

MANEJO INTEGRAL PARA

*disminuir el*  
**salitre**  
*de tu chinampa*

Y MEJORAR LA CALIDAD  
DEL AGUA



**CONABIO**

COMISION NACIONAL PARA  
EL CONOCIMIENTO Y USO  
DE LA BIODIVERSIDAD



**REDES**  
Restauración  
Ecológica y  
Desarrollo, A.C.



MANEJO INTEGRAL PARA

*disminuir el*  
***salitre***  
*de tu chinampa*

Y MEJORAR LA CALIDAD  
**DEL AGUA**

Erika Rodríguez Flores  
Laura Pamela Ruiz Ponce



**CONABIO**  
COMISION NACIONAL PARA  
EL CONOCIMIENTO Y USO  
DE LA BIODIVERSIDAD



PROYECTO  
**agro**  
biodiversidad  
mexicana

**REDES**  
Restauración  
Ecológica y  
Desarrollo, A.C.

El diseño editorial e impresión de esta obra fue posible gracias al financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), a través del Proyecto 9380- Agrobiodiversidad Mexicana, que es ejecutado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y cuya agencia implementadora es la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés).

Este impreso es la segunda edición del manual Manejo Integral para Mejorar la Calidad de Agua y Disminuir el Salitre en tu Chinampa, elaborado por Restauración Ecológica y Desarrollo A.C. en el marco de las actividades del proyecto “Manejo integral y participativo para el mejoramiento de la calidad de agua y mitigación de la salinidad en chinampas de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, INDESOL 2016.

D.R. © 2023, REDES, A.C.  
Martín Mendalde 1750, Acacias  
Alcaldía Benito Juárez 03240, Ciudad de México  
[www.redesmx.org](http://www.redesmx.org) | Tel. 55 2300 5098

D.R. © 2023, Comisión Nacional para el Conocimiento  
y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)  
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal,  
Alcaldía de Tlalpan 14010, Ciudad de México  
[www.gob.mx/conabio](http://www.gob.mx/conabio) | [www.biodiversidad.gob.mx](http://www.biodiversidad.gob.mx) | Tel. 55 5004 5000

**Fotografía de portada:** Humedal en San Sebastián, Xochimilco, México.  
Elsa Valiente Riveros

**Ilustraciones:** Mónica Olivares Hernández

**Diseño Editorial:** Capital Diseño

Ejemplar gratuito, prohibida su venta.

Editado e impreso en México



Ahuejotes (*Salix bonplandiana*), árboles nativos típicos de Xochimilco.  
Fotografía: Erika Rodríguez Flores

# ÍNDICE

Agradecimientos	6
Introducción	7
Problemática	8

## 26

### 3. Calidad del agua de riego

Agua  
Ciclo del agua  
Calidad de agua de riego  
Parámetros fisicoquímicos  
y biológicos

## 38

### 4. Manejo integrado de agua y suelo afectado por sales

## 56

### 7. Prácticas de manejo de los cultivos

Uso de micorrizas  
Siembra de cultivos tolerantes



# 12

## 1. ¿A qué nos enfrentamos?

- ¿Qué es el salitre?
- Efecto en los cultivos
- Proceso de salinización

# 18

## 2. ¿Cómo saber si mi chinampa está ensalitrada?

- Diagnostica el tipo de salitre de tu chinampa
- Suelo salino
- Suelo salino-sódico
- Suelo sódico

# 42

## 5. Prácticas de manejo del salitre

- Lavado de sales
- Enmiendas con mejoradores
- Barbecho profundo

# 48

## 6. Prácticas de manejo del suelo

- Incorporación de plantas acuáticas
- Incorporación de residuos de cosecha
- Abonado con composta
- Abonos verdes
- Acolchados

# 60

## 8. Prácticas de manejo del agua

- Jornada de limpieza de los canales
- Siembra de vegetación en las orillas
- Manejo de los abonos orgánicos
- Instalación de filtros o humedales

Chinamperos en acción	67
Referencias	70
Anexos	71

# AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se realizó  
en colaboración con  
19 chinamperas y chinamperos  
de San Gregorio Atlapulco  
quienes participaron con  
entusiasmo, generando  
aprendizaje, compartiendo su  
conocimiento y brindándonos  
su tiempo y confianza.  
Agradecemos a ellas, ellos  
y a sus familias por su  
apoyo incondicional.

Hebert Alvarado Soto  
Marco Antonio Alvarado Muñoz  
Rodrigo Alvarado Venancio  
Alberto Casas García  
Juan José Enríquez Galicia  
Raúl Enríquez Galicia  
Renato Flores González  
José Luis González Enríquez  
Julio Norberto González  
Crescencio Hernández Flores  
Delfino Martínez Galicia  
Luis Martínez Galicia  
Oscar Martínez González  
Francisco Rufino Sánchez López  
Eloisa Serralde Nieto  
José Luis Severiano Domínguez  
Andrés Vázquez Gómez  
Roberto Xolalpa Guerra  
Balbina Xolalpa Guerra

*¡Gracias!*

Les dedicamos este  
manual con cariño.



**Este manual recoge las actividades y experiencias de chinamperas y chinamperos de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Ciudad de México, durante el desarrollo del Proyecto “Manejo integral y participativo para el mejoramiento de la calidad del agua y mitigación de la salinidad en chinampas de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” gestionado y conducido por Restauración Ecológica y Desarrollo A.C. en 2016.**

Los suelos de la zona chinampera de San Gregorio Atlapulco son característicamente salinos debido a su origen volcánico y a los procesos físicos y químicos de materiales ligeros y cenizas acarreadas por las corrientes procedentes de los glaciares que, durante cientos de años, rodearon la cuenca de México (Guevara *et al.*, 2015). El agua que brotaba de los manantiales de agua dulce en las chinampas mitigaba el efecto de la salinidad del suelo.

Sin embargo, al desecarse los manantiales y utilizar plaguicidas y fertilizantes inorgánicos, la salinización del suelo se agudizó, de tal manera que cada vez es más complicada su recuperación para la producción agrícola. Es solo gracias a la continua adición de materia orgánica de origen vegetal y en últimos años también de origen animal, que se ha mantenido la rica producción de hortalizas en las chinampas y la continua cosecha de cultivos a lo largo del año.

A seis años de la primera edición de este manual, el Proyecto Agrobiodiversidad Mexicana, que es financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), implementado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y ejecutado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), hizo posible la segunda edición, con el objetivo de difundir las prácticas experimentales que con insumos locales fueron desarrolladas por los productores de las chinampas, a fin de mitigar la salinidad del suelo y promover su recuperación.

Esperamos que este manual sea de utilidad como fuente de consulta e inspiración para que otros productores agrícolas del suelo de conservación se animen a experimentar en sus áreas productivas con sus propios insumos y avanzar en la resolución de la pérdida de suelo productivo sin depender de agentes externos.

**Elsa Valiente Riveros**  
Redes A.C.

# *Problemática*



**Cuenca del Valle de México y la influencia del arrastre de las partes altas a las bajas.**

Ilustración: Mónica Olivares Hernández

La región donde se asienta actualmente el pueblo de San Gregorio Atlapulco, tuvo su origen geológico como consecuencia de la intensa actividad volcánica que dio lugar a la formación de la Sierra del Chichinautzin y que cerró el drenaje natural hacia el río Balsas, formando una represa natural que favoreció la acumulación de agua, nutrientes y otros materiales de las partes altas a las bajas de la cuenca (Escamilla y Santos, 2012).

La característica de suelos particularmente fértiles que a la fecha se registra en las chinampas, proviene de este origen volcánico. Los materiales acumulados en el lodo de los lagos, se utilizaron para el establecimiento de las chinampas. Esto les dio una fertilidad natural muy elevada que fue aprovechada por los habitantes de la zona.

Desde su origen, los cultivos en las chinampas se nutrían con agua de manantial y de la recarga natural proveniente de la lluvia. El agua se encontraba a un nivel cercano a la superficie de la chinampa (no más de 60 cm de diferencia) (com. pers.), lo que permitía que existiera humedad en el suelo y aseguraba una producción constante y de calidad durante todo el año.

Sin embargo, en la actualidad no solo son arrastrados nutrientes a la zona, sino también contaminantes provenientes de industrias, alcantarillado público, descargas directas de agua gris de las viviendas y de las actividades agrícolas (Bojórquez-Castro L. y E.J. Amaro-Mauricio, 2013). Aunado a ello, no existe ya el aporte de agua de manantial y se alimenta a la zona con agua tratada que proviene de las plantas de tratamiento del Cerro de la Estrella, San Luis Tlaxialtemalco y San Pedro Atocpan (Aranda, 2004).

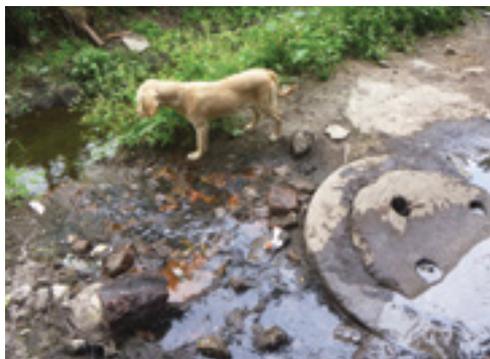
El grupo de chinamperas y chinamperos de San Gregorio Atlapulco en un taller de problematización mencionaron que las causas y consecuencias de la mala calidad del agua y ensalitramiento del suelo son las siguientes:



## MALA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

Agua de drenaje que escurre hacia los canales.

Fotografía: Laura Ruiz Ponce



### CAUSAS

- Agua del drenaje vertidas a los canales
- Uso excesivo de abonos de síntesis química
- Disposición de plásticos y envases de productos en los canales
- Uso excesivo y mal manejo de plaguicidas
- Riegos excesivos que lavan los nutrientes del suelo
- Aumento de la presión por urbanización del área
- Descargas industriales vertidas en los canales
- Poca conciencia sobre la importancia de ecológica de la zona
- Manejo inadecuado de residuos urbanos
- Poca voluntad política de autoridades en la resolución del problema
- Inversión de recursos insuficiente para realizar un tratamiento adecuado

### CONSECUENCIAS

- Incremento de plagas y enfermedades de los cultivos
- Ensalitramiento del suelo
- Pérdida de la biodiversidad acuática nativa
- Imposibilidad de acceder a certificaciones de calidad u orgánicas
- Mala fama de la zona productora chinampera
- Problemas de salud por agua y hortalizas contaminadas
- Agua de riego estancada con malos olores
- Contaminación del manto acuífero
- Mala calidad de hortalizas
- Mayor propagación de enfermedades y plagas en los cultivos



## ENSALITRAMIENTO DEL SUELO

Suelo salino en el ejido de San  
Gregorio Atlapulco.

