

12, 2916 – 5th Avenue
Calgary, Alberta, T2A 6K4, Canadá

Teléfono: + 1 (403) 243-3285, fax: + 1 (403) 243-6199

Correo electrónico: cawst@cawst.org, sitio web: www.cawst.org

El Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento (CAWST, por su sigla en inglés) es una organización sin fines de lucro con base en Calgary que proporciona capacitación y consultoría a organizaciones que trabajan directamente con poblaciones en países en desarrollo que carecen de acceso al agua limpia y al saneamiento básico.

Una de las principales estrategias de CAWST es hacer del conocimiento sobre agua un saber popular. Eso se logra, en parte, mediante el desarrollo y la distribución gratuita de materiales educativos con la intención de aumentar la disponibilidad de información para los que más lo necesitan.

Este documento es de contenido abierto y está elaborado bajo la licencia genérica Creative Commons Atribución 3.0. Para ver una copia de esa licencia, visite la página <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.es> o envíe una carta a Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, Estados Unidos.



Usted es libre de:

- Compartir – copiar, distribuir y difundir este documento.
- Editar – adaptar este documento.



Bajo las siguientes condiciones:

- Atribución. Deberá atribuírsele a CAWST el crédito de ser la fuente original del documento. Por favor, incluya la dirección a nuestro sitio web: www.cawst.org.

CAWST actualizará este documento periódicamente. Por ese motivo, no se recomienda que lo almacene para descargarlo desde su sitio web.

Manténgase actualizado y obtenga apoyo:



- Últimas actualizaciones de este documento.
- Otros talleres y recursos de capacitación relacionados.
- Apoyo sobre el uso de este documento para su trabajo.

*CAWST provee mentoría y
asesoramiento sobre el uso de sus materiales
de capacitación.*

www.cawst.org

Arsénico en el agua de consumo



Expectativas de aprendizaje

1. Identificar los impactos en la salud causados por niveles nocivos de arsénico en el agua de consumo.
2. Abordar las opciones para la mitigación del arsénico.



¿De dónde proviene el arsénico?

- Está presente de manera natural en aguas subterráneas y en algunas aguas superficiales.
- Actividades de los seres humanos.



(Fuente: OMS, Synthesis Report on Arsenic in Drinking Water, 2002)

Niveles naturales de arsénico

Fuente de agua	Concentraciones típicas
Lluvia y nieve	< 0,03 µg/l
Agua de río	< 2 µg/l
Agua de lago	< 1 µg/l
Agua de mar	1,5 µg/l
Agua subterránea	< 10 µg/l

¿Cómo estamos expuestos al arsénico?

Ingesta

- Agua de consumo
- Alimentos



La más significativa

Absorción a través de la piel

- Bañarse
- Manipulación de sustancias contaminadas

Inhalación

- Inhalar aserrín o humo de la quema de madera tratada con arsénico
- Vivir en zonas con niveles elevados de arsénico en roca

Generalmente menor

(Agencia de Estados Unidos para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR), ToxFAQ for Arsenic y OMS, Synthesis Report on Arsenic in Drinking Water, 2002)

