

Problemas del agua potable: El arsénico

Bruce J. Lesikar, Profesor e Ingeniero Agrícola de Extensión, Extensión Cooperativa de Texas,
Rebecca H. Melton, Asistente de Extensión, Extensión Cooperativa de Texas,
El Sistema Universitario Texas A&M

Michael F. Hare, Especialista Principal en Recursos Naturales, División de Programas de Pesticidas,
Departamento de Agricultura de Texas

Janie Hopkins, Manager, Sección de Monitoreo del Agua Subterránea,
Consejo Texano para el Desarrollo del Agua,

Monty C. Dozier, Profesor Asistente y Especialista de Extensión
Extensión Cooperativa de Texas
El Sistema Universitario Texas A&M

El elemento arsénico ocurre naturalmente en formas diferentes, y se puede clasificar como orgánico o inorgánico. El arsénico se distribuye extensamente en las piedras, la tierra, el agua y el viento, así como en los seres vivos. El arsénico puede ser liberado en el ambiente como resultado de eventos naturales o por actividades humanas. Las concentraciones naturales de arsénico en la tierra son típicamente de 0.1 a 40 partes por millón (ppm), con una concentración media de 5 a 6 ppm. Por medio de la erosión, la disolución y el desgaste por el clima, el arsénico se puede liberar de la corteza terrestre al agua subterránea o superficial. Las aguas geotérmicas (por ejemplo, las "fuentes termales") también pueden liberar arsénico en el agua subterránea, especialmente en la parte occidental de los Estados Unidos. Otras fuentes naturales de arsénico incluyen los volcanes y los incendios forestales.

En la naturaleza, el arsénico orgánico e inorgánico se puede encontrar en muchas formas. El arsénico inorgánico se genera cuando el arsénico se une con elementos tales como el oxígeno, el cloro y el azufre.

El arsénico se encuentra generalmente en formas inorgánicas en el agua, de las que la forma más predominante es el arsenato [As(V)], aunque el arsenito [As(III)] puede estar presente bajo algunas condiciones. Cuando el arsénico se encuentra en plantas y

animales, se combina con el carbón y el hidrógeno, formando arsénico orgánico.

El arsénico orgánico es arsénico generalmente menos perjudicial que el inorgánico, aunque la exposición a niveles altos de algunos compuestos de arsénico orgánico puede causar un efecto semejante al del arsénico inorgánico.

En el agua, el arsénico puede experimentar una serie de cambios, incluyendo reacciones de oxidación-reducción (un átomo de arsénico que toma electrones de otro átomo o los pierde porque otro átomo los toma), intercambios de átomos ligando (intercambios de electrones implicando otros átomos que se combinan con un átomo central de arsénico) y biotransformaciones (cambios químicos a los átomos de arsénico dentro del cuerpo de un ser vivo). Por ejemplo, muchos compuestos de arsénico pueden disolverse en el agua, por lo que los peces y mariscos pueden acumular arsénico, pero la mayor parte de este arsénico estará unido en una forma que no es perjudicial para otros animales.

El estado de oxidación del átomo de arsénico (ya sea su combinación con el oxígeno o su pérdida de electrones, haciendo que el átomo tenga una carga positiva) y su potencial de oxidación-reducción (su consentimiento para intercambiar electrones con otros átomos) afectan su destino y sus procesos de transporte

en el agua subterránea. Las siguientes características del agua se han identificado también como factores que afectan el transporte y la disposición de arsénico:

- la acidez o alcalinidad del agua (pH)
- la cantidad de hierro en el agua
- la cantidad de sulfuro de metal y sulfuro en el agua
- la temperatura y salinidad del agua
- la distribución y la composición de organismos vivos presentes en el agua

El estado de oxidación parece ser el factor más importante que determina el destino del arsénico y su transporte por sistemas de tratamiento de agua potable. El arsenato se remueve más fácilmente que el arsenito debido a que tiene una carga iónica más grande. Los procedimientos del tratamiento que utilizan tecnologías de aluminio activado, intercambio de iones y ósmosis inversa pueden alcanzar tasas relativamente altas de eliminación del arsenato. Sin embargo, estas tecnologías no logran alcanzar tasas comparables de eliminación del arsenito, aunque su oxidación con el arsenato (la eliminación de dos electrones más de cada átomo) puede mejorar la eficiencia de la eliminación. Si se encuentra que hay arsenito en una fuente de agua, se debe agregar un paso de oxidación al sistema de tratamiento antes de la unidad de eliminación del arsénico.

