

NUESTRA AGUA, NUESTRA CUENCA

La lluvia como solución

1a Edición, 2020

Caminos de Agua

Libro de trabajo ideal para la reflexión y capacitación comunitaria en torno a problemáticas del agua, la salud y la organización.



DIRECCIÓN
DE MEDIO
AMBIENTE Y
SUSTENTABILIDAD



2020 AÑO
DEL MEDIO
AMBIENTE
Y LA SUSTENTABILIDAD
SAN MIGUEL DE ALLENDE



La impresión de esta primera edición fue posible gracias al apoyo por parte de la Presidencia Municipal del Gobierno de San Miguel de Allende, Guanajuato, H. Ayuntamiento 2018-2021 a través de la Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad y el Fondo Verde.



NUESTRA AGUA, NUESTRA CUENCA.
La lluvia como solución.

Caminos de Agua, 2020

© 2020 por Caminos de Agua. Esta obra está publicada bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



NUESTRA AGUA, NUESTRA CUENCA

La lluvia como solución

Escrito, organizado y editado por Caminos de Agua

Casilda Barajas

Karina Bautista

Saúl Juárez

Chantal Kronenburg

Pilar Quintanilla Martínez

Dylan Terrell

Edición, dibujos y diseño gráfico

Chantal Kronenburg

Dibujos técnicos

Elena Diek

Para información acerca de este manual

Caminos de Agua

José María Correa 23A,

Colonia Santa Cecilia, 37727, San Miguel de Allende, Gto, México

Teléfono: +52 1 415 150-6644

Whatsapp: +52 1 415 125 7656

Correo electrónico: info@caminosdeagua.org

www.caminosdeagua.org

Esta obra resume años de experiencia y trabajo comunitario en la Cuenca Alta del Río Laja, en el norte del estado de Guanajuato, y es resultado de un esfuerzo colectivo entre comunidades, expertos y académicos para hacer frente a la escasez y la contaminación del agua.

Si bien los temas que desarrollamos se centran principalmente en los contaminantes y los problemas del agua en nuestra región es, en gran medida, un tratado sobre el tema del agua en un sentido más amplio. Por lo que puede y debe adaptarse parcial o totalmente a muchos otros contextos y cuencas de México o el mundo.

Deseamos que sirva como herramienta de información gráfica y sencilla para acompañar talleres y reflexiones, para que niñ@s, jóvenes y adultos de cualquier región exploren su conexión con el agua y la crisis hídrica que hoy nos ocupa a tod@s.

Agradecimientos

Ma de la Luz Villafuerte (CUVAPAS)

Carmen Castro (SECOPA)

Padre Juan Carlos Zesati (Centro Comunitario de San Cayetano)

Comunidades de la Cuenca Alta del Río Laja

Agradecemos a los expertos técnicos

Dra. Mariana Cárdenas-González

Dr. Josh Kearns

Dr. Peter Knappet

Aaron Krupp

CAWST

Grupo de Constructores Naturales

Watershed Management Group

Foto en portada: Melissa Landman

Nuestro eterno agradecimiento a las coordinadoras de las organizaciones de base CUVAPAS y SECOPA por su valiosa mirada al libro durante el proceso y por compartir sus saberes y modos en los que abordan este tema en las comunidades de San Luis de la Paz y San Diego de la Unión. En especial, gracias al Padre Juan Carlos Zesati del Centro Comunitario San Cayetano, por ser referencia para las familias dando voz a la problemática del agua en la región.

Contenido

Módulo #1. Introducción del contexto de agua	2
Fuentes naturales de agua	2
Ciclo del agua	3
¿Qué es una cuenca?	4
Cuenca Alta del Río Laja	5
Tu cuenca en números	5
La historia de nuestro acuífero	6
Módulo #2. Contaminantes	8
Tipos de contaminantes	8
¿Qué contaminante(s) pueden haber en qué fuentes?	9
Posibles contaminantes en diferentes fuentes	10
Agua superficial y subterránea. Posibles contaminantes	11
Agua contaminada: posibles usos y riesgos	12
¿Qué contaminantes tenemos en nuestra región?	13
Normas para límites de fluoruro	15
Normas para límites de arsénico	16
Módulo #3. Salud	18
¿Qué es tóxico y cuándo?	18
Población vulnerable	19
Impactos de contaminantes biológicos en la salud	20
Higiene para prevenir contaminación biológica	22
Impactos del arsénico en la salud	23
Impactos del fluoruro en la salud	24
¿Cómo prevenir y sentirnos mejor?	26
¿Qué podemos hacer para mejorar nuestro futuro?	27
Módulo #4. Soluciones	28
¿Cómo puedes tratar el agua?	28
¿Cuál tratamiento remueve cuál contaminante?	29
Tratamientos que remueven contaminantes	30
Tratamientos para los diferentes contaminantes	31
Soluciones para tratar minerales y metales	32
Analizando soluciones	32
Análisis económico	33
Análisis social	34
Análisis ambiental	35
Resumen de análisis por solución	36
Conclusión del análisis	38

Módulo #5. Agua de lluvia como oportunidad	40
El agua en nuestra memoria histórica	40
Sistemas pasivos y activos	42
Captación de agua de lluvia para consumo humano	43
1. <i>Techo</i>	44
2. <i>Canaletas y tubería</i>	45
3. <i>Filtro de hojas</i>	48
4. <i>Primer separador</i>	50
5. <i>Almacenamiento</i>	53
I. <i>Plástico</i>	55
II. <i>Ferrocemento</i>	56
III. <i>Tabique (cisternas capuchinas)</i>	57
IV. <i>Geomembrana</i>	58
6. <i>Tratamiento biológico</i>	59
Mantenimiento de tu sistema	60
Módulo #6. Tratamiento biológico	64
Tratamiento biológico, ¿por qué se necesita?	64
Convirtiendo el agua de lluvia en agua para consumir	65
Diferentes tipos de tratamiento biológico	66
Módulo #7. Diseñar un sistema de captación de agua de lluvia	68
Consideraciones antes de construir	68
Calcular y diseñar tu sistema	74
Ejercicio 1. <i>Cuántos litros necesito en mi familia para beber y cocinar</i>	74
Ejercicio 2. <i>Superficie del techo</i>	75
Ejercicio 3. <i>Volumen máximo de captación anual</i>	76
Ejercicio 4. <i>Comparando mis necesidades con el volumen máximo</i>	78
Ejercicio 5. <i>Diámetro de tus tuberías</i>	79
Ejercicio 6. <i>Primer separador - cantidad de litros a separar</i>	79
Ejercicio 7. <i>Primer separador de PVC</i>	80
Anexo #1. Receta de impermeabilizante casero	82
Anexo #2. Receta de pintura de cal y baba de nopal	83
Anexo #3. Filtro cerámico	84
¿Cómo funciona el filtro cerámico?	84
Cómo usar tu filtro cerámico	85
Recomendaciones	86
Mantenimiento	87

Módulo #1

Introducción del contexto de agua

Objetivo

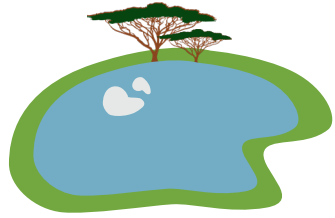
Aprender conceptos generales sobre la problemática regional del agua reforzando la idea de "mirada de cuenca".

FUENTES NATURALES DE AGUA

Océanos / Mares



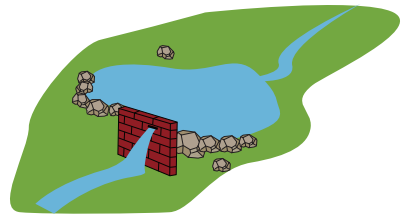
Lagos / Lagunas



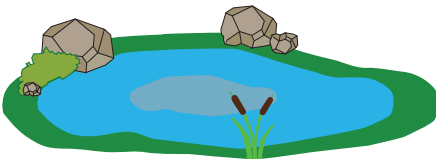
Agua de pozo



Presas



Tanques / Bordos



Manantiales

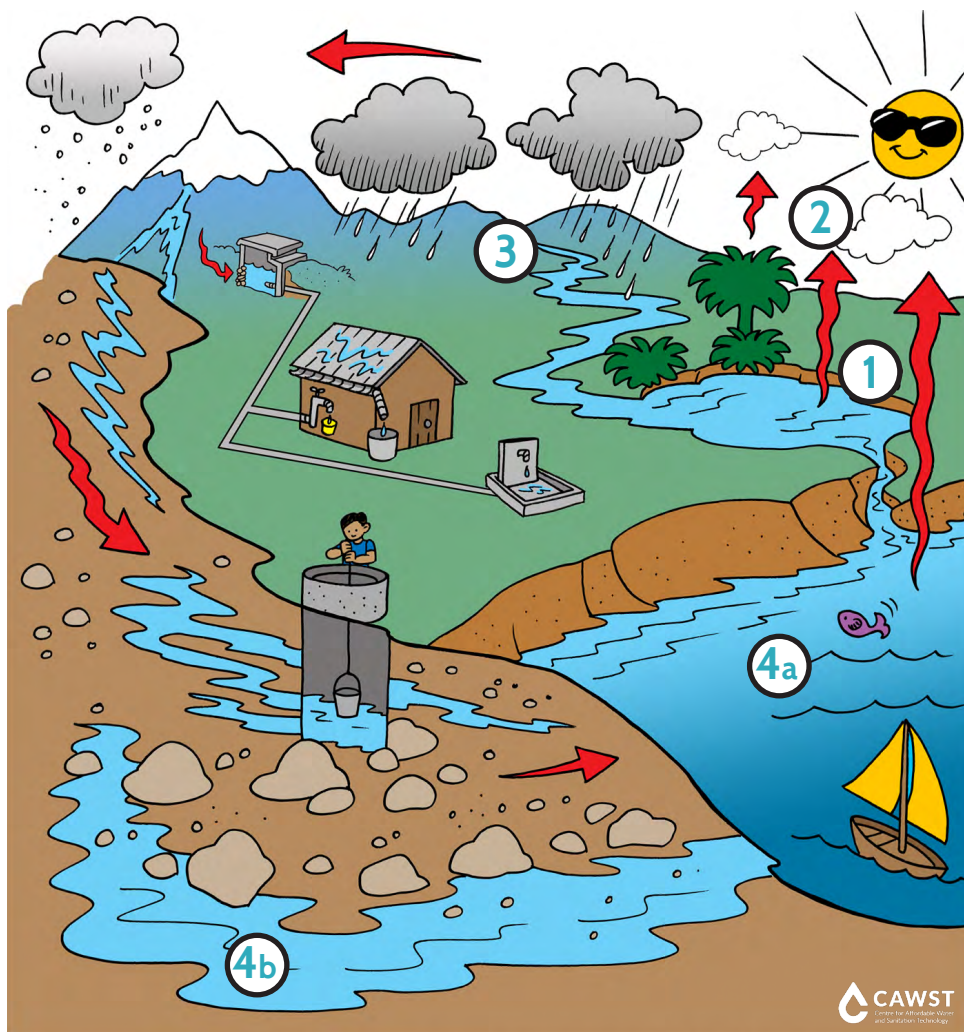


Ríos / Arroyos



Agua de lluvia





1 Evapotranspiración

El calor del sol hace que las aguas superficiales se eleven en el aire y se conviertan en vapor de agua (gas).

2 Condensación

El vapor de agua en el aire se enfría y se transforma en estado líquido en gotitas y nubes.

3 Precipitación

El agua cae de las nubes. Esto puede ser en forma de lluvia, nieve, granizo o aguanieve.

4a Escurrimiento

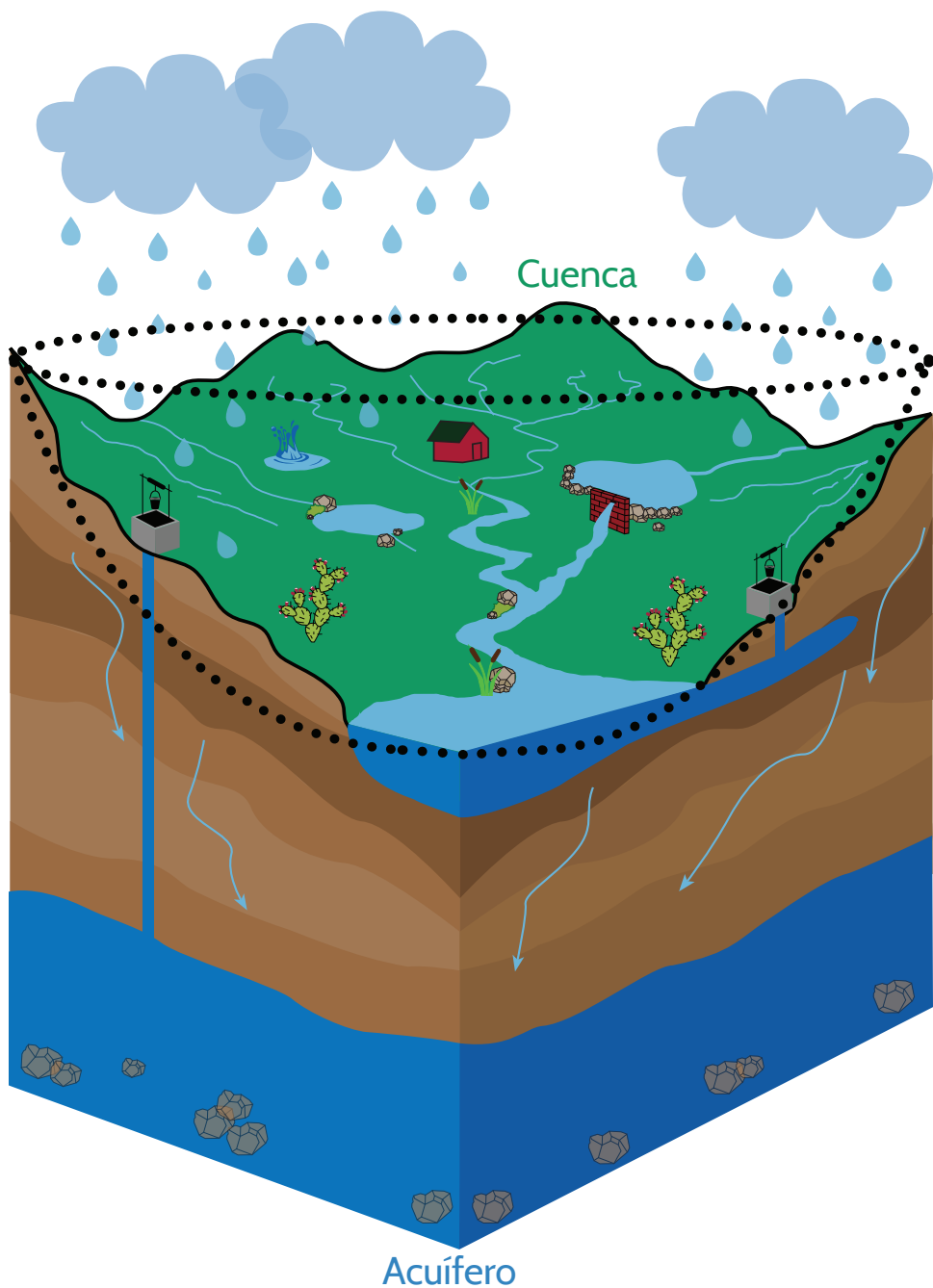
El agua que cae de las nubes se recogerá en arroyos, ríos y lagos.

4b Infiltración

El agua que cae de las nubes es absorbida por el suelo.

¿QUÉ ES UNA CUENCA?

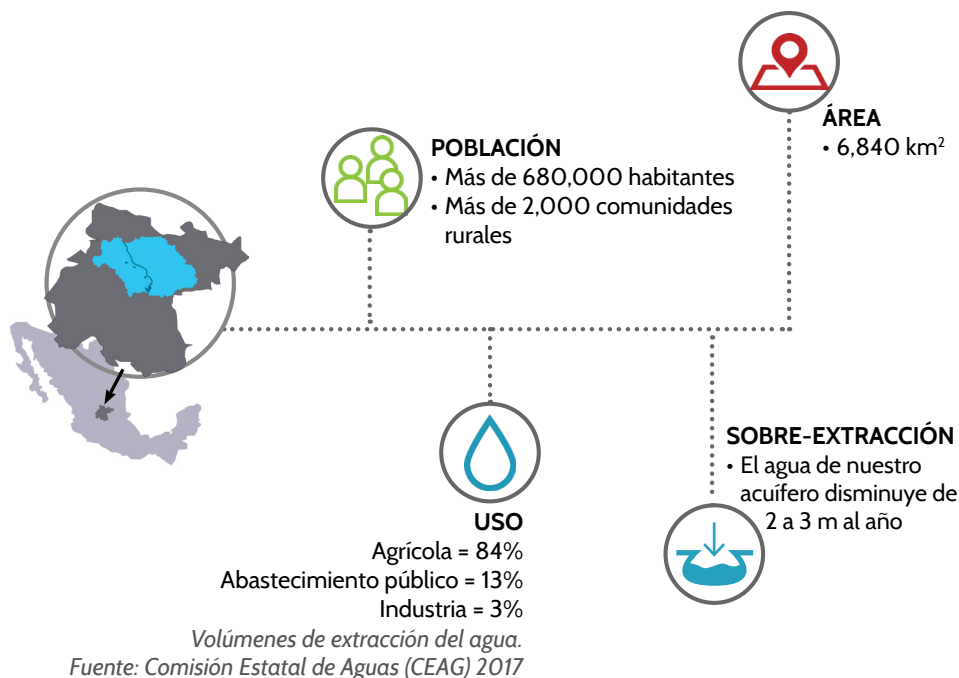
Una cuenca es como una olla o una cazuela



CUENCA ALTA DEL RÍO LAJA

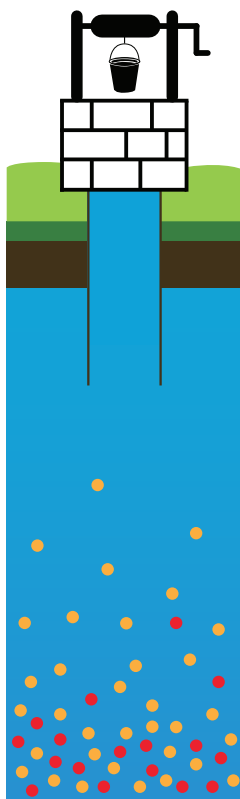


TU CUENCA EN NÚMEROS

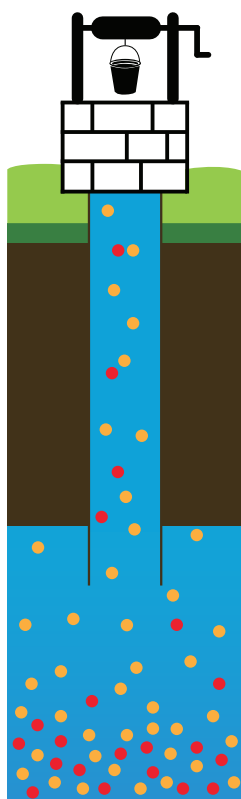


LA HISTORIA DE NUESTRO ACUÍFERO

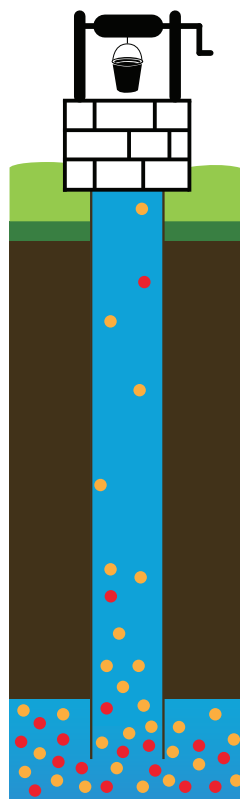
1960's
400 - 700 pozos



1990's
1800- 2500 pozos



2019
3500+ pozos



● *Arsénico* ● *Fluoruro*

Tenga en cuenta que el arsénico y fluoruro son invisibles en el agua.
Los colores son para representación visual únicamente.

CONCENTRACIÓN

Muchos pozos en esta cuenca contienen agua con arsénico y fluoruro en concentraciones que exceden los niveles de calidad de agua para consumo humano (recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS))



IMPACTOS POSIBLEMENTE ASOCIADOS EN LA SALUD

- Fluorosis dental y esquelética
- Dolores de huesos
- Discapacidad de desarrollo
- Insuficiencia renal
- Cáncer





Módulo #2

Contaminantes

Objetivo

Ampliar y descubrir conocimientos sobre el agua contaminada y sus usos en nuestra vida cotidiana.

TIPOS DE CONTAMINANTES

Las categorías de contaminantes son muy difíciles de definir.

Los siguientes ejemplos se incluyen pues su presencia en el agua para beber puede tener un impacto peligroso en la salud humana.