Fotografía: Laura Ruiz Ponce



### CAUSAS

- Agua de riego con altos contenidos salinos
- Manejo inadecuado de abonos de origen animal
- Origen lacustre de los suelos de Xochimilco y San Gregorio
- Quema de pastos y plantas que cubren el suelo
- Mal manejo del riego
- Uso prolongado de acolchados y microtúneles de plástico
- Uso excesivo de abonos químicos
- Uso de motocultor o tractor que compacta el suelo

### CONSECUENCIAS

- Taponamiento de estructuras de riego
- Necesidad de riego constante de hortalizas
- El suelo se vuelve improductivo e infértil
- Solo algunas hortalizas generan buenos rendimientos
- Los cultivos sufren por deficiencias de agua
- Mala calidad de hortalizas
- Disminución de rendimientos
- Mayor inversión y menor ganancia

*¿A qué nos  
enfrentamos?*

1.

# ENSALITRAMIENTO EN LAS CHINAMPAS

## ¿QUÉ ES EL SALITRE?

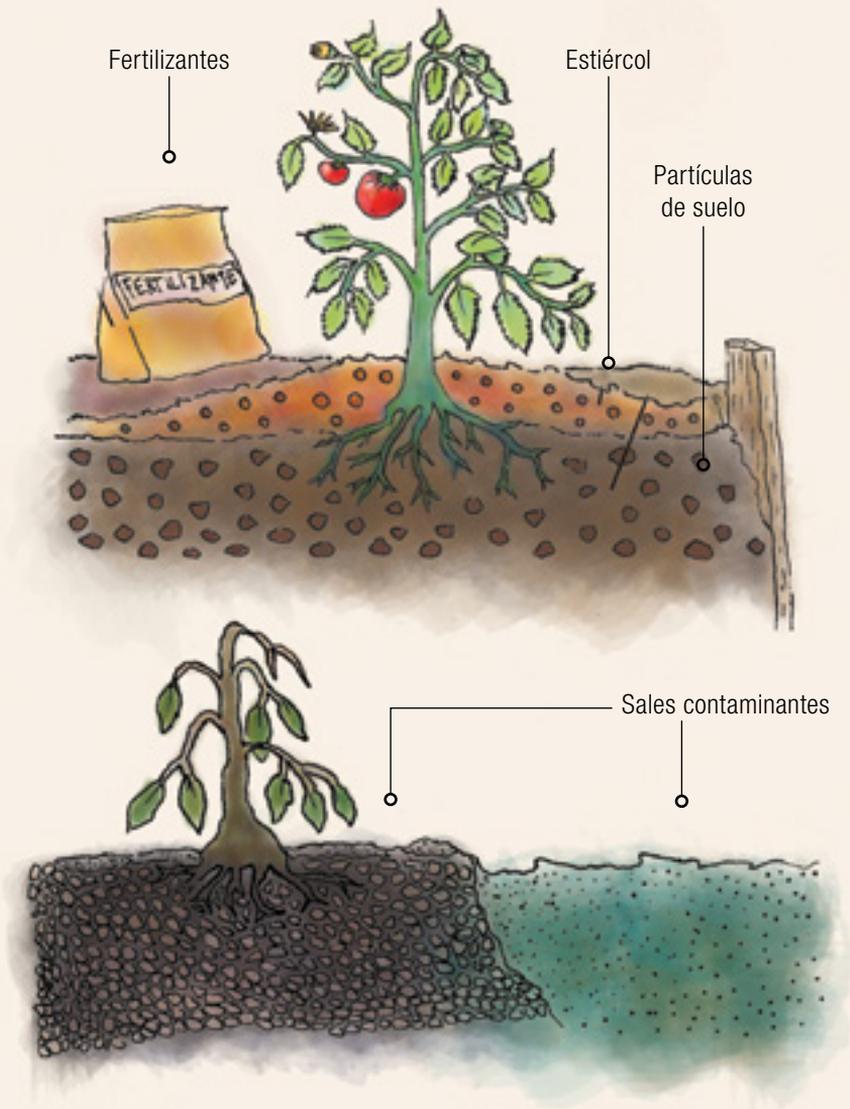
La salinización o ensalitramiento se define como el proceso mediante el cual se **acumulan sales** solubles de sodio, calcio, potasio, magnesio y otros elementos **alrededor de la raíz** de los cultivos, y en ciertas concentraciones afectan el **desarrollo** y productividad de las plantas.

Los tipos de sales formadas se pueden clasificar básicamente en **carbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos**. Estas sales son necesarias para el desarrollo de los cultivos y al ser nutrientes para las plantas, las encontramos en los abonos de origen animal y de síntesis química sin embargo, en cantidades excesivas representan un problema para su desarrollo.

**Detalle de un suelo salitroso.**  
Fotografía: Erika Rodríguez Flores



## EFFECTO EN LOS CULTIVOS



**Efecto de las sales del suelo en los cultivos.**

Ilustración: Mónica Olivares Hernández



**Crecimiento raquítico de los cultivos por exceso de sales.**

Fotografía: Erika Rodríguez Flores

Según el tipo de sales y la capacidad de adaptación de los cultivos, las plantas pueden presentar diversos efectos negativos en su desarrollo.

Algunos de ellos pueden ser:

- Reducen la absorción de nutrientes.
- No germinan o tardan más en germinar.
- Se desarrollan lentamente.
- Sus hojas se decoloran y mueren.
- La absorción de agua es insuficiente para su desarrollo.
- Sus hojas son más gruesas pero de menor tamaño.
- Se desarrollan más las raíces en lugar de hojas y tallos.



**Afloración de sales que forman costras blanquecinas en el suelo.**

Fotografía: Laura Ruiz Ponce

## **PROCESO DE SALINIZACIÓN**

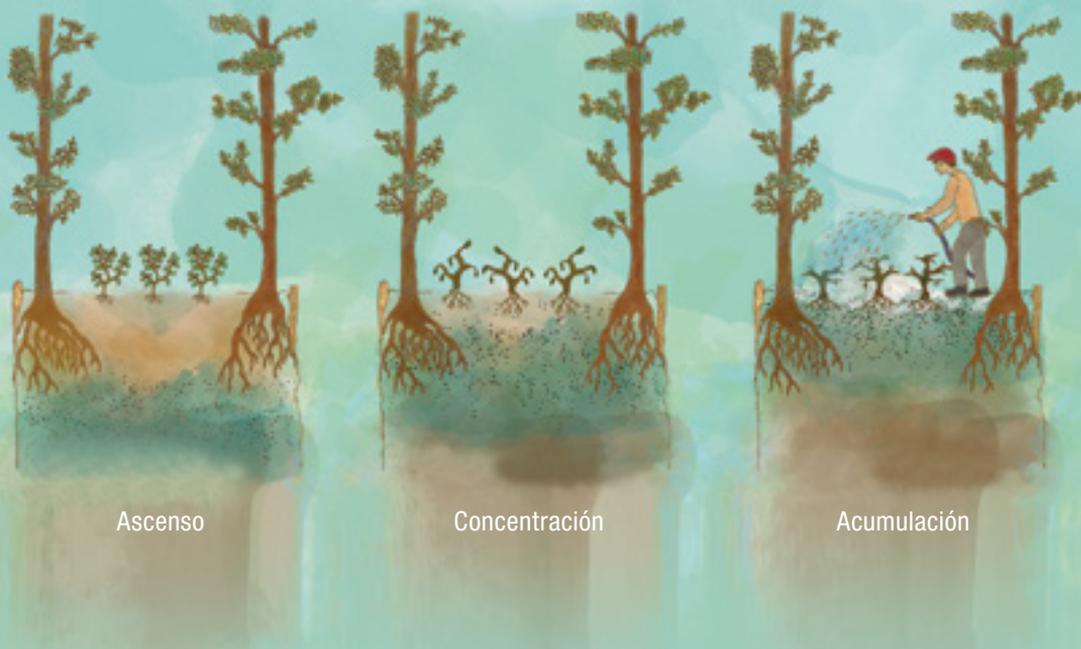
El suelo se saliniza de forma natural cuando el agua es absorbida poco a poco por la chinampa, arrastrando las sales de capas profundas del suelo a la superficie.

A mayor evaporación de agua durante el día, mayor concentración de sales en los primeros centímetros de profundidad del suelo. Si las condiciones persisten, se forman costras salinas, las cuales pueden verse a simple vista. Algunas prácticas agrícolas como el riego, son parte fundamental del proceso de ensalitramiento, ya que transporta las sales solubles en el agua de riego a la superficie del terreno.

El proceso de salinización de un suelo se agrava si:

- Presenta mala filtración y drenaje.
- El agua del canal contiene sales.
- Los días son calurosos o es tiempo de secas.
- Se utilizan plásticos de invernadero o microtúneles que impiden el lavado natural de las sales del suelo con el agua de lluvia y concentran la evapotranspiración de las plantas en el mismo suelo.
- Se realizan prácticas que afecten la porosidad y estructura del suelo, como el uso de maquinaria pesada que compactan a largo plazo la estructura del suelo.
- Se abona con fertilizantes químicos de alta solubilidad y de efecto alcalino sobre el pH o con estiércoles frescos sin compostear.

### Proceso de salinización



Ascenso

Concentración

Acumulación

Las sales contenidas en el subsuelo tienden a subir a la superficie y se acumulan con las sales aportadas en el agua de riego.

Ilustración: Mónica Olivares Hernández

*¿Cómo saber  
si mi chinampa  
está ensalitrada?*

2.

Existen varios métodos para conocer si hay exceso de sales en el suelo. Una forma es a través de la observación de características que se pueden ver a simple vista, así como la presencia de plantas indicadoras que crezcan en la parcela. Otra forma es mediante un análisis de suelo. Te presentamos el siguiente cuestionario que te permitirá saber si tu chinampa tiene salitre.

**Suelo salino en el Ejido de San Gregorio Atlapulco.**  
Fotografía: Laura Ruiz Ponce



Contesta el siguiente cuestionario:

	SI	NO
La coloración del suelo en seco es blanquecina.		
Se forman manchones oscuros en algunos puntos de la chinampa aunque el suelo esté seco.		
La textura del suelo se siente como talco.		
La textura del suelo se siente jabonosa.		
Se forman costras blanquecinas o amarillas en la superficie del suelo.		
Crecen al menos cuatro de las siguientes plantas en tu chinampa: coquia, romeritos, higuierilla, tepozán, casuarinas.		
Las legumbres como el frijol, el chícharo o el garbanzo no prosperan en tu chinampa, sus hojas se tornan de color morado y se secan.		

Si respondiste a más de cuatro enunciados que sí, es probable que tengas problemas de salitre en tu chinampa. Te sugerimos realizar un análisis de suelo que incluya los siguientes parámetros:

- Conductividad eléctrica
- pH
- Porcentaje de sodio intercambiable.

## PLANTAS INDICADORAS DE SALINIDAD:



**A.**  
**Planta de Coquia (*Kochia sp*)**  
 Fotografía: Erika Rodríguez Flores



**B.**  
**Romeritos (*Suaeda torreyana S. Watson*)**  
 Fotografía: Erika Rodríguez Flores



**C.**  
**Higuierilla (*Ricinus communis L.*)**  
 Fotografía: Elsa Valiente Riveros



**D.**  
**Tepozán (*Buddleja cordata Kunt*)**  
 Fotografía: Erika Rodríguez Flores

## DIAGNOSTICA EL TIPO DE SALITRE QUE PRESENTA TU CHINAMPA

Un suelo ensalitrado puede clasificarse en salino, sódico o un punto medio entre ambos (salino-sódico) dependiendo del tipo de sales presentes en el suelo.