¿Cuáles son los usos agrícolas del arsénico?

La mayoría de los usos agrícolas del arsénico se han prohibido en los Estados Unidos. El último uso agrícola del arsénico inorgánico, el ácido de arsénico en el algodón, se canceló voluntariamente en 1993. Los compuestos inorgánicos de arsénico (el ácido de arsénico, el trióxido de arsénico y el arsenato de sodio) son utilizados actualmente sólo en cebos sellados para hormigas y en preservantes de madera.

El arsénico orgánico se encuentra en los herbicidas orgánicos metanoarsonato monosódico (MSMA) y metanoarsonato de disodio (DSMA), que son aplicados actualmente a los campos de algodón o utilizado para el control después de la germinación del pasto cuaresma, la hierba dallis y otras malas hierbas del césped. El arsénico orgánico se encuentra también en aditivos de alimentos para aves caseras y cerdos y parece que se concentra en los desechos de estos animales. Las bacterias del suelo convierten los compuestos orgánicos de arsénico del suelo en alkylarsines (arsinas) y arsenato; no existen publicaciones actualmente acerca de la fuga o el transporte de MSMA o DSMA del suelo.

¿Cómo puede afectar el arsénico la salud?

Las ratas requieren de cantidades diminutas de arsénico para el desarrollo normal de sus fetos, y hay limitada evidencia que pequeñas cantidades de arsénico pueden ser beneficiosas para humanos y animales. En la mayoría de los casos, la ingestión poco frecuente de agua que contiene niveles relativamente bajos de arsénico puede ser convertida por el cuerpo a formas orgánicas y pasada por el cuerpo sin efecto adverso.

Sin embargo, la exposición a niveles elevados de arsénico inorgánico puede ser perjudicial al cuerpo. Aunque el nuevo Nivel Máximo de Contaminante (MCL) para el arsénico es 10 microgramos/litro, la agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) estima que cerca de 350,000 personas en los Estados Unidos pueden beber agua que contiene más de 50 microgramos/litro de arsénico, y casi 25 millones de personas pueden beber agua que contiene más de 25 microgramos/litro.

Los efectos resultantes de la exposición al arsénico pueden depender del sexo de la persona, su origen étnico, edad, salud y estado nutricional, y especialmente de la concentración en el agua y la duración de la exposición. Cuando niveles altos de arsénico (concentraciones mayores a 60 miligramos/litro) son ingeridos durante un período corto de tiempo, ocurre un envenenamiento agudo. El envenenamiento agudo puede matar. Los síntomas no letales del envenenamiento agudo incluyen:

- Efectos gastrointestinales tales como náusea, vómitos, dolor abdominal y diarrea severa
- Hinchazón del tejido alrededor de los ojos
- Reducción en la producción de glóbulos blancos y rojos
- Ritmos cardíacos anormales
- Daño a los vasos sanguíneos
- Hormigueo en las manos y pies ("dormidos o entumecidos")

Los niveles de arsénico son raramente lo suficientemente altos en los suministros de agua potable para causar el envenenamiento agudo. La ingestión crónica de niveles bajos de arsénico inorgánico puede causar que la piel oscurezca y que se formen pequeños "callos" o "agua" en las palmas de las manos y pies, y en el torso. La exposición a largo plazo puede conllevar también a tener síntomas gastrointestinales, diabetes, anemia, efectos cardiovasculares, pulmonares y neurológicos, así como enfermedad hepática.