FÍSICOS



- Ropa
- Botellas
- Hojas de árbol
- Bolsas de plástico
- Grava
- Arena

Ejemplos

- Pelo
- Polvo
- Barro
- Aceite para cocinar
- Aceite de carro

BIOLÓGICOS



- Bacterias
- Virus

Ejemplos

- Parásitos
- Popó de animales

QUÍMICOS



Químicos sintéticos

- Plaguicidas (pesticidas, herbicidas, fungicidas)
- Antibióticos
- Hormonas
- Jabón

Ejemplos

Químicos de origen natural

- Arsénico
- Fluoruro
- Mercurio
- Cromo
- Plomo

Nitritos y Nitratos*

* Los nitritos y nitratos pueden provenir de fuentes sintéticas y naturales. En nuestra región, es muy probable que provengan de fuentes sintéticas.

RADIATIVOS



- Uranio
- Radón

Ejemplos

¿QUÉ CONTAMINANTE(S) PUEDEN HABER EN QUÉ FUENTES?
















Ejercicio

✓ Probable > Casi seguro

? Quizás > Depende del área alrededor de la fuente de agua
















X Improbable > En circunstancias extremas o muy específicas

Estas respuestas son pautas generales de las opciones más comunes de contaminantes.

		Contaminantes				
		FÍSICOS	BIOLÓGICOS	QUÍMICOS		RADIATIVOS
				 <i>sintéticos</i>	 <i>de origen natural</i>	
Fuentes de agua	Océanos / Mares 					
	Lagos / Lagunas 					
	Pozos artesanales 					
	Pozo profundo 					
	Presas 					
	Tanques / Bordos 					
	Manantiales 					
	Ríos / Arroyos 					
	Agua de lluvia 					
	Agua de lluvia almacenada 					

POSIBLES CONTAMINANTES EN DIFERENTES FUENTES

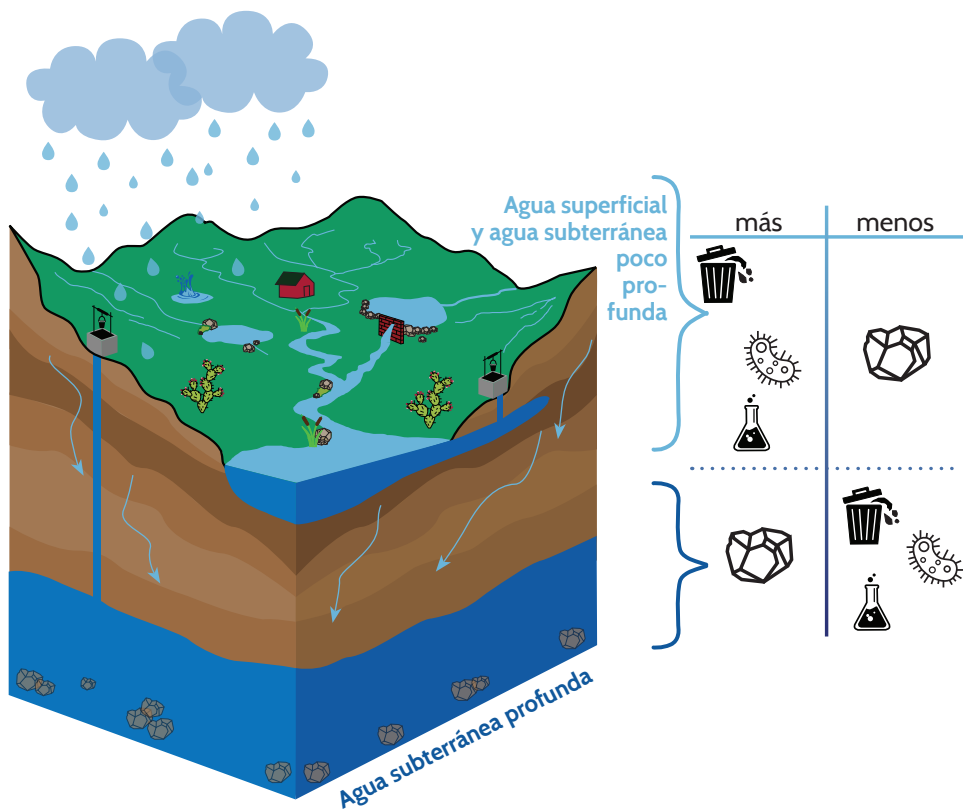
Estas respuestas son pautas generales de las opciones más comunes de contaminantes.

		Contaminantes				
		FÍSICOS	BIOLÓGICOS	QUÍMICOS		RADIATIVOS
				 <i>sintéticos</i>	 <i>de origen natural</i>	
Fuentes de agua	Océanos / Mares 	✓	✓	✓	✓	?
	Lagos / Lagunas 	✓	✓	?	X	?
	Pozos artesanales 	✓	✓	?	?	?
	Pozo profundo 	?*	?	X	✓	?
	Presas 	✓	✓	?	X	?
	Tanques / Bordes 	✓	✓	?	X	?
	Manantiales 	?	?	?	?	?
	Ríos / Arroyos 	✓	✓	?	?	?
	Agua de lluvia 	X	X	X	X	?
	Agua de lluvia almacenada 	✓	✓	X**	X**	?

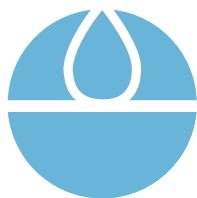
* Hay posibilidad de contaminación biológica en el agua de pozos profundos después de ser bombeada, debido a la misma infraestructura.

** Aunque es raro, existen compuestos químicos naturales en algunos suelos y superficies que podrían ser arrastrados por la lluvia, tales como ceolitas, plomo, etc.

Asegúrate de hacer un análisis de calidad de tu agua antes de consumirla.



La contaminación radiactiva puede ocurrir tanto en aguas superficiales como subterráneas. Sin embargo, en la cuenca Alta del Río Laja hasta hoy no se perciben riesgos para la salud por contaminación radiactiva.



Agua superficial

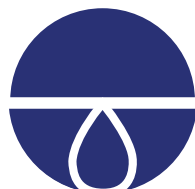
Es el agua que se encuentra sobre el suelo. Algunos ejemplos de las fuentes de agua que contienen agua superficial en esta región son:

- Lagos / Lagunas
- Presas
- Tanques / Bordos
- Ríos / Arroyos

Agua subterránea

Es el agua que se encuentra bajo tierra y que se mueve a través del suelo, arena y rocas hasta el acuífero, donde se almacena. Algunos ejemplos de las fuentes de agua que contienen agua de origen subterráneo en esta región son:

- Pozos artesanales
- Manantiales
- Pozos profundos



AGUA CONTAMINADA: POSIBLES USOS Y RIESGOS



Nivel de riesgo de exposición

La siguiente tabla describe los niveles de riesgo de exposición y en consecuencia de posibles efectos en la salud humana, según el uso de agua contaminada. Los colores demuestran el nivel de riesgo de exposición aplicable a nuestra región (cuenca Alta del Río Laja).

	Bañarse	Lavar trastes, ropa, pisos	Regar plantas	Tomar y cocinar
FÍSICOS				
BIOLÓGICOS				
QUÍMICOS <small>de origen natural</small>				

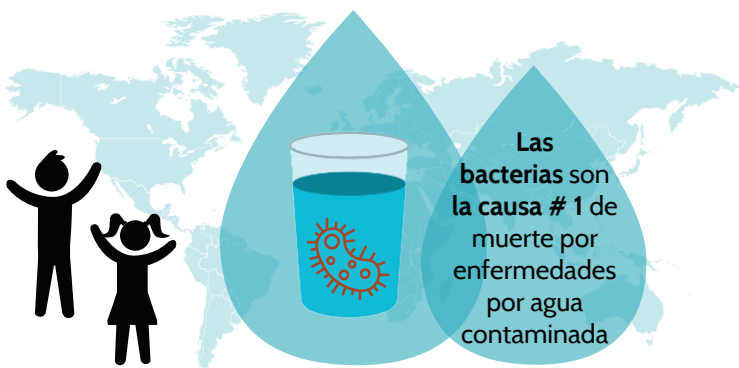
Comentarios importantes

- Estos niveles de riesgo son aplicables para la región de la cuenca Alta del Río Laja. Los niveles de **riesgo pueden variar** en diferentes regiones según sus circunstancias.
- Los niveles de riesgo por **químicos de origen natural** están basados específicamente en ARSÉNICO y FLUORURO. Existen otros químicos de origen natural que pueden tener un nivel de riesgo diferente.
- El nivel de riesgo en el uso de agua contaminada con químicos para **regar plantas**, se indica en riesgo “medio”. Es necesario investigar más sobre este tema para saber los niveles de riesgo con mayor precisión.

Contaminación biológica

1,800

niños mueren a diario por enfermedades causadas por agua contaminada con patógenos, como bacterias.



Es indispensable, en cualquier parte del mundo, siempre dar un tratamiento contra la contaminación biológica.

Contaminación por químicos sintéticos

- Un problema de contaminación muy grave es el que ocasiona la creciente agroindustria en nuestra región por el uso de químicos sintéticos (plaguicidas y fertilizantes).
- Se han encontrado altas concentraciones de nitratos en lugares cercanos a la agroindustria.
- El problema está más relacionado al agua superficial, sin embargo se han encontrado químicos sintéticos también en agua subterránea.
- Los riesgos para la salud por la exposición a estos contaminantes se siguen investigando*.



* Es relevante profundizar en el tema, pero para efectos de este libro, nos enfocaremos en la contaminación por los químicos de origen natural, arsénico y fluoruro.

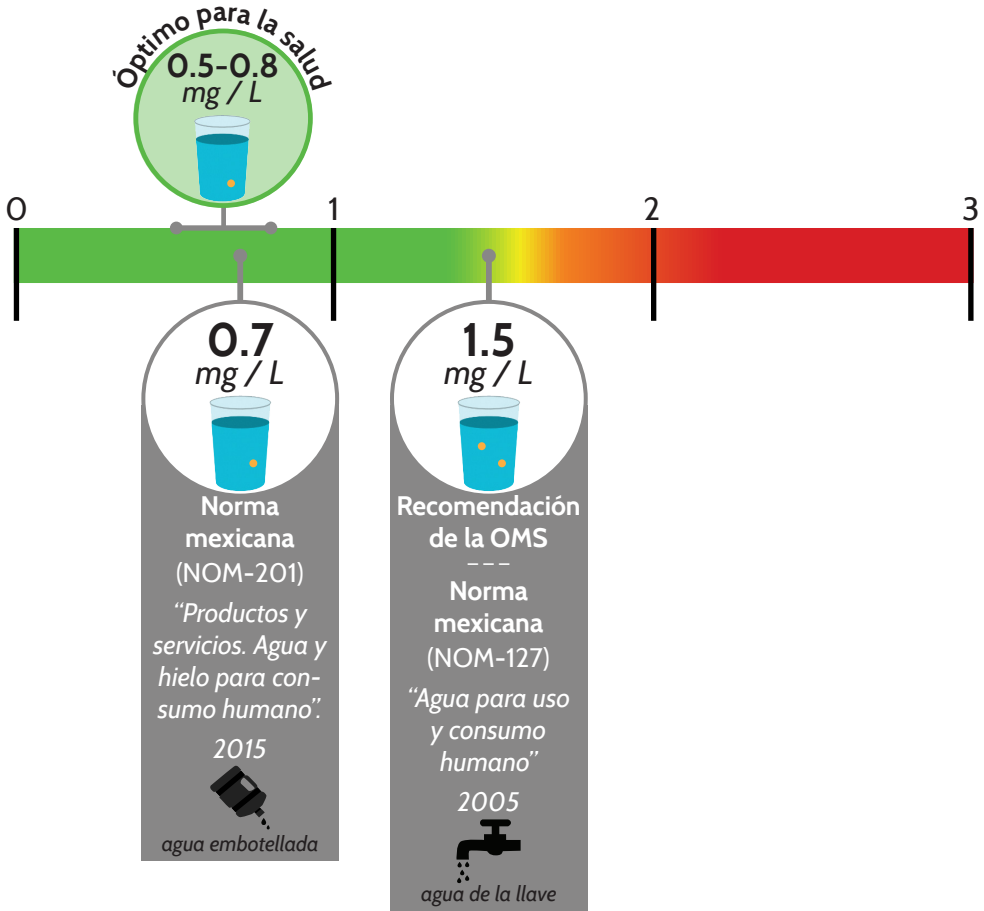
Contaminación por químicos de origen natural

- Los dos químicos de origen natural que más abundan en el agua subterránea de nuestra región son **arsénico y fluoruro**.
- En el 2013 en Atotonilco, Gto. se celebró el TPP (Tribunal Permanente de los Pueblos) en el que más de 300 comunidades dieron su testimonio. Los dictaminadores determinaron que la cuenca Alta del Río Laja es una zona de emergencia.
- Desde entonces, Caminos de Agua, en colaboración con distintas universidades, ha monitoreado cientos de pozos a lo largo de la cuenca.
- En el sitio web de Caminos de Agua se encuentra un mapa interactivo de la calidad del agua de todos los pozos monitoreados con fechas y niveles de fluoruro y arsénico registrados.
www.caminosdeagua.org/es/mapa-calidad-agua.
- El problema de contaminación por fluoruro y arsénico es grave en **19 estados** del país, entre los más críticos, están Guanajuato, Hidalgo, San Luis Potosí, Chihuahua.
- La población mundial afectada por el consumo de agua contaminada con fluoruro y/o arsénico se estima que puede alcanzar **hasta 300 millones de personas**.



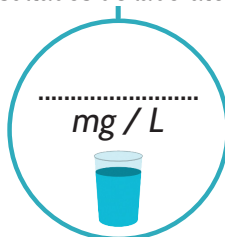
NORMAS PARA LÍMITES DE FLUORURO

- La OMS marca un nivel máximo de **1.5 mg/L de fluoruro** en el agua para consumo humano.
- Caminos de Agua recomienda un rango de fluoruro **entre 0.5 y 0.8 mg/L** (especialmente para niños menores de 7 años de edad).



El nivel de fluoruro en mi fuente de agua

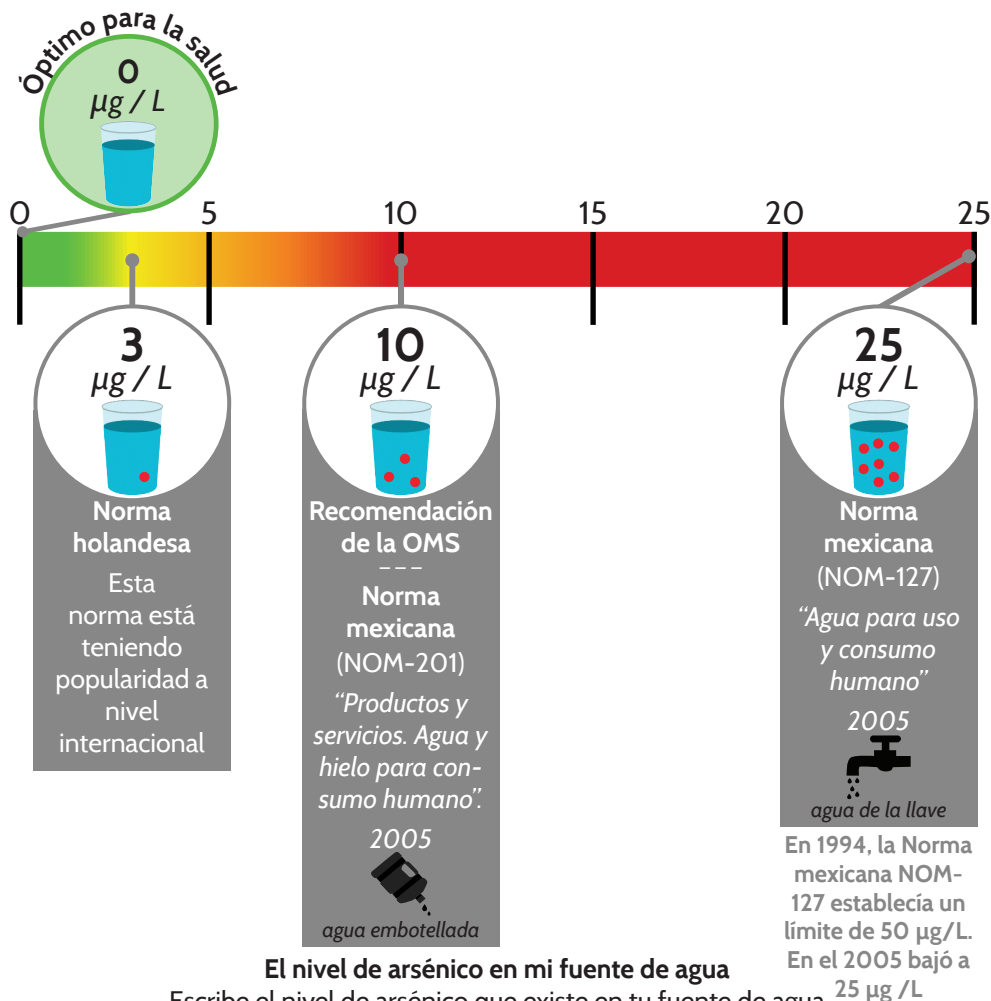
Escribe el nivel de fluoruro que existe en tu fuente de agua (resultados de laboratorio).



Marca con un punto en la franja de arriba donde corresponda tu nivel de fluoruro.

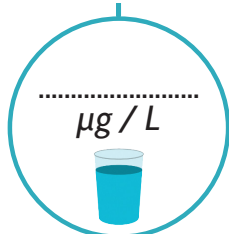
NORMAS PARA LÍMITES DE ARSÉNICO

- La OMS marca un nivel máximo de concentración de arsénico en el agua para consumo humano de **10 $\mu\text{g}/\text{L}$** .
- Caminos de Agua recomienda una **concentración mínima, lo más cercano a 0 $\mu\text{g}/\text{L}$** .



El nivel de arsénico en mi fuente de agua

Escribe el nivel de arsénico que existe en tu fuente de agua (resultados de laboratorio).



Marca con un punto en la franja de arriba donde corresponda tu nivel de arsénico.



Módulo #3

Salud

Objetivo

Comprender lo que pasa en mi cuerpo cuando tomo agua contaminada y qué acciones puedo emprender para cuidar de mí y de mi comunidad.

¿QUÉ ES TÓXICO Y CUÁNDO?

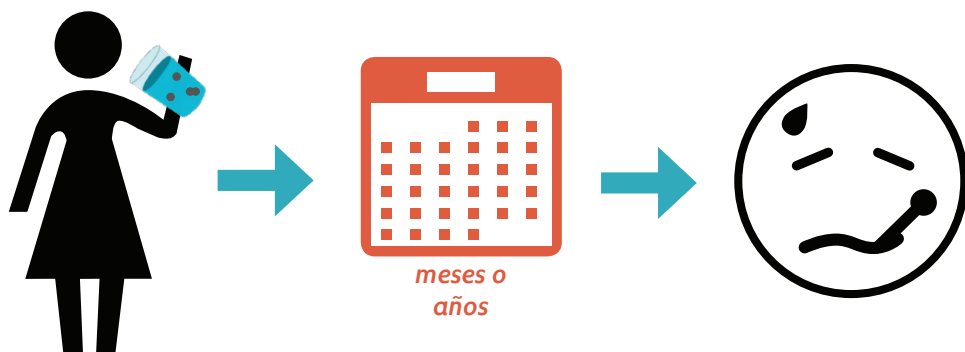
Toxicidad aguda

Los contaminantes son agudamente tóxicos cuando producen efectos adversos en la salud después de *una sola exposición* o varias, en un *periodo corto de tiempo*. Esto sucede normalmente en 24 horas, aunque es posible que suceda 14 días después de haberse expuesto a concentraciones (cantidades, dosis) generalmente altas del contaminante.



Toxicidad crónica

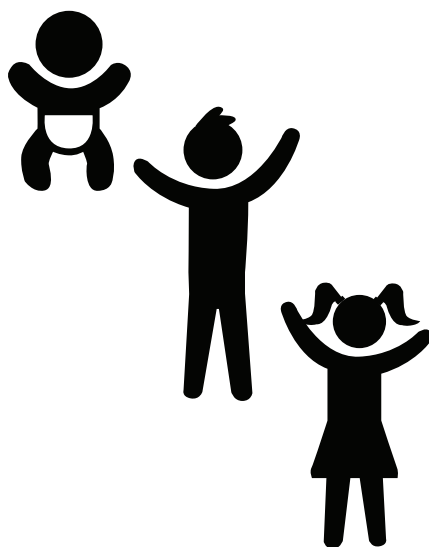
Los contaminantes son crónicamente tóxicos cuando producen efectos adversos en la salud, después de *repetidas exposiciones*, comúnmente con muy bajos niveles, por un *periodo largo de tiempo* (meses o años).