Para evaluar el tipo de sales y la cantidad, se puede tomar una muestra de suelo en puntos representativos del terreno. Se recomienda analizar la conductividad eléctrica (CE), el pH y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

Para muestrear tu chinampa te sugerimos tomar 8 puntos de muestreo caminando en zig-zag en toda el área. La profundidad de la muestra debe ser la misma profundidad a la que se encuentren las raíces de tu cultivo. Primero retira toda la hojarasca de la superficie, haz el hoyo a la profundidad de las raíces de tu cultivo y extrae unos 300 g de cada punto de muestreo. Mezcla bien todas las muestras siguiendo el procedimiento mostrado en el diagrama y conserva 1 kg para el análisis de laboratorio.

Por otro lado, la salinidad puede monitorearse utilizando un sensor de salinidad en campo o conductímetro portátil. Con este equipo se mide la capacidad de las sales para conducir electricidad.

### Pasos a seguir para el monitoreo de la salinidad





**Ejemplo de un suelo salino.**

Fotografía: Laura Ruiz Ponce

## SUELO SALINO

Un suelo salino es aquel que tiene una conductividad eléctrica mayor que 4 dS/m. La tabla 1 especifica los rangos de salinidad y su clasificación de acuerdo a valores de conductividad eléctrica. En campo estos suelos presentan **costras salinas** blanquecinas y endurecidas en la superficie.

**Tabla 1.** Criterios para evaluar la salinidad de acuerdo a su conductividad.

CATEGORÍA DEL SUELO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS/m)
No salino	0 - 2
Poco salino	2.1 - 4
Moderadamente salino	4.1 - 8
Muy salino	8.1 - 16
Extremadamente salino	>16

## SUELO SALINO-SÓDICO

Cuando un suelo presenta sales de sodio de forma moderada, se le denomina salino sódico.

Estos suelos presentan niveles de conductividad eléctrica mayores a 4 dSm<sup>-1</sup> y mayores al 15% de PSI. En estos suelos pueden aparecer costras blanquecinas y amarillentas, que presentan en algunos sitios manchones negros o cafés.

Cuando en este tipo de suelos las sales del sodio, debido a su fuerte predominancia, desplazan al calcio y al magnesio, aumenta el contenido del sodio en el suelo, y debido a ello, se presenta un fenómeno de degradación llamado sodificación. En este proceso la estructura del suelo se pierde (el suelo se compacta) y la capacidad productiva se ve fuertemente disminuida, y de esta manera un suelo salino sódico, se convierte en un suelo sódico.



Suelo sódico con los manchones característicos, color café casi negro.

Fotografía: Laura Ruiz Ponce



Detalle de un suelo sódico.

Fotografía: Laura Ruiz Ponce

## SUELO SÓDICO

En los suelos sódicos la materia orgánica se dispersa y se disuelve, depositándose en la superficie, apareciendo manchones grandes oscuros o cafés en la superficie del suelo. La estructura del suelo (porosidad) se pierde dando origen a suelos compactos y de textura jabonosa.

Los suelos sódicos se identifican porque su porcentaje de sodio intercambiable (PSI) es mayor de 15% y presentan una conductividad eléctrica (CE) menor a 4dS m<sup>-1</sup>. El pH varía generalmente de entre 8.5 y 10.

En la tabla 2 se presentan los rangos de sodicidad y su clasificación de acuerdo a la medición del Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI).

**Tabla 2.** Criterios para evaluar la sodicidad de acuerdo a su porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

<b>CLASE</b>	<b>PSI</b>
No sódico	0-7
Ligeramente sódicos	7-15
Medianamente sódicos	15-20
Fuertemente sódicos	20-30
Extremadamente sódicos	>30

En la tabla 3 se resumen los criterios de diagnóstico para los suelos salinos, salino-sódicos y sódicos.

**Tabla 3.** Criterios para evaluar la salinidad y sodicidad de un suelo de acuerdo a su conductividad eléctrica, porcentaje de sodio intercambiable y pH.

<b>SUELO</b>	<b>CE (dS/m)</b>	<b>PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE (PSI)</b>	<b>pH</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Normal	<4	<15	6.5 – 7.5	Buena filtración del agua, aeración y estructura porosa.
Salino	>4	<15	<8.5	Presencia de costras blancas en la superficie.
salino - sódico	>4	>15	8.5	Presencia de costras blancas y amarillentas, con manchones café o negros.
Sódico	<4	>15	8.5 a 10	Mala filtración del agua, textura jabonosa, suelos compactados y con manchones negros y café.

< menor que    > mayor que



# *Calidad del agua de riego*

# 3.

La calidad del agua presente en los canales y lagunas de la zona depende del origen, manejo y uso del suelo de los alrededores. Esto quiere decir, que la calidad se va a ver afectada por las actividades que se realicen en las chinampas cercanas al canal de riego por ejemplo, tipo y cantidad de agroquímicos, abonos, etcétera.

**Canal típico de San Gregorio Atlapulco con tulares (*Typha latifolia*).**

Fotografía: Erika Rodríguez Flores





¿El agua puede distribuir contaminantes?

**Sí, debido a las características del agua**

## AGUA

La fórmula química del agua es  $H_2O$ , por lo tanto esta molécula está conformada por dos átomos de  $H^+$  y uno de  $O^-$ . La composición de esta molécula le da propiedades únicas al agua, las más importantes son las siguientes:

- **Inodora:** ausencia de olor
- **Incolora:** no presenta color
- **Disolvente universal:** dados los enlaces (puentes de hidrógeno) que puede hacer con otros compuestos, le da la propiedad de alta solubilidad, “el agua disuelve todo”.
- **Capilaridad:** es la capacidad de un líquido de subir o bajar en un tubo. El agua presenta alta capilaridad, este principio se observa en las plantas cuando el agua sube de la raíz a las hojas para no gastar tanta energía desafiando a la gravedad, también se puede observar del canal a la chinampa.



¿Los contaminantes pueden afectar a otras zonas cercanas a mi chinampa?

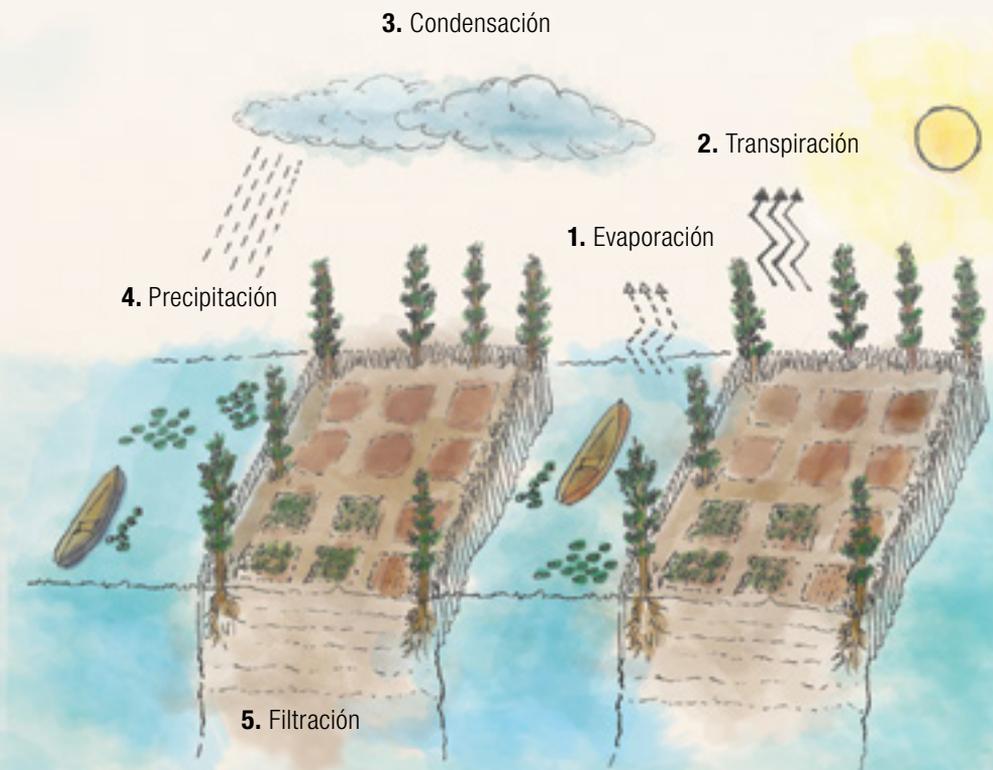
**Sí, porque comparten la misma agua de los canales, “todo lo que me afecta a mí, afecta a todos”**

## CICLO DEL AGUA

Se refiere a las diferentes formas en que puede estar presente el agua en el ambiente.

1. **Evaporación:** es el proceso por el cual el agua se convierte de agua líquida a vapor y llega a la atmósfera. El vapor en la zona chinampera proviene en su mayoría de la vegetación.
2. **Transpiración:** es el proceso por el cual las plantas sudan agua por medio de sus estomas (orificios de las hojas). Ocurre principalmente durante la fotosíntesis, cuando los estomas se abren para la transferencia de dióxido de carbono y oxígeno.

- 3. Condensación:** en esta etapa el vapor de agua que está en la atmósfera se enfría a medida que se eleva. Por el descenso de la temperatura, el agua se condensa y se forman las nubes.
- 4. Precipitación:** cuando una nube está lo suficientemente saturada, precipita. El agua condensada en las nubes cae de nuevo a la superficie terrestre en forma de lluvia, granizo o nieve.
- 5. Filtración:** se da cuando el agua atraviesa el suelo y ocupa los espacios vacíos, formando pozos de agua o mantos acuíferos.



**Ciclo del agua en una chinampa. Se observan los procesos de evaporación, transpiración, condensación, precipitación e infiltración.**

Ilustración: Mónica Olivares Hernández



¿Cómo saber si el agua es apta para riego?

Para eso existen características en el agua que se “evalúan”

## CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua es un atributo que lo define el hombre dependiendo de las necesidades de su uso, es decir, no es una característica absoluta. Ejemplo: la calidad del agua potable es diferente a la calidad de agua de riego ya que dependerá de los parámetros “ideales” para cada caso, basándose en las características físicas y químicas que presente el agua en un momento determinado.

### CALIDAD DE AGUA DE RIEGO

Se basa principalmente en parámetros relacionados con la presencia de sales, tanto en cantidad como en tipo de sales y la toxicidad de iones que puedan estar presentes. Los parámetros deben adecuarse a la zona en la que se estén midiendo. Ejemplo: las condiciones de Xochimilco no son iguales a las condiciones del desierto de Sonora y por lo tanto la cantidad y tipo de sales (número y origen) puede variar.

Las sales se encuentran disueltas en el agua y se depositan en el suelo al momento de regar los cultivos. Cuando hay en exceso se les denomina contaminante y por lo tanto afecta a la producción, calidad de los cultivos y al ambiente.

