las especies del lago, incluyendo al axolote. Este modelo se ha ido perfeccionando durante más de dos décadas, para construir espacios que funcionan como refugios para la biodiversidad silvestre de la región y al mismo tiempo integran la producción de hortalizas, flores y granos con la tecnología de producción chinampera, que ha logrado incorporar elementos tecnológicos novedosos que le permiten adaptarse a los cambios y necesidades del presente (tal y como se ha venido desarrollando desde la época prehispánica).

En el manual compartimos lo que hemos aprendido para promover sitios para la restauración de Xochimilco a partir del retorno de la chinampería tradicional. Con esto, buscamos salvaguardar el Patrimonio Natural y Cultural de la Humanidad en la zona chinampera de Xochimilco y Tláhuac. Ofrecemos una guía que permite conocer las características de estos refugios y las actividades necesarias para el acondicionamiento de canales, establecimiento de biofiltros, mantenimiento y monitoreo de refugios.

## 2. La zona chinampera

La zona chinampera forma parte del Suelo de Conservación de la Ciudad de México. Comprende parte de las alcaldías de Tláhuac y Xochimilco con una extensión total de 2,215 hectáreas y está dividida en cinco zonas: Xochimilco, San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco, San Pedro Tláhuac y San Andrés Mixquic (González-Pozo, 2016).



Créditos: Gauri Flores del Ángel.

La zona chinampera debe su nombre a su principal característica, la chinampa, en la cual se lleva a cabo el cultivo de alimentos a través del *sistema agrícola de chinampas*, un método de agricultura único en el mundo que tiene más de dos mil años de perfeccionamiento, y por ello se ha destacado por su gran productividad. Cada chinampa puede producir entre cinco y seis cosechas por año.

En las chinampas se han producido principalmente granos, hortalizas y flores para el sustento de muchos mexicanos que han vivido en la cuenca de México. Actualmente se cultivan a lo largo del año más de 50 variedades de vegetales y hortalizas que forman parte de nuestro patrimonio y de la riqueza de especies agrícolas mexicanas. Las chinampas podrían tener un rendimiento de 3.5 a 6.3 toneladas por hectárea en un año (Sanders, 1957; Jiménez–Osorio y del Amo, 1986).

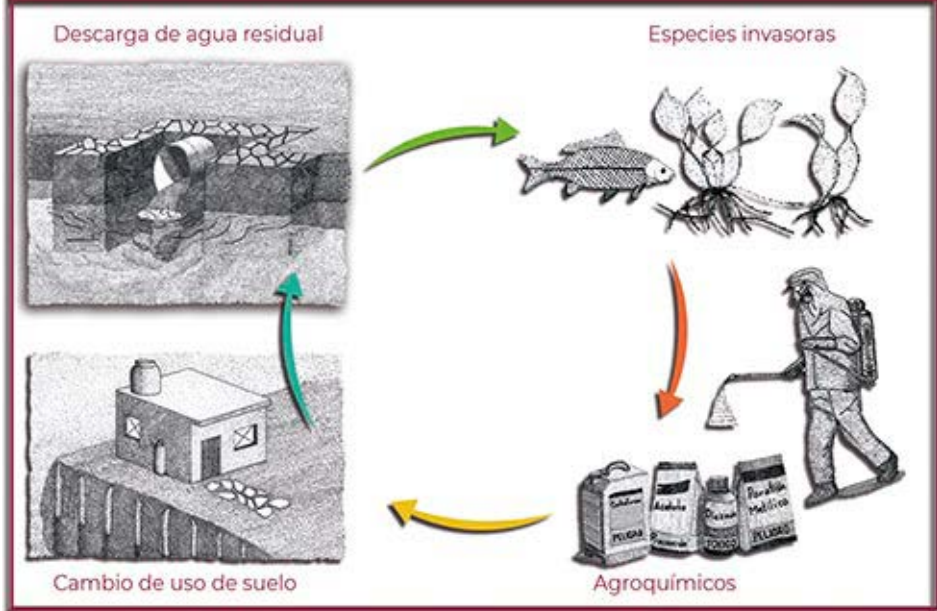
En cuanto a la diversidad biológica, la zona chinampera cuenta con 146 especies de plantas, de estas, el 80% corresponde a vegetación acuática (Carreón, 2006), al menos 860 especies de invertebrados que incluyen al acocil cuyas poblaciones también han disminuido drásticamente en los últimos años. También había 21 especies de peces, siete de anfibios, 19 de reptiles, 215 de aves y 19 de mamíferos. Al menos 10 de estas especies están en alguna categoría de protección y cinco han sido identificadas como endémicas en la zona: el charal, el pupo del valle, la rana de Tláloc, el axolote mexicano y la rana de Moctezuma (Zambrano y Rojas, 2018).

**Figura 2. Chinampa Sembrada. Don Miguel y Marco del Valle en la chinampa**



Créditos: Carlos Sumano.

**Figura 3. Principales problemas dentro de la zona chinampera**



Créditos: Gauri Flores del Ángel y Miguel Sánchez.

## 2.1. Los problemas de la zona chinampera

A pesar de que la zona ha dado de comer durante siglos, en el último siglo el México moderno ha descuidado este gran ecosistema. En nuestros días la zona chinampera está bajo el acoso de la expansión de la mancha urbana, lo que está haciendo que haya menos chinampas todos los días. Esto conlleva a la contaminación del agua de los canales por pesticidas, fertilizantes y aguas negras, lo que hace difícil la producción chinampera. Finalmente, la introducción a los canales de carpas y tilapias (especies exóticas del ecosistema) está afectando la biodiversidad acuática. Todo esto promovió el abandono de las chinampas en las décadas recientes, lo que ha provocado el cambio de uso de suelo agrícola para convertirlo en actividades turísticas y recreativas, como las canchas de fútbol. Ambos tipos de actividades son negativas cuando se hacen de manera masiva.

El deterioro y perturbación ecológica de la zona chinampera ha traído diversas consecuencias en el ecosistema, una de las más evidentes y graves es la reducción poblacional de especies nativas de Xochimilco, como el axolote (*Ambystoma mexicanum*).

En 20 años su población bajó de 6 mil axolotes por km<sup>2</sup> a solo 36 (Zambrano *et al.*, 2015). El axolote es de gran importancia cultural, histórica y biológica, lo que lo posiciona como una de las especies emblemática de nuestro país.

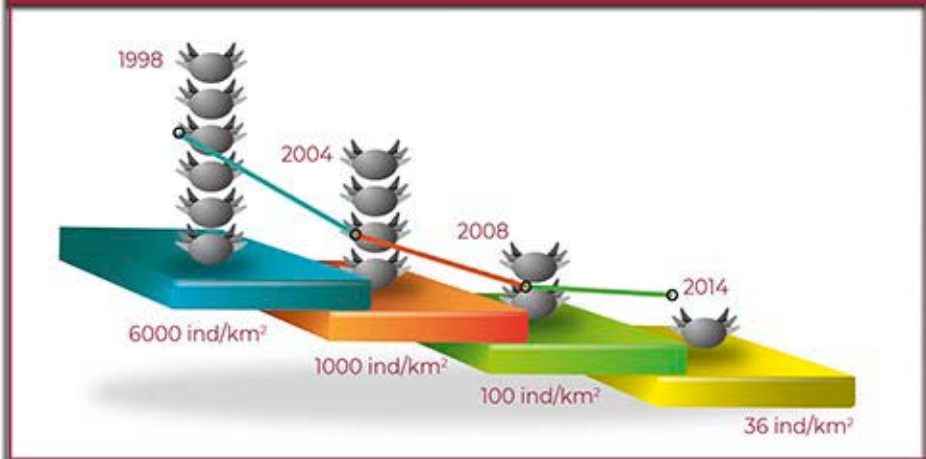
Figura 4. Axolote mexicano



Créditos: Rubén Rojas.

Este deterioro llevó a conjuntar esfuerzos de restauración a partir de establecer el modelo Chinampa–Refugio. Con este modelo se busca revertir la situación de deterioro mediante un nuevo impulso de la producción chinampera tradicional que permitirá la regeneración del hábitat para las especies nativas. Además, este modelo quiere promover la reactivación chinampera, muy necesaria para la sostenibilidad de la Ciudad de México.

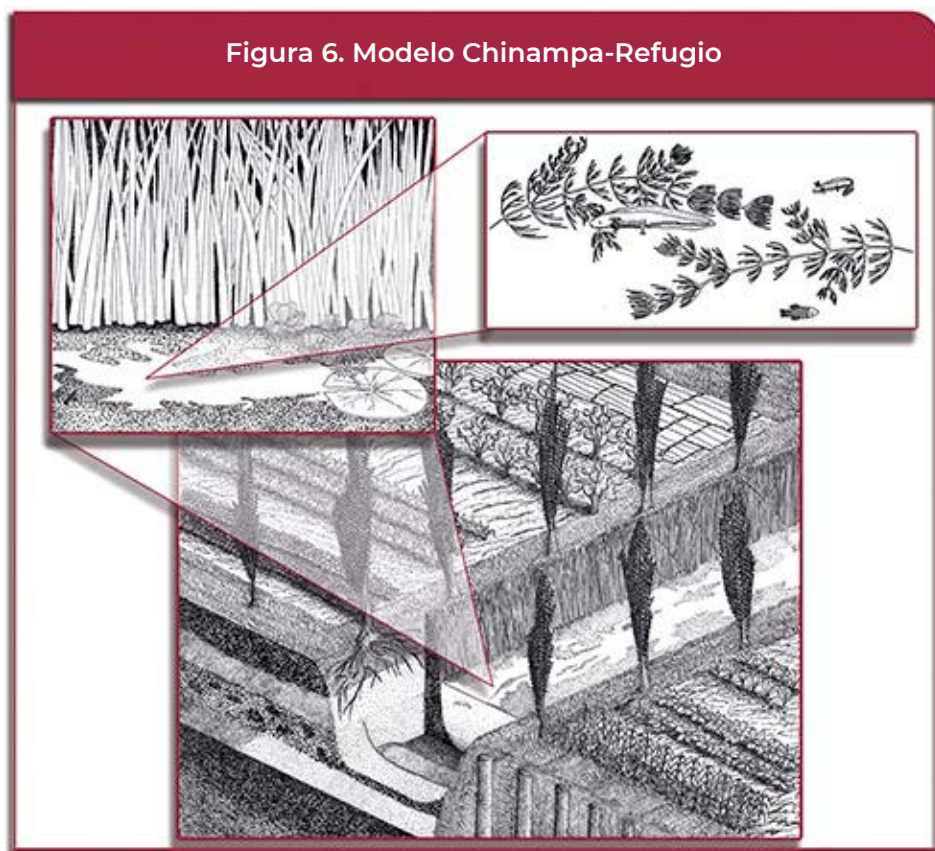
Figura 5. Gráfica poblacional del axolote



Créditos: Gauri Flores del Ángel.

### 3. El modelo Chinampa-Refugio

Figura 6. Modelo Chinampa-Refugio



La piedra angular del modelo Chinampa–Refugio se basa en aprovechar la agricultura tradicional para mejorar la producción de hortalizas sin el uso de pesticidas contaminantes y agroquímicos. Con esto se promueve un nuevo hábitat para las especies nativas que sirva de refugio contra las amenazas generadas por la mala calidad del agua, las especies introducidas y la urbanización. Esta simbiosis entre la producción tradicional y la conservación del hábitat y las especies nativas permitirá ir caminando hacia la sostenibilidad de la Ciudad de México.