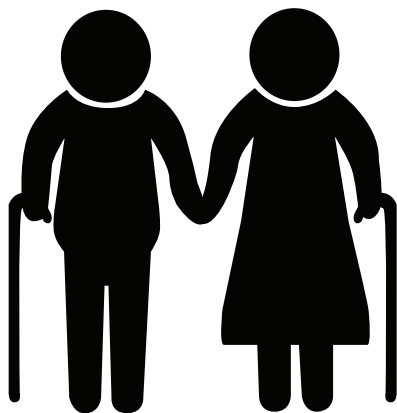
Embarazadas y fetos



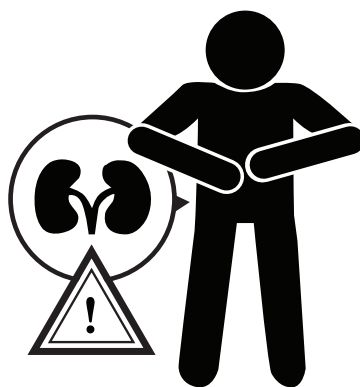
Bebés, niños y niñas
(0-7 años)



Adultos mayores

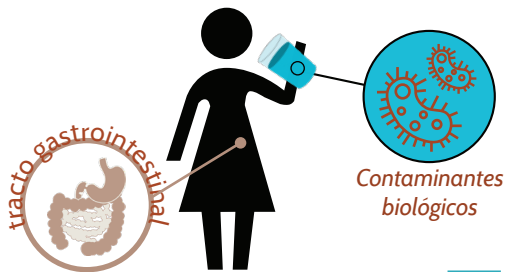


Enfermos renales y
enfermos crónicos
en general



IMPACTOS DE CONTAMINANTES BIOLÓGICOS EN LA SALUD

¿Dónde afecta generalmente?



¿Cuándo siento los impactos en mi salud?



¿Qué pasa conmigo?

Estos ejemplos son los impactos más comunes (posiblemente) asociados con bacterias. Un ejemplo de un virus que puede presentarse en el agua sin tratamiento biológico es el de la hepatitis.



Dolor de estómago
Dolor de cabeza
Debilidad

y



Vómito y diarrea

¿Qué puedo hacer para sentirme mejor?

¡Hidratarme!

Niños, niñas, jóvenes, adultos,
adultos mayores
Tomar suero



Bebés
Tomar leche
materna



Ir al especialista

Ir al especialista si la persona
sigue deshidratada y
continúa con diarrea por
más de 3 días



Para hidratar, usa suero oral

Suero Oral

El suero gratuito del centro de salud es una excelente opción.

Preparación



1. Lava tus manos.
2. Hierva el agua **5 minutos** a partir de que empiece a burbujear o usa agua purificada.
3. Deja enfriar y mide 1 litro de agua.
4. Vacía un sobre de **Vida Suero Oral** en el agua y disuelve el polvo.
5. Sirve el suero en una taza y da con cuchara o con gotero.
6. Desecha después de 24 horas y prepara uno nuevo.

Suero casero

Puedes hacer tu propio suero con la receta abajo.

Receta de suero casero*



1 litro de agua hervida

+

0.5 media cucharadita raso de SAL



+

8 cucharaditas rasas de AZÚCAR



Precaución: Antes de agregar el azúcar, prueba el líquido y asegúrate de que esté menos salado que una lágrima

*Basada en la receta de David Werner del libro 'Donde no hay doctor', 2012



Recuerda

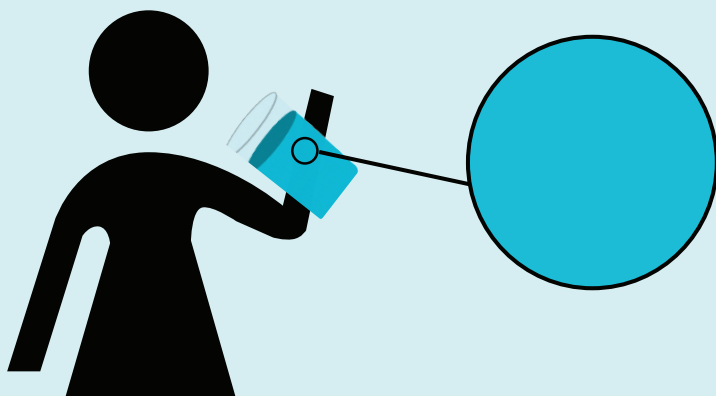
- Si preparas tu suero, pon atención en usar las cantidades exactas de azúcar y sal.
- Tomar el suero después de cada evacuación.
- Si no tomas el suero en 24 horas, tíralo.

HIGIENE PARA PREVENIR CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA

Recordemos que las medidas de higiene como lavarse las manos antes de preparar la comida o lavar con agua limpia los alimentos antes de prepararlos, son ejemplos básicos que ayudan a prevenir la contaminación biológica.

En el Módulo 6: “Tratamiento biológico” (pag. 64) puedes ver diferentes tipos de tratamiento contra la contaminación biológica en el agua.

Tomar agua limpia



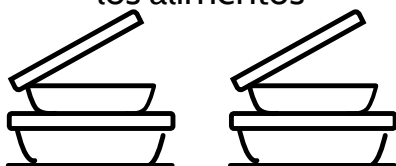
Lavar mis alimentos antes prepararlos con agua limpia



Lavarme las manos antes de preparar la comida

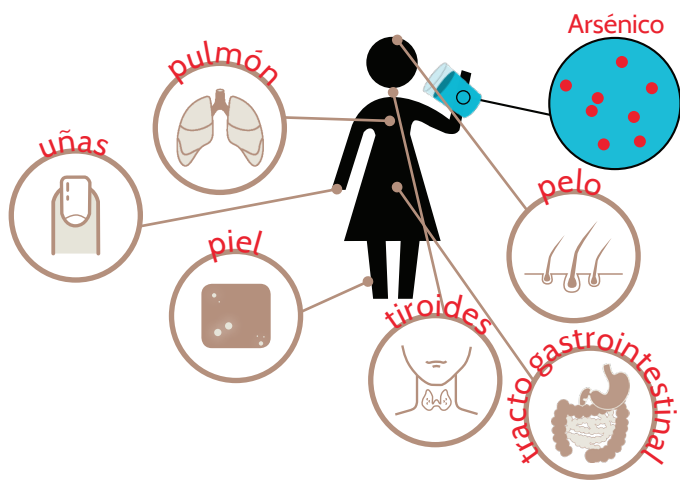


Tapar los alimentos



IMPACTOS DEL ARSÉNICO EN LA SALUD

¿Dónde afecta?



¿Cuándo siento los impactos en mi salud?



¿Qué pasa conmigo?

Enfermedades posiblemente asociadas con el arsénico

Insuficiencia renal



Problemas en el desarrollo y aprendizaje (niños)



Lesiones en la piel

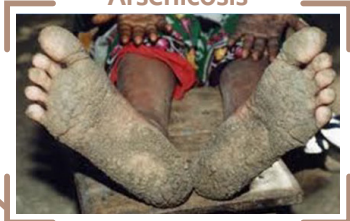


Cáncer de bazo

Cáncer de piel



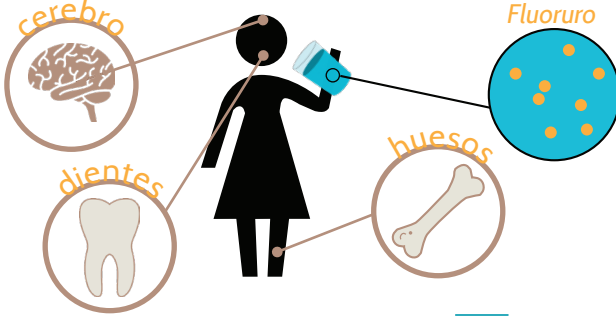
Arsenicosis



y "POSIBLEMENTE" en otros tipos de cánceres: pulmones, riñones, hígado

IMPACTOS DEL FLUORURO EN LA SALUD

¿Dónde afecta?



¿Cuándo siento los impactos en mi salud?



¿Qué pasa conmigo?

	0.5 - 0.8 mg/L 		
DIENTES		Fluorosis dental 	
HUESOS		Huesos débiles 	Huesos deformados
CEREBRO		Cambios en el desarrollo y problemas de aprendizaje 	

Notas importantes

- El fluoruro impacta mucho más a bebés y niños menores de 7 años.
- El fluoruro en una concentración mínima es necesaria para tu salud.
- Para los impactos de salud es crucial la edad en que comienza la ingesta.

- "El fluoruro también puede tener un efecto adverso sobre el esmalte dental y puede dar lugar a una fluorosis dental leve (prevalencia: 12-33%) a concentraciones de agua potable entre 0.9 y 1.2 mg / L, dependiendo de la ingesta de agua potable y la exposición al fluoruro de otras fuentes" (La OMS, 2017).

Fotos de impactos en la salud

Fluorosis dental



"Muy leve"



"Leve"



"Moderada"



"Severa"

FOTOS: Informe de pozos, Diana Rocha, Universidad de Guanajuato / Universidad de Texas A&M

Fluorosis esquelética

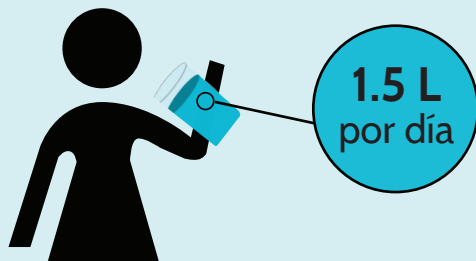


FOTO: Akoob & Gupta (2006) Crit. Rev. Environ. Sci. & Technol., India

¿CÓMO PREVENIR Y SENTIRNOS MEJOR?

Si ya padeces impactos en la salud causados o asociados al fluoruro y / o arsénico, es importante que sepas que muchos de ellos no se pueden curar, pero algunas acciones te pueden ayudar a sentirte mejor.

Tomar agua limpia



Amamantar



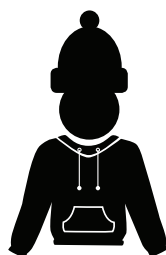
Comer adecuadamente



Hablar con especialistas de la salud



Taparse*



Descansar



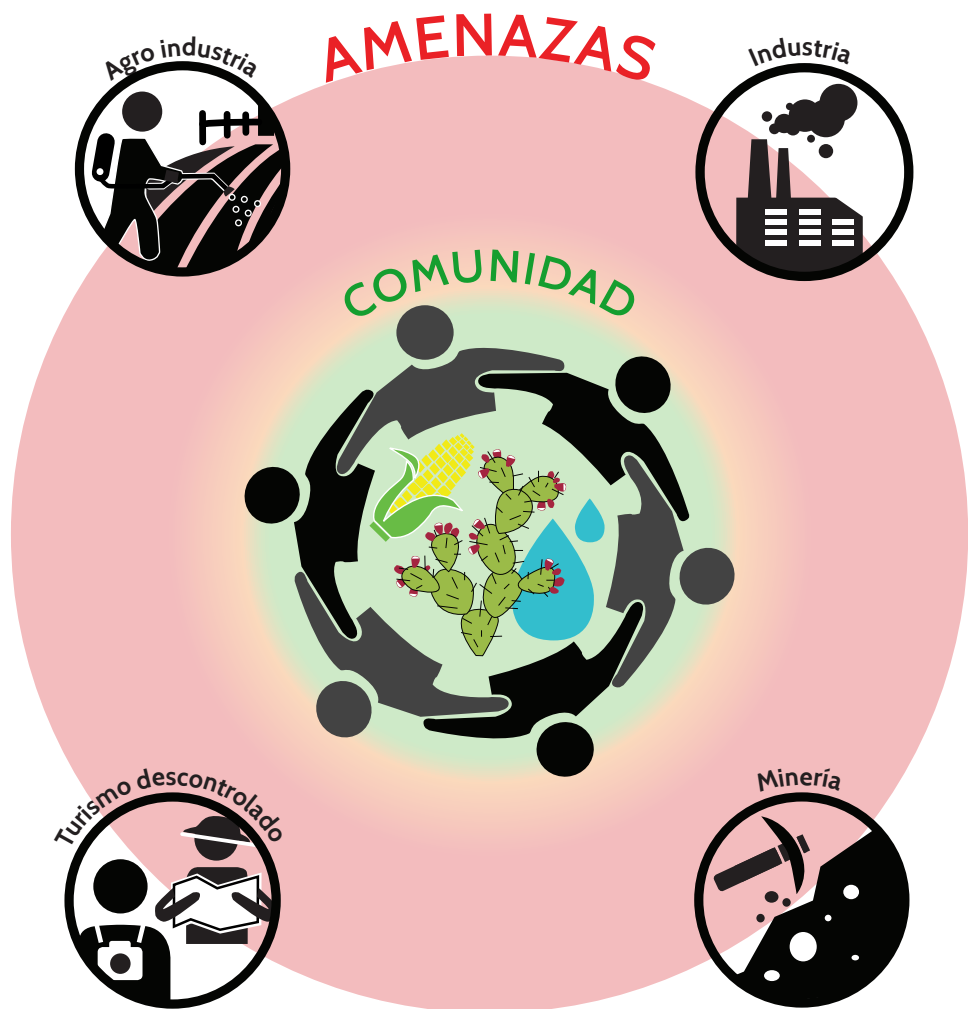
Moverme



* En la región es común el dolor de huesos con el frío; podría asociarse a la fluorosis.

¿QUÉ PODEMOS HACER PARA MEJORAR NUESTRO FUTURO?

Hay diversos factores que amenazan a las comunidades arriesgando su integridad, su cultura y su vida pues desequilibran, contaminan, extraen, destruyen.



Organizarnos nos ayuda a cuidar nuestra salud y la de nuestra comunidad.

Organizarnos para defender nuestro cuerpo / territorio.

Módulo #4

Soluciones

Objetivo

Entender diferentes soluciones para tener agua apta para consumo humano y las ventajas y desventajas de las soluciones.

¿CÓMO PUEDES TRATAR EL AGUA?



Hay muchas opciones para tratar el agua

<p>Hervir el agua</p>	<p>Clorar</p>	<p>SODIS</p>	<p>Filtro cerámico</p>
<p>Filtro de arena</p>	<p>Nikken</p>	<p>Turmix</p>	<p>Berkey</p>
<p>Filtro de carbón activado</p>	<p>Destilación solar</p>	<p>Ósmosis Inversa</p>	<p>Captación de agua de lluvia</p>

Como vimos en el Módulo 2, existen diferentes contaminantes.



No todos los sistemas de tratamiento son apropiados para todos los contaminantes. La mayoría de los sistemas de tratamiento NO remueven el arsénico y el fluoruro.

* REF: CAWST



¿CUÁL TRATAMIENTO REMUEVE CUÁL CONTAMINANTE?

Ejercicio

✓ Después del tratamiento, no debe haber riesgos de este contaminante en el agua

Contaminantes más comunes en la cuenca Alta Río Laja

FÍSICOS



BIOLÓGICOS



QUÍMICOS



sintéticos



de origen natural

Sistemas de tratamiento de agua

Hervir el agua

Clorar el agua

SODIS

Filtro cerámico

Filtro de arena

Filtros comerciales

Agua embotellada

Ósmosis inversa

Destilación solar

Sistema de captación de agua de lluvia

TRATAMIENTOS QUE REMUEVEN CONTAMINANTES

✓ Después del tratamiento, no debe haber riesgos de este contaminante en el agua

Contaminantes más comunes en la cuenca Alta Río Laja

		FÍSICOS 	BIOLÓGICOS 	QUÍMICOS  <i>sintéticos</i>	 <i>de origen natural</i>
Sistemas de tratamiento de agua	Hervir el agua		✓		
	Clorar el agua		✓		
	SODIS		✓		
	Filtro cerámico	✓	✓		
	Filtro de arena	✓	✓		
	Filtros comerciales	✓	✓	✓/?*	
	Agua embotellada	✓	✓/?**	✓/?**	✓/?**
	Ósmosis inversa	✓	✓	✓	✓
	Destilación solar	✓	✓	✓	✓
	Sistema de captación de agua de lluvia	✓	✓	✓	✓

* Los filtros comerciales solamente remueven algunos químicos sintéticos. La mayoría no remueven jabones y nitratos, por ejemplo.

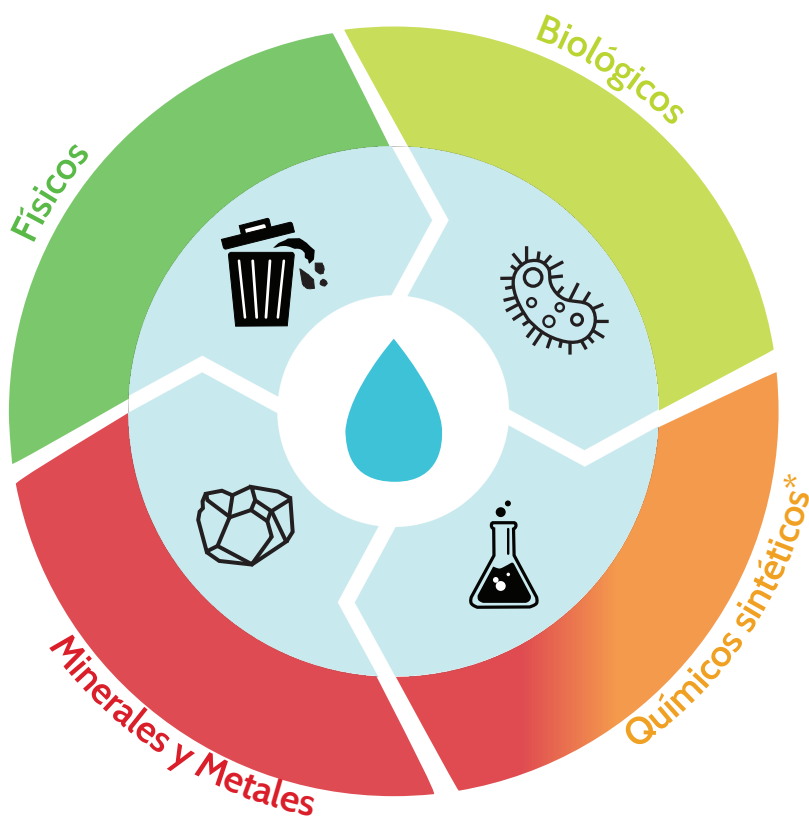
** Experiencias académicas en México demostraron que algunas marcas de agua embotellada tenían presencia de metales naturales como arsénico y fluoruro (REF: Universidad Autónoma de San Luis Potosí).

TRATAMIENTOS PARA LOS DIFERENTES CONTAMINANTES

El círculo de abajo muestra el grado de dificultad de instalación y el nivel de costo para cada tipo de contaminante.



Estos colores muestran el resultado promedio de la dificultad de instalación y el costo juntos.

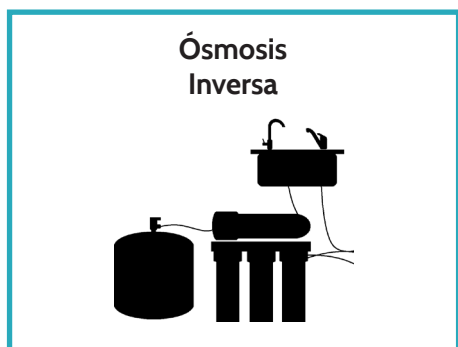


* Muchos químicos sintéticos son fáciles de remover con carbón activado, presente en la mayoría de filtros comerciales. Sin embargo, NO TODOS los químicos sintéticos se pueden remover fácilmente, como por ejemplo los nitratos, que son un riesgo creciente en nuestra región debido a la agroindustria.

SOLUCIONES PARA TRATAR MINERALES Y METALES

- Los minerales y metales pesados son los contaminantes más difíciles de tratar.
- Las soluciones que los pueden remover requieren de instalación técnica y sus costos son considerables.
- En nuestra región, el agua subterránea está contaminada con **arsénico** y **fluoruro** que pertenecen a la categoría de **minerales y metales**.

¿Qué soluciones hay en esta región para tratar los minerales y metales?



¿Qué otras fuentes de agua tenemos que no tienen minerales y metales en esta región?



* Aunque existen otros modelos de destiladores, nos enfocaremos en el solar.

** Es importante conocer el tratamiento que le dan.

ANALIZANDO SOLUCIONES

Para saber qué solución conviene más a cada persona para obtener agua limpia para beber y cocinar, analizamos los siguientes criterios:

- ECONÓMICO
- SOCIAL
- AMBIENTAL.

y los clasificamos por colores de mayor a menor grado: alto (rojo), medio (amarillo) y bajo (verde).