Para la evaluación del agua de riego se toman en cuenta características físicoquímicas y biológicas presentes en el agua. Los principales parámetros físicoquímicos que se utilizan son: Conductividad Eléctrica (CE), Salinidad, Sólidos Disueltos Totales (SDT), pH, Fosfatos, Nitratos, Cloruros, Bicarbonatos, Carbonatos, Relación de Absorción de Sodio (RAS), Niveles de Boro, Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio, Metales pesados y presencia de Bacterias coliformes (ver tabla 4).

Para saber si un valor es adecuado o malo, los valores máximos permisibles de estos parámetros están establecidos en las normas de cada país (ver Anexo).



¿Cómo se puede tomar la muestra de agua para evaluarla?

Existen diversas formas dependiendo del parámetro a evaluar pero los métodos más comunes son:

1. **Superficial:** el agua se toma en la superficie del canal.
2. **A profundidad:** el agua se colecta en la columna de agua a dos tercios de la profundidad total del canal.



Cualquier muestra de agua debe de mantenerse en un frasco o botella sin que le entre la luz directa y el recipiente con el que se tome debe de limpiarse tres veces con el agua del mismo canal para evitar contaminación.



**Tabla 4.** Parámetros para evaluar la calidad del agua

<b>PARÁMETRO Y UNIDADES</b>	<b>¿A QUÉ SE REFIERE?</b>
<b>COLOR</b>	Es una propiedad física que puede describir el origen del agua. Se debe a las <b>sustancias disueltas o sólidos</b> en suspensión. Puede ser de origen orgánico o inorgánico. Ejemplo: <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Color rojo:</b> presencia de sales de Hierro y Manganeseo</li><li>• <b>Color verde:</b> presencia de muchas algas.</li></ul> El color también va ligado al uso de suelo de los alrededores. Ejemplo: la industria del papel deja el agua de color marrón por el uso de la lignina para su fabricación.
<b>TURBIDEZ</b> Unidades: nefelométricas (NTU)	Se refiere al contenido de sólidos en suspensión en el agua. A mayor número de <b>sólidos en suspensión</b> mayor grado de turbidez. Los sólidos suspendidos pueden ser de origen orgánico o inorgánico. <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Origen orgánico:</b> microorganismos (fitoplancton, zooplancton).</li><li>• <b>Origen inorgánico:</b> arcillas, limos, silicatos, feldespatos, minerales.</li></ul>
<b>TEMPERATURA</b> Unidad: grados centígrados (°C)	El agua absorbe el calor de la luz solar que llega directamente a ella
<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA</b> Unidad: microSiemens/cm ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Medida indirecta de la cantidad de sales o sólidos disueltos. Refleja la capacidad del agua para conducir <b>electricidad</b> por la cantidad de iones presentes en el agua (sales). Los iones pueden ser calcio, magnesio, potasio, nitratos, cloruros y bicarbonatos A mayor conductividad del agua mayor es la cantidad de sólidos disueltos en ella. La conductividad aumenta a medida que aumenta la temperatura (aproximadamente 2% por cada °C)
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT)</b> Unidades: partes por millón (ppm) ó miligramos por litro (mg/L)	Es <b>la suma de los sólidos disueltos y en suspensión</b> que pueden estar en el agua.
<b>SALINIDAD</b> Unidades: miligramos por litro (mg/L); partes por millón (ppm), ó unidades prácticas de salinidad (UPS)	Se refiere a la cantidad de sales disueltas en el agua.
<b>RAS (RELACIÓN DE LA ADSORCIÓN DE SODIO)</b> Valores: baja peligrosidad, media peligrosidad y alta peligrosidad	Es la capacidad de <b>riesgo que hay de sodificación del suelo</b> . Se utiliza para evaluar que tan buena es el agua para el riego

## ¿CÓMO SE PUEDE MEDIR?

## EFFECTOS

Método de observación: se observa el agua a la distancia para que no influya la luz solar en la determinación del color.

El color puede estar relacionado con la presencia de organismos patógenos como bacterias, hongos, ocasionando problemas en la salud y al ambiente.

Se utiliza un tubo de Secchi.  
La medición debe ser al momento de la toma de la muestra de agua y se realiza a la sombra para evitar que la luz solar influya en la medición

Una alta turbidez no permite el paso **directo de la luz** pudiendo alterar las funciones de los organismos fotosintéticos como las algas.

Se puede utilizar un termómetro de mercurio o termómetro eléctrico con sonda.  
La medición es directa en el agua y al momento.

Si hay temperaturas altas aumenta la descomposición orgánica, por lo tanto disminuye el oxígeno disuelto en el agua cambiando la composición biológica del ambiente acuático.

Se mide con un conductímetro, que contiene un electrodo  
Se sumerge el electrodo directo en el agua y se toma la lectura por unos minutos.  
La medición se recomienda hacerla al momento.

Si aumentan las sales afecta la fertilidad del suelo y desaparecen los organismos poco tolerantes a la salinidad.  
Se pueden presentar problemas de **salinidad y sodicidad** en el suelo.

Se mide por medio de una sonda que contiene un electrodo.  
La medición se hace al momento y con contacto directo del agua

Impide la **penetración de la luz** y se ven afectados los organismos fotosintéticos, alterando las redes tróficas.  
El exceso de sólidos disueltos dificulta el proceso de mineralización de los materiales orgánicos y promueven su acumulación. Esto podría derivar en la acumulación de sodio, sales y metales en el agua.

Se puede medir por medio de una sonda o por un índice de refracción. La medición se recomienda realizarla al momento.

**Salinización.** Alta salinidad puede ocasionar problemas en la estructura del suelo.

\*

Puede degradar la estructura del suelo restringiendo así el movimiento del agua y afectando el crecimiento de las plantas.  
Los cultivos pueden presentar toxicidad por sodio.

\* Si la muestra se envía a un laboratorio, no deben pasar más de 48 horas desde que se toma la muestra hasta su entrega, en ambiente frío.

## PARÁMETRO Y UNIDADES

## ¿A QUÉ SE REFIERE?

### pH

Unidades:

pH.

Escala va de:

0 a 14

0 a 6.9 (ácido)

7 (neutro)

7.1 a 14 (básico o alcalino)

Se refiere a la concentración de iones hidrógeno, nos dice las condiciones de neutralidad, acidez o alcalinidad del agua. Es relevante porque **determina las reacciones químicas**.

### OXÍGENO DISUELTO

Unidades:

mg/L o % de oxígeno disuelto

El oxígeno es un gas, importante para los organismos aerobios.

Los organismos fotosintéticos (plantas acuáticas) aumentan las cantidades de oxígeno disuelto en el agua.

### FOSFATOS (PO<sub>4</sub>)

Unidades:

partes por millón (ppm) o miligramos por litro (mg/L)

El fosfato es esencial para la vida ya que está presente en los tejidos de los organismos.

Forma parte del ciclo bioquímico del fosfato.

El origen se debe a:

- **Disolución de rocas y minerales**
- **Antropogénico:** por medio de componentes fosfatos (detergentes, fertilizantes). Lavado de suelos con actividades ganaderas o agrícolas.

En altas cantidades indica contaminación por aguas residuales y desechos agrícolas (**agroquímicos fosforados**).

### NITRATOS (NO<sub>3</sub>-)

Unidades:

partes por millón (ppm) o miligramos por litro (mg/L)

Los nitratos forman parte del **ciclo del nitrógeno**. El nitrógeno se fija de la atmósfera o por descomposición por medio de las plantas y bacterias fijadoras, convirtiéndolo en nitratos y nitritos.

Los nitratos pueden provenir de:

- **Disolución de rocas y minerales**
- **Descomposición de materia vegetal y animal**
- **Antropogénico:** efluentes industriales y lixiviado de tierras donde se utilizan agroquímicos. Uso de fertilizantes nitrogenados para la agricultura.

## ¿CÓMO SE PUEDE MEDIR?

Para su medición se pueden emplear diferentes métodos:

1. **Aparato llamado potenciómetro:** compuesto por electrodos, se sumerge directamente en el agua y se toma la lectura por unos minutos.
2. **Colorímetro:** al agua se le agrega un indicador de pH (reactivo) y el color que adquiere el agua se compara con una escala de colores.
3. **Papel indicador:** compara el color que adquiere el papel sumergido en el agua con una escala de colores.

Las mediciones se recomiendan hacer al momento.

Se mide con un oxímetro (sonda) que consiste en un electrodo y una membrana permeable conectado a un microprocesador.

Se recomienda hacer la evaluación al momento.

Medición por medio de:

1. **Espectrofotometría molecular**
2. **Cromatografía iónica**
3. **Colorímetro:** se pone una muestra de agua con un reactivo, se deja reposar y se compara el color del agua con una escala de color

Se recomienda hacer la evaluación al momento.

Medición por medio de:

1. **Espectrofotómetro:** mide los niveles de absorbancia de UV a las longitudes de onda a las cuales están los nitratos
2. **Colorímetro:** se pone una muestra de agua con un reactivo, se deja reposar y se compara el color del agua con una escala de color

Se recomienda hacer la evaluación al momento

## EFFECTOS

Cambios en el pH pueden alterar los procesos biológicos, por lo que se ve afectada la sobrevivencia de todas las especies acuáticas.

**Las prácticas agrícolas** también pueden conducir a un aumento de nutrientes, lo que aumenta el crecimiento de algas y en consecuencia conduce a valores altos de pH.

Bajas concentraciones de oxígeno disuelto ocasionan la **muerte de especies acuáticas** y ocurren fenómenos de anaerobiosis (falta de oxígeno), por lo que proliferan las bacterias “indeseables”.

Cuando hay altas concentraciones de fosfatos se puede presentar el proceso de eutrofización. (el agua se observa con una “nata verde” en la superficie y mal olor).

**Eutrofización:** proceso en el cual se produce un incremento en la actividad fitoplanctónica (organismos microscópicos), crecen rápidamente porque hay mucha disponibilidad de nutrientes, también hay alta mortalidad ocasionando un agotamiento del oxígeno del agua, el poco oxígeno o disminución puede ocasionar la muerte de otros organismos acuáticos.

Altas concentraciones de nitratos ocasiona eutrofización.

### AFECTACIONES A LA SALUD HUMANA

**Metahemoglobinemia:** reducción del transporte de oxígeno en la sangre. Los nitritos “ocupan” el lugar del oxígeno en la hemoglobina. Ocasiona que la piel se ponga azul.

**PARÁMETRO  
Y UNIDADES**

**¿A QUÉ SE REFIERE?**

**METALES PESADOS  
CADMIO (CD)**

Unidades:  
partes por millón (ppm) o  
miligramos por litro (mg/L)

Su origen proviene de la industria minera, pinturas y fabricación de **baterías y pilas**.

La toxicidad del metal se reduce si los iones están unidos a la materia orgánica, que es el caso del agua de los canales del sistema chinampero en Xochimilco, por lo que los metales pesados no representan un riesgo en el consumo de hortalizas.

**METALES PESADOS  
NÍQUEL (NI)**

Unidades:  
partes por millón (ppm) o  
miligramos por litro (mg/L)

Se emplea en el **acero inoxidable** y otras aleaciones resistentes a la corrosión. Se utiliza en la fabricación de **monedas** como sustituto de la plata. La toxicidad del metal se reduce si los iones están unidos a la materia orgánica.