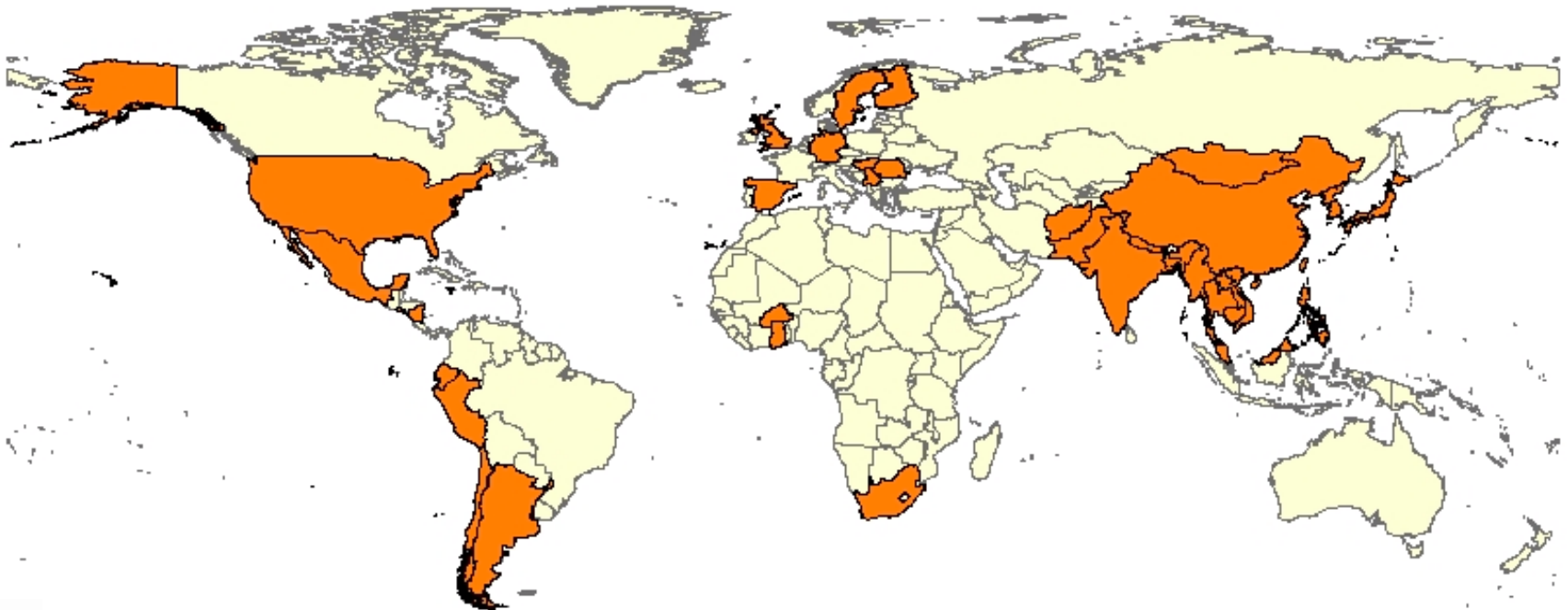
¿Qué aspecto tiene el arsénico en el agua?

- Inodoro, insípido e incoloro.
 - Solo existe una manera de comprobar su presencia – ANÁLISIS
- Los niveles de arsénico pueden variar significativamente de un pozo a otro, incluso entre pozos cercanos.
- Presente en muchas condiciones
 - Húmedas, secas



¿En qué lugares del mundo hay arsénico?

Countries Known to be Affected by Arsenic in their Drinking Water (2005)



Países con predicción de

TABLE 4. State of Arsenic Contamination in Groundwaters in Different Countries of the World

predicted contaminated regions with reported contamination			predicted contaminated regions with no measurements or reported contamination		
country	condition	% area ^b	country	condition	% area ^b
Bangladesh (2)	reducing	35.4	Estonia	reducing	37.2
Cambodia (25, 26)	reducing	45.8	Amazon basin ^a	reducing	32.6
Vietnam (8, 9, 25)	reducing	15.8	Lithuania	both	35.0
Taiwan (27)	reducing	8.2	Congo	reducing	30.1
Nepal (28)	reducing	3.2	Russia	both	14.8
Romania (29)	reducing	3.5	Myanmar	both	9.2
USA (7, 10, 23)	both	8.3	Poland	both	8.8
Argentina (30)	oxidizing	4.9	Cameroon	both	14.0
India (31)	both	6.4	Ukraine	oxidizing	7.0
China (4, 32)	both	2.5	Byelarus	oxidizing	3.3
Hungary (29)	reducing	7.4	Zambia	oxidizing	7.0
Finland (33)	unknown	34.7	Nigeria	oxidizing	9.0
Greece (34)	unknown	0.1	Angola	oxidizing	5.5
			Kenya	oxidizing	2.4
			Ethiopia	oxidizing	5.3

^a Average values for Peru, Brazil, and Colombia. ^b % Area in each country with probability of arsenic contamination > 0.75



(Amini et al., *E, S & T*, marzo de 2000)

¿Cuáles son los efectos en la salud?