- Para el análisis económico se consideran precios de materiales y costos para el mantenimiento
- Todo es calculado por 30 años

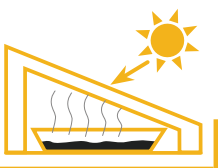
Captación de agua de lluvia

- \$ 0.20 pesos / L *
- Incluyendo filtro cerámico.



Destilación solar

- \$0.75 pesos / L *
- Depende del tamaño y diseño del sistema.



Ósmosis inversa

- \$ 0.40 pesos / L *
- Gastos de electricidad no incluidos.



Agua embotellada

- \$1.9 pesos / L *



* Los precios varían en el tiempo y según el contexto. Estos son válidos para nuestra región, 2020.

El análisis social para cada opción de agua limpia considera tres aspectos:



- **Esfuerzo:** de gestión, de tiempo invertido en construcción o en traslados.
- **Confianza**
 - Cantidad de agua
 - Calidad de agua
- **Uso y mantenimiento (U y M)**

Las conclusiones en la gráfica para cada opción son un promedio de ellos.

Agua embotellada

- **Esfuerzo:** mínimo.
- **Confianza:**
 - Cantidad: depende de la capacidad económica.
 - Calidad: se sabe de casos de agua embotellada contaminada con metales y minerales
(REF: Universidad Autónoma de San Luis Potosí).
- **U y M:** mínimo.



Captación de agua de lluvia

- **Esfuerzo:** alto en mano de obra.
- **Confianza:**
 - Cantidad: depende del cambio climático.
 - Calidad: la mejor (con su tratamiento biológico).
- **U y M:** son medidas constantes pero muy sencillas.



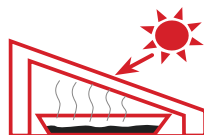
Ósmosis inversa

- **Esfuerzo:** mínimo.
- **Confianza:**
 - Cantidad: depende del flujo de la fuente de agua.
 - Calidad: depende de un correcto funcionamiento.
- **U y M:** fácil de usar. Mucho mantenimiento (revisiones técnicas, cambio de filtros).



Destilación solar

- **Esfuerzo:** medio alto (construir un sistema para una familia).
- **Confianza:**
 - Cantidad: muy baja (en general es lento).
 - Calidad: excelente.
- **U y M:** sencillo de usar. Alto mantenimiento.



Para este criterio se considera la sustentabilidad de las alternativas; qué tan amigables son con el ambiente y cuánto lo impactan.



- **Sustentabilidad:** análisis del uso de los recursos naturales y de la energía. Los desechos que se generan con su implementación.

Captación de agua de lluvia

- Reduce el estrés hídrico, apoya la infiltración del agua (sistemas pasivos) y no necesita energía eléctrica.



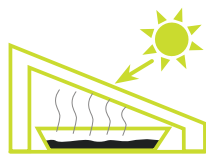
Ósmosis inversa

- Usa el agua del acuífero.
- Se desperdicia muchísima agua para su funcionamiento (3 a 6 litros por cada litro tratado).
- Sus cartuchos de plástico no son reutilizables, convirtiéndose en desechos.



Destilación solar

- Depende del agua del acuífero.
- Aprovecha la energía solar.
- Óptimo para nuestra región.

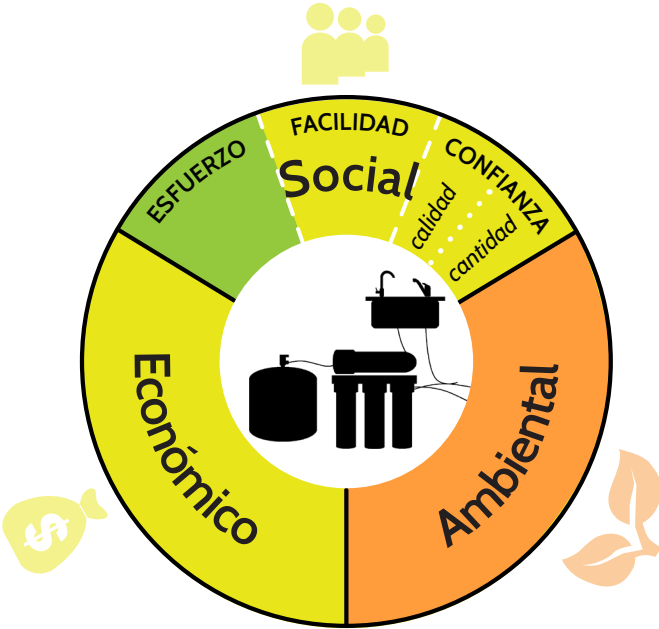


Agua embotellada

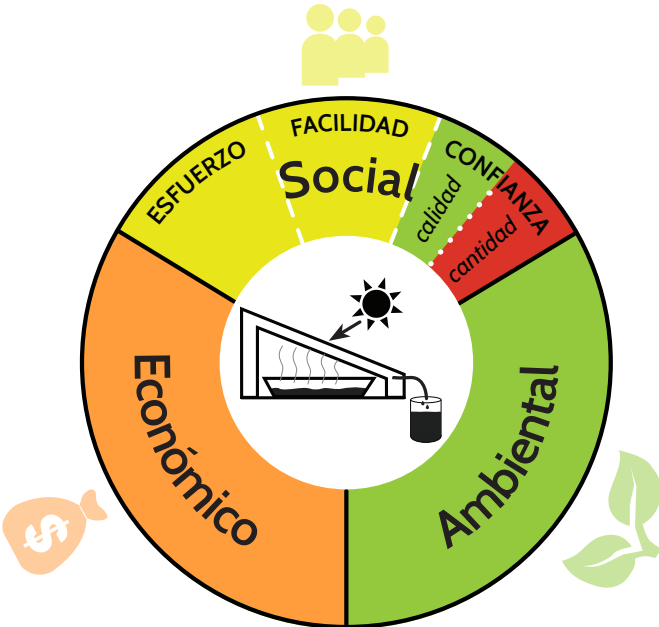
- Usa el agua del acuífero.
- Muchas botellas usadas se convierten en basura.
- Contaminación de las empresas embotelladoras (alto consumo de energía y combustible para repartir el agua).



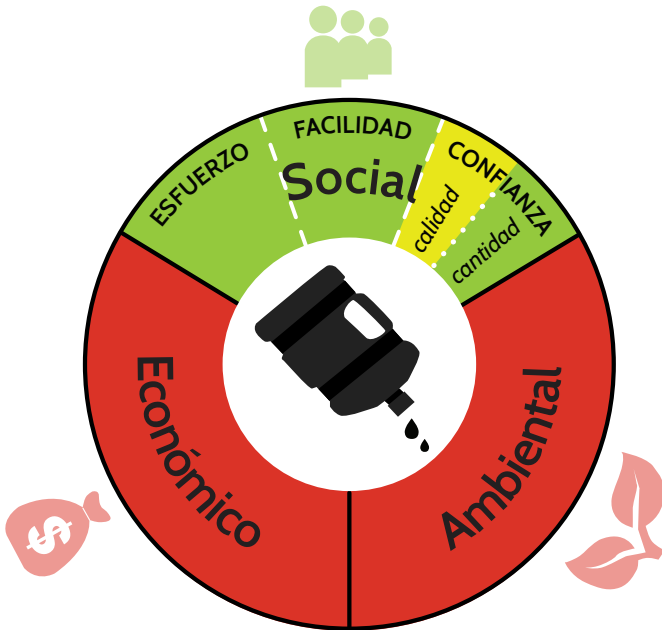
Ósmosis inversa



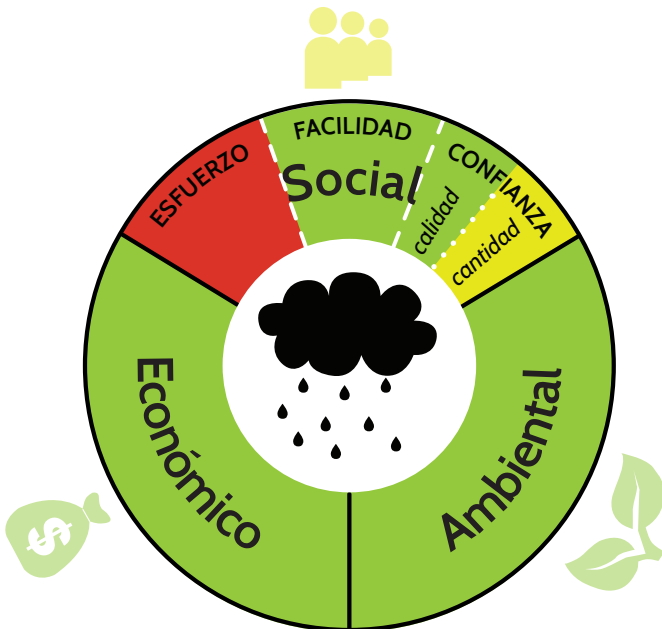
Destilación solar



Agua embotellada



Captación de agua de lluvia



En las gráficas anteriores se resumen por “color promedio” los tres niveles de análisis (económico, social y ambiental) para cada opción de agua limpia.

CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS

Como conclusión, de todas las opciones para agua limpia para beber y cocinar en nuestra región, la **captación de agua de lluvia** es

- la más barata,
- socialmente más viable, y
- más sustentable.

El hecho de que depende de factores como el cambio climático nos hace poner atención a la “cantidad”.

El único aspecto en rojo sobre la captación de agua de lluvia es el esfuerzo social.

¿Esto qué te deja pensando?



Conviene captar agua de lluvia,
pero hacerlo solo es demasiado trabajo.

Podemos organizarnos y lograr que en nuestra comunidad
más familias tengan agua segura para beber.

¡Aprovechar nuestra lluvia mejorará
nuestra vida y nuestra comunidad!



Módulo #5

Agua de lluvia como oportunidad

Objetivo

Recordar la importancia del agua de lluvia como oportunidad y reconocer diferentes formas de aprovecharla, con especial atención en los sistemas de captación de agua de lluvia para el consumo humano.

EL AGUA EN NUESTRA MEMORIA HISTÓRICA

Desde tiempos antiguos, los aztecas rindieron culto al Dios de la lluvia, Tlaloc, y las manos indígenas de los tlacuilos (dibujantes) representaron el símbolo del agua.

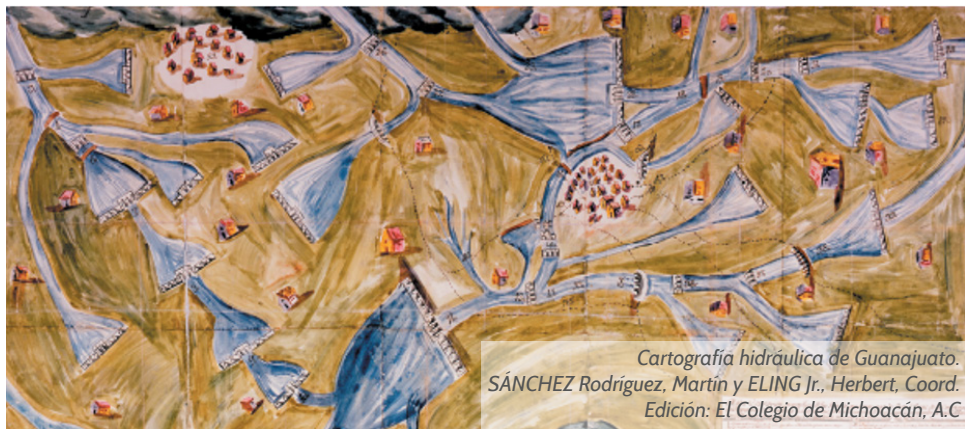


Representación del manantial, 1588



Tlaloc, Dios azteca de la lluvia

Históricamente, en nuestra región, han existido varias formas de aprovechar y nombrar la **lluvia**. “Numerosas presas fueron construidas [durante el siglo XVIII] en las corrientes para aprovechar las aguas torrenciales de la época de lluvias”.



Cartografía hidráulica de Guanajuato. SÁNCHEZ Rodríguez, Martín y ELING Jr., Herbert, Coord. Edición: El Colegio de Michoacán, A.C

Aprovechamiento hidráulico en el río Silao, 1792. Se hizo una reconstrucción de cómo era el sistema para entender la importancia del control de las aguas torrenciales para la producción de cereales.

"Todos los asentamientos humanos a lo largo de la historia tienen como denominador común **la cercanía al agua**.

La **Tradición Patios Hundidos** identifica todo un complejo cultural prehispánico que se asentó a lo largo de la cuenca del Río Laja durante los siglos V al XII.



Patio hundido de Cañada de la Virgen. San Miguel de Allende.

Se trata de una tradición arquitectónica cuya principal característica es conformar un patio cerrado al que se adosa uno o varios basamentos piramidales.

El interior del patio hundido evoca al inframundo y su relación con el agua.

Es a la vez un referente al vientre de la madre tierra y espejo del universo.

Es claramente un lugar de reunión comunitaria, pero sin duda funciona también como un sistema de recolección de agua de lluvia."

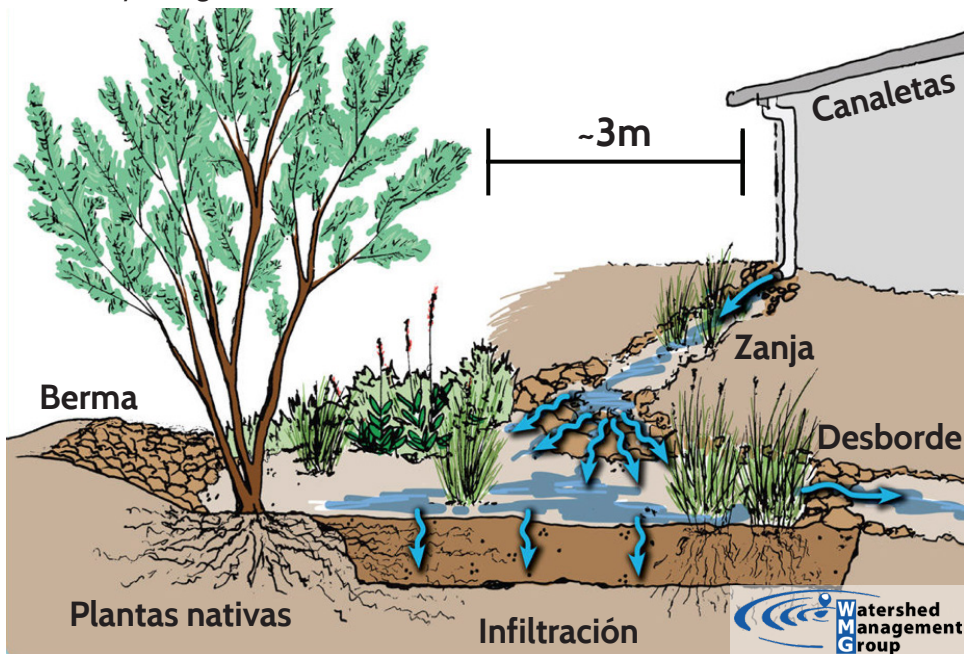
Dra. Rossana Quiroz Ennis

SISTEMAS PASIVOS Y ACTIVOS

Hay muchas maneras de aprovechar la lluvia para diferentes propósitos.

Sistemas pasivos

Existen los sistemas **pasivos** que promueven el uso de plantas nativas, capturar agua en los suelos y recargar los acuíferos.



Imitando a la naturaleza con “jardines de agua”, no necesitan construcciones. Es como en una mini microcuenca. Buscan a través de zanjas y desniveles, que el agua fluya naturalmente aprovechando la humedad en cada paso, para mantener vegetación nativa, estanques de infiltración, etc.

Sistemas activos

Los sistemas **activos** se construyen usando diferentes modelos y pueden servir para consumo humano, para riego, como bebedero de animales, etc.

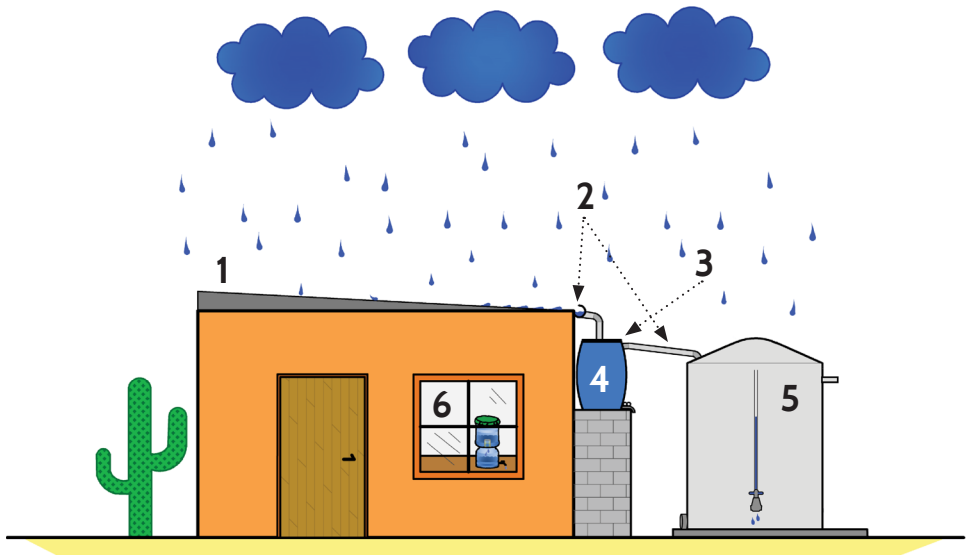




CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO

Los sistemas de captación de lluvia tienen diferentes componentes. El tipo de almacenamiento es variable y presentaremos algunos ejemplos comparativos.

Para que sean aptos para consumo humano es indispensable un tratamiento biológico.



Componentes de un sistema de captación de agua de lluvia:

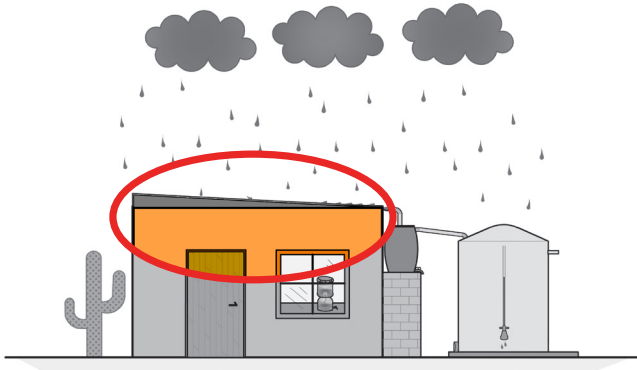
1. Techo
2. Canaletas y tubería
3. Filtro de hojas
4. Primer separador
5. Almacenamiento
6. Tratamiento biológico

En las siguientes páginas encontrarás la explicación y una breve información general de cada componente por separado.

1. Techo

? ¿Qué es?

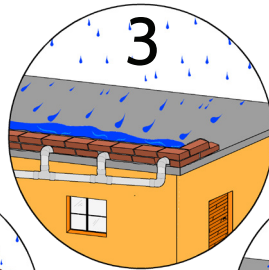
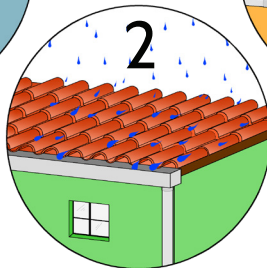
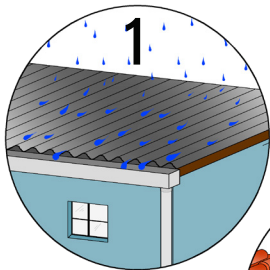
El techo es la superficie que capta la lluvia. Existen diferentes tipos de techos.



i Información

Estos cuatro tipos de techos son los más comunes en esta región:

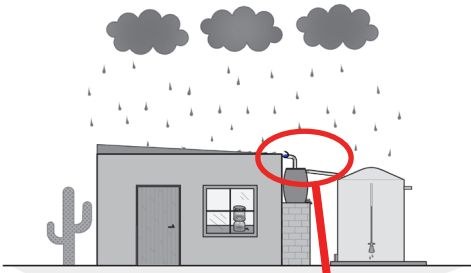
1. Láminas acanaladas
2. Tejas
3. Losa plana de concreto (con ligera pendiente)
4. Losas inclinadas de concreto (dos aguas)



- Es muy importante que el techo no tenga cuarteaduras o goteras y que sea impermeable.
- **ADVERTENCIA:** Algunos impermeabilizantes comerciales pueden ser un gran riesgo para la salud.
- En el *anexo 1, pag 82*, se encuentra una receta casera, natural y económica para impermeabilizar techos.