**METALES PESADOS  
PLOMO (PB)**

Unidades:  
mg/L o ppm

Elemento de elevada densidad y mal conductor de la electricidad. Su origen se debe a la minería, industria química y automovilística. Se utiliza para la fabricación de baterías y municiones y se encuentra en las **tuberías**. La toxicidad del metal se reduce si los iones están unidos a la materia orgánica.

**BACTERIAS COLIFORMES  
TOTALES**

Unidades:  
Unidades formadoras de  
colonias (UFC / 100 mL)

Son bacterias que se encuentran en las heces de humanos y animales. A mayor número de coliformes mayor es la **contaminación fecal**. Su presencia es indicadora de otras bacterias nocivas. Las bacterias nocivas incluyen *Salmonella*, virus como hepatitis A y parásitos como *Giardia* y *Cryptosporidium*. Ejemplos de bacterias coliformes: *Citrobacter*, *Enterobacter*, y *Klebsiella*.

**BACTERIA  
ESCHERICHIA COLI**

Unidades:  
Unidades formadoras  
de colonias / 100 mL  
(UFC/100 mL)

Bacteria que pertenece al grupo de las enterobacterias. Proviene de las **heces de humanos y animales**. Es indicadora de materia fecal reciente.

## ¿CÓMO SE PUEDE MEDIR?

Se puede medir por medio de la técnica de espectrofotometría.

Se puede medir por medio de la técnica de espectrofotometría.

Se puede medir por medio de la técnica de espectrofotometría.

Su medición es a través de un medio de cultivo. Se coloca una cantidad de agua en el medio de cultivo para su crecimiento. Se observa la cantidad de colonias formadas después de las 24 y 48 horas. Se puede analizar en un laboratorio. La muestra se debe de llevar de manera inmediata.

Su medición es a través de un medio de cultivo. Se coloca una cantidad de agua en el medio de cultivo para su crecimiento. Se observa la cantidad de colonias formadas después de las 48 horas. Se puede analizar en un laboratorio. La muestra se debe de llevar de manera inmediata.

## EFFECTOS

El Cadmio puede ser absorbido por los vegetales y animales, llegando a los alimentos de consumo humano.

El cadmio puede ocasionar lesiones renales, bajo peso y anemia. Ocasiona un enfermedad llamada **Itai-Itai**, la cual consiste en la descalcificación de los huesos ocasionando deformaciones óseas, también provoca dolores abdominales, diarrea y enfisema pulmonar.

A altas concentraciones puede ocasionar:

**Fallos respiratorios.**

**Asma y bronquitis crónica.**

**Reacciones alérgicas.**

A altas concentraciones es tóxico para plantas y animales.

**Niños:** retardo en desarrollo físico o mental (déficit de atención y poca capacidad de aprendizaje).

Afecta al sistema nervioso. Bajo peso.

**Adultos:** trastornos renales, hipertensión, desajustes reproductivos (esterilidad).

Produce la enfermedad del “**saturnismo**” que es el envenenamiento por plomo, causando anemia, encefalopatías, somnolencia, estreñimiento, sabor metálico y palidez.

Los coliformes están relacionadas con bacterias patógenas que causan principalmente enfermedades intestinales. Puede ocasionar gastroenteritis.

En el riego pueden quedar patógenos en las hojas de los cultivos.

Puede ocasionar gastroenteritis.

Colitis hemorrágica-diarrea con sangre.

Síndrome hemolítico urémico.

Se conocen al menos seis categorías de *Escherichia coli* causantes de diarrea.



*Manejo  
integrado de  
agua y suelo  
afectado  
por sales*

4.

El manejo del salitre debe de realizarse con estrategias de manejo integral que contemplen el carácter multidimensional del problema.

Para preservar el suelo agrícola y mantener su eficiencia en la producción de cultivos, es necesario que se acate la disposición oficial de “No uso de agroquímicos en la zona chinampera”, establecida en el Plan de Manejo del Área Natural Protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco (Gaceta Oficial CDMX, 26 Febrero 2018).

**Amanecer en los canales.**

Fotografía: Elsa Valiente Riveros



Este manual se enfoca a la difusión de prácticas de manejo agrícolas que las y los chinamperos pueden realizar para mejorar la calidad del agua y disminuir los problemas de salitre en sus chinampas.

Dentro de éstas, encontramos prácticas que inciden directamente en las sales del suelo, prácticas que impactan en la salud y nutrición del suelo, prácticas que involucran el manejo de los cultivos agrícolas en áreas salinas y prácticas para el mejoramiento de la calidad de agua de riego.

Enfrentar los problemas de salitre desde estos cuatro ámbitos ayudará a conformar una estrategia integral adaptada a las condiciones de cada chinampa que promuevan una rápida recuperación de suelos ensalitrados.



**Generar estrategias comunitarias para mejorar la calidad del agua es posible.**

Ilustración: Mónica Olivares Hernández

Estrategias de manejo integral de salinidad en suelo y agua en chinampas propuestas.

<b>MANEJO DE:</b>	<b>ESTRATEGIA DE MANEJO</b>	<b>FINALIDAD</b>	<b>PRÁCTICAS AGRÍCOLAS</b>
<b>SALES</b>	<b>Disminuir el impacto negativo de las sales en mi chinampa</b>	Disminuir el contenido de sales de la chinampa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavado natural o inducido.</li> <li>• Uso de abonos de origen animal compostados o maduros.</li> </ul>
		Disminuir las sales de sodio de la chinampa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enmiendas con yeso.</li> <li>• Enmiendas con azufre.</li> <li>• Enmiendas con zeolita.</li> </ul>
		Romper las costras salinas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barbecho profundo.</li> </ul>
		Disminuir el contacto salino.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de agualodo, lodo y enchapinado tradicional.</li> </ul>
<b>SUELO</b>	<b>Mejorar la salud y estructura del suelo</b>	Mejorar la estructura y nutrición del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de composta.</li> <li>• Incorporación de plantas acuáticas.</li> <li>• Incorporación de residuos de cosecha.</li> <li>• Siembra e incorporación de abonos verdes.</li> </ul>
		Evitar la evaporación del suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de acolchados orgánicos.</li> <li>• Uso de cubiertas como malla sombra.</li> </ul>
		Disminuir la compactación del suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotación de barbecho manual y barbecho con motocultor.</li> </ul>
<b>PLANTA</b>	<b>Promover el uso de plantas tolerantes, resistentes a la salinidad</b>	Aumentar los rendimientos de la chinampa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotación de cultivos sensibles y tolerantes por temporada.</li> </ul>
		Recuperación de áreas salinas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siembra de plantas tolerantes y demandantes de sales.</li> </ul>
		Aumentar la tolerancia al estrés hídrico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inoculación de plantas con micorrizas y otros microorganismos benéficos.</li> </ul>
<b>AGUA</b>	<b>Disminuir el efecto de la salinidad del agua al suelo</b>	Mejorar el flujo del agua y circulación del viento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podas en las orillas de los canales y retiro de plantas acuáticas</li> </ul>
		Disminuir la presencia de algunas sales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siembra de plantas altamente filtradoras</li> </ul>
		Mejorar la calidad del agua de riego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de un filtro o humedal artificial</li> </ul>
		Evitar la proliferación de bacterias y nitratos en el agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siembra de arbustos de utilidad económica en las orillas de las chinampas, como borraja, romero, tomillo, etc.</li> </ul>

A blue-tinted photograph of a forest. In the foreground, there is a large, crumpled silver tarp. The background shows tall, thin trees and dense foliage. The overall scene is dimly lit, with the blue tint dominating the color palette.

# *Prácticas de manejo del salitre*

# 5.

## LAVADO DE SALES

### ¿EN QUÉ CONSISTE?

El lavado consiste en hacer pasar una cierta cantidad de agua a través del suelo para que arrastre el exceso de sales acumuladas en la zona de raíz de los cultivos. La necesidad de lavado estará en función de la concentración de sales en el suelo, la concentración de sales en el agua de riego y la máxima concentración de sales en el suelo permisible para el desarrollo del cultivo.

**Túneles de verdolaga en San Gregorio Atlapulco.**  
Fotografía: Erika Rodríguez Flores



## ¿QUÉ SE NECESITA?

El lavado de sales en el suelo es ventajoso en la medida en que:

- Se cuente con agua de buena calidad para lavar las sales del terreno (La salinidad del agua debe ser no mayor a 3000 microSiemens/cm  $\mu\text{S}/\text{m}$ )
- El suelo debe contar con drenaje natural.
- El agua lavada debe ser conducida fuera del terreno para evitar la resalinización.



El lavado de sales en el suelo es más viable en parcelas agrícolas fuera de la zona lacustre.

Ilustración: Mónica Olivares Hernández

Lamentablemente estas condiciones no se cumplen en el área chinampera, debido a que el agua recircula del suelo al canal de forma constante y el flujo de los canales es escaso. Así mismo la calidad del agua de riego es muy variable y puede no ser la indicada para realizar esta práctica.

Sin embargo, el lavado se puede realizar de forma natural en la época de lluvias o de temporal. Esta agua de lluvia es ideal para lavar las sales del suelo, debido a su bajo contenido de sales.

La época de lluvias es un excelente momento para realizar otras prácticas agrícolas que ayudan a disminuir el impacto de las sales en el suelo.

### **PRÁCTICAS TRADICIONALES RELACIONADAS:**

Antiguamente en la zona chinampera se manejaban los problemas de salitre removiendo la capa del suelo ensalitrada de la chinampa. Esta tierra superficial se depositaba en las canoa y se volteaba en el canal para tirar y lavar esta tierra. Posteriormente, se aplicaba lodo en toda la superficie de la chinampa, el cual se encontraba libre de problemas de salinidad y estaba listo para sembrarse.

Otra práctica relacionada al lavado del suelo es la técnica del agualodo, en la cual éste se aplica en las camas de cultivo durante la siembra o al trasplante de los chapines.

El uso del chapin, también asegura que las plantas germinen en un suelo libre de sales, rico en nutrientes y con amplia disponibilidad de agua, de modo que crezcan en sus primeras etapas fuertes y sanas.

## ENMIENDAS CON MEJORADORES

### ¿EN QUÉ CONSISTE?

Esta práctica consiste en aplicar mejoradores químicos al suelo como el yeso, la cal, el azufre y la zeolita antes de la siembra. La finalidad de esta aplicación es intercambiar el exceso de sodio en el suelo, por otras sales menos problemáticas como el calcio y el magnesio.

### ¿QUÉ SE NECESITA?

Para poder conocer la cantidad de mejorador a aplicar en nuestro suelo es necesario conocer mediante un análisis de suelo:

1. La cantidad de sodio a intercambiar del suelo (Porcentaje de sodio intercambiable).
2. El grado de acidez o alcalinidad del suelo (pH).
3. La capacidad de intercambio catiónico de nuestro suelo.