Las manifestaciones de estos efectos pueden incluir hipertensión portal no cirrótica (presión alta en los vasos sanguíneos del hígado en ausencia de las enfer-

medades hepáticas conocidas como cirrosis), varices esofágicas sangrientas (venas sobresaliendo en el esófago), esplenomegalía (bazo ampliado), hiperesplenismo (bazo que destruye más glóbulos que lo normal), sabor metálico en la boca, líneas de Mee en la base de las uñas, depresión de la médula ósea (menos producción de glóbulos) y neuropatía periférica. El contacto con arsénico inorgánico puede causar que la piel se vuelva roja e hinchada.

La exposición en el lugar de trabajo o la ingestión crónica de agua contaminada con arsénico o medicinas que contienen arsénico también están asociadas con el desarrollo de cáncer de la piel, de pulmón y otros tipos de cáncer. Varios estudios han demostrado que el arsénico inorgánico puede aumentar el riesgo de padecer cáncer de pulmón, cáncer de la piel, cáncer de la vesícula, cáncer del hígado, cáncer de riñón y cáncer de la próstata. La Organización Mundial de la Salud (WHO), el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (DHHS) y la EPA han determinado que el arsénico inorgánico es un carcinógeno humano.

No se sabe si la exposición al arsénico causa defectos de nacimiento o si tiene otros efectos en el desarrollo de las personas, aunque se han observado defectos de nacimiento en animales expuestos a cantidades altas de arsénico inorgánico. Es probable que los efectos de salud que se han visto en niños expuestos a cantidades altas de arsénico se parecerán a los efectos vistos en adultos expuestos a cantidades altas.

Hay pruebas que pueden medir los niveles de arsénico en la sangre, la orina, el pelo o las uñas, siendo las pruebas de orina el indicador más seguro de la reciente exposición al arsénico. Las pruebas del pelo y las uñas pueden medir la exposición a niveles altos de arsénico dentro de 6 a 12 meses previos. Estas pruebas pueden determinar la exposición a niveles de arsénico por encima del promedio pero no pueden predecir cómo tales niveles de arsénico afectarán la salud.

¿Cuál es el estándar para niveles de arsénico en el agua potable?

El 22 de enero del 2001, la EPA redujo la cantidad de arsénico admisible en el agua potable pública de 50 microgramos/litro a 10 microgramos/litro. Los sistemas públicos de agua en los Estados Unidos deben cumplir este estándar nuevo a partir del 23 de enero del 2006. Con esta disminución en el Nivel Máximo de Contaminante (MCL), se aumenta la probabilidad de exceder el nuevo estándar.

A los sistemas públicos con niveles de arsénico que exceden el MCL nuevo se les requerirá tratar su agua

o encontrar fuentes alternativas de suministro. Cumplir con este 80 por ciento de disminución en el MCL presenta un desafío para sistemas de tratamiento de agua debido a las implicaciones toxicológicas, económicas y de infraestructura. Mientras que el cumplimiento disminuirá la exposición de los consumidores al arsénico, sus costos de agua aumentarán.

Los MCL aplican sólo a suministros públicos de agua. Los pozos de propietarios privados no se regulan, lo que significa que tales propietarios pueden estar consumiendo agua con concentraciones de arsénico que exceden los estándares oficiales. Los dueños de pozos privados deben decidir si hacerle una prueba a su agua de pozo, y después tratarla si es necesario. La prueba de arsénico cuesta típicamente cerca de 25 dólares.

Los pozos con niveles altos de arsénico son agrupados a veces en un área particular, por lo que el Consejo de Desarrollo del Agua de Texas (TWDB) recomienda que usted informe a sus vecinos si las pruebas de su agua revelan niveles altos de arsénico y que todos los residentes del área con fuentes privadas de agua manden muestras de su agua a los laboratorios estatales certificados para hacerles la prueba de contaminación de arsénico. Una lista de laboratorios certificados por la Comisión Texana para la Calidad Ambiental (TCEQ) para conducir pruebas de fuentes públicas de agua potable se puede encontrar en <http://www.tnrc.state.tx.us/permitting/waterperm/pdw/chemlabs.pdf>.