Un refugio sano permite una buena práctica chinampera, puesto que mejora la calidad del agua y el sedimento, que son elementos esenciales para la agricultura chinampera. Cuando las plantas, microorganismos, peces y axolotes mueren en los canales se van al fondo y se convierten en sedimentos, que al usarse sobre la chinampa aporta abono rico en nutrientes. El sedimento de estos refugios puede ser utilizado para la elaboración de almácigos y el abono de cultivos. También como abono se pueden extraer algunas plantas acuáticas. Con estas prácticas no sólo se mejora el cultivo aumentando la fertilidad del suelo chinampero y evitando el uso de fertilizantes, también se promueve el mantenimiento de refugios necesario para contar con un hábitat saludable para las especies nativas.

Como se puede observar, existe una relación de ayuda mutua (llamada simbiosis en biología) entre la chinampa, que beneficia al agricultor, y el refugio que beneficia a las especies nativas. Las chinampas se benefician teniendo mejor calidad de agua y sedimentos, además de una mayor diversidad alrededor de ellas. Las especies dentro de los refugios encuentran el hábitat adecuado para sobrevivir y reproducirse. Esta

**Figura 7. Renacuajo de rana Moctezuma encontrado en una Chinampa–Refugio**



Créditos: Omar Jiménez.

Figura 8. Chinampa-Refugio consolidada



Créditos: Diana Vázquez.

simbiosis es la piedra angular de la restauración de Xochimilco. Su manejo constante permite el mantenimiento y mejora del patrimonio natural y cultural de la humanidad. Sin embargo, existen otros beneficios ecosistémicos asociados en la práctica de la chinampería tradicional y la construcción de refugios como lo muestra la figura 9:

Figura 9. Beneficios ecosistémicos asociados a la Chinampa-Refugio



Créditos: Gauri Flores del Ángel.

**Figura 10. Chinampa sembrada**

Créditos: Diana Vázquez.

### 3.1. La chinampa

En la actualidad, existen 17,336 chinampas que pueden ser rehabilitadas en la zona (González-Pozo, 2016) para producir y proveer alimentos saludables a la ciudadanía. El proyecto Chinampa-Refugio apoyaría la participación comunitaria y la integración de las más de 12,500 personas que se dedican al cultivo de hortalizas y flores en los procesos de gestión y manejo de las áreas destinadas a la conservación de vida silvestre.

La palabra “chinampa” proviene del náhuatl *chinamitl* = seto de cañas y *apam* = terreno plano. Construida sobre el agua del lago de Xochimilco, la chinampa es una parcela o terreno rectangular en donde se producen hortalizas y flores. La chinampa se construye a partir de capas tejiendo cañas y carrizo alternados con capas de lodo del lago. Las chinampas son concebidas como un agroecosistema diversificado que representó uno de los principales soportes de la alimentación en la época prehispánica y que hoy en día sigue proveyendo de alimentos saludables a los habitantes de la Ciudad de México. Además, brinda hábitat para diferentes especies de animales acuáticos o terrestres y resguarda el patrimonio biocultural del Valle de México.

La técnica chinampera (llamada chinampería) se caracteriza por una serie de pasos que la distinguen de otros métodos de agricultura. Los principales son: el barbecho para descompactar la tierra, el xaltocan en donde se colocan capas de plantas por encima del suelo para aumentar su fertilidad, la elaboración del almacigo que es una base rectangular de lodo que se deja secar para formar unos cuadritos de tierra denominados chapines en donde se depositan las semillas para su germinación y final-

**Figura 11. Pedro Méndez colocando agua lodo en la chinampa**

Créditos: Carlos Sumano.

mente, la recolección de agua lodo del fondo de los canales para abonar los cultivos. Es así como obtenemos una gran variedad de hortalizas y vegetales, muchos de los cuales tienen origen prehispánico como la calabaza, los quelites, las verdolagas y el maíz.

Las chinampas están separadas por canales, acalotes o apantles. Estos canales hidratan el suelo de la chinampa al trasminar el agua dentro del terreno y llegar a las raíces de las plantas a producir (Martínez, 2004). La distribución de las chinampas ha generado una red de canales de acceso a través de canoas, medio de transporte utilizado por los chinamperos para transportar sus cosechas y llegar a sus chinampas. A su vez, esta red de canales es el hábitat ideal para las especies acuáticas de Xochimilco.

La chinampería tradicional destaca por la incorporación de prácticas ancestrales en donde se utilizan los insumos que el propio ecosistema provee sin necesidad de adquirir productos externos. Los chinamperos cuidan cada uno de los elementos involucrados en este proceso y esto les confiere a las chinampas una capacidad sorprendente de producción. La *chinampería* forma parte del Sistema de Importancia del Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM).

### 3.2. El refugio

Una parte esencial del modelo Chinampa–Refugio es la construcción del hábitat que servirá para refugiar a la vida silvestre acuática de Xochimilco. Un refugio es un canal o apantle que bordea una chinampa al que se le añaden una serie de obras rústicas para proveer condiciones físicas, biológicas y de protección al microhábitat que constituye la chinampa en sí.

**Figura 12. Huevos de rana en una planta del refugio y refugio**



Créditos: Diana Vázquez - Carlos Sumano.

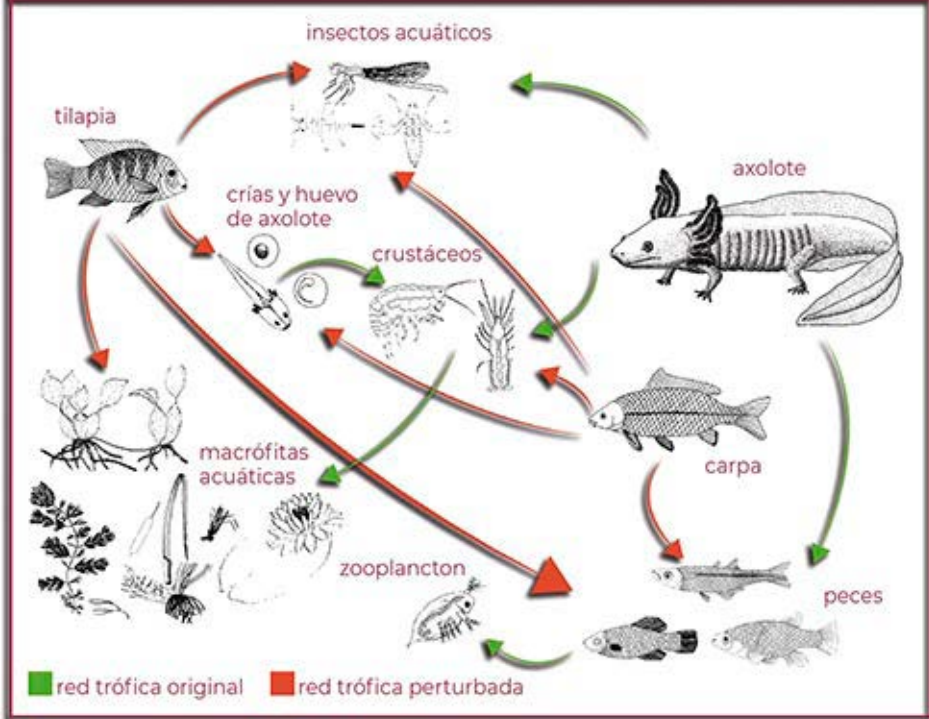
La extensión y la forma pueden variar debido a que no todas las chinampas son iguales y las necesidades de riego y manejo del refugio son diversas. En los extremos del refugio, donde se conecta con otros canales, están los biofiltros contruidos con los materiales propios del humedal. Estos biofiltros tienen la función doble de no dejar entrar a los peces exóticos y filtrar el agua, lo que la vuelve más transparente y menos contaminada. Con esta barrera, las plantas y los animales pueden sobrevivir y el agua es de mejor calidad para la siembra.

Puesto que las chinampas que tienen estos refugios no deben utilizar fertilizantes o pesticidas, las plantas acuáticas y los animales pueden sobrevivir y reproducirse muy bien. A su vez, las plantas de los refugios mejoran el agua, sirven de casa y comida para todos los animales. En estos hábitats la cadena trófica es muy saludable, al grado que las bacterias que descomponen a los organismos muertos pueden también ser útiles en mejorar la calidad del agua.

El refugio en realidad es regresar a las condiciones que había en las aguas de Xochimilco hasta hace muy poco. Por lo tanto, las técnicas de construcción buscan recrear lo que existía hasta hace 70 años.

Todos estos animales junto con las plantas están relacionados con un entramado que los biólogos denominamos cadena trófica. Las plantas de los refugios se alimentan de los sedimentos y nutrientes que contiene el agua, los insectos se alimentan de plantas, los peces se alimentan de insectos y plantas, y los axolotes se alimentan de insectos y peces. En los refugios estamos buscando reestablecer la cadena trófica previa a la introducción de carpas y tilapias cuando la calidad del agua no estaba tan afectada por la ciudad y las técnicas de producción con agroquímicos.

Figura 13. Red trófica en los canales de Xochimilco

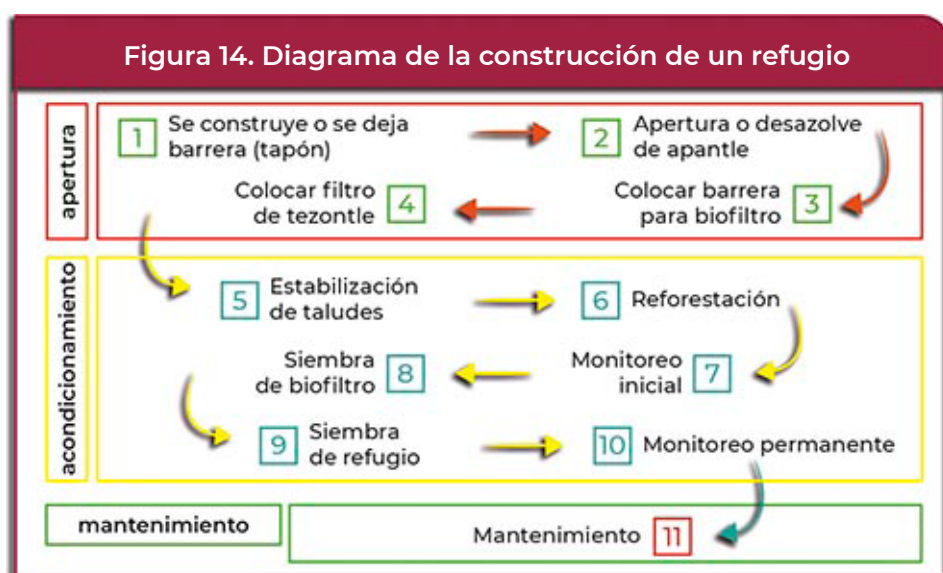


Créditos: Gauri Flores del Ángel y Miguel Sánchez.



## 4. La construcción de un refugio

La construcción de un refugio consta de once etapas que comienzan con la construcción o rehabilitación de un canal. Posteriormente, se requiere la construcción del biofiltro que será la barrera que separa el refugio y de los canales exteriores creados por la restauración y los canales exteriores. Después viene la restauración del hábitat dentro del canal, y finalmente, el mantenimiento constante para que el agua, las plantas y los animales cuenten con un hábitat saludable.



Créditos: Carlos Sumano.

## 4.1. El canal

La red de canales que surge a partir de las chinampas pueden ser muy anchos, otros más pequeños llamados acalotes y los canales muy angostos llamados apantles. Por lo que los canales habilitados como refugios tendrán diversas formas y tamaños. Se debe partir de las condiciones iniciales del canal. Hay lugares que no tienen canales por lo que será necesario establecer el canal trazándolo desde un principio (figura 15). Un segundo caso son aquellos canales completamente cerrados sin agua, pero que aún están definidos por una hondonada y/o una fila de ahuejotes que flanqueaban al canal cuando tenía agua (figura 16). En algunos lugares los canales están abiertos pero muy azolvados y con vegetación acuática abundante, por lo que están húmedos, pero no cuentan con un espejo de agua. Finalmente, están los canales abiertos pero llenos de carpas y tilapias y sin vegetación (figura 17).