Tomar en cuenta que si el pH del suelo de nuestra chinampa es mayor a 7.5 se debe evitar la aplicación de cal porque puede aumentar el pH. En este caso se recomiendan usar como mejoradores el yeso o el azufre. En caso de presentar pH mayor a 8.5 se sugiere aplicar azufre, pues ayudará a disminuir el pH del suelo.

### FORMA DE APLICACIÓN

Realizar los cálculos de aplicación de enmiendas con base en el análisis de suelo. Si es posible, conseguir yeso, cal o azufre para uso agrícola.

La aplicación del azufre y el yeso debe realizarse al menos una semana previa a la siembra, debido a que hay que dejarlos actuar en el suelo. Se recomienda aplicarlos a la par del barbecho para que queden bien revueltos en los primeros 30 cm de suelo. Es necesario que unos días después de la aplicación se riegue o se espere a que llueva, de manera que la zona quede bien humedecida.



Cuando hay presencia de costras por salitre, el barbecho profundo es una buena medida de remediación.

Ilustración: Mónica Olivares Hernández

## BARBECHO PROFUNDO

### ¿EN QUÉ CONSISTE?

Un suelo con buena estructura tiene buena porosidad y por ende filtra adecuadamente el agua, permitiendo que la filtración de sales con el riego y las lluvias sea adecuada.

Una práctica importante que ayuda a mejorar la estructura del suelo es el barbecho profundo a 40-50 cm de profundidad con azadón, cuando hay presencia de costras.

Una de las ventajas de realizar esta práctica manualmente es que se evita la compactación del suelo a largo plazo. Se recomienda, en caso de usar motocultor, alternar los barbechos con motocultor y los barbechos manuales, para no compactar el suelo.

The background of the page is a close-up photograph of soil, showing various particles, organic matter, and what appears to be a small insect or worm. The image is overlaid with a semi-transparent blue filter. On the right side of the page, there is a solid, vertical blue bar. The title is written in a white, italicized serif font.

*Prácticas  
de manejo  
del suelo*

6.

# INCORPORACIÓN DE PLANTAS ACUÁTICAS

## ¿EN QUÉ CONSISTE?

Las plantas acuáticas pueden flotar gracias a los espacios porosos en su tejido vegetal. Por ello, al incorporarlas al suelo, proporcionan aire y materia orgánica, mejorando así, la estructura del suelo.

Entre las plantas más utilizadas en Xochimilco para este propósito se encuentra el lirio acuático y la lentejilla.

Debido a que el lirio acuático es considerada una especie invasora, no se recomienda que se introduzca, sino que se maneje la planta que ya está presente en el sistema, a fin de reciclar nutrientes y energía de manera controlada.

Las plantas nativas que comparten características similares al lirio y el chilacastle (*Lemna*), son los tepalpalacates o amocillo (*Limnobium*) por lo que probablemente se podrían utilizar, aunque en este estudio no se evaluó su eficiencia. Otras especies nativas como los bejuquillos o cola de zorro (*Ceratophyllum*) y los tules y juncos (*Typhaceae*) se podrían incorporar al suelo muy bien desmenuzados, como materia orgánica que eventualmente ayuda a disminuir el salitre.

**Lirio (*Eichhornia crassipes*) y lentejilla (*Lemna* sp), planta acuática abundante en los canales.**

Fotografía: Laura Ruiz Ponce





**Uso de insumos locales para disminuir el salitre en las chinampas.**

Ilustración: Mónica Olivares Hernández

## FORMA DE APLICACIÓN

Una de las ventajas de la lentejilla es que no necesita picarse pues su tamaño facilita su incorporación y disposición en el terreno. Para aplicar el lirio acuático es necesario picarlo antes de su incorporación de forma que quede en trozos pequeños.

Aplicar una carretilla de plantas acuáticas por 5 o 10m<sup>2</sup> de suelo e incorporar adecuadamente. Abonar como de costumbre.



**A.**  
Lentejilla o  
Chilacastle  
(*Lemna* sp)



**B.**  
Lirio acuático  
(*Eichhornia crassipes*  
(Mart.) Solms)

Fotografías: Laura Ruiz Ponce



La elaboración de composta en las chinampas ayuda a reciclar y favorecer la disponibilidad de los nutrientes.

Ilustración: Mónica Olivares Hernández

## INCORPORACIÓN DE RESIDUOS DE COSECHA

### ¿EN QUÉ CONSISTE?

Esta es una práctica comúnmente realizada en la zona chinampera que fomenta a largo plazo el mejoramiento de la estructura del suelo y aporta materia orgánica al mismo.

Se sugiere tener cuidado con las “malas hierbas” e incorporarlas a suficiente profundidad para evitar su reaparición, o mejor aún, compostearlas para evitar la germinación de sus semillas.

## ABONADO CON COMPOSTA

### ¿EN QUÉ CONSISTE?

El composteo de residuos de cosecha, restos del desorille, “malas hierbas”, abonos verdes y estiércoles le proporciona al suelo un abono orgánico de calidad y estabilidad en el tiempo.

La composta con sus múltiples componentes provee los siguientes **beneficios**:

- **Mejora la estructura:** Disgrega la arcilla y los terrones, dándoles porosidad.
- **Retiene la humedad:** La composta retiene seis veces su peso en agua. Un suelo con un buen contenido de agua evita la formación de costras.
- **Fertiliza:** Por sus contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre.
- **Nivela el pH:** Presenta un efecto de regulación de cambios en el pH.
- **Neutraliza las toxinas y metales pesados del suelo:** Estudios muestran que las plantas cultivadas asimilan cantidades inferiores de plomo, metales pesados y otros contaminantes.
- **Libera nutrientes del suelo:** Los ácidos orgánicos disuelven los minerales del suelo y los hacen accesibles para las plantas.
- **Alimentan la vida microbiana:** Una buena composta crea condiciones saludables para los organismos que habitan el suelo.
- **Recicla nutrientes en nuestra chinampa.**

## FORMA DE APLICACIÓN

En la elaboración de la composta se recomienda adicionar 1/3 de vegetación verde, 1/3 de vegetación seca y 1/3 de estiércol y tierra. A estas proporciones se le puede adicionar levadura y melaza en agua para acelerar el proceso de descomposición. Esta composta es sencilla, existen otro tipo de compostas de mayor complejidad que también pueden dar excelentes resultados.

## ¿QUÉ SE NECESITA?

Elaboración de composta

1. Desorillar y deshierbar el sitio donde se realizará la composta.
2. Aflojar el suelo debajo de la pila de composta para que exista un drenaje adecuado.
3. Colocar los materiales de la pila en capas de 3 a 5 cm de espesor, primero de vegetación seca, encima de vegetación verde o residuos de cocina, posteriormente la capa de estiércol y por último la capa de tierra de 1 cm de espesor.
4. Una vez dispuestas todas las capas, regar con agua. Si es posible disolver en el agua melaza (1 L de melaza para 150 L de agua) o agua de piloncillo (2 piezas para 150 L de agua) junto con levadura (100 g).
5. Continuar añadiendo capa por capa hasta obtener un tamaño de composta mínimo de 1 m por 1 m.
6. Una vez finalizada la pila, cubrirla con plástico para evitar la incidencia del sol y de la lluvia.
7. Voltear la pila una vez por semana las siguientes tres semanas y humedecer ligeramente.
8. Aplicar 12 kilos de composta por metro en la chinampa o una carretilla de composta por 10 m<sup>2</sup>.

# ABONOS VERDES

## ¿EN QUÉ CONSISTE?

Los abonos verdes son cultivos de crecimiento rápido que se cortan y se entierran en el mismo lugar donde han sido sembrados y que están destinados a mejorar la estructura del suelo y lo enriquecen con materia orgánica fresca. Así mismo, de acuerdo al abono verde elegido se aportan nutrientes, minerales y sustancias que activan la vida microbiológica del suelo.

## ¿QUÉ SE NECESITA?

Comúnmente se utilizan las leguminosas o plantas de la familia del frijol, las crucíferas o plantas de la familia de la mostaza y nabo, y los cereales o plantas de la familia de la avena, el centeno y la cebada.

Algunas veces se asocian leguminosas con cereales como: veza y cebada, veza y avena, trébol y pasto Ray grass, etc.

### Leguminosas, crucíferas y cereales son utilizados como abonos verdes



**A.**  
Trébol (*Trifolium* sp)  
Fotografía: Laura Ruiz Ponce



**B.**  
Alfalfa (*Medicago sativa*)  
Fotografía: Felipe Vanegas Díaz



**C.**  
Avena (*Avena sativa*)  
Fotografía: Erika Rodríguez Flores

Entre otras ventajas encontramos:

- Las raíces son profundas y mejoran la estructura del suelo.
- La cubierta vegetal que crece sobre el suelo evita la evaporación del agua.
- Enriquecen al suelo en nitrógeno si se tratan de leguminosas y evitan las pérdidas por lavado de este nutriente.
- Algunas especies son tolerantes a la salinidad, como la alfalfa, por lo que pueden utilizarse en la recuperación de este suelo
- Evitan el crecimiento de “malas hierbas”.



**Crucifera y avena.**

Fotografía: Erika Rodríguez Flores

En la siguiente tabla se presenta una lista de los abonos verdes de uso más común en la agricultura:

**Tabla 5.** Propiedades importantes entre los abonos verdes

<b>CULTIVO</b>	<b>ANUAL</b>	<b>HUMEDAD</b>	<b>pH</b>	<b>kg DE SEMILLA/HA</b>	<b>PROFUNDIDAD DE SIEMBRA (cm)</b>
Chicharo	Anual	Media	Neutro	150-200	5-8
Trébol blanco	Bianual	Media y alta	Neutro y alcalino	8-10	1-2
Trébol rojo	Bianual	Media y alta	Neutro y alcalino	15-20	1-2
Alfalfa	Bianual	Media y baja	Neutro y alcalino	20-25	1-2
Veza o ebo	Rebrote	Media y alta	Neutro	60-80	3-5
Meliloto amarillo o carretilla	Bianual	Alta, media y baja	Neutro	25-30	1-2
Pasto Festuca	Bianual	Alta y media	Neutro y alcalino	24-20	1-2
Pasto Bromus	Bianual	Media y baja	Neutro y alcalino	40-50	1-2
Pasto Agrostis	Bianual	Alta y media	Ácido y neutro	7-12	1-2
Nabo silvestre o forrajero	Anual	Alta y media	Neutro	12-18	3
Mostaza	Anual	Alta y media	Ácido y neutro	15-20	1-1.5

# ACOLCHADOS NATURALES

## ¿EN QUÉ CONSISTE?

Es una práctica que consiste en cubrir el suelo con un material orgánico destinado a protegerlo y fertilizarlo. Se puede utilizar cuando hay un cultivo en la chinampa o en los períodos de reposo.

En el área chinampera se utilizan materiales orgánicos como la paja, el tule, el rastrojo de maíz, el pasto y la hierba de la chinampa.

Los efectos benéficos que puede tener un acolchado en tu suelo son:

- Protección de la erosión causada por el viento y por el agua.
- Protección del lavado de nutrientes.
- Mejoramiento de la filtración del agua de riego y de lluvia ya que evita el golpe directo de la gota en el suelo.
- Reduce la evaporación del suelo.
- Disminuye la temperatura del suelo, manteniéndola fresca y húmeda en períodos de secas.
- Protege a los microorganismos del suelo.
- Al descomponerse aporta materia orgánica al suelo.
- Evita la aparición de “malas hierbas”.