¿Cómo prevenir y evitar la intoxicación con arsénico?

- Prevención
 - Beber agua libre de arsénico
 - Alimentación balanceada
- Tratamiento
 - Comenzar a ingerir agua libre de arsénico
 - Suplementos nutricionales y vitamínicos
 - Desinfectar y humectar las lesiones
 - Ciertos medicamentos; sin resultados comprobados

(Boletín de la OMS, 2000. Smith, Lingus y Rahman, "Contamination of drinking water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency")

Revertir los efectos de la arsenicosis



(Fuente: CAWST)

Después de recibir un tanque cisterna que capta agua de lluvia, otorgado por un programa de mitigación del arsénico de Bangladés, los síntomas de arsenicosis que sufría Halima desaparecieron.

Valores de referencia de arsénico en agua de consumo

OMS 10 $\mu\text{g/l}$ (ppmm) = 0,01 mg/l (ppm)

Australia 7 $\mu\text{g/l}$

Canadá 25 $\mu\text{g/l}$

Unión Europea 10 $\mu\text{g/l}$

Japón 10 $\mu\text{g/l}$

Estados Unidos 10 $\mu\text{g/l}$

Bangladés 50 $\mu\text{g/l}$

Camboya 50 $\mu\text{g/l}$

China 50 $\mu\text{g/l}$

India 50 $\mu\text{g/l}$

Laos 50 $\mu\text{g/l}$

Birmania 50 $\mu\text{g/l}$

Nepal 50 $\mu\text{g/l}$

Paquistán 50 $\mu\text{g/l}$

Vietnam 10 $\mu\text{g/l}$ zona urbana, 50 $\mu\text{g/l}$ zona rural



¿Cómo se analiza la presencia de arsénico?

- Tiras reactivas
- Tablas de referencia de
- Fotómetro digital



Tiras reactivas (Fuente: Hach)



Comparación de color (Fuente: ENPHO)



Fotómetro digital (Fuente: Palintest)

Opciones para la mitigación del arsénico

Mitigación del arsénico

Fuentes alternativas libres de arsénico

- Pozos tubulares seguros
- Pozos excavados mejorados
- Pozos perforados
- Captación de agua de lluvia
- Aguas superficiales

Tecnologías para la eliminación del arsénico

- Oxidación
- Coagulación
- Adsorción
- Complejación superficial

Pozos tubulares seguros

Pozos tubulares con niveles de arsénico dentro de los estándares vigentes

Ventaja:

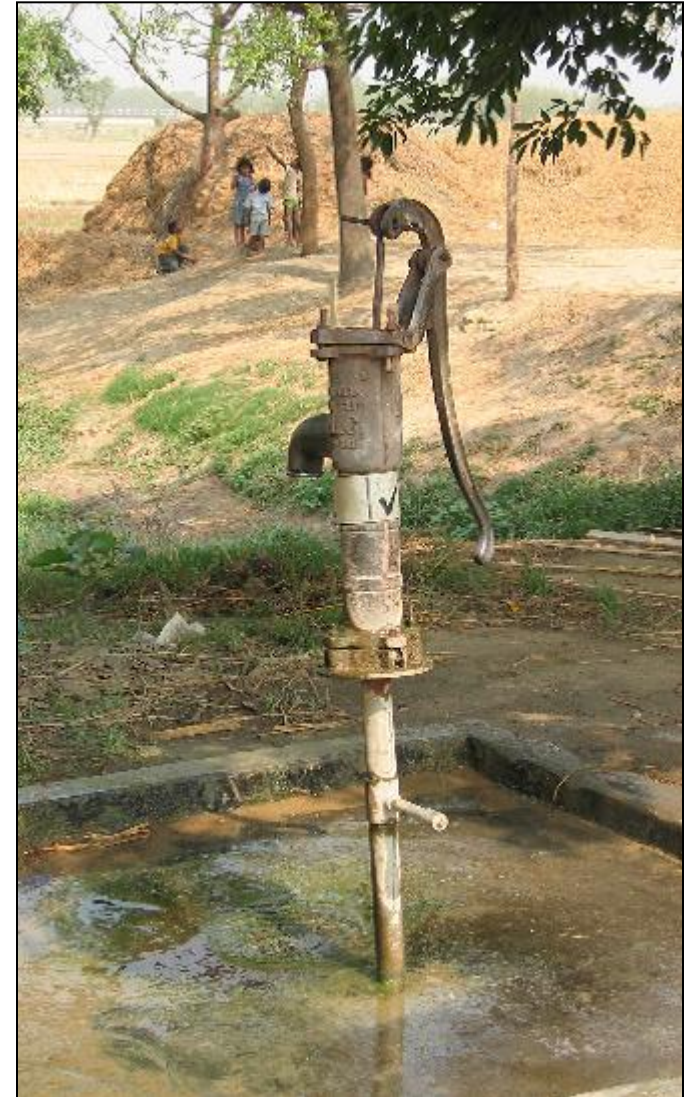
- Solución inmediata

Limitaciones:

- Necesitan controles regulares
- ¿Conveniencia?
- ¿Costumbres y restricciones religiosas?

Costo:

- Costo de análisis
- Perforar e instalar un pozo tubular poco profundo cuesta aprox. US\$100-300



Pozo excavado mejorado

Cubrir los pozos excavados existentes para minimizar la contaminación microbiana

Ventajas:

- Simple

Limitaciones:

- Podría secarse durante la estación seca
- Riesgo de contaminación con arsénico
- Excavar podría no ser fácil
- Problemas potenciales en cuanto al sabor y al olor

Costo:

- Nuevo: más de US\$1000
- Reacondicionamiento: US\$300
- Mantenimiento mínimo



Pozos perforados



Pozos perforados para explotar acuíferos libres de arsénico

Ventajas:

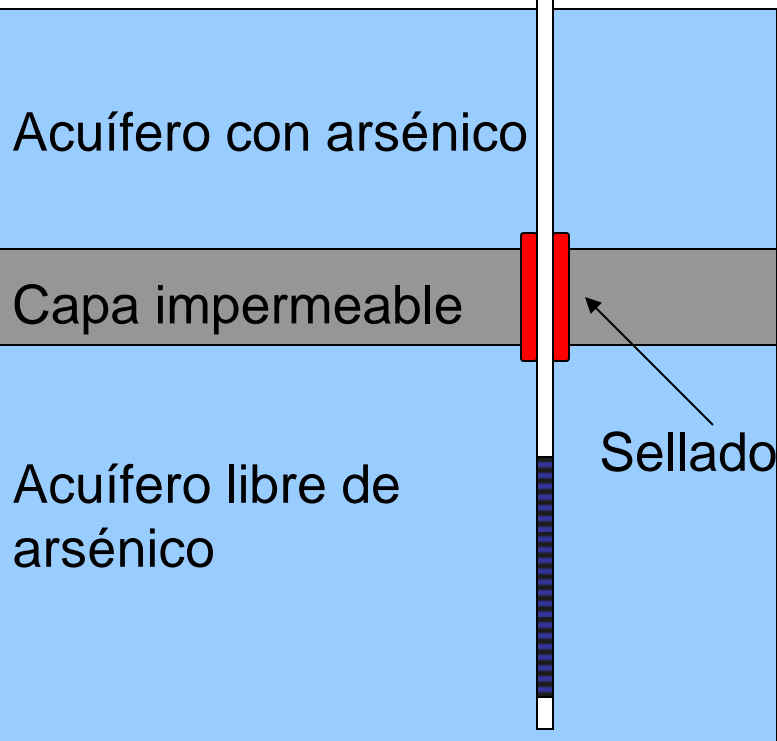
- En general, no hay contaminación microbiológica