¿En dónde se han encontrado niveles altos de arsénico en Texas?

La TWDB recolecta muestras de agua subterránea por medio de su Programa de Muestreo de Calidad del Agua Subterránea. Entre 1983 y el 2004, la agencia analizó casi 15,000 muestras de más de 10,000 pozos para determinar la contaminación de arsénico (de algunos pozos se sometieron pruebas más de una vez); el 69 por ciento de las 15,000 muestras obtuvo niveles indetectables de arsénico.

En las 4,642 muestras de agua con concentraciones detectables de arsénico, el nivel promedio de arsénico fue de 5 microgramos/litro, lo que significa que la mitad de las muestras tuvieron concentraciones de más de 5 microgramos/litro y la mitad de las muestras tuvieron concentraciones de menos de 5 microgramos/litro. El veintisiete por ciento de estas muestras contuvo arsénico por encima de 10 microgramos/litro, del nuevo estándar de la EPA. De los casi 900 pozos de agua con concentraciones que exceden el estándar primario nuevo de 10 microgramos/litro, aproximadamente 30 por ciento proporcionan agua a residencias, el 24 por ciento a instalaciones públicas de suministro,

el 18 por ciento a pozos de riego, el 16 por ciento a pozos de reserva y el 5 por ciento a otros usos, incluyendo instalaciones industriales y comerciales; el 7 por ciento de estos pozos no estaban siendo usados. Las concentraciones altas de arsénico que se cree están ocurriendo naturalmente se han encontrado en las Llanuras Altas del sur (acuífero de Ogallala), en varios condados de la parte Occidental de Texas (varios acuíferos) y en el sur de Texas (acuífero de la Costa del Golfo) (Fig. 1).

Algunos datos reportados a la TCEQ acerca de los sistemas públicos de agua potable (no mostrados en la Fig. 1) indican también que hay concentraciones altas de arsénico, principalmente en los acuíferos de Ogallala y la Costa del Golfo. Por ejemplo, los sistemas públicos de agua del área de Harris-Brazoria-Galveston que utilizan proporciones significativas de agua subterránea reportan niveles de arsénico por encima de 10 microgramos/litro (Regner et al., 2004).

¿Qué pueden hacer los dueños de pozos con respecto a la contaminación de arsénico?

Los dueños de pozos necesitan considerar las siguientes opciones si encuentran que su agua de pozo contiene niveles excesivos de arsénico:

- **Comprar agua embotellada para beber y cocinar.** A menos que su fuente de agua tenga niveles de arsénico de más de 500 microgramos/litro, ésta se puede utilizar en forma segura para actividades ajenas al consumo tales como para regar, bañarse y lavar la ropa.
- **Conectarse a un sistema público de agua.** A todos los sistemas de abastecimiento de agua de las comunidades se les hace una prueba regularmente para detectar arsénico y otros contaminantes, y tales sistemas deben estar en conformidad con los reglamentos de la EPA del 2006.
- **Extender la tubería de revestimiento del pozo o taladrar un nuevo pozo en formaciones diferentes de agua, reduciendo posiblemente los niveles de arsénico.** Los diseños de los pozos pueden reducir las concentraciones de arsénico si tienen acceso a un acuífero diferente o permiten mezclar el agua de diferentes niveles en un acuífero.
- **Comprar sistemas de tratamiento.** Los dueños

de los pozos que escogen esta opción deben hacerles una prueba a su agua otra vez para determinar si otros componentes disueltos en su agua exceden también los estándares del agua potable. Incluso si los niveles de otros componentes están en conformidad con los estándares del agua potable, estos componentes pueden intervenir con los sistemas propuestos de remediación del arsénico. El hierro y el manganeso, por ejemplo, entorpecen el tratamiento efectivo del arsénico y se deben remover antes que el tratamiento de arsénico empiece. Los dueños de pozos deben considerar también si el tratamiento debe conducirse en cada sitio (punto de uso) o antes de la entrada a la residencia (punto de entrada), debido a los diferentes sistemas de tratamiento disponibles existentes para cada opción.