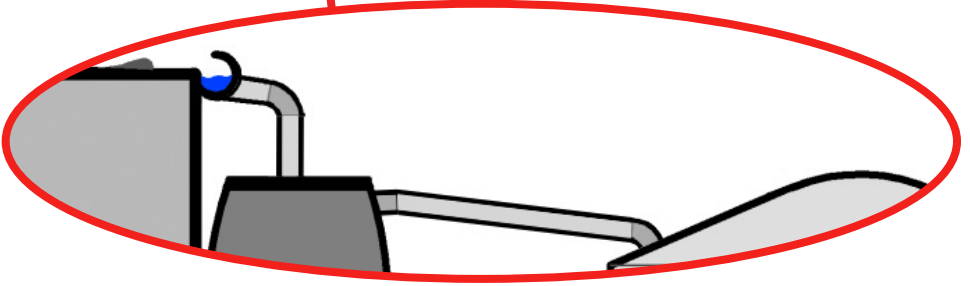
2. Canaletas y tubería

? ¿Qué es?



Las canaletas son ductos horizontales levemente inclinados (1% de pendiente mínima) que van a lo largo del techo que capta la lluvia.

Las tuberías transportan el agua hasta el almacenamiento.

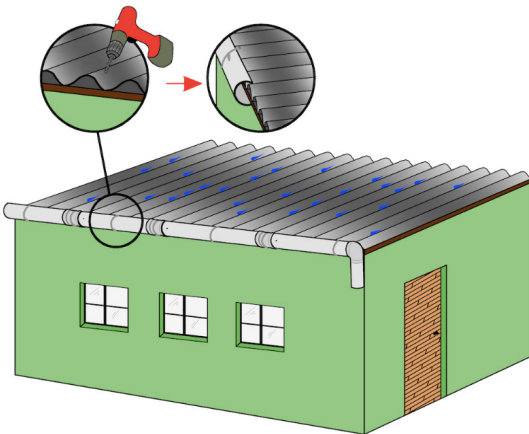


i Información

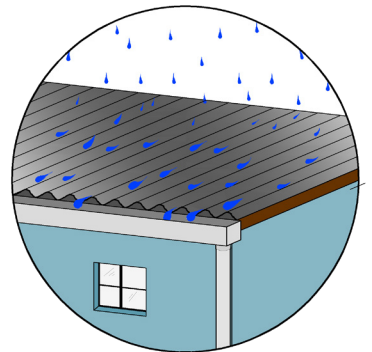
El tipo de techo determinará las canaletas que necesitas usar.

A. Canaletas para techos de láminas acanaladas

- Hay diferentes opciones, comercial o de PVC.
- La canaleta de PVC se hace cortándole al tubo una ceja.
- Las canaletas ya abiertas se encajan en el techo y conducen el agua.
- Es muy importante que las canaletas tengan una pendiente mínima del 1%.



Canaletas de PVC



Canaletas comerciales

Dos aspectos útiles para decidir qué tipo de canaleta utilizar pueden ser su costo y su eficiencia.

- La canaleta de PVC es más barata.
- La canaleta comercial es más cara, pero es una inversión al inicio que a la larga resulta mejor en calidad-precio.

B. Canaletas para tejas

- Este tipo de techos es el menos común en la región.
- Sólo puede llevar canaleta comercial (siempre con pendiente).
- El mantenimiento de un techo de tejas es complicado pues se acumula mucha materia orgánica que afecta la eficiencia del techo para captar el agua de lluvia.



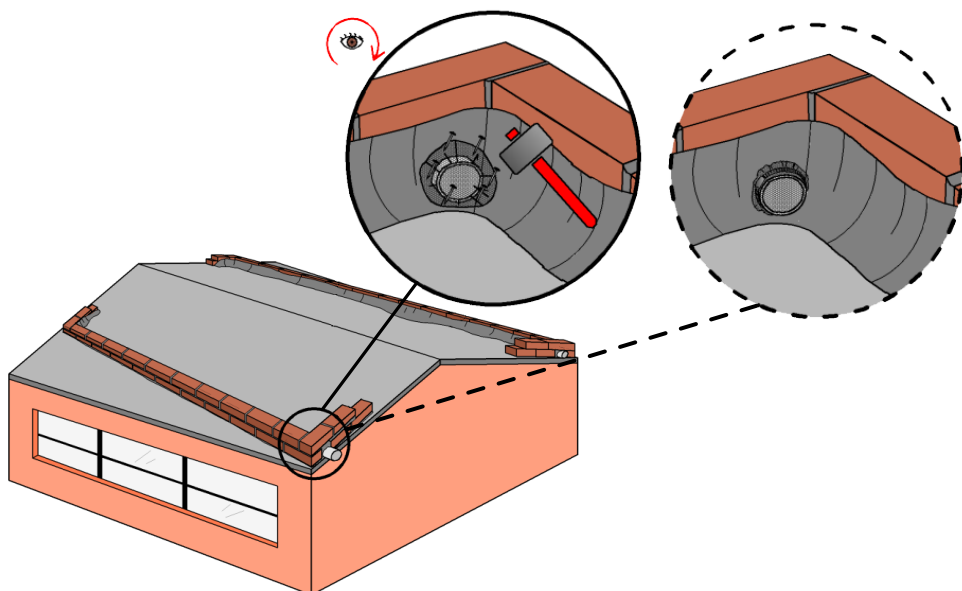
C. Canaletas para techos planos de concreto

- Un pretil o coronilla en los cuatro lados del techo es lo más deseable para conducir mejor el agua.
- El dibujo muestra una idea del inicio de canaletas y tuberías.



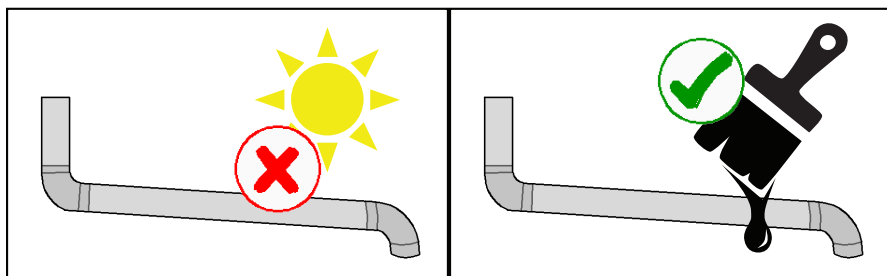
D. Canaletas para techos inclinados de concreto en dos aguas

- Se pueden colocar ladrillos con pendiente hacia una esquina del techo que servirá de bajada de agua.
- Con un pedazo de tubo y malla, se puede adaptar la salida.



Tubería

- Para determinar cuál diámetro de tubo conviene usar para las tuberías ayudará saber el área del techo (ver tabla para cálculos en *ejercicio 5, pag 79*).
- No es recomendable que el PVC esté en contacto directo con el sol, pues lo debilita.
- Para proteger los tubos se pueden pintar.

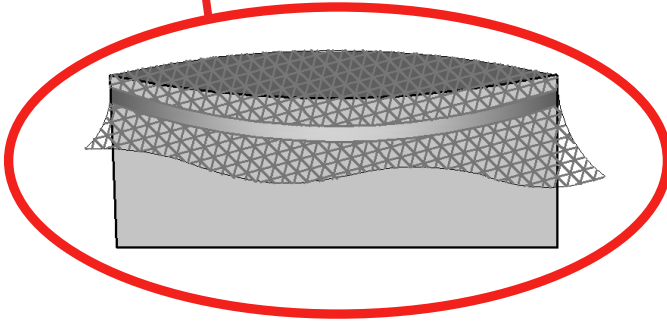
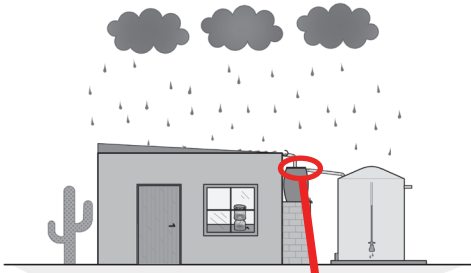


- Es importante fijar y apoyar bien la tubería desde el techo hasta el primer separador de agua, considerando el peso del agua que conducen.
- Si las tuberías son largas y la situación lo permite, puedes apoyar los tubos en árboles u otros elementos. También el uso de clavos y alambre para “colgarlas” desde el techo es una opción.

3. Filtro de hojas

? ¿Qué es?

Para evitar que escombros, hojas o basura entren y tapen las tuberías, se ponen unas mallas en las entradas y salidas de las canaletas como filtro de hojas.



i Información

- Idealmente, todas las entradas y salidas deberían llevar un filtro de hojas.
- El filtro de hojas más importante del sistema es el que protege la entrada del agua al primer separador.
- La tubería de desagüe (sobresalida) también debería protegerse (ver pag 53).

Ejemplos de diferentes filtros de hojas



Filtro de hojas como tapa de un primer separador de tanbo



Filtro de hojas instalado en la salida del techo al sistema de tuberías



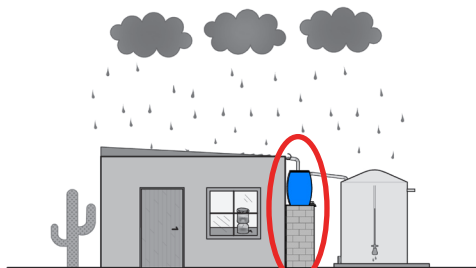
Filtro de hojas en la entrada de un primer separador de PVC (limpio)



Filtro de hojas en la entrada de un primer separador de PVC (sin limpiar)

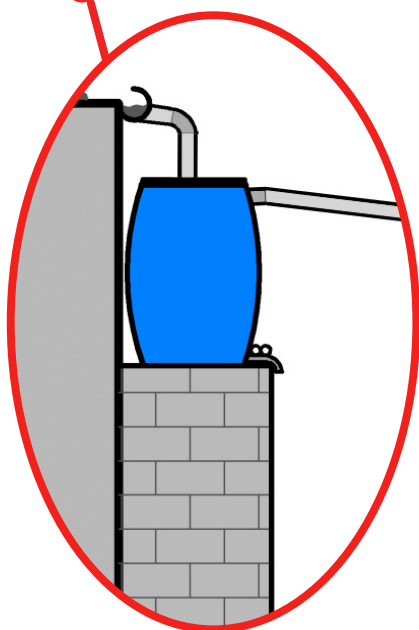
4. Primer separador

Para obtener agua para consumo humano de un sistema de captación de agua de lluvia es muy recomendable incluir un primer separador. El agua de las primeras lluvias que limpiarán tu techo atrapando polvo, lodo, escombros y desechos de animales, se separa ahí ayudando a que el agua que entre a la cisterna sea lo más clara posible. Debe tener una llave de salida para su desagüe frecuente.



? ¿Qué es?

El primer separador es un contenedor de agua que puede ser un tambo o hacerse con tubos de PVC donde se reciben las primeras aguas de lluvia antes de entrar en tu cisterna.

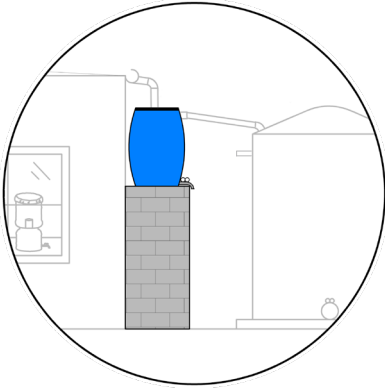


i Información

- Hay muchos modelos de primer separador de aguas, comerciales o caseros. En este libro hablamos de dos modelos caseros:
 - Tambo
 - PVC
- Para decidir cuál modelo te conviene más, considera costo, espacio y materiales.
- Para saber cuántos litros de agua necesitas recolectar en el separador, será en función del área de tu techo (ver *ejercicio 6, pag 79* para los cálculos).

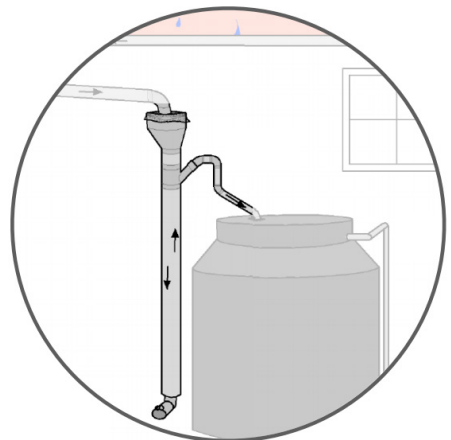
A. Primer separador de tambo

- Los tambos son una excelente opción para sistemas de primer separador de aguas.
- Hay variedad de tamaños (los más comunes: entre 50 y 200 litros) y no son caros.
- **IMPORTANTE:**
 - Hay que lavar perfectamente el tambo antes de instalarlo.
 - Verificar que no contengan algún producto tóxico.



B. Primer separador de PVC

Un sistema de primer separador de aguas de PVC - o de tubería - es más flexible que el tambo, ya que se puede dimensionar a cualquier volumen.



Recomendaciones para la entrada del primer separador:

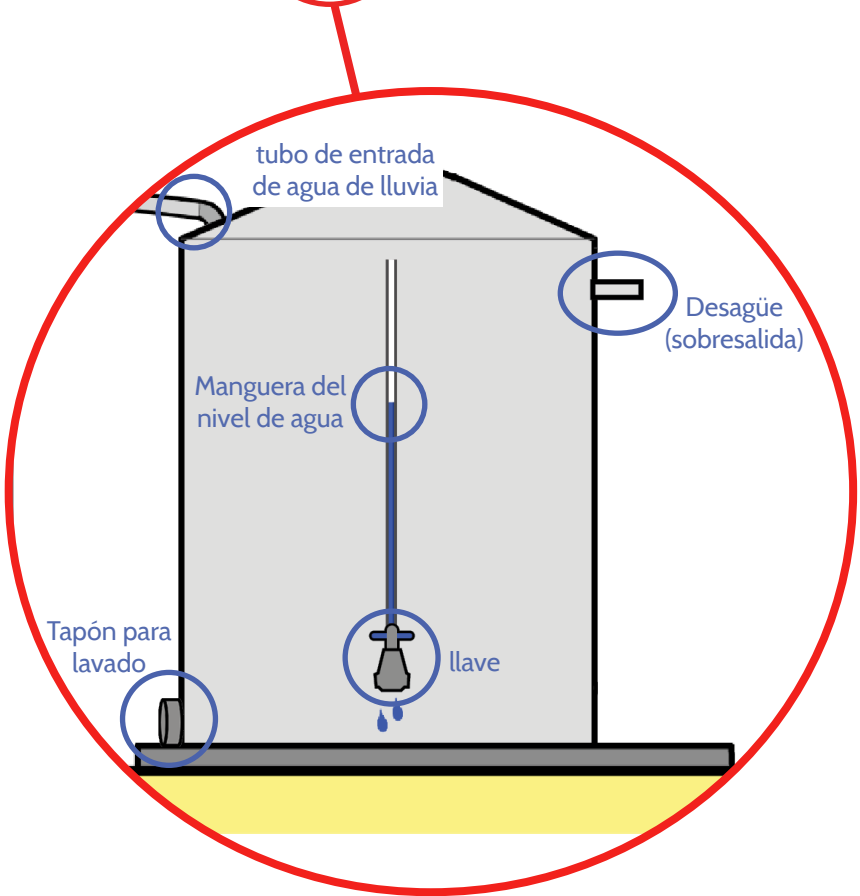
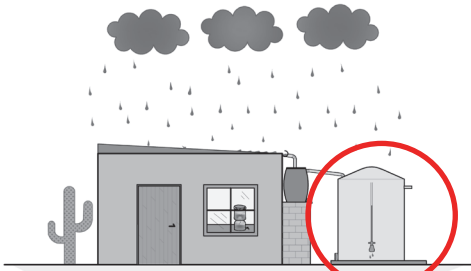
- La entrada del primer separador debería ser más grande que el tubo de salida.
- La entrada del primer separador es mejor si es plana para evitar que el agua se resbale y se desaproveche cayendo afuera.
- Es necesario limpiar periódicamente las mallas retirando hojas, telarañas, etc. (ver página 61 para el mantenimiento de los filtros de hojas de todo el sistema de captación).



5. Almacenamiento

? ¿Qué es?

Llamamos almacenamiento a una cisterna o tanque, el principal contenedor de tu agua colectada.

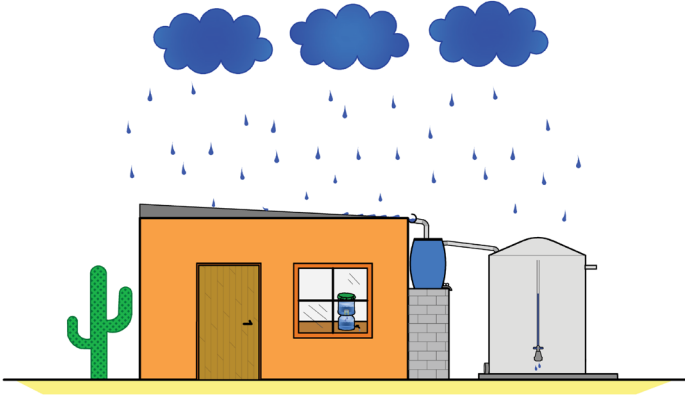


i Información

- Las cisternas o tanques pueden tener distintas capacidades.
- Pueden ser enterradas o construirse sobre el suelo.
- Del modelo sobre el suelo, pueden ser de diferentes materiales: plástico, ferrocemento, tabique, geomembrana.

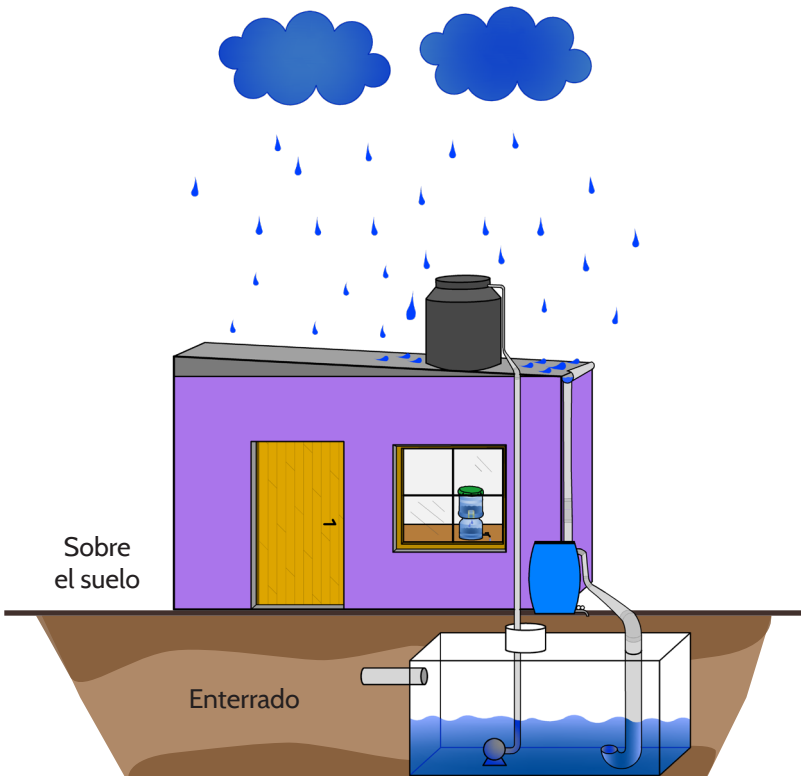
A. Almacenamiento sobre el suelo

Una cisterna sobre el suelo se ve directamente ocupando un espacio afuera de la casa o construcción.



B. Almacenamiento enterrado

Un tanque o cisterna de almacenamiento enterrado no se ve a simple vista.



- Los siguientes cuatro ejemplos de almacenamiento sobre el suelo son cisternas de diferentes materiales.
- Encontrarás comentarios sobre sus diferencias en función de consideraciones generales, aspectos constructivos y de mantenimiento.

I. Plástico



Lo ideal para un tanque de almacenamiento es que el plástico sea oscuro, para evitar el crecimiento de algas en el agua.



CONSIDERACIONES:

- Aunque el precio de materiales es un poco más alto, estos tanques tienen garantía de por vida y se ahorra en mano de obra.

CONSTRUCCIÓN:

- Fácil y rápido de instalar. Ventajas de poder cambiarlo de lugar.

MANTENIMIENTO:

- Si el tanque plástico se rompiera, no tiene reparación, pero es poco común.
- Su durabilidad depende de las marcas pero van de 10 años de vida útil hasta garantía de por vida.

II. Ferrocemento



CONSIDERACIONES:

- La mano de obra para construir un tanque de ferrocemento es muy intensa lo cual puede encarecer mucho si no hubiera organización o “presta-fuerza” voluntaria.

CONSTRUCCIÓN:

- Para un buen resultado del ferrocemento es importante usar materiales de calidad para la mezcla y evitar problemas (grietas o fugas). Para mayor detalle, consulta la “*Guía de construcción*” Caminos de Agua, 2020).
- Recomendamos proteger las paredes exteriores con una pintura de cal y baba de nopal (ver receta en anexo 2, pag 83).

MANTENIMIENTO:

- Alto grado de atención para mantener un tanque de ferrocemento, pues es fácil que se agriete.
- Reparaciones sencillas y anuales (antes de las lluvias) pueden ser suficientes, con materiales accesibles y económicos.