Antes de comenzar a trabajar, se debe recordar que la rehabilitación de un canal debe de estar supeditada al modelo Chinampa–Refugio. Por lo tanto, la generación de un refugio tiene que tomar en cuenta las necesidades que cada chinampa donde se va a construir el refugio. En muchas ocasiones basta con rehabilitar un canal azolvado pues la chinampa cuenta con otros canales. En otros casos, sólo se requiere rehabilitar un canal abierto. En algunos casos se requiere abrir una red de canales dentro de la chinampa para facilitar el riego de cultivos, esta actividad se complementa con la diversidad de cultivos sobre las chinampas.

**Figura 15. Apertura de un nuevo canal: a) chinampa sin intervención, b) chinampa rehabilitada con modelo Chinampa-Refugio**



Créditos: Tania Fernández.

**Figura 16. Canal cerrado: Apantle ya existente con poco espejo de agua. Se requiere trabajos de acondicionamiento**



Créditos: Carlos Sumano.

**Figura 17. Javier y Marco del Valle construyendo barrera para refugio**



Créditos: Carlos Sumano.

Idealmente, una chinampa de 20 metros de ancho debe tener un canal asociado. Esto permitirá hidratar el suelo y que los ahuejotes que se siembren en el apantle cumplan la función de cortina rompevientos, evitando así la erosión. Cada chinampa está moldeada por el manejo histórico y por las necesidades del chinampero, así que las dimensiones pueden variar. Por ello, se recomienda hacer un croquis (puede ser desde un dibujo en un papel hasta con la imagen de la chinampa de un dron) para diseñar la mejor localización de los canales. A continuación, se describen las acciones necesarias para establecer refugios en diversos escenarios.

## 4.2. Dimensiones y profundidad

No existen medidas estrictas para la profundidad de un refugio, y un mismo canal puede contar con diferentes profundidades. En general, se recomienda una profundidad mínima de 100 centímetros (un metro) entre el espejo de agua y el fondo del apantle. Esta profundidad es ideal para la sobrevivencia de todos los organismos acuáticos en Xochimilco. Sin embargo, la cantidad de agua varía en las diferentes épocas del año. Si disminuye mucho el nivel de agua de los refugios se pueden presentar cambios bruscos de temperatura que afectan a las plantas, insectos, peces y axolotes. Es por este motivo que se sugiere hacer un esfuerzo para construir un canal que tenga cuando menos un metro y medio de profundidad incrementándola hasta dos metros cuando sea posible. Si un refugio es grande podrá tener diferentes profundidades, en algunas zonas un metro, en otros metro y medio y algunas de dos metros.

Para decidir qué tan largo y ancho será el canal utilizado como refugio debe tomarse en cuenta el tamaño de la chinampa, el espacio que el propietario puede destinar para el canal o apantle y el lugar o los lugares en donde se va a sembrar. Algunas veces será necesario ajustarse a los canales que ya están trazados, pero se encuentran azolvados o cubiertos por plantas. En estos casos los árboles son muy buena guía para trazar la forma y tamaño final.

Se ha observado que los canales con un metro de ancho o menos no son viables para el establecimiento de refugios debido a que las hierbas y malezas en las orillas cierran el canal rápidamente y existen dificultades para que el viento promueva la circulación de agua. Lo ideal es construir canales de entre dos y tres metros de ancho. Lo importante para decidir el tamaño es tener en cuenta que entre más ancho sea el canal que se habilitará como refugio es mejor debido a que el viento ayudará a mover el agua y oxigenarla. Por este motivo también se recomienda (en la medida de lo posible) orientar el refugio o parte de él en la dirección que el viento pueda mover el agua con mayor facilidad. Mientras más ancho, largo y profundo sea el canal se tendrá un refugio con mejor calidad en el hábitat para axolotes, peces y acociles y agua de buena calidad para el riego de las chinampas.

Figura 18. Dimensiones y profundidad de un refugio



Créditos: Carlos Sumano.

### 4.3. Apertura de un nuevo canal

Para establecer un canal en sitios en donde no existía ninguno se tiene la libertad de trazar el refugio alrededor de la chinampa. En estos casos se podrá considerar la dirección del viento para definir el trazo. Se puede establecer un canal para delimitar la colindancia con otras chinampas, para facilitar las labores de riego y para hacer un entramado de canales que permitan diferentes actividades en la chinampa. Es importante comenzar a escarbar desde el centro del futuro refugio hacia los extremos que proveerán de agua, con el fin de poder hacer la excavación en seco. El trazo del canal puede delimitarse con cuerdas. Usualmente la excavación se realiza con palas y picos, pero si se cuenta con la maquinaria y el permiso de las autoridades, es posible hacer la excavación con un trascabo pequeño o una “mano de chango”. Se recomienda ver la sección de dimensiones y profundidad.

Los extremos del apantle que se está generando colindan con los canales a los cuales estará conectado el refugio. En estos extremos se debe dejar una columna de tierra de entre dos y tres metros de largo al que le denominaremos “tapón”, pues evitará que entre el agua con carpas y tilapias de los canales que abastecen de agua al refugio a construir.

**Figura 19. Apertura de un canal**



Créditos: Carlos Sumano.

**Figura 20. Basilio Rodríguez construyendo biofiltro en su chinampa**



Créditos: Carlos Sumano.

#### 4.4. Rehabilitación de un canal cerrado

Un canal trazado y bien definido pero azolvado (sin agua, relleno de lodo, vegetación, residuos) o cubierto completamente por plantas como el tule, zacaltule, achilillo, en el que no puede habitar ningún animal acuático. En estos casos es necesario en primer lugar retirar la vegetación. Posteriormente, al ser un canal abierto es necesario construir un tapón en los extremos del futuro refugio. Su construcción requiere de estacas de madera y costales con tierra. El tapón debe tener un largo de dos a tres metros de tierra para evitar la filtración de agua en lo que se rehabilita el canal. Las estacas y costales podrán retirarse una vez que el biofiltro este bien desarrollado.

Una vez construido el tapón, se retira el lodo que ha azolvado el canal, con palas o con maquinaria si se cuenta con el permiso y material. De nuevo, se recomienda revisar la sección dimensiones y profundidad.

**Figura 21. Pedro Méndez y su equipo construyendo un tapón**



Créditos: Carlos Sumano.

**Figura 22. Desazolve**



Créditos: Carlos Sumano.

#### **4.5. Rehabilitación de un canal abierto**

En caso de contar con un canal que esté limpio de vegetación y con buena profundidad pero que existan dentro carpas y tilapias, la primera actividad a realizar es la construcción del tapón para impedir el paso del agua (ver en la sección anterior para conocer las características del tapón). Una vez construido, deberá drenarse el canal por completo con ayuda de una bomba para evitar la permanencia de agua contaminada, plantas y peces no deseados. Es recomendable hacer esto en el periodo marzo - junio cuando es época de secas y por lo tanto poco probable que llueva. De nuevo se recomienda seguir las recomendaciones de la sección dimensiones y profundidad.

**Figura 23. Agustín Galicia en la construcción de la barrera para su refugio**



Créditos: Carlos Sumano.

## 4.6. Los biofiltros

Al concluir los trabajos de desazolve o apertura el canal está listo para recibir agua. Se sustituye el tapón que divide el apantle de los acalotes o canales grandes con un biofiltro. Los biofiltros permiten el flujo del agua desde los canales grandes hacia los refugios. Los canales grandes generalmente se encuentran llenos de carpas y tilapias y tienen una pobre calidad del agua.

Los biofiltros son las estructuras que tienen una triple función. 1) Son la compuerta que evita que las carpas y las tilapias entren. 2) Son el filtro que ayuda a mejorar la calidad de agua dentro del refugio. 3) Son la conexión del refugio con el resto de los canales del ecosistema. Los biofiltros son una barrera semi-permeable que aíslan a los refugios de las condiciones adversas (contaminantes y especies introducidas) que amenazan a la biodiversidad que buscamos proteger en los refugios.

La construcción del biofiltro cuenta con dos secciones. La primera sección es una barrera de tezontle, y la segunda es una barrera de plantas acuáticas emergentes.

La primera sección del biofiltro es necesario utilizar tezontle con diámetro de entre 3 y 6 centímetros (parecido a la grava) que debe estar cernido para evitar que el polvo dificulte el ingreso de agua. La profundidad del biofiltro debe ser igual a la del refugio (entre uno y dos metros de columna de agua) y debe bloquear el canal de chinampa a chinampa. La primera sección del biofiltro que se colocara en el tapón y permitirá el ingreso de agua debe de tener un ancho mínimo de 50 centímetros.

**Figura 24. Basilio Rodríguez construyendo un filtro de tezontle para su refugio**



Créditos: Carlos Sumano.

La segunda etapa de la construcción del biofiltro es la generación de una barrera natural de plantas colocada junto al tapón. Las plantas de shacaltule y chilillo deben formar una barrera de tres metros de largo.

**Figura 25. Barrera para biofiltro**



Créditos: Carlos Sumano.

**Figura 26. Transporte de plantas para generar barrera y Barrera natural de plantas**



Créditos: Carlos Sumano.

#### 4.7. Estabilización del canal con ahuejotes

Una vez acondicionado el canal, y a la par de la construcción del biofiltro, es necesario estabilizar las orillas de las chinampas, pues estas se pueden desgajar o derrumbar. Para esto se debe de retirar la tierra que se acumuló del desazolve o la apertura del apantle en la orilla de la chinampa. Después debe formarse una rampa con inclinación aproximada de 30 grados y metro y medio de ancho en toda la orilla del refugio. Esto ayudará a reducir la presión de las orillas del canal.



Créditos: Carlos Sumano.

Además, se deben de sembrar ahuejotes en ambas orillas del canal a una distancia de un metro del borde del canal. La distancia entre árboles se recomienda que sea de 2 a 3 metros. Al crecer, las raíces de los ahuejotes generarán un entramado con la tierra, compactándola, de tal forma que evitará que la orilla del canal se vaya desgajando hacia el agua. Este entramado también genera micro hábitat para las plantas y animales acuáticos.



Créditos: Carlos Sumano.

## 4.8. El hábitat

Una vez que se tiene acondicionado el canal, el biofiltro funcionando y la orilla estabilizada con ahuejotes y/o estacas, se procede a trabajar con el hábitat. Para ello, es necesario monitorear frecuentemente el agua los primeros días. Se ha observado que los apantles que se abren por primera vez o que estaban completamente cerrados tardan más tiempo en tener las condiciones necesarias para la siembra de plantas acuáticas, en comparación con los canales que ya estaban abiertos y fueron acondicionados como refugios.

Se debe de contar con agua transparente y libre de carpas y tilapias, si no existe esta condición será necesario hacer un bloqueo temporal del filtro y desaguar de nuevo todo el canal. Debe de inspeccionarse los tapones y filtro de tezontle para detectar filtraciones por donde pasan las carpas y tilapias.

Una vez que se tiene agua más transparente se procederá a trabajar con el hábitat que se divide en dos etapas: La primera es la siembra de plantas acuáticas nativas y la segunda es la introducción paulatina de animales.