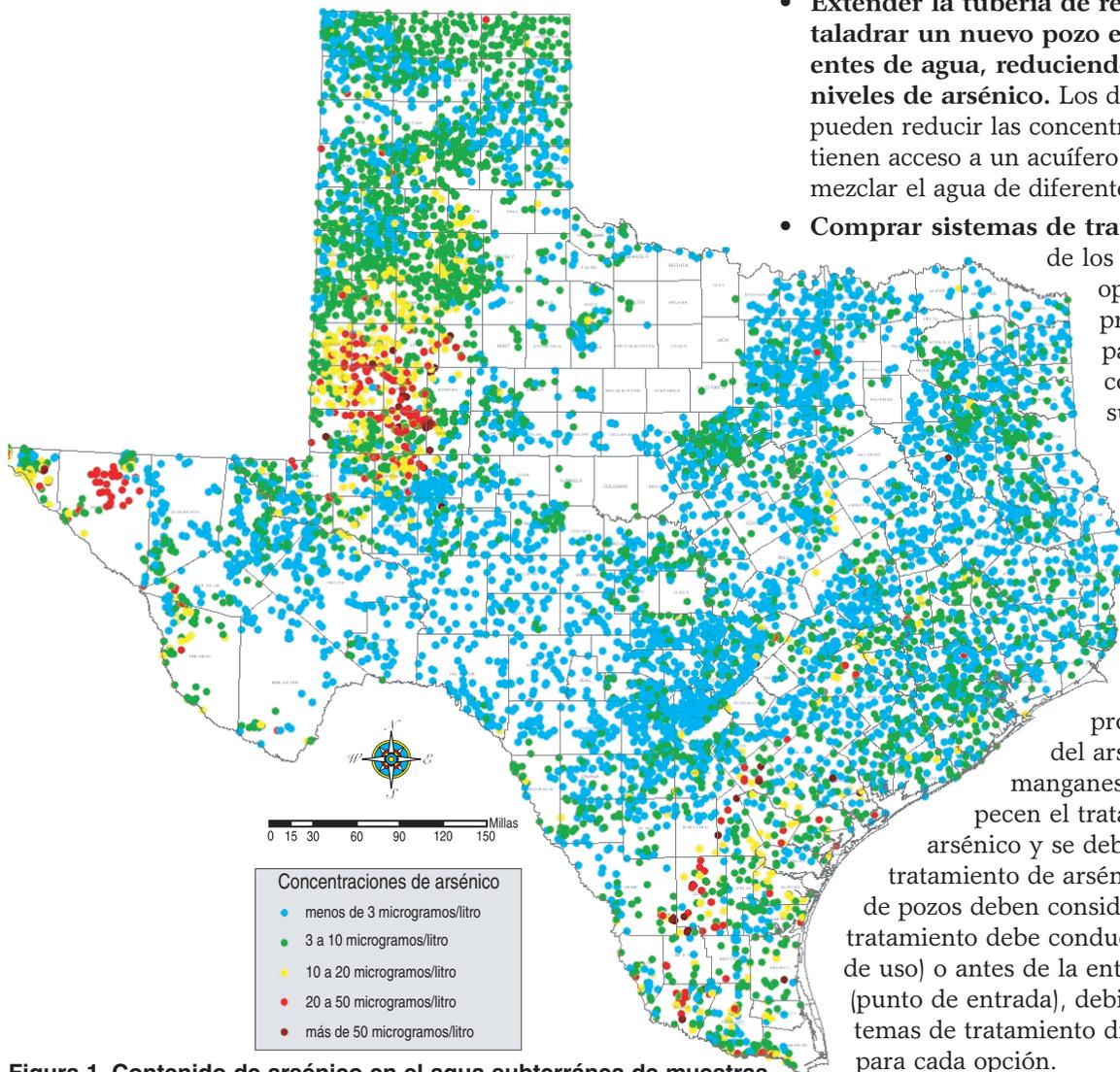


Figura 1. Contenido de arsénico en el agua subterránea de muestras obtenidas de 1983 al 2004 por la TWDB.