III. Tabique (cisternas capuchinas)



CONSIDERACIONES:

- Si tu región es ladrillera, este tipo de cisternas puede ser una buena opción.
- Mientras más grande sea el diámetro, el precio por litro de agua baja.

CONSTRUCCIÓN:

- Son rápidas de construir: en una semana puede construirse un tanque de 20,000L de capacidad.

MANTENIMIENTO:

- En general es igual que el de una cisterna de ferrocemento.
- Si está semienterrada, se facilita el acceso.

**Fotos e información (según la experiencia):
Vincent Aba. Bioconstructor. (vincent.aba@gmail.com). Oaxaca.*

IV. Geomembrana



CONSIDERACIONES:

- Los materiales de un sistema de geomembrana no se encuentran fácilmente en nuestra región.
- Es necesario dotarlas de una cubierta o techo protector contra la contaminación de basura, desechos de animales, bichos, etc.
- Puede rasgarse o romperse con facilidad.

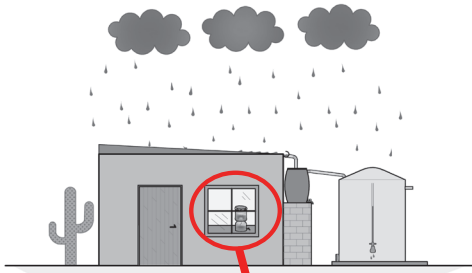
CONSTRUCCIÓN:

- Es fácil y rápido de instalar.

MANTENIMIENTO:

- Requiere de un mantenimiento cuidadoso.
- Si necesita alguna reparación es delicado.
- Es recomendable restringir su acceso para protegerlas de riesgos por rasgaduras o rupturas.

6. Tratamiento biológico



? ¿Qué es?

El tratamiento biológico es el componente más importante de todo el sistema de captación de agua de lluvia pues hace que el agua sea apta para consumo humano.



i Información

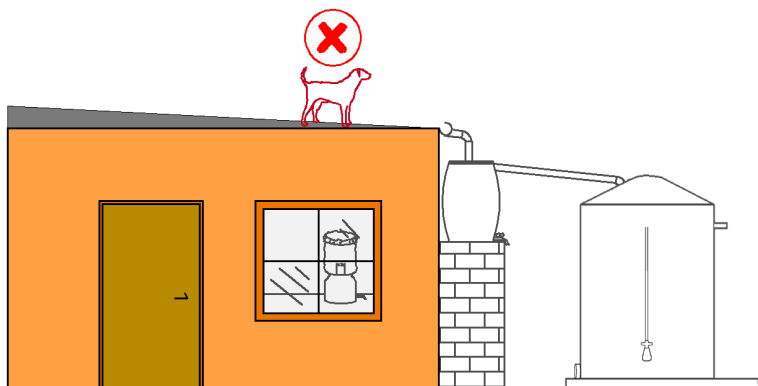
- Siempre hay que tratar el agua de lluvia contra contaminación biológica antes de beber o cocinar.
- Los sistemas de captación de agua de lluvia pueden contaminarse fácilmente con bacterias, virus y otros patógenos, debido a que el agua estará almacenada por mucho tiempo, el techo puede estar sucio, algunos residuos orgánicos pueden entrar a la cisterna, etc.
- El *Módulo 6: Tratamiento biológico* (ver pag 64) explica en qué consisten los diferentes métodos

Techo

- Barre tu techo al menos una vez al año.
- Si usas el techo como terraza, límpialo más frecuentemente (1 vez al mes).



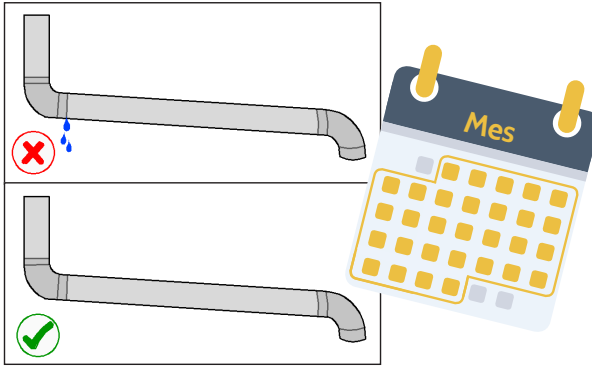
- Evita que los animales/mascotas vivan en el techo.



- Para algunos techos es necesario un impermeabilizante y su mantenimiento periódico.
- Si es un producto comercial, asegúrate de que no desprende partículas tóxicas.
- Intenta dar el mantenimiento periódico al techo con un buen tiempo antes de las lluvias (si el impermeabilizante no está bien seco cuando caen lluvias, el agua puede sacar espumas y sabores indeseables).

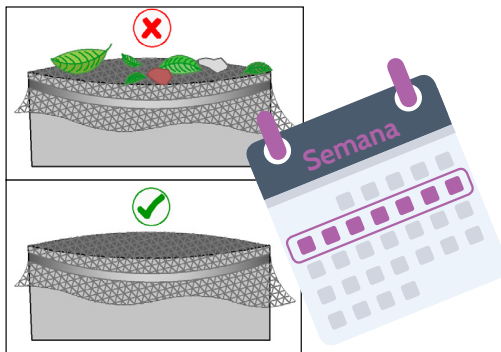
Canaletas y tuberías

- Si el tipo de canaletas que instalaste lo permite, hay que limpiarlas antes de las lluvias, una vez al año.
- Si es posible, procura checar las canaletas y tuberías mensualmente durante la época de lluvias. Asegúrate de que todas las conexiones están en buenas condiciones y que no haya fugas en ninguna parte del sistema.

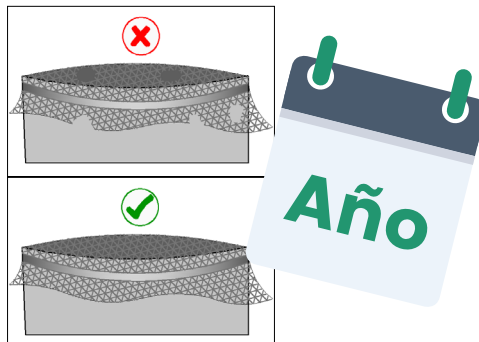


Filtro de hojas

- Checa el colector de hojas y retira las hojas acumuladas antes de las lluvias y una vez a la semana durante la época de lluvias.



- Verifica cada año que los filtros de hojas no tienen rupturas. Si fuera así hay que reemplazar la malla.



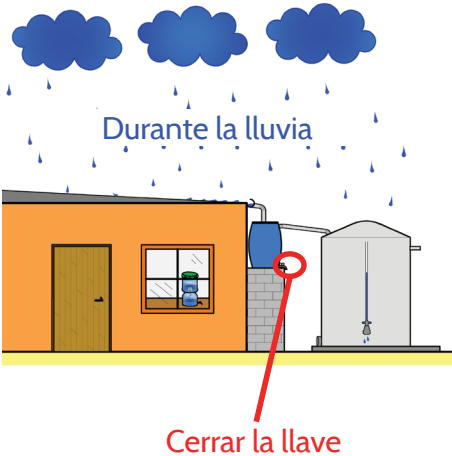
Primer separador

- Mantén abierta la tapa del primer separador durante la primera lluvia de la temporada. Las primeras aguas no deberían entrar en tu cisterna.



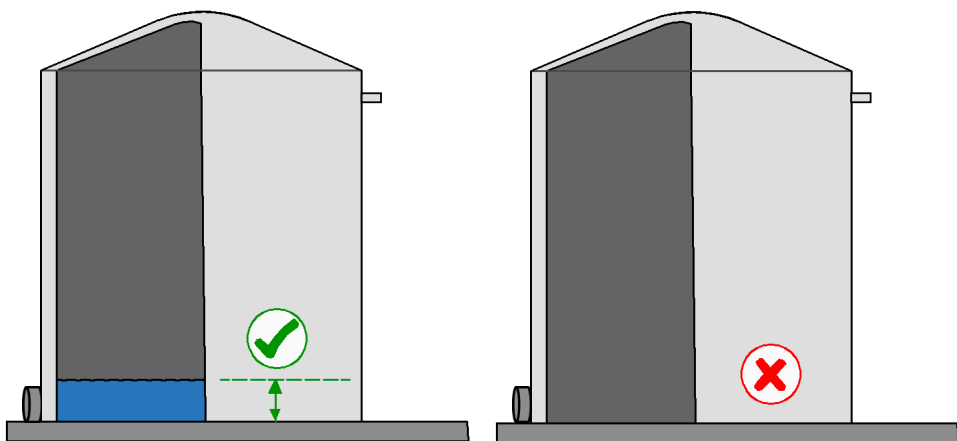
- Para las siguientes lluvias cierra la llave.
- Es recomendable vaciar el agua del primer separador después de cada día de lluvia.
- Esa agua puedes aprovecharla para otros usos como lavar, regar, etc.

Temporada de lluvias



Almacenamiento

- Durante todo el año debes cuidar que la cisterna esté húmeda; si la dejas secar por completo las paredes pueden researse y agrietarse.



- Justo antes de las primeras lluvias y una vez que el nivel de agua está por debajo del nivel de la llave, es el momento de limpiar el interior de la cisterna. Esto es normalmente una vez al año.



Tratamiento biológico

- Cada método de tratamiento biológico requiere distintos pasos para su mantenimiento.
- En el siguiente capítulo esto se explica a detalle.

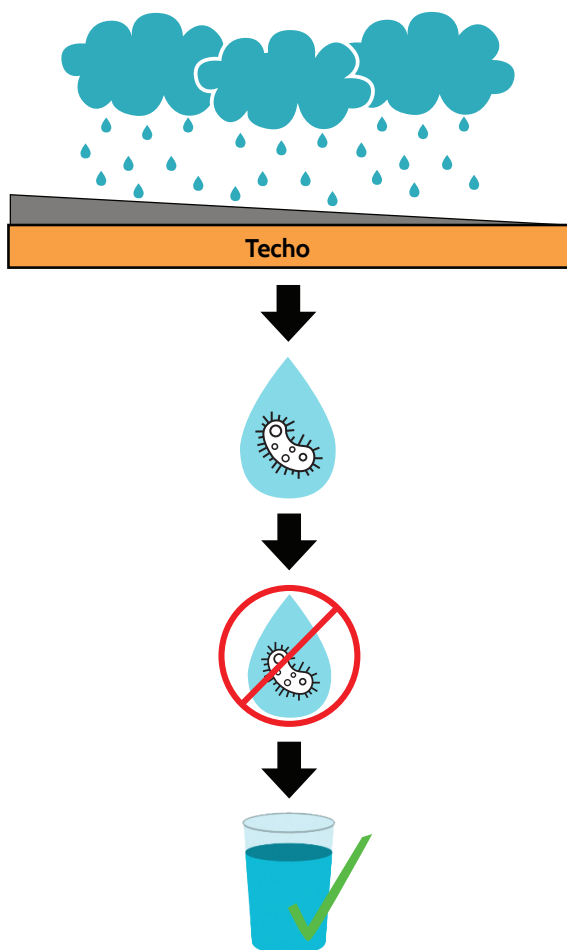
Módulo #6

Tratamiento biológico

Objetivo

Entender cómo hacer el agua de lluvia apta para consumo humano a través de tratamientos biológicos y conocer ejemplos concretos.

TRATAMIENTO BIOLÓGICO, ¿POR QUÉ SE NECESITA?



- El agua de lluvia es naturalmente libre de arsénico, fluoruro y otros químicos.*
- Pero el agua de lluvia almacenada puede contener bacterias que se colectan del techo o que crecen en el propio tanque de almacenamiento.
- El agua aún **NO** es apta para beber

- Es necesario un **tratamiento biológico**

- Agua lista para beber y cocinar

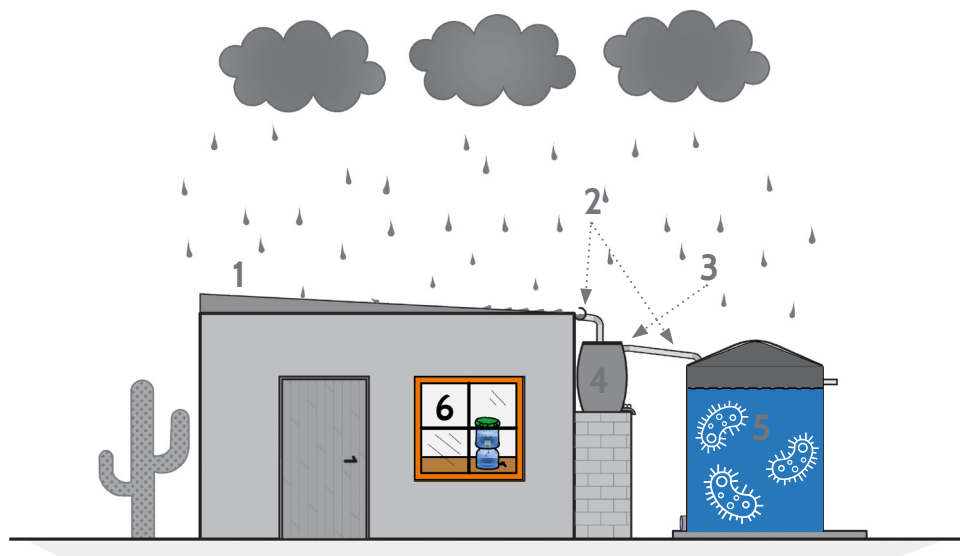
* NOTA

El tratamiento biológico solo remueve patógenos, como bacterias.

Para beber el agua de lluvia necesitamos tratarla contra contaminación biológica. Sin embargo, existen situaciones en las que puede estar contaminada con químicos (por ejemplo la Industria, la minería a cielo abierto, etc.) Un caso específico de captación de lluvia contaminada por arsénico se estudió en Bolivia, 2011.

CONVIERTIENDO EL AGUA DE LLUVIA EN AGUA PARA CONSUMIR

Un sistema de captación de agua de lluvia para consumo humano no está completo hasta que cuenta con un tratamiento biológico.



Componentes de un sistema de captación de agua de lluvia

1. Techo
2. Canaletas y tubería
3. Filtro de hojas
4. Primer separador
5. Almacenamiento
6. Tratamiento biológico



El tratamiento biológico es lo que convierte al agua de lluvia en agua apta para beber y cocinar

- Siempre trata el agua de lluvia contra contaminación biológica antes de consumirla.
- Existen diferentes métodos para tratar el agua de lluvia
 - Hervirla
 - Usar desinfección solar (SODIS)
 - Clorarla
 - Pasarla por un filtro cerámico
 - y otros
- A continuación se explican estos métodos de tratamiento biológico.

Hervirla



Funcionamiento

Calentar el agua y dejar que hierva por **un minuto mínimo**. (Por cada 1000 metros de altitud sobre el nivel del mar, se recomienda aumentar 1 minuto más).



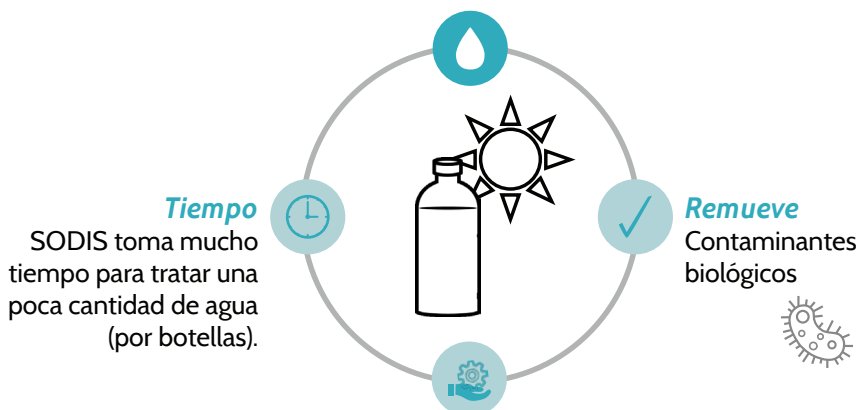
Clorarla



Funcionamiento

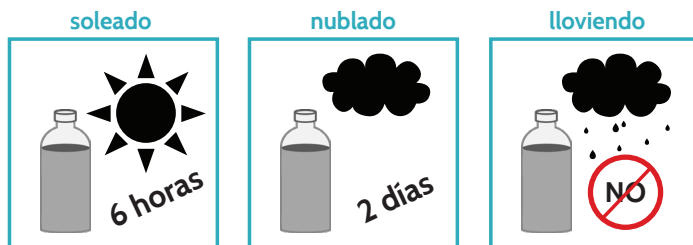
Agrega la cantidad requerida de cloro al agua. Para ver cuántas gotas de cloro necesitas por litro de agua puedes leer las instrucciones en el producto.

SODIS

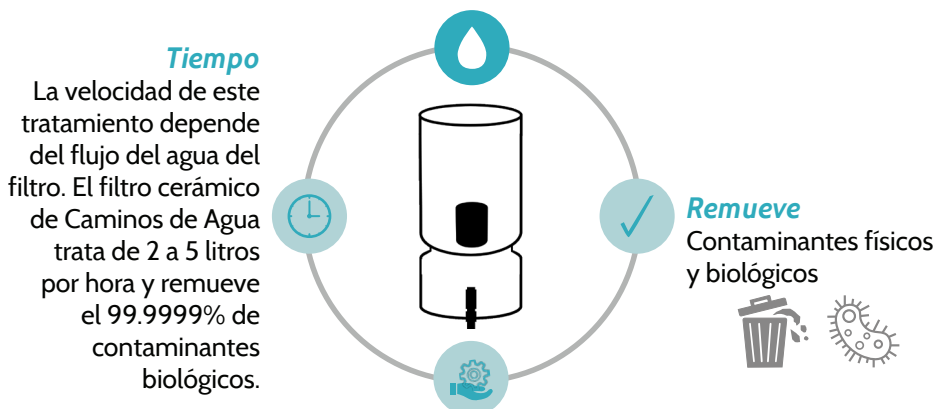


Funcionamiento

Llena botellas transparentes de plástico o de preferencia de vidrio y colócalas a la luz solar directa en tu techo. La botellas deben permanecer bajo la luz solar directa durante al menos seis horas en un día soleado y al menos dos días completos cuando esté nublado. No se puede utilizar SODIS cuando está lloviendo.



Filtro cerámico



Funcionamiento

Para aprender más sobre nuestro filtro cerámico, ver el *anexo 3, pag 84*.

Módulo #7

Diseñar un sistema de captación de agua de lluvia

Objetivo:

Conocer las consideraciones que hay que tener antes de construir un sistema de captación de agua de lluvia para optimizar gastos y prevenir problemas. Poder calcular sus dimensiones según cada familia con ayuda de fórmulas y ejercicios sencillos.

CONSIDERACIONES ANTES DE CONSTRUIR

Esta sección está dedicada a las consideraciones que hay que tomar en cuenta para diseñar un sistema de captación de agua de lluvia.

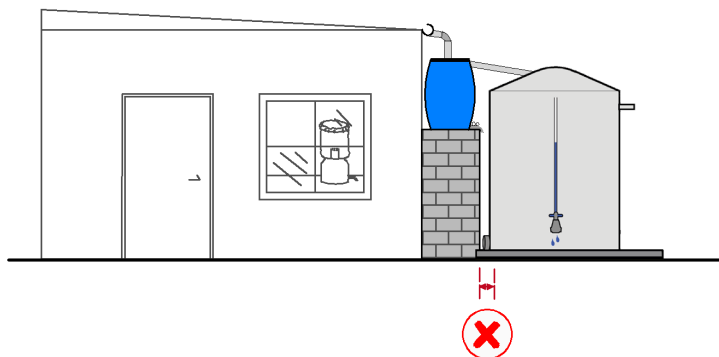
El primer paso para diseñar tu sistema es calcular la capacidad de tu cisterna, es decir, la máxima cantidad de agua de lluvia que puedes captar según las necesidades de tu familia.

En la pag 74 comienza la sección para "Calcular y diseñar tu sistema". Son 7 ejercicios que te guían para obtener las medidas del tanque, tuberías y primer separador.