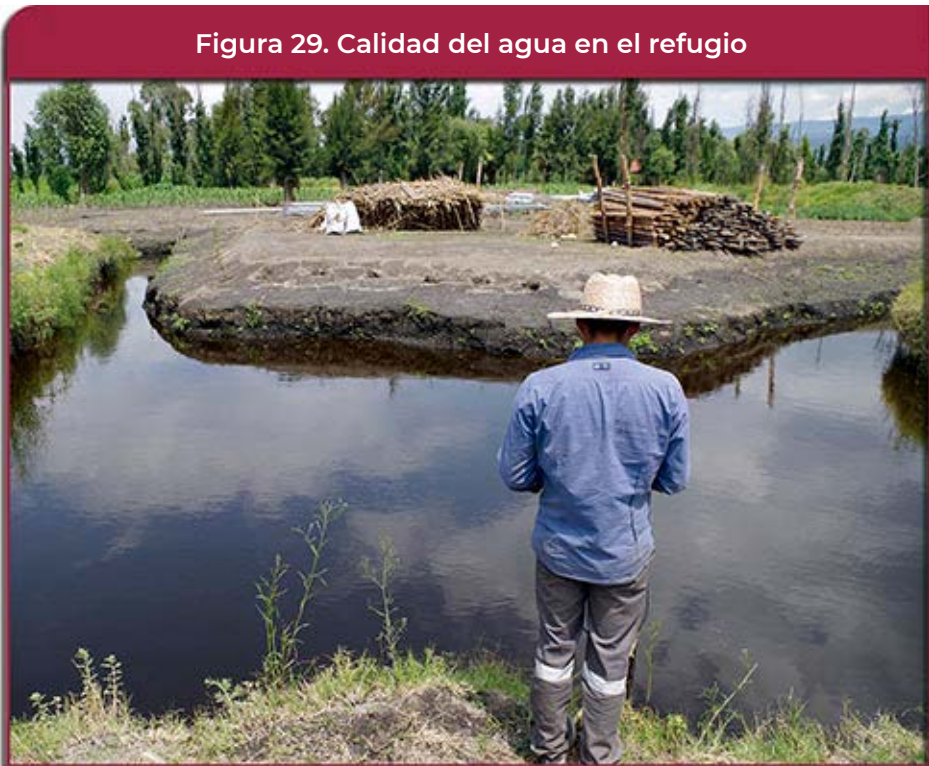


Figura 29. Calidad del agua en el refugio

Créditos: Carlos Sumano.

### 4.8.1. Siembra de plantas

Para completar el refugio y complementar la función de las plantas que se pusieron en el biofiltro, es necesario sembrar plantas a lo largo y ancho del refugio. Esto generará un buen hábitat para los insectos y animales. Las plantas, en los refugios, son fundamentales para el desarrollo de la vida acuática y por lo tanto de la cadena trófica que queremos instaurar en nuestro refugio. Los axolotes tienen preferencia por sitios con abundante vegetación, ya que los utilizan para esconderse de sus depredadores, funcionan como sitios de anidación en donde depositan sus huevos y les ayuda a amortiguar los cambios de temperatura extremos (Rubio-Lozano, 2014).

Antes de sembrar una cantidad grande de plantas, se recomienda comenzar con pocas cantidades en diferentes lugares del canal para evaluar como sobreviven. Una vez realizada la primera siembra de prueba, deben pasar dos semanas para introducir mayor cantidad de plantas, este periodo permitirá saber si la primera siembra logra desarrollarse o habrá que esperar un poco más de tiempo. En este último caso deberán hacerse siembras de prueba periódicas para conocer el momento oportuno para la siembra abundante de plantas.

Figura 30. Siembra de prueba



Créditos: Carlos Sumano.

El primer paso saber en dónde obtener las plantas. Se recomienda ampliamente que la colecta de plantas se realice en refugios que ya están en funcionamiento, de esa forma se garantiza su limpieza, ya que existe la posibilidad de que las raíces o los tallos vengán contaminados, es decir, contengan huevos o peces muy pequeños de carpas o tilapias.

Para la colecta de plantas flotantes puede ser usada una red para acuarios o para limpieza de albercas, las plantas enraizadas emergentes pueden ser colectadas con las manos apoyándose en una herramienta de corte (por ejemplo, machetes) que permitan formar bloques con gran contenido de raíces. Para la colecta de plantas sumergidas se recomienda el uso de bieldos o herramientas que cuenten con una extensión que permita colectar desde la chinampa.

**Figura 31. Colecta de plantas acuáticas**



Créditos: Carlos Sumano.

Una vez realizada la colecta, el traslado debe realizarse en el menor tiempo posible para evitar que se deshidraten. Se recomienda utilizar cubetas o botes que permitan moverlas con un poco de agua del mismo refugio en donde se colectaron para asegurar que lleguen en las mejores condiciones posibles a los nuevos refugios.

**Figura 32. a) Traslado de “paragüitas” a un nuevo refugio,  
b) Traslado de “pinito de agua” al nuevo refugio**



Créditos: Omar Jiménez.

En caso de no poder acceder a plantas acuáticas de refugios ya establecidos, deberán colectarse en los canales tomando las siguientes consideraciones: Se debe enjuagar con mucha precaución la zona de raíces y antes de colocarlas en el refugio deben colocarse en contenedores grandes por un periodo de observación de 20–30 días para descartar la presencia de huevos y peces exóticos pequeños.

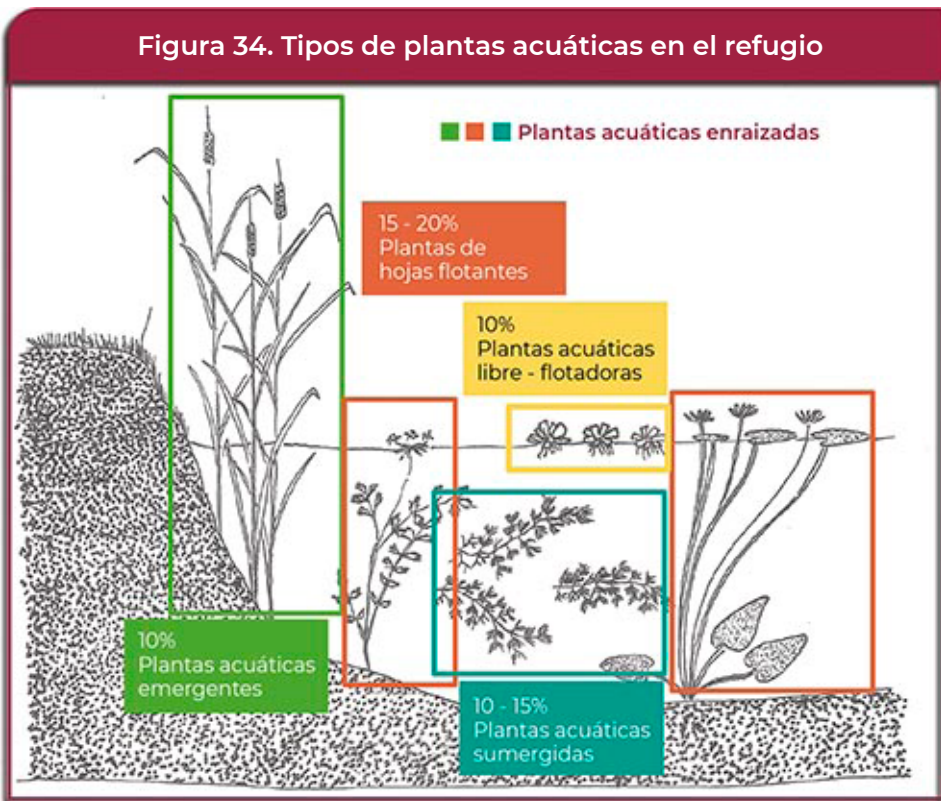
**Figura 33. En el caso del tule triangular basta con colocarlo a la sombra de 3 a 4 días para eliminar organismos no deseados que potencialmente puedan estar adheridos en las raíces de esta planta. Una vez transcurrido este tiempo, se coloca en el extremo del refugio para que empiece su crecimiento**



Créditos: Omar Jiménez.

Es necesario utilizar una combinación de diferentes tipos de plantas acuáticas que están presentes en la zona chinampera. El establecimiento y sobrevivencia de plantas en cada refugio es variable, sin embargo, es recomendable que se siembren y se mantengan en estas proporciones respecto a la extensión total del refugio:

- Plantas emergentes: 10 % del área total del refugio, en los extremos donde se colocan las barreras físicas (tapones).
- Plantas de hojas flotantes: 15 - 20 % de la superficie total del refugio.
- Plantas sumergidas: 10 - 15 % de la superficie total del refugio.



Créditos: Gauri Flores del Ángel y Miguel Sánchez.

Es importante tener espacios libres de plantas flotadoras y emergentes para facilitar el flujo y la oxigenación del agua. Cuando las plantas acuáticas sembradas se desarrollen bien y saludables, podrá observarse agua más transparente que la que se encuentra fuera del refugio y tendrá un olor más agradable. Sólo cuando esto ocurra el refugio tendrá las condiciones necesarias para la siembra de animales.

**Figura 35. Plantas establecidas en el refugio**



Créditos: Carlos Sumano.

#### 4.8.2. Introducción de animales acuáticos

Una vez establecida la vegetación acuática, se observará poco a poco en el agua, la presencia de pequeñas larvas o invertebrados, que pueden ser de libélulas, moscos, u otros insectos que pasan su estadio larvario dentro del agua. Posterior a la aparición de estos insectos se realiza la introducción de charales y acociles lo que permitirá establecer todas las condiciones de la estructura trófica que le permita al axolote sobrevivir. Para la colecta de charales y acociles se recomienda visitar sitios abiertos lo más cercano posible al canal donde se está habilitando el refugio. Estos lugares deben estar oxigenados ya que son los preferidos por estos animales. Se puede utilizar una red de triángulo de 1.5 x 1.5 x 1.30 metros. Se sugiere realizar la captura entre las 8:00 am y las 12:00 pm para evitar que la temperatura del agua aumente y afecte a los animales (Tovar, 2014).

**Figura 36. Acocil colectado**



Créditos: Carlos Sumano.

Los charales y acociles colectados deben ser sembrados lo más pronto posible en los nuevos refugios. Los charales son altamente sensibles, para evitar la falta de oxígeno y el estrés se sugiere transportarlos en una tina de plástico de un metro de diámetro que contenga agua del mismo sitio donde se realizó la captura y de preferencia llevarlos en una hielera para evitar cambios drásticos de temperatura. La cantidad de charales y acociles a introducir en el refugio dependerá del tamaño del canal. El número de acociles y charales siempre deberá ser mayor a 5 y menor a un tercio del número de metros que tenga el canal.

La frecuencia de la siembra dependerá de la cantidad de animales capturados y colocados dentro del refugio. Se recomienda realizar siembra de peces de una a dos veces por semana hasta que se observen cardúmenes de charales o larvas de acocil dentro de refugio. Esto nos indicará que las poblaciones de estos animales ya se han establecido y que los axolotes podrán sobrevivir. Así es como se propiciará que los pocos axolotes que siguen sobreviviendo en los canales encuentren por si solos un sitio habilitado para vivir y reproducirse.

**Figura 37. Acociles colectados para siembra en el refugio**



Crédito: Laboratorio de Restauración Ecológica.

Introducir axolotes a los refugios puede ser un riesgo para la población de axolotes silvestres que todavía viven en Xochimilco. Esto se debe a que hay varias especies de axolotes que se parecen mucho, por lo que existe el peligro de que se introduzcan otras especies que no sean el *A.mexicanum*. Debido a esto, lo ideal es que estos refugios sean encontrados por los propios axolotes silvestres. Entre más refugios existan será más fácil para ellos encontrarlos, crecer poblacionalmente y colonizar nuevos refugios.

Solo en muy contadas ocasiones, algunos chinamperos se encuentran con axolotes silvestres fuera de sus refugios. En esos casos es recomendable traslocarlos de sitios donde corren riesgo (un canal contaminado y con carpas) a un refugio que esté ya en condiciones de recibirlos. Esto se tiene que hacer con el consentimiento de la autoridad y de preferencia con la asesoría de expertos en refugios y axolotes.

**Figura 38. Axolote silvestre fuera del refugio**



Créditos: Diana Vázquez.



---

## 5. Mantenimiento y monitoreo de los refugios

---

El mantenimiento de los refugios permitirá conservar en las mejores condiciones posibles la calidad del agua, con esto promovemos el desarrollo de todos los elementos que intervienen en la cadena trófica. También promueve el mantenimiento de la chinampa y la mejora constante en la producción.