Limitaciones:

- Perforación/sellado inadecuados → contaminación
- Niveles de arsénico a largo plazo desconocidos
- Geología adecuada solo por sectores
- Puede requerir una bomba más sofisticada

Costo:

- Desde US\$200 hasta más de US\$1000
- Mantenimiento mínimo



Captación de agua de lluvia



Recolectar el agua de lluvia que cae desde los techos en tanques de almacenamiento o recipientes para usar en otro momento

Ventajas:

- Bajo riesgo de contaminación microbiológica

Limitaciones:

- Patrón de lluvias → podría requerir tanques colectores grandes → costo elevado
- Ciertos techos resultan inadecuados
 - Techos de paja

Costo:

- Costo inicial superior a US\$200



Aguas superficiales

Tratar el agua superficial proveniente de estanques, ríos, manantiales, canales, etc.

Ventajas:

- Bajo riesgo de contaminación con arsénico

Limitaciones:

- Alto riesgo de contaminación microbiológica
- Difícil recolectar y transportar (lleva tiempo y energía)

Costo:

- Costo del tratamiento del agua a nivel domiciliario o comunitario



Complejación superficial

Ejemplo: Filtro para arsénico *Kanchan*TM



¿Qué es?

- Adaptación del filtro de bioarena: se coloca una capa de clavos oxidados en la caja difusora
- También elimina la contaminación microbiológica

¿Cómo funciona?

- Arsénico adsorbido en los clavos de hierro oxidados
- El óxido y el arsénico se desprenden y quedan atrapados en el filtro

¿Cuál es la eficacia de eliminación?

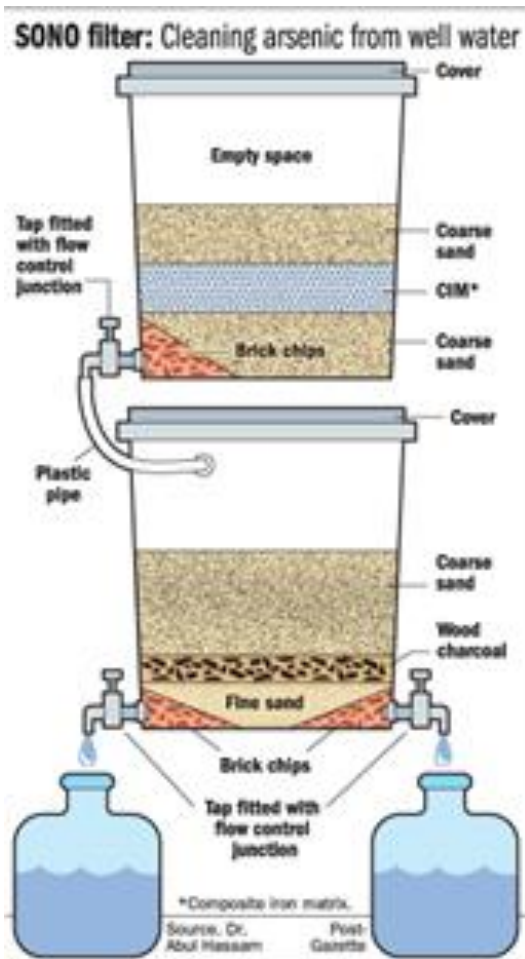
- 85-95% de eliminación de arsénico

Costo:

- US\$12-75 (dependiendo si es de concreto o de plástico)

Complejación superficial

Ejemplo: Filtro Sono (3-Kolshi)



¿Qué es?

- Es un sistema de tres baldes con una matriz de hierro compuesto (CIM)
- También elimina la contaminación microbiológica

¿Cómo funciona?

- El manganeso presente en la matriz cataliza la oxidación de As(III) a As(V), que se elimina mediante una fuerte adsorción con la matriz.