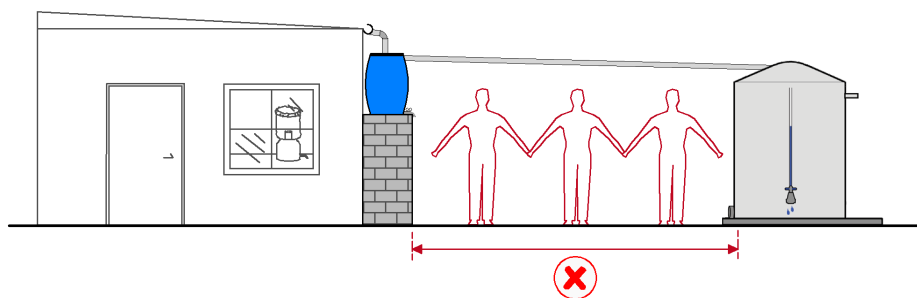
Ubicación de la cisterna

Ya que sabes las medidas de tu cisterna, toca elegir un lugar apropiado. Para decidir dónde se ubicará, pueden ayudarte los siguientes puntos:

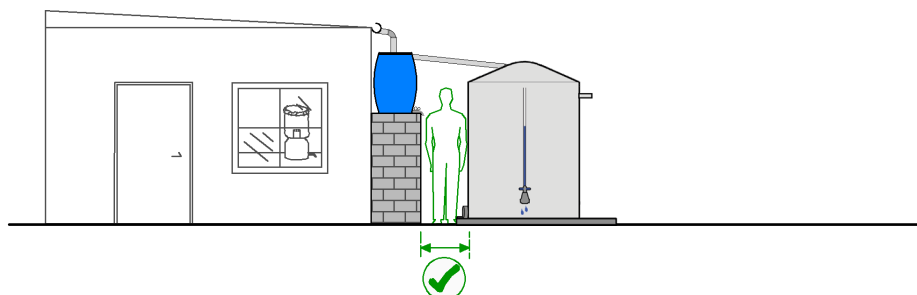
- La cisterna necesita estar nivelada, por lo que conviene un lugar lo más plano posible.
- La parte inferior de la cisterna debe estar tan alta como sea posible sobre el punto de uso y su altura máxima debe estar más abajo del nivel del techo.
- Cuanto más cerca esté la cisterna del techo, más cortos serán los sistemas de tuberías.
- La cisterna debe ser accesible para facilitar su construcción y mantenimiento.



No construyas tu cisterna demasiado pegada a la casa, pues necesitarás pasar y tener acceso alrededor.

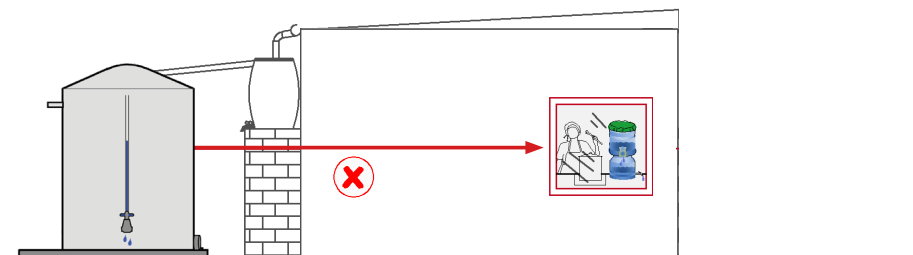
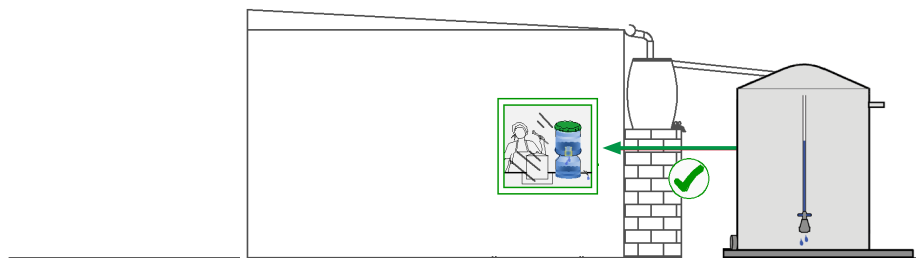


Si construyes la cisterna muy lejos de la casa, serán muy largas las tuberías lo cual encarece y el sistema quedaría más débil.

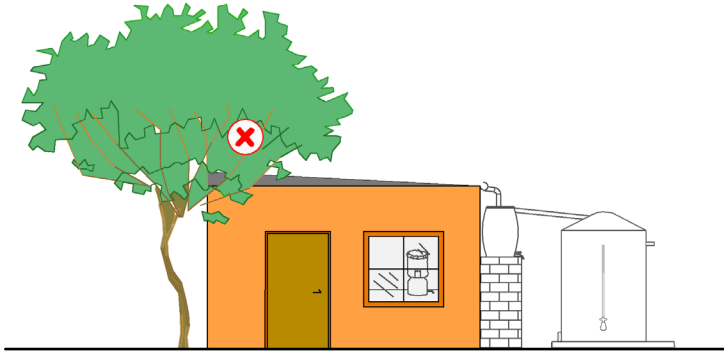


Siempre es recomendable dejar un espacio mínimo para pasar entre la casa y tu sistema de captación.

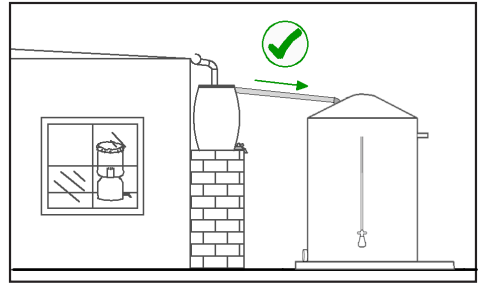
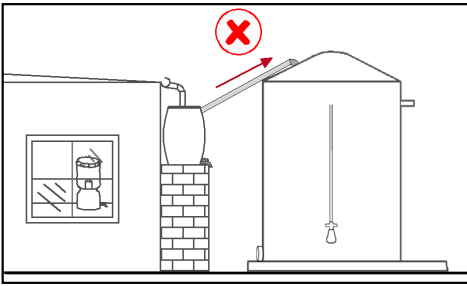
- Es muy útil tener la cisterna cerca de la cocina o dondequiera que se utilice la mayor cantidad de agua.



- Poda todos los árboles alrededor de tu techo para evitar acumulación de escombros, cacas de pájaros, hojas o ramas.

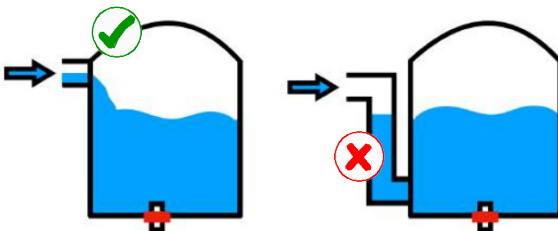


- Asegúrate que las tuberías que entran en tu cisterna están dirigidas hacia abajo del techo de la casa.



Lenar la cisterna

- Se recomienda que la entrada de agua sea por la parte de arriba del tanque.
- La entrada de agua por abajo implica más conexiones de plomería, posibles fallas por presión, si hubiera acumulación de sedimentos, puede taparse. La lluvia agitaría esos sedimentos y el agua saldría más sucia.



Las flechas indican la dirección del flujo del agua.

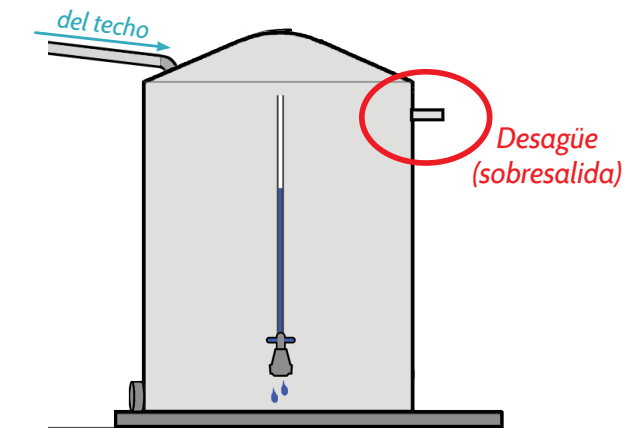
Altura de la llave de salida

- La altura de la llave de salida del agua de lluvia depende de cómo piensas utilizar tu cisterna y del tipo de tanque que tengas.
- Recomendamos colocar la llave entre 25 y 50 cm de altura máximo desde el suelo.



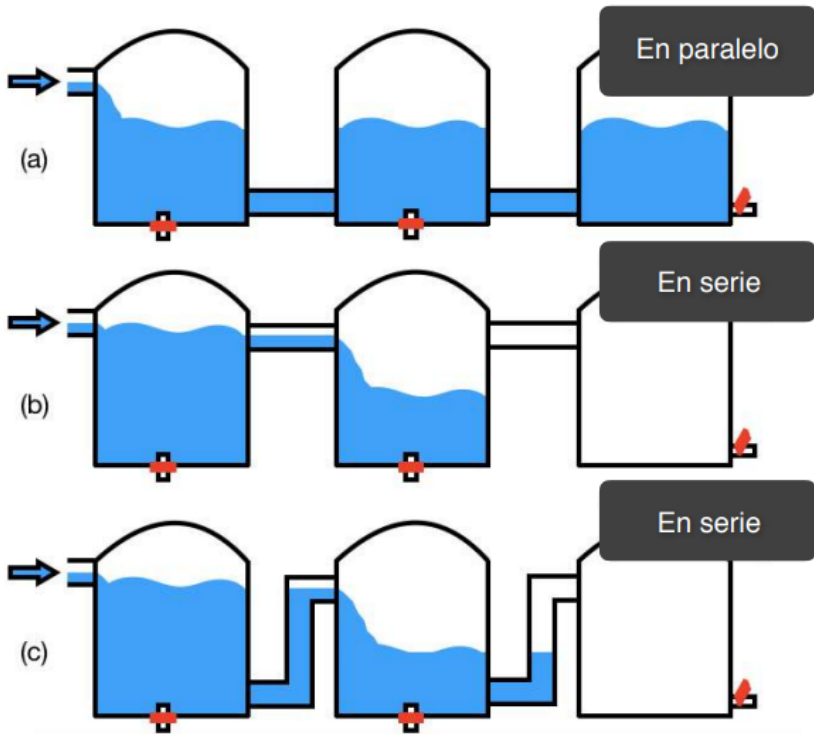
Desagüe (sobresalida)

- Es muy importante que tu sistema de captación de agua de lluvia cuente con una salida de desagüe (sobresalida).
- Puede ser un tubo en **la parte más alta** del tanque que permita la salida del exceso de agua, si fuera el caso.
- Es recomendable que el tubo se dirija a un espacio productivo (árbol, jardín, estanque, etc.)



Conexión de cisternas múltiples

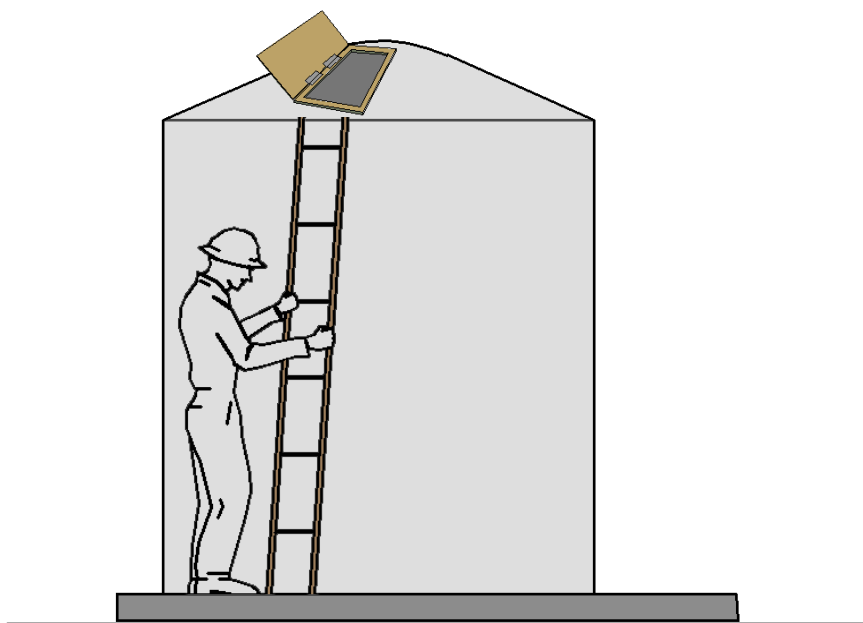
- En caso de tener recursos económicos limitados, recuerda que puedes comenzar con una cisterna pequeña y aumentar poco a poco la capacidad del sistema conectando a tu cisterna uno, dos o más tanques.
- Conectar cisternas es sencillo y puedes hacerlo de dos maneras: 'en serie' o 'en paralelo', según tus necesidades.



- Como se muestra en el dibujo, los niveles de agua en las cisternas conectadas **en paralelo (a)** son siempre constantes: suben y bajan juntos.
 - Puedes cerrar las conexiones y usar cada cisterna de forma independiente en cualquier momento.
- Las cisternas **en serie (b y c)** se llenan una por una y se drenan de forma independiente.

Entrada a la cisterna

- Cuando diseñes tu sistema, no olvides que debe haber un acceso al interior del tanque para limpiarlo una vez al año.



Lavado

- El sedimento en el agua cosechada va a acumularse y el tanque necesita limpiarse.
- La válvula de lavado debe instalarse separada de la llave de uso regular y ubicarla lo más cerca posible del piso de la cisterna.
- Debe ser de 2" ó 3" de diámetro para poder sacar los sedimentos más grandes.
- Recomendamos usar una llave con tapa o que requiera herramienta especial para abrirse y así evitar riesgos de que algún(a) niño(a) pueda vaciarla por accidente.

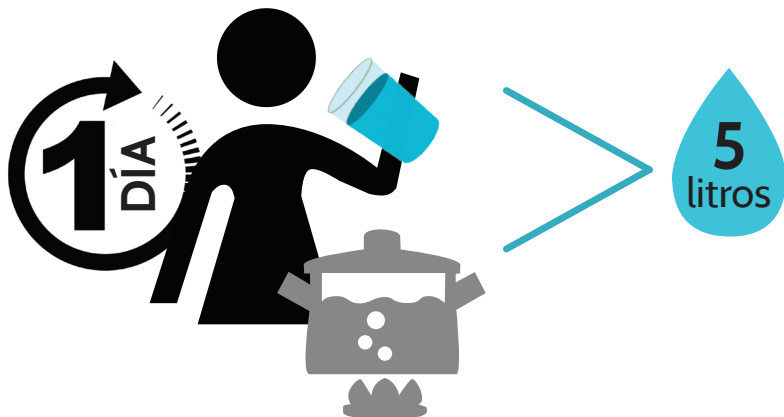
CALCULAR Y DISEÑAR TU SISTEMA

Esta sección te ayudará a calcular la dimensión de tu sistema según tus condiciones de lugar, familia y necesidades.



Ejercicio 1 ¿Cuántos litros necesito en mi familia para beber y cocinar?

1 persona necesita **mínimo 5 litros** de agua **al día**
para beber y cocinar



1. Número de personas

¿Cuántas personas usarán el sistema de captación de agua de lluvia que estás diseñando?

Ejemplo

6 personas

Escribir

_____ personas

2. Necesidad de agua al año para beber y cocinar

Llena el espacio con el número de personas que usarán tu sistema (el que respondiste en el paso 1) y el agua que necesitarán en un año.

Ejemplo

$$\frac{6}{\text{personas}} \times \frac{5}{\text{L / día}} \times \frac{365}{\text{días / año}} = \frac{10,950}{\text{L / año}}$$

Escribir

$$\frac{\quad}{\text{personas}} \times \frac{5}{\text{L / día}} \times \frac{365}{\text{días / año}} = \frac{\quad}{\text{L / año}}$$

En la vida diaria tenemos necesidad de otras actividades que requieren más litros de agua, como por ejemplo, bañar, regar las plantas o huertos, lavar ropa y platos.

Quizá tu capacidad de almacenamiento es más grande que los litros que necesitas para beber y cocinar (por ejemplo si tu familia es pequeña). Entonces podrás aprovechar algo del agua que captaste para otras actividades.

Sin embargo, en este libro nos enfocamos en resolver el acceso al agua para consumo humano.

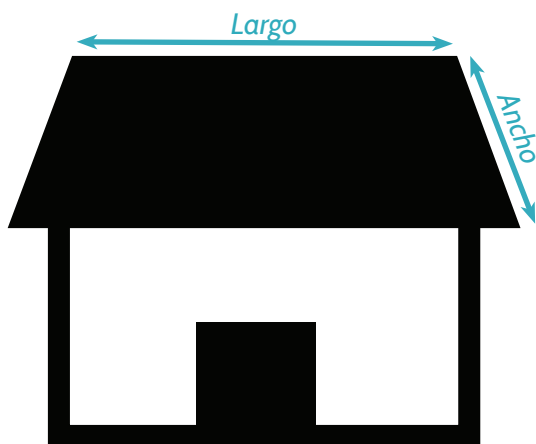


Ejercicio 2 Superficie del techo



1. Medir

Mide el largo y ancho de tu techo como se indica en el dibujo.



2. Calcular

Para calcular el área o superficie de tu techo hay que multiplicar el largo por el ancho. Hazlo en la fórmula de abajo.

Ejemplo $\frac{6}{\text{largo}} \times \frac{5}{\text{ancho}} = \frac{30}{\text{superficie (m}^2\text{)}}$

Escribir $\frac{\quad}{\text{largo}} \times \frac{\quad}{\text{ancho}} = \frac{\quad}{\text{superficie (m}^2\text{)}}$

3. Conectar

Si tienes otros techos y quieres aprovecharlos para captar más litros de agua de lluvia, calcula su área y súmala para obtener una sola cantidad como superficie total de captación.. (En el ejemplo se sumaron 3 techos).

Ejemplo

respuesta paso 2

$$\frac{4}{\text{largo}} \times \frac{3}{\text{ancho}} = \frac{12}{\text{superficie (m}^2\text{)}}$$
$$\frac{2}{\text{largo}} \times \frac{8}{\text{ancho}} = \frac{16}{\text{superficie (m}^2\text{)}}$$

$$\frac{30}{\text{superficie (m}^2\text{)}}$$

+

$$\frac{58}{\text{superficie total (m}^2\text{)}}$$

Escribir

respuesta paso 2

$$\frac{\quad}{\text{largo}} \times \frac{\quad}{\text{ancho}} = \frac{\quad}{\text{superficie (m}^2\text{)}}$$
$$\frac{\quad}{\text{largo}} \times \frac{\quad}{\text{ancho}} = \frac{\quad}{\text{superficie (m}^2\text{)}}$$

$$\frac{\quad}{\text{superficie total (m}^2\text{)}}$$

+



Ejercicio 3 Volumen máximo de captación anual



En este ejercicio vamos a calcular la máxima cantidad de agua de lluvia que podrás captar según la precipitación de tu municipio.

1. Lluvia anual promedio (precipitación anual)

La lluvia anual promedio es la cantidad de lluvia que cae en todo el año por región. En la tabla encontrarás los datos de precipitación anual por municipio de la cuenca Alta del Río Laja.

San Miguel de Allende	Dolores Hidalgo	San Luis de la Paz	San Diego de la Unión	San Felipe	San José Iturbide	Doctor Mora
565 mm	463 mm	367 mm	421 mm	497 mm	560 mm	528 mm

Si no vives en esta cuenca, puedes buscar las cifras de precipitación en tu región por internet. Hay sitios de universidades locales o de gobierno, como los que te compartimos a continuación:

- Información climática mundial: <https://weather-and-climate.com>
- Tiempo del mundo en línea: <https://www.worldweatheronline.com>
- Datos climáticos: <https://en.climate-data.org>
- Base de clima: <http://www.weatherbase.com>

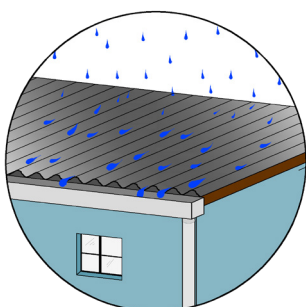
Si no tienes acceso a internet, comunícate con una universidad, agencia gubernamental u organización no gubernamental que monitorea el clima.

2. Factor de eficiencia

En todos los techos hay un porcentaje de agua que se pierde durante el transporte del techo al tanque de almacenamiento. El factor de eficiencia varía según el tipo de techo.



Concreto



Lámina



Teja

Techo de concreto	Techo de lámina	Teja	Otros
0.85	0.8	0.8	0.75

3. Superficie del techo

Usa el cálculo que hiciste en el ejercicio 2.

4. Calcular el volumen máximo de captación anual

En el ejemplo se muestra cómo obtenemos el volumen máximo de litros de agua de lluvia que podremos captar. Usa los datos de los pasos anteriores.