Existen también otros materiales que se utilizan como acolchados con coberturas inorgánicas de plástico. Estos últimos no aportan materia orgánica o nutrientes al suelo y pueden representar una fuente de contaminación ambiental.

## Acolchados de paja, tule y plástico



**Acolchado con paja.**

Fotografía: Erika Rodríguez Flores



**Acolchado con tule.**

Fotografía: Laura Ruiz Ponce



**Acolchado con plástico.**

Fotografía: Laura Ruiz Ponce



# *Prácticas de manejo de los cultivos*

7.

## USO DE MICORRIZAS

### ¿EN QUÉ CONSISTE?

Las micorrizas son asociaciones entre ciertos hongos benéficos del suelo y las plantas. El hongo entra en las raíces sin dañarlas, y ayuda a la planta a tomar alimentos y agua, y a que crezca más sana. La planta micorrizada es capaz de resistir mejor condiciones ambientales adversas (sequía, salinidad y plagas) por lo que vuelve al cultivo más rentable.

**Cultivo de betabel.**

Fotografía: Laura Ruiz Ponce



# SIEMBRA DE CULTIVOS TOLERANTES

Existen cultivos que han desarrollado tolerancia a la salinidad a través de diversos mecanismos:

- a. La regulación de la entrada de sales a través de sus raíces, ejemplo: las plantas acuáticas.
- b. La concentración de las sales en sus tejidos al aumentar la succulencia o cantidad de agua almacenada en hojas y tallos, ejemplo: la verdolaga y los romeritos.
- c. La excreción o expulsión de las sales al medio.

En la tabla 6 se presenta el distinto grado de tolerancia a la salinidad que pueden presentar las plantas cultivadas.

**Tabla 6.** Grado de tolerancia expresado en conductividad eléctrica de cultivos agrícolas

<b>TOLERANTES (12-8 dS/m)</b>	<b>MODERADAMENTE TOLERANTES (8-4 dS/m)</b>	<b>MODERADAMENTE SENSIBLES (4-2 dS/m)</b>	<b>SENSIBLES (&lt;2 dS/m)</b>
Remolacha azucarera (Parecido al betabel)	Avena y la mayoría de cereales	Girasol	Frijoles en general
Nabo	Alcachofa	Habas	Cebolla
Espárrago	Calabacita	Maíz	Zanahoria
	Betabel	Alfalfa	Todos los frutales de clima templado: Aguacate, durazno, ciruelo, manzano, peral, etc.
	Verdolaga	Avena forrajera y otros forrajes como trébol blanco, rosa, y veza.	Todos los frutales de clima cálido: naranjo, limón, lima, toronja, mandarina, mango, etc.
	Granado	Apio	
	Higuera	Papas	
	Olivo	Berenjena Berza Brócoli Calabaza Col de Bruselas Col de cabeza Coliflor Colinabo Espinaca Lechuga Pepino Pimiento, chile Rábano Tomate	

# MANEJO DE LOS CULTIVOS

En un plan de manejo integral de la salinidad cobra mucha importancia la planeación, calendarización y organización de las labores agrícolas durante todo el año, ya que las condiciones de salitre en el suelo varían.

La época de lluvias que va desde finales de mayo, hasta finales de octubre, representa una oportunidad para lavar las sales de forma natural y realizar prácticas agrícolas que requieren de lavado, así mismo, durante esta época es posible sembrar cultivos sensibles a la salinidad porque los problemas se ven disminuidos.

En cambio en época de secas es muy importante poner en marcha prácticas de protección y mejoramiento de la estructura del suelo y su porosidad, ya que en esta temporada el riego se hace imprescindible.

Así mismo, el establecimiento de cultivos tolerantes a la salinidad ayuda a disminuir las pérdidas económicas por bajos rendimientos.

En la tabla 7 se ejemplifica una planeación de la siembra con base en un suelo salitroso.

**Tabla 7.** Ejemplo de calendarización de prácticas agrícolas para el manejo de salinidad

<b>ENERO-ABRIL</b>	<b>ÉPOCA DE LLUVIAS (TEMPORAL) MAYO-OCTUBRE</b>	<b>NOVIEMBRE-DICIEMBRE</b>
Plantas tolerantes Espinacas, verdolagas, betabeles	Plantas sensibles Cebolla, zanahoria, lechuga, brócoli, coliflor	Romeritos, verdolaga, alfalfa, betabeles
Uso de acolchados orgánicos	Aplicación de enmiendas de yeso y azufre	Siembra de abonos verdes tolerante a la salinidad y a las heladas
Aplicación de compostas	Incorporación de abonos verdes y residuos de cosecha	



# *Prácticas de manejo del agua*

8.

## JORNADAS DE LIMPIEZA EN LOS CANALES

Esta práctica ayuda a que el viento tenga un efecto directo y por lo tanto permita que exista un flujo y aireación del agua, puede aumentar la cantidad de oxígeno disuelto del agua en el canal y permite la entrada de la luz directa al agua.

**Canales de Xochimilco.**

Fotografía: Erika Rodríguez Flores



## BENEFICIOS:

La vegetación que se retire del canal, se puede utilizar para incorporar materia orgánica, como una práctica de manejo para aumentar la porosidad en el suelo.

**Importante:** no retirar toda la vegetación acuática ya que es refugio de animales como insectos los cuales son la comida de aves y anfibios, solo retirar lo suficiente para que permita la navegación y entre la luz y el aire.

## SIEMBRA DE VEGETACIÓN EN LAS ORILLAS

La siembra de plantas en las orillas de los canales puede servir como barrera biológica y física. Las plantas al ser filtradoras disminuyen la presencia de algún contaminante.

PLANTA	CONTAMINANTE DISMINUIDO
Alcatraz ( <i>Zantedeschia aethiopica</i> )	Fosfatos
Carrizo ( <i>Phragmites australis</i> )	Metales pesados
Tule ( <i>Thypha sp.</i> )	Alto oxigenador del agua y descompone rápido la materia orgánica, disminuye la conductividad eléctrica



El alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*) es una planta que retiene nutrientes y es de aprovechamiento comercial.

Fotografía: Erika Rodríguez Flores



**Pila de composta hecha con estiércol de vaca.**

Fotografía: Laura Ruiz Ponce

## MANEJO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS

El uso de abonos orgánicos es excelente para nutrir el suelo sin embargo, se debe de manejar de manera correcta, ya que puede ser una fuente de contaminación especialmente de sales de nitrato y coliformes fecales. Es importante que se mantenga cubierto hasta finalizar su uso, así no afectará ni tendrá un efecto directo con el agua del canal cercano a nuestra chinampa.

## USO DE FILTROS O HUMEDALES ARTIFICIALES

### HUMEDALES

De acuerdo a la convención Ramsar, un humedal es una zona de la superficie terrestre que se encuentra temporal o permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan (bacterias, hongos, vegetación y animales).

El principal factor que rige a este tipo de ecosistema es el agua. Los otros elementos que lo componen es la vegetación acuática y terrestre, la fauna y microorganismos.



**Las plantas acuáticas y el sedimento proveen el servicio ambiental de filtración del agua.**

Ilustración: Mónica Olivares Hernández

Los humedales actúan como “filtradores” naturales principalmente por la presencia de la vegetación acuática pero cuando hay un contaminante en grandes cantidades, el humedal no es capaz de depurar todo y entra en desequilibrio afectando la vida que en él habita.

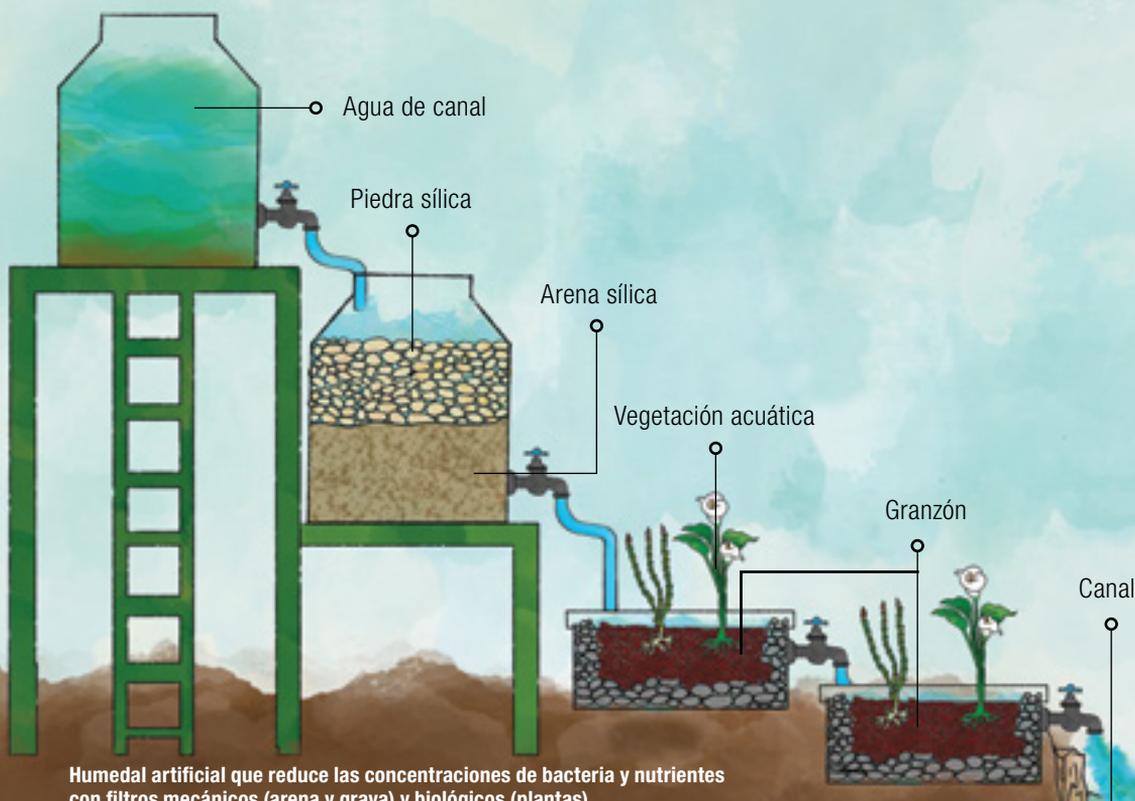
Se clasifican de acuerdo a su tipo: naturales o artificiales, de agua dulce o salobre y permanentes o temporales.

Los humedales artificiales son construidos por el hombre en ellos se replican de manera controlada los procesos físicos, químicos y biológicos de eliminación de contaminantes que ocurren normalmente en los humedales naturales.

Pueden presentar un flujo superficial, en el cual el agua circula por encima del sustrato o subsuperficial donde el agua circula a través del sustrato.