¿Cuál es la eficacia de eliminación?

- 90-95% de eliminación de arsénico

Costo:

- US\$40-50

(Fuente:
www.robrasa.com)

Adsorción

Ejemplo: Filtro MAGC-Alcan

¿Qué es?

- Dos baldes en serie
- Los dos baldes tienen alúmina activada

¿Cómo funciona?

- El arsénico se adhiere a la alúmina activada

¿Cuál es la eficacia de eliminación?

- 80-85% de eliminación de arsénico

Costo:

- Costo de capital: US\$10
- Costo anual de reemplazo de la alúmina activada: US\$10-15



Adsorción

Ejemplo: Filtro Shapla

¿Qué es?

- Pedazos de ladrillo bañados en sulfato ferroso, colocados en un recipiente cerámico

¿Cómo funciona?

- El arsénico se adhiere a los pedazos de ladrillo

¿Cuál es la eficacia de eliminación?

- 80-90% de eliminación del arsénico

Costo:

- Costo de capital: US\$10
- Costo anual de reemplazo de los trozos de ladrillo con sulfato ferroso: US\$10-15



Oxidación

Ejemplo: Oxidación solar y eliminación del arsénico

¿Qué es?

- Se agrega jugo de limón al agua colocada dentro de recipiente de PET y luego exponerlo al sol
- También trata la contaminación microbiológica

¿Cómo funciona?

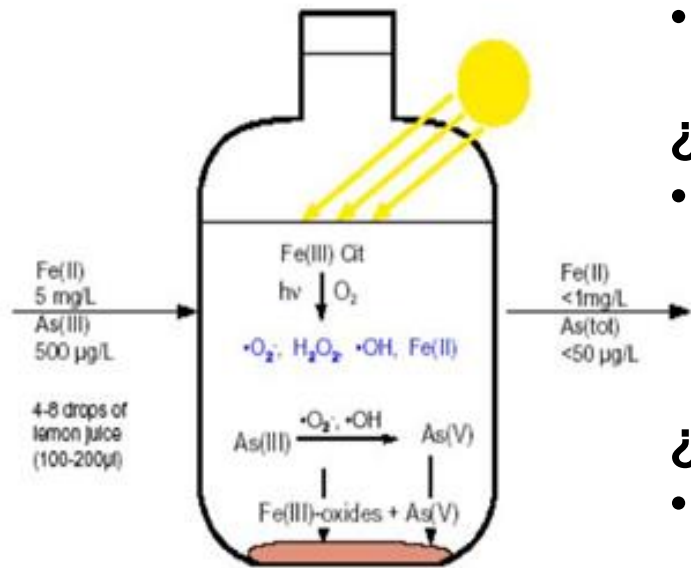
- El As(III) se oxida a As(V), se adsorbe al hidróxido de hierro del agua, precipita y se asienta en el fondo.

¿Cuál es la eficacia de eliminación?

- Si el hierro > 8 ppm, 75-90% de eliminación de arsénico
- Si el hierro < 5 ppm, <50% de eliminación de arsénico

Costo: Ínfimo

Photo-oxidation and removal of As



Coagulación

Ejemplo: Filtro 2-Kolshi



¿Qué es?

- Se agrega sulfato de hierro, hipoclorito de sodio y ceniza al agua y luego se filtra
- También trata la contaminación microbiológica

¿Cómo funciona?

- El As(III) se oxida a As(V), coprecipita con el hierro y después se filtra para eliminar los flóculos

¿Cuál es la eficacia de eliminación?

- 90% de eliminación del arsénico

Costo:

- Costo de capital: US\$10
- Costo anual de reemplazo de las sust. químicas: US\$10-15

Repaso

1. ¿Qué impactos a la salud provocan los niveles excesivos de arsénico en el agua de consumo?
2. ¿Cuáles son algunas de las opciones para reducir la presencia de arsénico en el agua de consumo?