Ejemplo

$$\frac{565}{\text{lluvia anual (mm)}} \times \frac{0.85}{\text{factor de eficiencia}} \times \frac{30}{\text{área de superficie total (m}^2\text{)}} = \frac{14,408}{\text{volumen máximo de captación anual (litros)}}$$

Escribir

$$\frac{\text{lluvia anual (mm)}}{\text{lluvia anual (mm)}} \times \frac{\text{factor de eficiencia}}{\text{factor de eficiencia}} \times \frac{\text{área de superficie total (m}^2\text{)}}{\text{área de superficie total (m}^2\text{)}} = \frac{\text{volumen máximo de captación anual (litros)}}{\text{volumen máximo de captación anual (litros)}}$$



1. Escribe tus resultados

Revisa las cantidades obtenidas en los ejercicios 1 y 3 y escríbelas en la tabla:

- Total de litros de agua que necesito (ejercicio 1)
- Volumen máximo de captación anual (ejercicio 3)

Ejemplo

10,950	Mayor	14,408
	Menor	
Total de litros de agua que necesito		Volumen máximo de captación anual

Escribir

	Mayor	
	Menor	
Total de litros de agua que necesito		Volumen máximo de captación anual

2. Conclusión

Compara el 'total de litros de agua que necesitas' con el 'volumen máximo de captación anual'

- Si tu necesidad de agua es **MAYOR** que la capacidad máxima de captación, no podrás captar agua suficiente para ti y tu familia para beber y cocinar. Si quieres aumentar la capacidad puedes añadir más superficies de techos u otro tanque.
- Si tu necesidad de agua es **MEJOR** que la capacidad máxima de captación, puedes captar más que suficiente agua de lluvia para tu familia para beber y cocinar. Podrías usar agua de lluvia para otras actividades.

3. Determinar el tipo de primer separador

Aunque hay muchos sistemas de primer separador de aguas, que van desde versiones comerciales costosas a las caseras más baratas, comúnmente utilizamos dos tipos: PVC y tambo. En general, recomendamos:

- Usa un diseño de PVC cuando se necesita separar **menos de 50 litros**.
- Si necesitas separar **más de 50 litros**, considera usar un tambo.

Para tomar una decisión final sobre tu sistema, también considera los costos, el espacio y los materiales. Encierra en un círculo qué sistema de primer separador quieres usar.

Ejemplo **PVC / Tambo**
tipos de primer separador

Voy a usar

PVC / Tambo
tipos de primer separador

Si has decidido utilizar un primer separador de PVC, calcula los metros lineales y el diámetro de los tubos en el siguiente ejercicio.



Ejercicio 7 Primer separador de PVC

1. Diámetro del PVC

Decide el diámetro de tubo que usarás basándote en la tabla de abajo para ver la capacidad de litros por cada metro lineal. Si necesitas separar muchos litros (ejercicio 6) usarás un tubo de PVC de mayor diámetro.

Diámetro de PVC (pulgadas)	Capacidad de Litros en 1m de tubo
2"	2.4 L
3"	5.4 L
4"	8.9 L
6"	18.2 L

Un solo metro de tubo tiene un volumen específico dependiendo de su diámetro.

2. Calcular

Para saber la longitud de tubo que usarás divide la cantidad de litros a separar (ejercicio 6) por la capacidad de litros en 1m de tubo (según la tabla de arriba).

Ejemplo

$$\frac{15}{\text{Cantidad de litros a separar}} \div \frac{8.9}{\text{Capacidad de PVC}} = \frac{1.7}{\text{Longitud mínima de PVC para el primer separador}}$$

Escribir

$$\frac{\text{Cantidad de litros a separar}}{\text{Capacidad de PVC}} = \text{Longitud mínima de PVC para el primer separador}$$

3. Revisa que tu respuesta sea viable

Nuestra recomendación es que la longitud de tubo para un primer separador sea entre 1 y 3 m. Asegúrate de que tu resultado sea realista y cae dentro de este rango. Si es así, ya sabes cuánto tubo y de qué diámetro usarás.

Ejemplo

El resultado en el ejemplo es de **1.7** metros y cae en el rango recomendado de 1 a 3 metros, confirmando que la tubería de PVC de 4" es una buena opción de diseño. (Recuerda considerar dónde se instalará el primer separador para asegurar que tu diseño cabe en su lugar)

Si tu respuesta no está entre 1 y 3 m calcúlalo de nuevo con otro diámetro de PVC.

Consejo:

- Si es menor de 1 > prueba con un **diámetro menor**.
- Si es mayor de 3 > prueba con un **diámetro mayor**.



Ingredientes

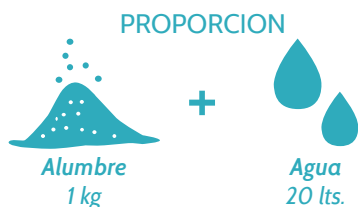
- **Alumbre**, de preferencia triturado o en polvo. Se consigue en ferreterías. Si viene en roca, puede triturarse con martillo para facilitar su dilución.
- **Jabón graso** (Lirio, Castillo, La Rosa, de preferencia color ámbar o amarillo) cortado en hojuelas.
- **2 Cubetas**
- **Agua caliente**

Procedimiento

1. Diluir el jabón en agua caliente.



2. Diluir en agua el alumbre en polvo.



3. Primero se aplica la mezcla de jabón en el techo con un trapeador (mechudo) evitando hacer espuma. En cuanto la capa de jabón está seca (puede ser el mismo día o al siguiente) se aplica sobre ella la mezcla caliente de agua con alumbre.
4. Una vez que esta capa secó, se calienta nuevamente la solución de jabón y se aplica sobre la capa de alumbre.
5. Se recomienda mínimo aplicar tres capas (jabón-alumbre/jabón-alumbre/jabón-alumbre).



Duración de la protección: aproximadamente cuatro a cinco años en climas lluviosos.
Mantenimiento: Simplemente se repite la operación.

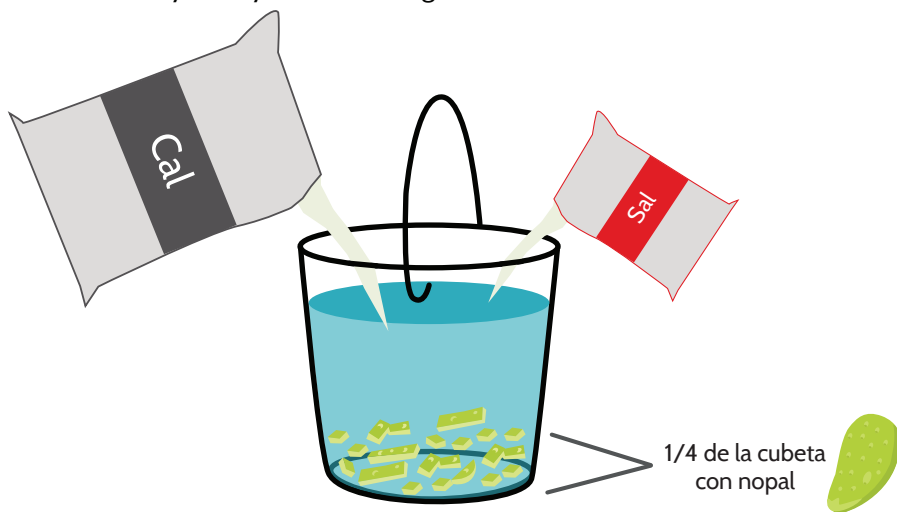
Ingredientes

Para preparar una cubeta de 20 litros de pintura de cal y baba de nopal necesitas:

- 1 cubeta (20 L) llena con **trozos de nopal** sin espinas
- 2 o 3 cubetas (de 20 L) de **agua**
- 12.5 kg de **cal** (medio bulto de 25 kg)
- 1 kg de **sal de grano**

Procedimiento

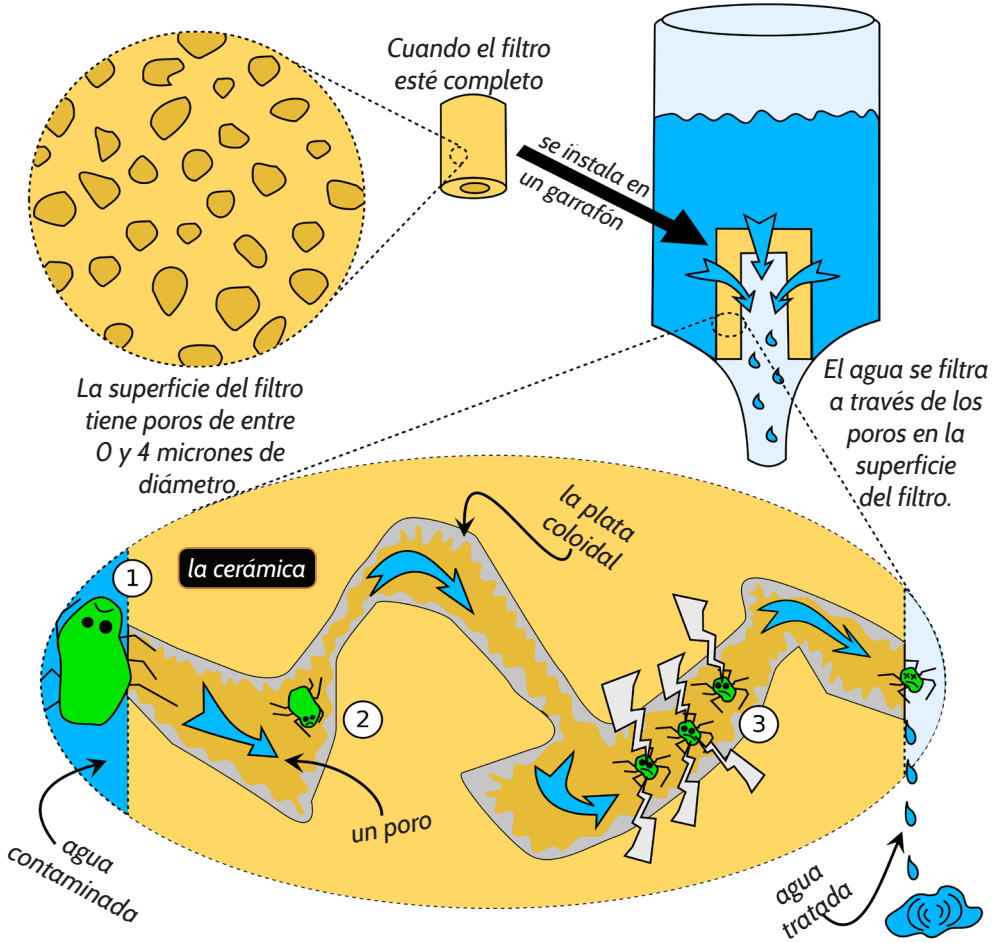
1. En una cubeta vacía se pone el nopal ocupando $\frac{1}{4}$ de la cubeta. Ahí mismo se vacía la cal y la sal y se llena con agua.



2. Dejar reposar mínimo 24 horas.
3. Antes de aplicar se colará obteniendo una mezcla viscosa que es la pintura lista para aplicar con brocha.



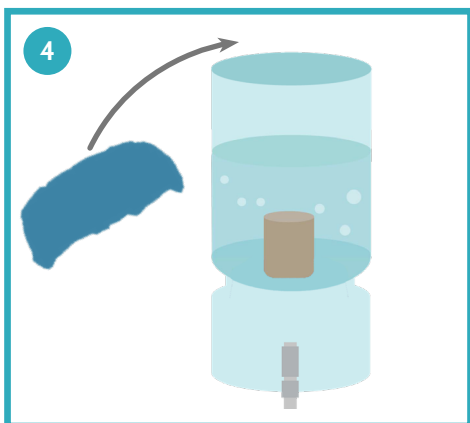
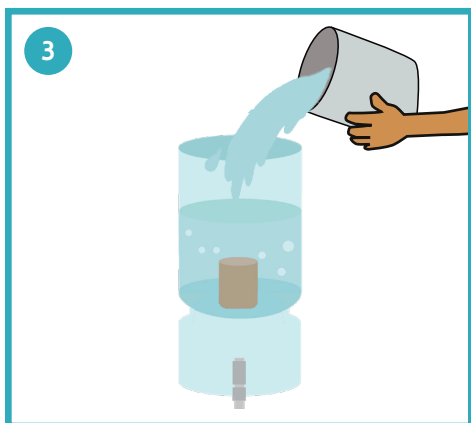
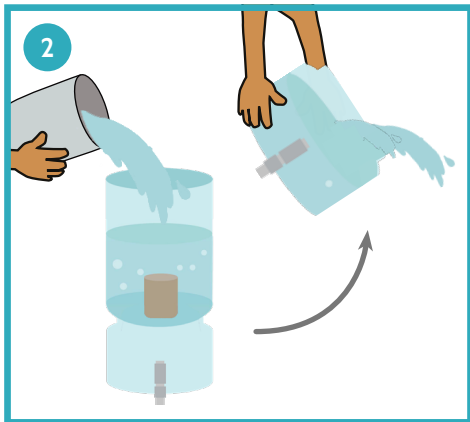
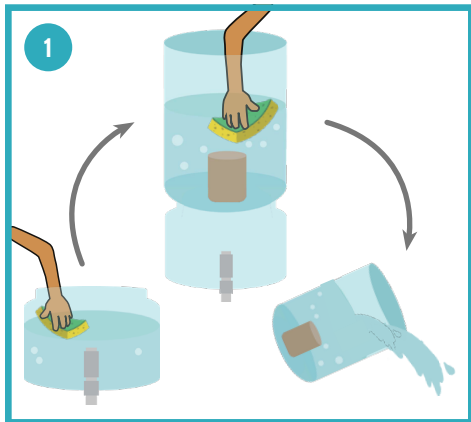
¿Cómo funciona el filtro cerámico?



1. Los patógenos más grandes no pueden entrar en los poros.
2. Algunos patógenos medianos no pueden pasar por los poros de tamaño variable.
3. Patógenos suficientemente pequeños para pasar por los poros son destruidos por la plata coloidal.

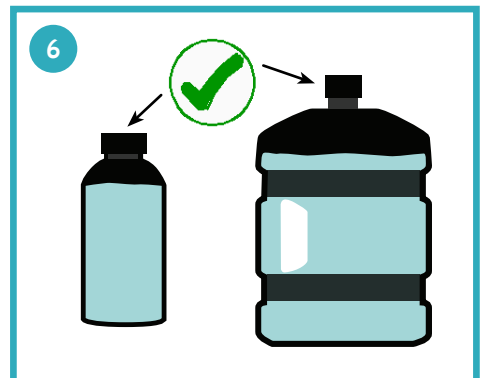
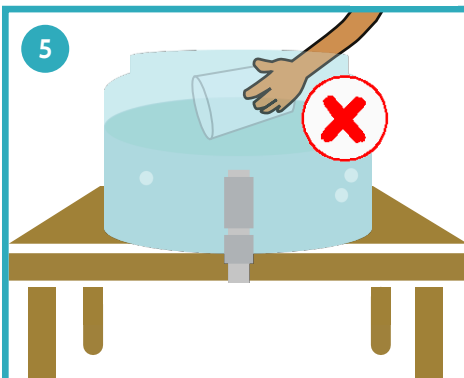
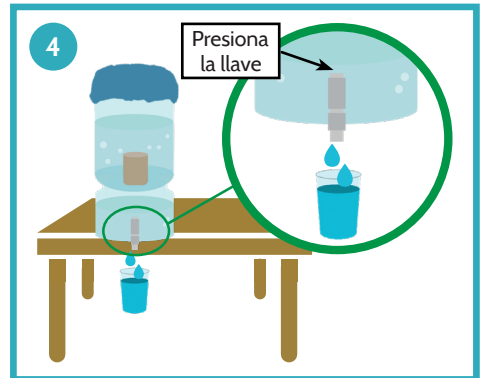
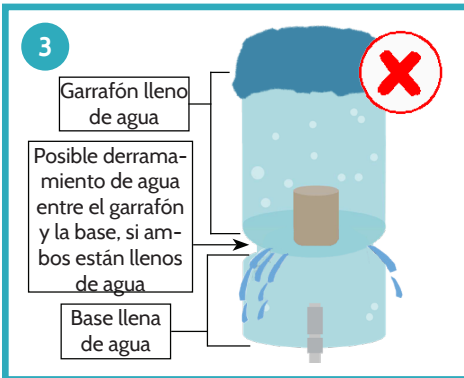
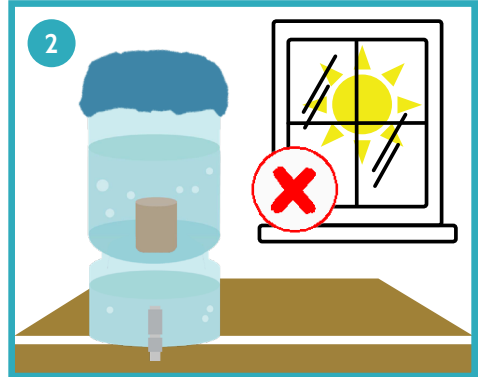
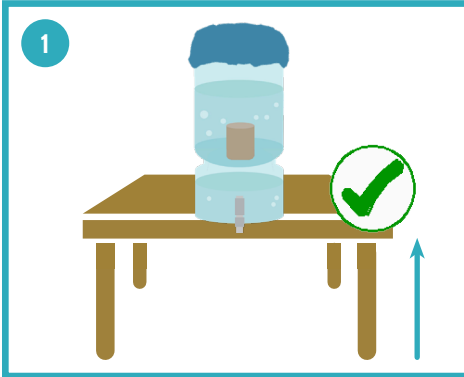
Cómo usar tu filtro cerámico

1. Lava el filtro completo y enjuaga el garrafón.
2. Llena y desecha el agua del primer filtrado.
3. Llena el garrafón con agua (**idealmente agua de lluvia**).
4. Cúbrelo con su gorro.
5. Disfruta de agua limpia y segura para beber.



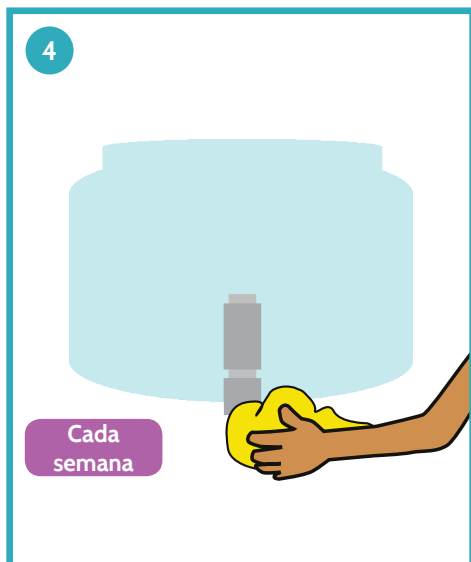
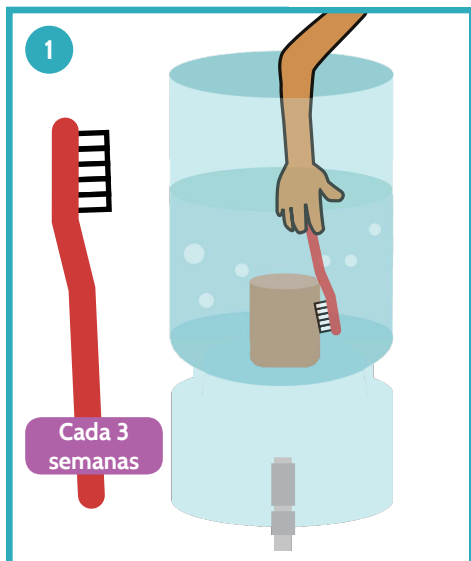
Recomendaciones

1. Coloca el filtro en un lugar limpio y elevado del suelo.
2. Evita poner tu filtro cerámico en un lugar con exposición directa al sol.
3. Nunca llenes de agua el garrafón completo porque puede derramarse debido al flujo del filtro y a la capacidad de la base.
4. Sirve el agua directamente de la llave de la base y asegúrate que el recipiente o vaso en que la sirves estén limpios.
5. No metas manos, vasos o cucharones en la base con agua filtrada. ¡Se puede contaminar con bacterias!
6. Almacena el agua filtrada en un contenedor limpio y tapado.



Mantenimiento

1. Limpia el cartucho cerámico con un cepillo de dientes **mínimo cada tres meses** o cuando **el flujo se reduce**.
2. Si aparece materia orgánica (hongos, algas) en el garrafón o en el silicón que une al cartucho, límpialo con **agua jabonosa** y enjuaga con agua limpia. Después de esta limpieza, desecha el agua del primer filtrado.
3. Limpia la base donde se almacena el agua filtrada al menos una vez al mes o cada vez que limpies el cartucho. La limpieza y enjuague deben realizarse con **agua filtrada**.
4. Una vez a la semana, limpia la llave del agua filtrada con **agua jabonosa** y enjuaga con **agua filtrada**.



El presente Libro de Trabajo pretende responder a las preguntas: ¿cómo podemos enfrentar la contaminación del agua?, ¿cómo impacta a nuestra salud?, ¿qué alternativas existen? La captación de agua de lluvia para consumo humano es una solución que revisamos a detalle con ejemplos, dibujos, ejercicios y recetas.



Caminos de Agua

www.caminosdeagua.org

© 2020 Caminos de Agua