En la siguiente ilustración se ejemplifica un humedal de flujo subsuperficial, con los siguientes elementos:

- 1. Suelo o sustrato (granzón y gravilla):** sirve de medio de soporte a la vegetación y permite la fijación de microorganismos para la eliminación de contaminantes y la retención de algunas sales y sólidos suspendidos a causa de la porosidad del material. La gravilla permite una distribución uniforme de la velocidad del agua en el humedal y el granzón por la porosidad que presenta actúa como filtro físico y químico.
- 2. Vegetación:** las plantas son emergentes que contribuyen a la oxigenación del sustrato por medio de las raíces y permiten las condiciones para que microorganismos degraden la materia. Las raíces de las plantas son excelentes filtradores de partículas suspendidas en el agua y de microorganismos patógenos. Se recomienda el uso de plantas nativas como alcatraces, cola de caballo y tule.
- 3. Agua:** el agua del canal es bombeado por medio de una bomba con tecnología amigable con el ambiente (bicibomba), también se puede emplear una bomba con celdas solares. El agua del canal se deja en un tinaco para sedimentar sólidos de gran tamaño y pasa a un segundo tinaco con sustrato de piedra y arena de sílice, previamente lavadas para bajar niveles de turbidez y sólidos disueltos (biofiltro).



**Humedal artificial que reduce las concentraciones de bacteria y nutrientes con filtros mecánicos (arena y grava) y biológicos (plantas).**

Diseño: Gabriela Sandoval | Ilustración: Mónica Olivares Hernández

# *Chinamperos en acción*



**¿QUÉ HICIERON?**  
**¿QUÉ ENCONTRARON?**  
**¿QUÉ LES DIO MEJOR RESULTADO?**

Un grupo de 15 chinamperas y chinamperos de San Gregorio Atlapulco se capacitaron en torno a los principios teóricos, parámetros, unidades y herramientas de monitoreo de agua y suelo de sus chinampas. Apoyados en cursos teórico-prácticos, recorridos de campo y reuniones de intercambio de saberes, aprendieron y compartieron conocimientos para solucionar los problemas de mala calidad de agua y ensalitramiento de las chinampas.

**Sacando lodo para los almácigos.**  
Fotografía: Renato Flores



**Tratamiento para reducir la salinidad utilizando plantas acuáticas.**

Fotografía: Laura Ruiz Ponce

A lo largo de cinco meses monitorearon y evaluaron el estado de la calidad del agua de los canales que rodeaban sus chinampas y con los cuáles regaban sus cultivos. Estos monitoreos permitieron observar que las actividades y aplicación de cualquier plaguicida, fertilizante o abono en la chinampa tienen un efecto directo e inmediato en la calidad del agua. Este efecto puede tener una duración de varios meses dependiendo del contaminante. Con la implementación de dos humedales artificiales se observó una disminución en la turbidez y sólidos disueltos en el agua tratada del canal.

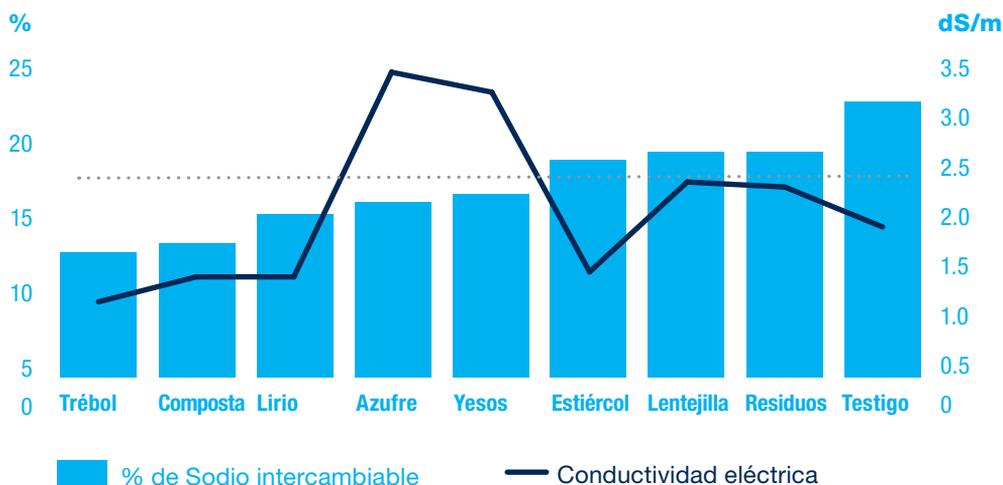
Además en sus chinampas pusieron a prueba diferentes prácticas para el manejo de salitre y monitorearon la salinidad de sus suelos mensualmente. Con su experiencia encontraron excelentes prácticas para el manejo de esta problemática.

Algunas de las prácticas utilizadas que dieron mejores resultados fueron: adición de yeso o azufre, incorporación de plantas acuáticas como lirio y chilacastle, adición de materia orgánica y uso de abonos verdes.

En la chinampa demostrativa de Restauración Ecológica y Desarrollo A.C., se pusieron a prueba diversas tecnologías para el tratamiento de la salinidad con el fin de demostrar la eficiencia en prácticas agrícolas tradicionales y agronómicas así como difundirlas entre los chinamperos. Entre las que resultaron más exitosas la incorporación de lirio, composta y azufre para la eliminación de sales de sodio y la disminución del salitre en general. Así mismo la siembra de abonos verdes como el trébol resultó en la disminución drástica de los niveles de salitre.

A continuación se muestra gráficamente los resultados obtenidos.

Sodio intercambiable y salinidad



Gráfica que muestra la eficiencia de diversos tratamientos para reducir el salitre.

## REFERENCIAS

- Aranda S., M., 2004. *Ficha informativa de los humedales Ramsar: Sistema Lacustre "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco*. Versión electrónica. Disponible en: [http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR\\_RAMSAR/Distrito\\_Federal/Xochimilco/Sistema Lacustre Ejidos de Xochimilco y San GregorioAtlapulco.pdf](http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Distrito_Federal/Xochimilco/Sistema_Lacustre_Ejidos_de_Xochimilco_y_San_GregorioAtlapulco.pdf)
- Bojórquez-Castro L. y E.J. Amaro-Mauricio, 2013. *Caracterización múltiple de la calidad del agua de los canales de Xochimilco*. En: Stephan–Otto, E. (ed.). *El Agua en la Cuenca de México. Sus problemas históricos y perspectivas de solución*. 281–302. UAM Xochimilco, México.
- Escamilla H.I. y C.S. Cerquera, 2012. *La zona metropolitana del Valle de México: transformación urbano-rural en la región centro de México*. En: XII Coloquio Internacional de Geocrítica, Bogotá Colombia.
- Figueroa-Torres G., M. Salazar-Molina, G. Ramos-Espinosa, M. López Hernández, M. J. Ferrara-Guerrero y R. C. Vargas Solís. 2014. *Manejo integral de cuencas hidrológicas: una aproximación ecológica*. En: Manejo integral de Xochimilco y sus afluentes. Revista E-Bios UAM, México.
- Guevara Olivar B.K.; H. M. Ortega-Escobar; R. Ríos Gómez; E. Solano; J.M. Vanegas Rico. 2015. *Morfología y geoquímica de suelos de Xochimilco*. En: Terra Latinoamericana 33 Núm. 4: 263-273. Chapingo, Estado de México, México

## LITERATURA RECOMENDADA

- Aceves E., 1979. *El ensaltramiento de los suelos bajo riego*. Colegio de Postgraduados, México.
- Aguilar-Ibarra A (coord.), 2010. *Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario*. UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas, México.
- Arévalo C., Celestino, P, 2001. *Estudio de la salinidad de los suelos mediante el uso de un sensor de inducción electromagnética en la zona de Xochimilco, D.F. y Tláhuac, D.F*. Tesis de licenciatura. Departamento de Suelos. UACH.
- Castellanos J., Z, 2000. *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas*. 2ª edición. Intagri. Celaya. Guanajuato. 186p.
- Delgadillo O., A. Camacho, L. F. Pérez y M. Andrade, 2010. *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA), Bolivia.
- Jiménez C.B., M. Mazari, R. Domínguez, E. Cifuentes, 2004. *El agua en el Valle de México*. En: El agua en México visto desde la academia. Academia Mexicana de Ciencias, México.
- Labrador M., J. 1996. *La materia orgánica en los agroecosistemas*. Mundi Prensa Madrid, España, 147p.
- DOF 2002. *NOM-021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. estudios, muestreos y análisis*. SEMARNAT, 2002
- Quílez S., D., Yague C., M., Isla C., R. (2006). *Lavado de nitrato y riego*. En: Fertilización nitrogenada, Guía de actualización. Departamento de Agricultura y Alimentación. Gobierno de Aragón. España, pág. 63 - pág. 77
- Ramos-Bello R., L. J. Cajuste, D. Flores-Román, N. E. García-Calderón. 2001. *Metales pesados, sales y sodio en suelos de chinampa en México*. Agrociencia 35 (4): 385-395.
- Rojas, R. 1993. *Agricultura chinampera: compilación histórica*. 2a edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. Estado de México. 329p.



Toma de muestra de agua del canal.  
Fotografía: Laura Ruiz Ponce

*Anexos*

## PARÁMETROS UTILIZADOS EN ESTE MANUAL Y LOS NIVELES MÁXIMOS PARA AGUA DE RIEGO EN DISTINTAS NORMAS MEXICANAS E INTERNACIONALES

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA OFICIAL MEXICANA 001 <sup>(1)</sup>			LEY FEDERAL DE DERECHOS EN MATERIA DE AGUA <sup>(2)</sup>	ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL <sup>(3)</sup>
		PM	PD	VI		
pH	-	6-9	6-9	6-9	6-9	6.5-8.5
Conductividad eléctrica	µS/cm					2500
Oxígeno disuelto	mg/l					4
Sólidos disueltos totales	mg/l	100	120	140	500 *	
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/l					100 +
Bacterias coliformes totales	NMP/100 ml				1000	1000
Bacteria <i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	250	500	600		100
Cadmio	mg/l	0,1	0,15	0,2	0.01	0.01
Plomo	mg/l	0,2	0,3	0,4	0.5	0.05
Níquel	mg/l	2	3	4	0.2	0.2

### REFERENCIAS:

- (1) Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Suelo. Infiltración y otros riegos. Promedio mensual (PM), Promedio diario (PD) y Valor instantáneo (VI).
- (2) Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, 2019. Comisión Nacional del Agua. Capítulo VIII. Agua. \*Cultivos sensibles 500-1000 mg/l. + Nitratos (NO<sub>3</sub>-N) + Nitritos (NO<sub>2</sub>-N).
- (3) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) 2015. Estándares ambientales para la calidad de agua en Perú. Categoría 3. Parámetros para riego de vegetales. Riego de cultivos de tallo alto y bajo.





[www.redesmx.org](http://www.redesmx.org)

Este manual está dirigido a chinamperas y chinamperos de la zona lacustre de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco interesados en mejorar la calidad de agua de riego y disminuir las pérdidas en la producción de sus chinampas causadas por salitre.

Aquí podrás encontrar prácticas de manejo para el mejoramiento de la calidad del agua de riego de tu chinampa y para disminuir el impacto negativo del salitre en la producción de hortalizas y otros cultivos.