Para fines prácticos agrupamos el mantenimiento y monitoreo de refugios en tres actividades:

### 5.1. Mantenimiento externo

Consiste en eliminar plantas, hierbas y pasto que se encuentran fuera del refugio y que, al crecer demasiado, pueden, invadir el espejo de agua dificultando la oxigenación y entrada de luz. Aquí también consideramos el riego y la poda de árboles de ahuejote.

### 5.2. Mantenimiento interno

Consiste en controlar el desarrollo de plantas acuáticas para mantener su población de acuerdo con las recomendaciones de la sección “siembra de plantas acuáticas” de este manual.

### 5.3. Monitoreo

Consta de diversas actividades que incluyen la observación permanente para realizar mantenimiento externo e interno oportuno. Incluye la toma de muestras para conocer la diversidad y cantidad de insectos, peces y axolotes que se encuentran en los refugios y el uso de instrumentos de medición que permiten conocer la temperatura, la cantidad de oxígeno, salinidad y pH del agua.

**Figuras 39 (a), 40 (b) y 41 (c)**

**a) Mantenimiento externo**



**b) Control de plantas acuáticas en el refugio**



**c) Toma de muestras para monitoreo biológico**



Créditos: Diana Vázquez y Carlos Sumano.

---

## 6. Plantas y animales que están en los refugios

---

### 6.1. Plantas

Las plantas asociadas al refugio pueden clasificarse en dos grupos: el primero corresponde a las plantas terrestres como los árboles de ahuejote (*Salix bonplandiana*) y ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), y el segundo a una gran variedad de plantas acuáticas. Ambos grupos se describen a continuación:

#### 6.1.1. Plantas terrestres

##### 6.1.1.1 El árbol de ahuejote (*Salix bonplandiana*)

El ahuejote es un árbol originario de México. Gracias a su capacidad para tolerar suelos inundados y altos índices de salinidad en el agua, es idóneo para sembrar a la periferia de los canales, apantles y acalotes. Sus raíces son de gran tamaño, su forma de desarrollo y crecimiento vertical contribuye a dar firmeza al talud de la chinampa, actúa como barrera rompevientos, su sombra regula la temperatura del agua y de la chinampa y es sitio de refugio para aves (González, 2016). Las raíces ayudan a evitar la erosión en las orillas de la chinampa y son los sitios de transición entre el medio acuático y terrestre.

Se recomienda sembrar esta especie a una distancia no mayor a un metro respecto a la orilla del refugio (donde generalmente se ubica el talud). Para facilitar y promover el riego y la infiltración de agua se sugiere colocar un alcorque o cajete. Aconsejamos reforestar la ribera de los refugios plantando ahuejotes con una separación entre árboles de 1.5 a 2 metros.

Figura 42. Ahuejote

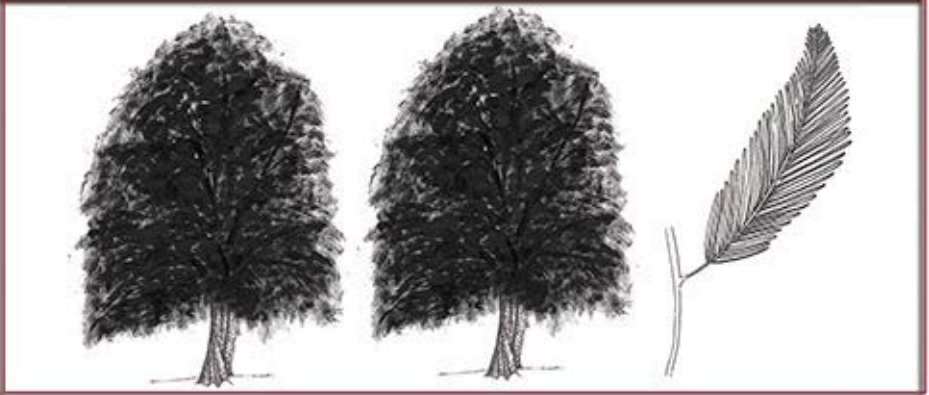


Créditos: Miguel Sánchez.

### 6.1.1.2. El árbol de ahuehuete (*Taxodium mucronatum*)

Es una especie de sabino ornamental de gran longevidad. Al igual que el ahuejote se ha adaptado para tolerar suelos inundados, altos niveles de salinidad en el agua y sus raíces también ayudan a dar soporte a la chinampa. A pesar de que no cumplen una función esencial en los refugios se recomienda sembrarlos en algunos sitios de la chinampa, debido a que promueven la regulación de temperatura en la zona lacustre, la captura de carbono, la producción de oxígeno y son sitios de refugio y anidación para aves. Para definir los sitios en donde serán colocados debe considerarse que son árboles muy frondosos y que proporcionan mucha sombra.

Figura 43. Ilustración del ahuehuete



Créditos: Miguel Sánchez.

## 6.1.2. Plantas acuáticas

Las plantas acuáticas promueven el mejoramiento en la calidad del agua y son parte esencial de la cadena trófica del hábitat de los refugios, ya sea porque son alimento o refugios contra depredadores o espacios de desove y anidación de algunas especies.

Numerosos estudios demuestran su efectividad cuando se utilizan en plantas de tratamiento de aguas residuales o experimentos de fitosaneamiento en cuerpos de agua. Poseen la capacidad de remover contaminantes, producir oxígeno, regular el pH y formar sedimentos que podrán ser utilizados como abonos, también sirven como alimento, refugio y anidación de diversas formas de vida en el agua. En un periodo de tiempo muy corto generan condiciones favorables para el desarrollo de vida en el agua y pueden ser empleadas como abono para las chinampas.

Las especies de plantas acuáticas pueden clasificarse en varios tipos de acuerdo con su forma de crecimiento y funciones. Para fines prácticos de este manual agrupamos a estas plantas en tres grandes categorías:

### 6.1.2.1. Plantas acuáticas libres flotadoras

Este tipo de plantas tienen la característica de permanecer flotando en la superficie de los cuerpos de agua, debido a su crecimiento acelerado es común encontrarlas en grandes cantidades. Tienen raíces abundantes lo que ayuda a filtrar contaminantes y sedimentos en el agua. Muchas especies de zooplancton se encuentran asociadas a manchones de este tipo de plantas por ser sitios de anidación, refugio y alimentación para ellos, y son lugar ideal para que los axolotes y acociles pongan sus huevos. Entre las especies que se pueden encontrar en esta categoría están el amoyo de color (*Azolla filiculoides*), el huachinango (*Eichornia crassipes*), el tepalcate (*Hydromystria laevigata*), las diferentes especies de lentejilla o amoyo (*Lemna* spp) y la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*).

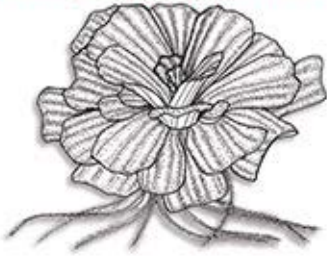
### 6.1.2.2. Plantas acuáticas sumergidas

Son plantas que se desarrollan bajo el agua, que pueden estar enraizadas en el fondo, pero que no tocan la superficie. Dentro de este grupo podemos encontrar dos formas de vida: las libres como la "mil hojas de agua" (*Ceratophyllum demersum*), el chichicastle (*Lemna trisulca*) y diversas especies de chilacastle (*Wolffiella gladiata* y *Wolffiella linguata*), y las enraizadas como la elodea (*Egeria densa*), el alpatle (*Stuckenia pectinata*) y el pinito de agua (*Myriophyllum aquaticum*).

Ambos tipos de plantas ayudan a disminuir la cantidad de nutrientes en el agua. Algunas especies generan las condiciones para el desarrollo de algas y son excelentes para oxigenar el agua. Si se desarrollan demasiado, al ser retiradas generan cambios drásticos en el agua, afectando con esto la vida de peces y axolotes.

Figuras 44 (a), 45 (b), 46 (c) y 47 (d)

a) Lechuga de agua (*Pistia stratiotes*)



b) Tepalcate (*Hydromyrtia laevigata*)



c) Lentejita/amoyo (*Lemna spp*)



d) Huachinango (*Eichornia crassipes*)

Crédito: Miguel Sánchez.

Figuras 48 (a) y 49 (b)

a) Milhojas de agua o cola de zorro (*Ceratophyllum demersum*)



b) Pinito de agua (*Myriophyllum aquaticum*)

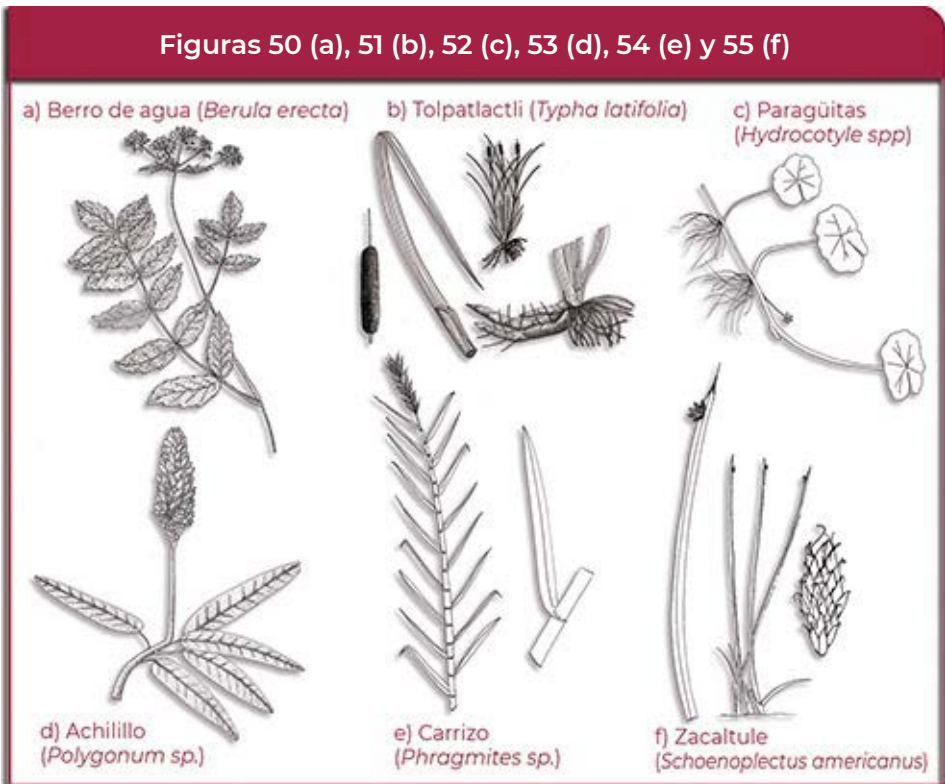
Crédito: Miguel Sánchez

### 6.1.2.3. Plantas acuáticas enraizadas emergentes

Son plantas que viven en las laderas de cuerpos de agua en donde los canales son poco profundos, poseen raíces profundas que se entierran al sedimento, son aptas para la construcción de biofiltros en los extremos de los refugios. Se caracterizan por desarrollar parte de sus estructuras por encima del espejo de agua.

Son recomendables para la fabricación de biofiltros y pueden ser aprovechadas como alimento para animales o la elaboración de abonos orgánicos. Es importante limitar el desarrollo de estas plantas para evitar el cierre de apantles y permitir el desarrollo de otras plantas acuáticas que también son importantes en los refugios.

Entre las especies que se pueden encontrar están el berro de hoja (*Berula erecta*), la cucharilla (*Heteranthera limosa*), la cebolleja (*Lilaea scilloides*), la papa de agua (*Sagittaria latifolia*), el zacaltule (*Schoenoplectus americanus*), el junco (*Triglochin mexicanum*), el tolpatlactli (*Typha latifolia*), el paragüitas (*Hydrocotyle spp*), el achilillo (*Polygonum spp*), el carrizo (*Phragmites sp.*) y el papiro (*Cyperus papyrus*).

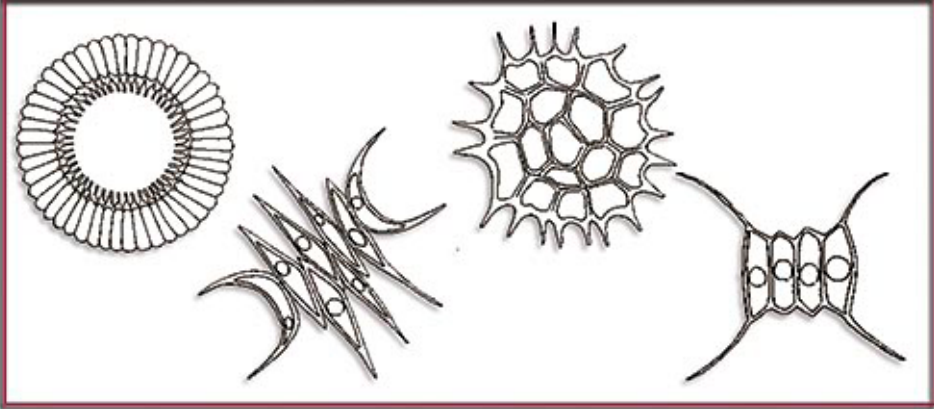


Crédito: Miguel Sánchez.

Finalmente, existe otro grupo compuesto por organismos de origen vegetal que vive en el agua, el fitoplancton. Este grupo se conforma principalmente por algas, y es importante ya que constituye el primer nivel de la cadena trófica. Producen oxígeno, transforman la materia inorgánica en alimento para otros animales, forman parte de la dieta de otros animales y participan en el ciclo del carbono.

El crecimiento moderado de algas es un buen indicador de la calidad del agua, sin embargo, el crecimiento desmedido de estas puede representar un potencial problema en el refugio, como la disminución del oxígeno. En la zona lacustre de Xochimilco se tienen registradas 302 especies (Figueroa-Torres, 2009).

**Figura 56. Diversas especies de fitoplancton**



Crédito: Miguel Sánchez.

## 6.2. Animales

Los animales asociados a los refugios nos ayudan a conocer el grado de bienestar de los mismos. La cantidad de microorganismos, insectos, peces y axolotes en un refugio es un indicador de la calidad del agua.

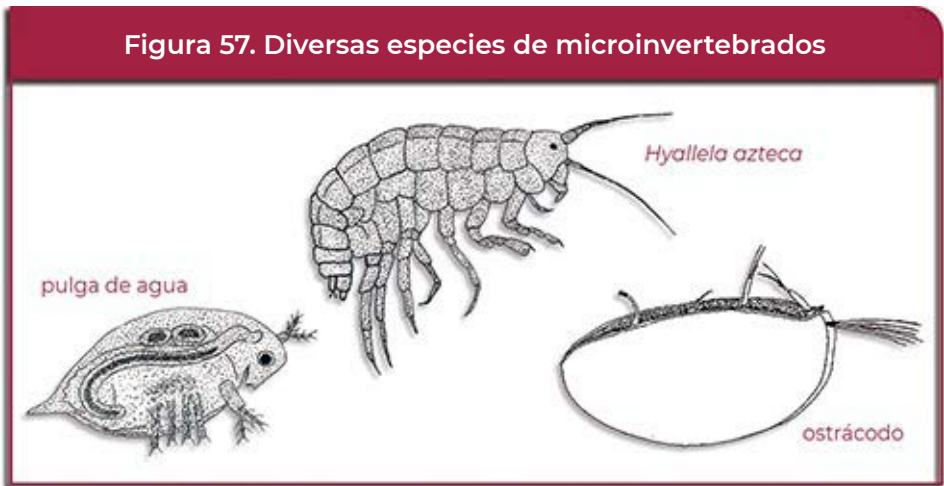
### 6.2.1. Invertebrados

Los invertebrados son animales que no poseen huesos ni columna vertebral. Su presencia en los refugios es muy importante al ser una fuente de alimento para los peces y anfibios. Participan en la aireación del suelo y agua, la descomposición de la materia vegetal para formar capas orgánicas, funcionan como amortiguadores contra enfermedades y plagas, y liberan nutrientes que sirven a las plantas.

Para fines de este manual, agrupamos a los invertebrados en dos grandes grupos: los microinvertebrados y los macroinvertebrados.

### 6.2.1.1. Microinvertebrados

Mejor conocido como zooplancton, los microinvertebrados son el grupo de organismos microscópicos cuya sobrevivencia y reproducción son indicadores del mejoramiento en la calidad del refugio; sirven de fuente de alimento para animales de mayor tamaño. Entre los microinvertebrados más importantes en la zona lacustre de Xochimilco están las comunidades de rotíferos, copépodos, cladóceros, pulgas de agua (*Daphnia spp*) y anfípodos como la *Hyalalella azteca*. Se reportan 179 especies en la zona chinampera (Enríquez-García et al., 2009).



Crédito: Miguel Sánchez.

### 6.2.1.2. Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados son definidos como aquellos invertebrados que son visibles a simple vista o que pueden ser retenidos por una red de malla de 0.10 milímetros. Al igual que los microinvertebrados funcionan como indicadores de la calidad del agua y sirven de alimento para otros animales de mayor tamaño de la cadena trófica. En este grupo se encuentran principalmente insectos acuáticos que pueden realizar toda su vida en el agua o bien solo una parte de ella (larvas de insectos), caracoles acuáticos y crustáceos como el acocil (*Cambarellus montezumae*) que es endémico de la zona lacustre chinampera.

#### 6.2.1.2.1. Insectos

En Xochimilco existe gran diversidad de insectos tanto terrestres como acuáticos. Los insectos terrestres se conforman principalmente por libélulas, caballitos del diablo, abejas, mariposas y grillos. La presencia de muchos de ellos es indispensable porque participan en el proceso

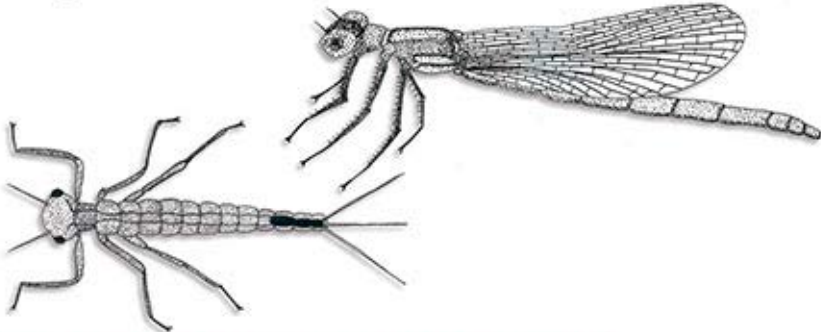
de polinización entre las especies de plantas que se producen en las chinampas. La polinización es el proceso por el cual a través de la transferencia de polen de una flor a otra o la dispersión de semillas ayudan a la formación de nuevos frutos.

Respecto a los insectos acuáticos, proporcionan distintos servicios al hábitat del refugio, tales como la retención de nutrientes, se alimentan de plantas en descomposición, ayudan en la recuperación de la corriente de los apantles, y la remoción de algas y microbios patógenos. Además, sus larvas son parte de la dieta del axolote y otras especies.

Entre los insectos más abundantes destacan las notonectas (*Notonecta repanda* y *Corisella edulis*), larvas de diversos tipos de mosquitos (*Chironomidae*), larvas de libélulas (*Odonatos*) como el caballito del diablo (*Ischnura denticollis*) y la libélula zurcidora de ojos azules (*Rhionaeschna multicolor*).

Figura 58 (a) y 59 (b)

a) Larva y adulto de caballito del diablo



b) Larva y adulto de libélula zurcidora de ojos azules



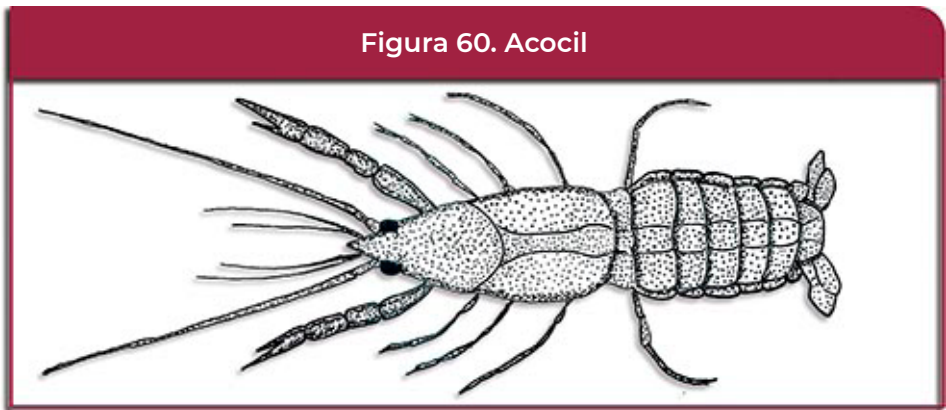
Crédito: Miguel Sánchez.

### 6.2.1.2.2. Caracoles acuáticos

Son animales que pertenecen al grupo de los moluscos. Se caracterizan generalmente por tener concha en sus espaldas, al ser de cuerpo blando son susceptibles a cambios abruptos en el agua por lo que su presencia también nos indica buena calidad de agua y ayudan a mantener en equilibrio la proporción de microalgas (fitoplancton) que se desarrollan en nuestro refugio. Se encuentran regularmente entre las raíces y las plantas acuáticas ya que son su fuente de alimento. En Xochimilco subsisten dos especies de caracoles pequeños que viven en el agua: *Physa osculans mexicana* y *Gyraulus spp.*

### 6.2.1.2.3. El acocil (*Cambarellus montezumae*)

Es un crustáceo de agua dulce nativo de México, se encuentra en peligro de extinción. Son de tamaño pequeño y llegan a medir hasta cinco centímetros de longitud. Presenta tonalidades café claro, café oscuro o grisáceo. Se alimentan de diversos invertebrados y restos de animales (Arredondo – Figueroa *et al.*, 2013). Se pueden encontrar asociados a las raíces de las plantas acuáticas como el lirio y la lenteja de agua, cola de zorro y el berro acuático. Es uno de los alimentos principales del axolote y otros anfibios como ranas.



Crédito: Miguel Sánchez.

## 6.2.2. Vertebrados

Los vertebrados son un grupo de animales cuya característica principal es la posesión de una columna vertebral. Históricamente, los vertebrados de la zona chinampera han estado representados en los códices prehispánicos y forman parte de la historia de la cuenca de México, la valoración cultural a la que han estado sujetos sigue presente en nuestros días. La importancia que se les otorga está relacionada con los beneficios que ofrecen a la comunidad como fuente de alimentación, uso artesanal o su utilización en la medicina tradicional. Además, los vertebrados son importantes para la función y estructura de los ecosistemas al transferir energía y flujo de materia en la cadena trófica.

### 6.2.2.1. Peces

Los peces actúan como controladores biológicos de larvas de insectos que son vectores de enfermedades, son indicadores de la calidad del ecosistema acuático en Xochimilco y forman parte importante de la cadena trófica. En Xochimilco existía una gran variedad de peces, de los cuales 11 eran endémicos para la zona lacustre y actualmente sólo sobreviven dos de ellos:

#### 6.2.2.1.1. El charal de Xochimilco (*Chirostoma jordani*)

Es un pez que mide aproximadamente siete centímetros de longitud y pueden habitar en aguas claras, turbias o lodosas de lagos y canales, estanques y embalses de hasta tres metros de profundidad (Miller *et al.*, 2005). Estos peces que se alimentan de zooplancton, insectos, peces pequeños y caracoles, también son alimento del axolote, ranas, reptiles y aves.

Se recomienda ingresar esta especie al refugio una vez que se hayan desarrollado las plantas acuáticas y que observe abundante presencia de macroinvertebrados.



Figura 61. Charal de Xochimilco

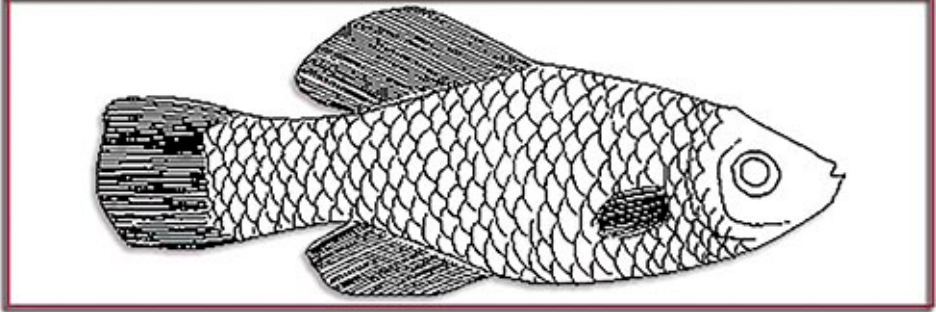
Crédito: Miguel Sánchez.

#### 6.2.2.1.2. El mexcalpique (*Girardinichthys viviparus*)

Es un pez pequeño nativo de México que se encuentra amenazado. Tiene una longitud promedio de cinco centímetros y presenta tonalidades pardo en el dorso y blanquecinas en todo el resto del cuerpo (Espinoza-Pérez *et al.*, 1993; Díaz, 2002). Se alimenta de algas, insectos acuáticos y crustáceos (Soto, 1953). Estos peces que se alimentan de zooplancton, insectos, peces pequeños y caracoles, también son alimento del axolote, ranas, reptiles y aves.

Se recomienda ingresar esta especie al refugio una vez que se hayan desarrollado las plantas acuáticas y que observe abundante presencia de macroinvertebrados.

**Figura 62. Mexcalpique**



Crédito: Miguel Sánchez.

### 6.2.2.2. Anfibios

Los anfibios tienen un papel muy importante en Xochimilco. Son buenos indicadores ecológicos debido a que son muy sensibles a cambios ambientales, esto permite identificar cambios en el ecosistema y conocer el deterioro o bienestar del mismo. En Xochimilco las especies más representativas son el axolote, la rana leopardo de Moctezuma, la rana de Tláloc y la rana de árbol plegada.

#### 6.2.2.2.1. La rana leopardo de Moctezuma (*Lithobates montezumae*)

Es una rana endémica de México. Se encuentra en peligro de extinción debido al deterioro de su hábitat. Es de tamaño mediano y presentan una coloración de pardo o gris con puntos blancos. Se alimentan de presas acuáticas y terrestres, especialmente de insectos, crustáceos, moluscos y arañas (Uribe-Peña *et al.*, 1999). En estado larvario, son alimento del axolote y de algunas culebras acuáticas.

**Figura 63. Rana leopardo de Moctezuma**



Crédito: Miguel Sánchez.

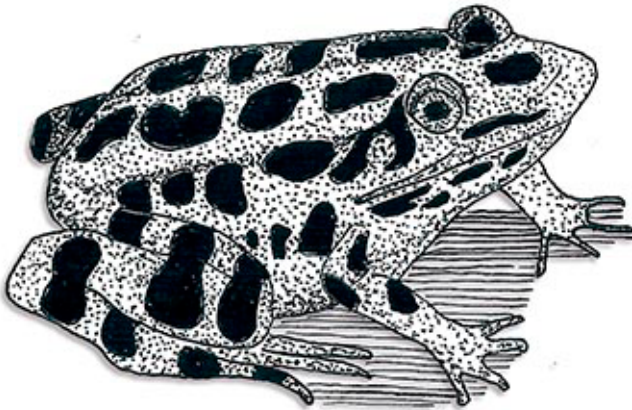
Esta especie puede ser introducida al refugio, o puede darse el caso de que llegue por sí sola, una vez que ya se encuentren cardúmenes saludables de peces.

#### 6.2.2.2. La rana de Tláloc (*Lithobates tlaloci*)

Es una rana endémica de México. Se encuentra en peligro de extinción debido a la fragmentación de su hábitat. Tiene tamaño mediano y llega a medir hasta 6.3 centímetros. Presenta una coloración canela-dorado con manchas en forma de óvalo irregular de tonos café oscuro y color crema en el vientre. En estado larvario, son alimento del axolote y de algunas culebras acuáticas.

Esta especie puede ser introducida al refugio, o puede darse el caso de que llegue por sí sola, una vez que ya se encuentren cardúmenes saludables de peces.

Figura 64. Rana de Tláloc



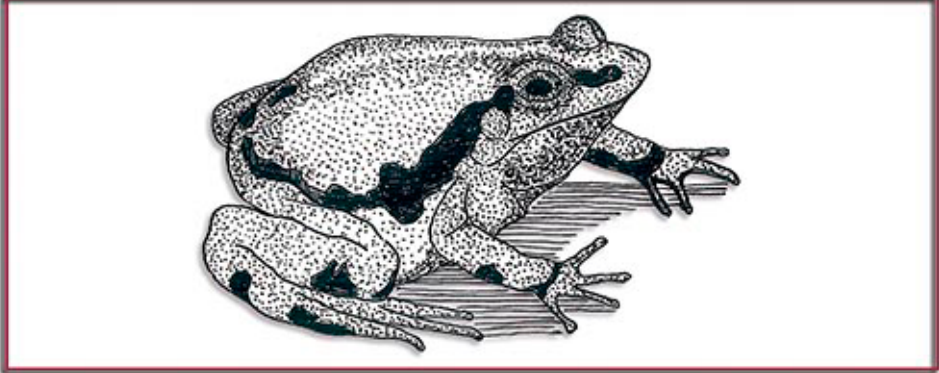
Crédito: Miguel Sánchez.

#### 6.2.2.3. La rana de árbol plegada (*Hyla plicata*)

Es una rana que se encuentra en estatus de amenazada. Mide aproximadamente cinco centímetros y presenta una coloración verde claro con un antifaz y una banda que se extiende a los lados del cuerpo pasando por el dorso de color café. Se alimentan de insectos y variedad de invertebrados (Aguilar-Miguel, 2005). Son alimento de algunas culebras y aves.

Esta especie puede estar asociada al refugio, o puede darse el caso de que llegue por sí sola, una vez que ya se encuentren desarrolladas las plantas acuáticas del biofiltro.

**Figura 65. Rana de árbol plegada**



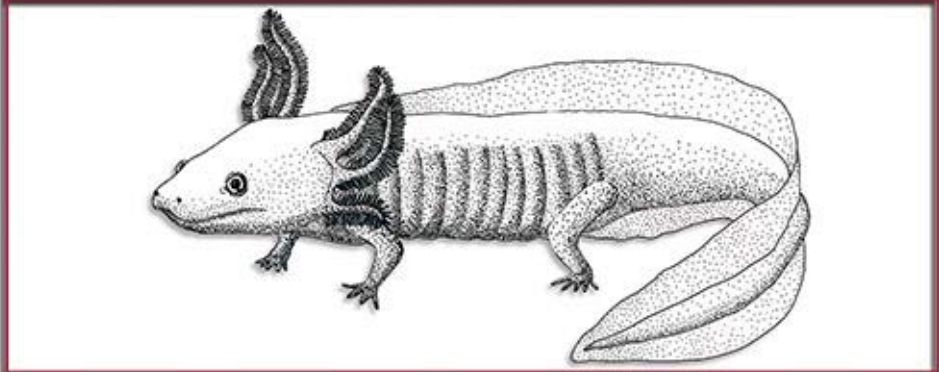
Crédito: Miguel Sánchez.

**6.2.2.2.4. El axolote (*Ambystoma mexicanum*)**

Es una especie de salamandra endémica de Xochimilco, se encuentra en peligro de extinción. Llega a medir hasta 20 centímetros de hocico hasta la cola. Presenta tonalidades de color oscuro entre negro y café y puntos oscuros de color amarillo pardo en el vientre. Se destaca por la existencia de unas estructuras que le permiten respirar denominadas branquias, ramificadas y visibles en ambos lados de la cabeza.

El axolote muy importante en la cadena trófica, al ser un depredador tope puede modular y modificar la estructura de dicha red para hacer que dentro del agua exista mayor diversidad (Zambrano, 2014). En las primeras etapas de su desarrollo se alimentan de zooplancton y cuando son adultos su alimentación puede ser variada e incluir peces pequeños como charales y alevines, acociles e insectos acuáticos.

**Figura 66. El axolote**



Crédito: Miguel Sánchez.

### 6.2.2.3. Reptiles

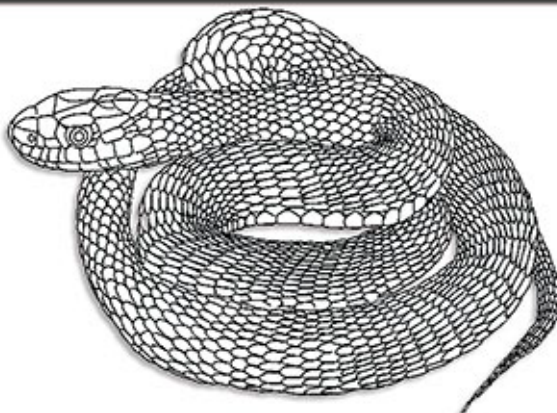
Los reptiles forman parte importante de la cadena trófica, funcionan como importantes depredadores y también son presa de otros animales. Además, fungen como indicadores de la salud del ecosistema y como dispersores de semillas. En Xochimilco, la especie más representativa es la culebra de agua panza negra (*Thamnophis melanogaster*) pero también hay otras serpientes como el cincuate (*Pituophis deppei*), las víboras de cascabel (*Crotalus spp*) y varias especies de lagartijas como la lagartija alicante del Eje Neovolcánico (*Barisia imbricata*) y la lagartija espinosa del mezquite (*Sceloporus grammicus*).

#### 6.2.2.3.1. La culebra de agua panza negra (*Thamnophis melanogaster*)

Es una especie endémica para México, se encuentra en peligro de extinción. Mide hasta 150 centímetros. Presenta coloraciones en los costados de color marrón y verde oliva, y una franja negra que corre por el centro del vientre que es característica de esta especie. Se alimenta principalmente de lombrices de tierra, renacuajos, ranas y crustáceos como el acocil.

Es muy importante vigilar la presencia de este tipo de culebras, ya que pueden convertirse en depredador potencial de los organismos que se encuentren dentro del refugio. Si se les encuentra en un período inicial de construcción, lo mejor será translocarla fuera del refugio sin dañarla. Posteriormente podría ser parte de nuestra cadena trófica, controlando poblaciones de renacuajos, pero siempre vigilando su desarrollo y su presencia.

Figura 67. Culebra de agua panza negra



Crédito: Miguel Sánchez.

#### 6.2.2.4. Otros animales asociados a los refugios

Existen otros animales que, aunque no forman parte de los refugios son importantes para que el ecosistema chinampero se mantenga en equilibrio, por ejemplo, como las aves y los mamíferos.

Estos grupos, al igual que las culebras pueden convertirse en potenciales destructores de nuestros refugios si no se toman las precauciones necesarias. Sin embargo, es muy importante no matarlas y sólo ahuyentarlas.

Las aves están representadas por 215 especies residentes o migratorias, que se encargan de la dispersión de semillas y cumplen funciones importantes como regular las poblaciones de insectos plaga para los cultivos de la chinampa. En Xochimilco las especies más representativas son el pato tepalcate (*Oxyura jamaicensis*), el garzón blanco (*Casmerodius albus*) y la gallareta (*Gallinula chloropus*).



Créditos: Rubén Rojas.



Créditos: Diana Vázquez.

Respecto a los mamíferos en las chinampas, se reportan 19 especies representadas por la tuza (*Pappogeomys merriami*), el metorito (*Microtus mexicanus*), el tlacuache (*Didelphis virginiana*), la musaraña (*Cryptotis parvus soricinus*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y diversas especies de murciélagos como el murciélago de cola peluda (*Lasiurus cinereus*) y el murciélago cola de ratón (*Tadarida brasiliensis*). Algunos de estos construyen sus nidos en el suelo y ayudan a la aireación y permeabilidad que beneficia a construir suelos más fértiles. Además, tanto los roedores como los murciélagos son importantes polinizadores y dispersores de semillas.

Figura 70. Murciélago cola de ratón



Créditos: Rubén Rojas.

---

# Glosario

---

## A

**Acalote.** Canal denominado primario, el cual está ubicado en la zona chinampera. Se caracteriza por ser el paso principal de varios tipos de embarcación de aguas no profundas y de tener una longitud de más de 100 metros de largo y aproximadamente 40 metros de ancho.

**Alcorque o cajete.** Agujero que se practica alrededor del tronco de un árbol para almacenar agua de riego o de lluvia e incluso el abono u otro fertilizante para imposibilitar así que todo se esparza por los alrededores y se pierde sin ser aprovechado por dicho árbol. El alcorque es la solución para conservar la humedad por mayor tiempo y no permite la acumulación de suciedad y desechos alrededor del árbol además de ser altamente decorativo.

**Anfípodo.** Pequeño crustáceo.

**Apantle.** Canal denominado secundario y al igual que el acalote se ubica en la zona chinampera, pero con la diferencia que este canal está entre chinampa y chinampa, tienen una longitud de 100 metros o menos y un ancho de aproximadamente 3 metros.

**Azolvar.** Acción de obstruir o tapar con lodo o basura algún conducto o canal.

**Azolves.** Sedimentos y materiales orgánicos que se acumulan en el fondo de los canales y limitan el volumen de agua al interior de los refugios. También generan dificultad para el desarrollo de plantas y animales.

## B

**Biodiversidad.** Este concepto refleja la cantidad, variedad y variabilidad de los organismos vivos; todas las especies de plantas, animales, hongos y microorganismos presentes en un espacio determinado.

**Biofiltros.** Construcciones que son una barrera para el ingreso de especies exóticas a los refugios y que eliminan contaminantes promoviendo el mejoramiento de la calidad de agua.

## C

**Chinampa.** Sistema de cultivo característico en el sistema lacustre de Xochimilco, se refiere a una superficie de tierra inmersa en un gran lago en la que se llevan a cabo actividades agrícolas.

**Crustáceos.** Artrópodo de respiración branquial cubierto por un caparazón y dos pares de antenas.

**Cuarentena.** Aislamiento preventivo a que se somete durante un periodo de tiempo (típicamente de 40 días) a personas o animales, por razones sanitarias a fin de evitar la expansión de una enfermedad contagiosa.

## D

**Desazolve.** Acción de limpiar o succionar los sedimentos alojados en el interior de los canales que competen a la zona chinampera.

## E

**Especie (biológica).** Organismos que se cruzan libremente y producen descendencia fértil en su ambiente natural.

**Estrés térmico.** Estado de malestar producido por una acumulación o pérdida excesiva de calor.

**Eutrofización.** Enriquecimiento de nutrientes en un sistema acuático. Básicamente comienza cuando el agua recibe un vertido de nutrientes, como desechos agrícolas o forestales, lo cual hace que favorezca el crecimiento excesivo de materia orgánica, provocando un crecimiento acelerado de algas y otras plantas verdes que cubren la superficie del agua la cual evita que la luz solar llegue a las capas inferiores.

## F

**Fitoplancton.** Conjunto de organismos vegetales que viven dispersos en el agua.

**Flujo hídrico.** Movimiento de un líquido o agua que puede ser constante o permanente.

## H

**Hábitat.** Lugar que representa las características adecuadas para que viva un organismo.

**Halófitas.** Plantas perennes anfibas, cuyos órganos están arraigados en el fondo sumergido y cuyos tallos emergen y desarrollan hojas y flores en el medio aéreo.

**Hidrófitas.** Plantas o planta que crece parcial o totalmente sumergida en agua o que requiere una gran cantidad de humedad y que están adaptadas a vivir cerca de los cuerpos del vital líquido y en suelos permanentemente húmedos.

**Humedal.** Lugar que se caracteriza por contar con terrenos fangosos y no del todo firmes debido a una gran abundancia de agua. Cuenta con una variedad muy alta de flora y fauna que incluye diversos tipos de plantas acuáticas, intermedias y terrestres, así como un alto nivel de insectos, algunos mamíferos, anfibios, reptiles y aves. Los humedales pueden variar en términos de tamaño y vegetación o de fauna, pero siempre son ecosistemas con un alto grado de humedad.

## I

**Insectos.** Invertebrados del grupo de los artrópodos que se caracterizan por tener un par de antenas, tres pares de patas y dos pares de alas (en algunas especies pueden reducirse o faltar).

## M

**Macrófitas emergentes.** Plantas perennes con órganos reproductores aéreos que viven en suelos encharcados de forma permanente o temporal. Su porte puede alcanzar una cierta importancia dependiendo del poder nutricional del medio en el que se encuentran. Por ejemplo, entre los .30 m a 1.20m en el caso de los juncos como el shacaltule (*Schoenoplectus americanus*). De 1.20 m a 2.40 m las eneas como el tule (*Typha latifolia*). Y de 1.60 m a 3.20m como los carrizos.

**Micrófitas.** Plantas acuáticas microscópicas (que se pueden ver a simple vista) y se caracterizan por ser emergentes, flotantes y sumergidas.

## O

**Oscilación.** Clase de movimientos repetitivos, armónicos y simples.

## P

**Peces.** Vertebrado acuático de respiración branquial que se caracteriza por poseer aletas y en su mayoría estar cubiertos de escamas.

**Planta acuática invasora.** Especie de planta exótica que ha sido introducida accidental o intencionalmente fuera de su distribución natural, amenazando a la diversidad biológica y que a su vez ha causado daños al ambiente.

**Población.** Conjunto de seres vivos de una misma especie que habitan una división geográfica.

## R

**Red trófica.** Fenómeno natural mediante el cual diferentes seres vivos se conectan entre sí a partir del ciclo de vida que implica que unos se alimentan de otros para poder subsistir. Así una red o cadena trófica es una unión de diferentes elementos que se unen a partir del consumo para sobrevivir.

**Refugio.** Sitio que funciona para protegerse o salvaguardarse de algún riesgo.

**Reptiles.** Vertebrados que se caracterizan principalmente por desplazarse por la tierra rozándola con su vientre. Su piel está recubierta de escamas o tienen caparazón.

## S

**Sedimentos.** Materiales sólidos que se acumulan en la superficie de la tierra como consecuencia de diversos procesos y fenómenos naturales tales como vientos, lluvias, variaciones climáticas, arrastre de aguas, etcétera.

**Simbiosis.** Relación entre dos especies donde ambas obtienen beneficio de la relación. En este caso, el término se utiliza entre dos acciones humanas la chinampa y el refugio, donde ambas se benefician de la existencia de la otra.

## T

**Tapón.** Área de tierra que interrumpe la comunicación entre los canales externos y el canal que funciona como refugio. Se utiliza únicamente mientras se realiza la rehabilitación del nuevo canal para evitar que el agua contaminada y las carpas o tilapias entren al refugio. El tapón es sustituido por el biofiltro una vez que el refugio está habilitado.

**Traslocar.** Cambio de un animal o planta de un lugar de su hábitat natural a otro. Es deseable que todas las plantas y animales de los refugios sean de Xochimilco, por lo tanto, se traslocan. Si fueran de otro sitio se llamaría introducción.

## V

**Vegetación Riparia.** Conjunto de plantas que están ubicadas en la orilla de una ribera.

## Z

**Zooplancton.** Nombre común que se le da a muchas especies pequeñas de animales que se encuentran en aguas dulces y marinas.

---

## Referencias

---

Aguilar-Miguel, X. (2005). *Hyla plicata*. Algunas especies de anfibios y reptiles contenidos en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000. Facultad de Ciencias, Centro de Investigación en Recursos Bióticos, Universidad Autónoma del Estado de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W035. México.

Carreón, G, (2006). *Sistema Lacustre de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco*. Noticias del campo: ParksWatch-México. Recuperado el 20 de mayo de 2020 de <http://www.parkswatch.org/news.php?l=spa&id=244>.

Chaparro, D., (2007). *Biología de la alimentación de Ambystoma mexicanum: implicaciones para su conservación*. Tesis de Maestría. FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Díaz Pardo, E. (2002). *Girardinichthys viviparus: peces en riesgo de la Mesa Central de México*. Laboratorio de Ictiología y Limnología, Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Bases de datos SNIB-Conabio. Proyecto W039. México.

Enríquez-García C, S Nandini y SSS Sarma. (2009). Seasonal dynamics of zooplankton in Lake Huetzalin, Xochimilco (Mexico City, Mexico). *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*: 39(4): 283–291.

Figuroa-Torres, M. (2009). *Algas de la cuenca de México*. Serie Académicos CBS, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Ciudad de México.

González-Pozo, A. (2016). *Las chinampas: Patrimonio Mundial de la Ciudad de México*. Autoridad de la Zona Patrimonio Mundial Natural y Cultural en Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta, Ciudad de México, México.

Jiménez–Osorio, J., del Amo, S. (1986). *An Intensive Mexican Traditional Agroecosystem: Las Chinampas*. Proc. 6th International Scientific Conference IFOAM, Santa Cruz, California.

Lot, A., Novelo, A. (2004). *Iconografía y estudio de las plantas acuáticas de la Ciudad de México y sus alrededores*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Martínez, J. (2004). *Manual de construcción de chinampas*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Morelos.

Montesino, L. (2013). *Edad y crecimiento de *Girardinichthys viviparus* en el lago urbano de la Alameda Oriente, D.F.* Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Randal Voss, S., Woodcock, R., Zambrano, L. (2015). *A Tale of Two Axolotls*. *Bioscience* 65 (12), 1134–1140.

Rubio, M. (2014). *Capacidad de carga de refugios experimentales para *Ambystoma mexicanum* en Xochimilco, México*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Sanders, W. (1957). *Tierra y agua: a study of the ecological factors in the development of Meso-american civilizations*. Tesis de Doctorado. Universidad de Harvard, Estados Unidos.

Soto, G.C. (1953). *Peces de la cuenca de México*. Tesis de Licenciatura. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Tovar, A. (2014). *Determinación de la estructura trófica de refugios en Xochimilco, México*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Uribe-Peña, Z., Ramírez-Bautista, A. y Casas-Andreu, G. 1999. *Anfibios y reptiles de las Serranías del D.F., México*. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F.

Vázquez-Mendoza, D. (2018). *Etiqueta chinampera: una herramienta para la conservación de Xochimilco y el axolote, Ciudad de México, México*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

Villalobos, J. L., Cantú, A. y E. Lira. (1993). Los crustáceos de agua dulce de México. En *Diversidad biológica en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, Volumen Especial 44: 267–290.

Zambrano, L., Ortiz-Haro G.A. y Levy-Gálvez K. (2014). El axolote como especie bandera en Xochimilco. En *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental* (pp. 419-435). INECC, México.

Zambrano, L., Rojas, R. (2018). *Biodiversidad de Xochimilco*. Manuscrito no publicado.

---

**Manual para construir refugios de axolotes  
en chinampas de Xochimilco**

se editó en la Ciudad de México en diciembre de 2020.

---