¿Qué métodos de tratamiento son utilizados comúnmente por los dueños de pozos?

(Adaptado de USEPA, 2003)

Los métodos comunes de tratamiento utilizados para remover el arsénico del agua de pozo incluyen las columnas de adsorción, la ósmosis inversa, la destilación y el intercambio de iones. Antes de instalar un sistema particular de tratamiento, los dueños de pozos deben cerciorarse que el sistema va a satisfacer sus necesidades. Ellos deben trabajar con comerciantes acreditados familiarizados con las áreas donde se encuentran sus pozos y averiguar cuál es la cantidad de arsénico que el sistema de tratamiento removerá, sus requisitos de mantenimiento y sus costos. Los sistemas de tratamiento certificados por una agencia independiente tal como la Fundación Nacional del Sanidad (NSF) generalmente respaldan efectivamente lo que el fabricante ofrece. Después de que los dueños de pozos instalan un sistema de tratamiento, ellos deben hacerles pruebas a su agua para cerciorarse periódicamente que el arsénico se está removiendo.

La columna de adsorción

Absorbentes modificados de aluminio y hierro figuran entre las materias absorbentes que se pueden utilizar para remover el arsénico del agua. Las ventajas de usar una columna de adsorción incluyen: una operación sencilla, poco mantenimiento, un costo relativamente bajo que depende de la frecuencia del reemplazo de cartucho, un espacio pequeño para colocar la columna bajo los gabinetes, una capacidad alta de tratamiento y una cinética lenta para romper el arsénico. El arsénico que ha pasado sin tratamiento por una unidad de la columna de adsorción se detecta más

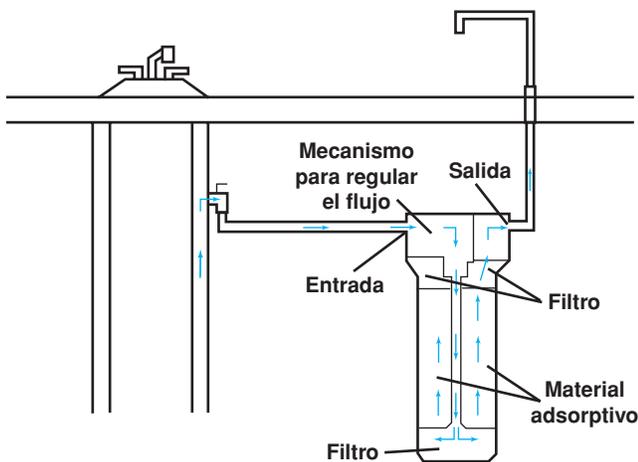


Figura 2. Tratamiento de Adsorción (Adaptado de USEPA, 2003).

prontamente por monitoreos rutinarios que en sistemas rápidos para romper el arsénico. Para prevenir que el arsénico sin tratamiento salga en el agua potable, se pueden utilizar cartuchos con un medidor que apagará el sistema de salida cuando un volumen designado de agua haya pasado por la unidad de tratamiento.

El costo inicial de una unidad de adsorción oscila entre \$100 y \$300. Los costos de operación y mantenimiento incluirán el muestreo del agua, el análisis de laboratorio y el remplazo de los prefiltros y cartuchos de las membranas, así como otro mantenimiento regular.

Ósmosis inversa (OI)

Se recomienda usar unidades de OI cuando el agua rica en arsénico contiene niveles altos de sulfatos, fosfatos y sólidos disueltos. Al operar a presiones comunes en los grifos, algunos artefactos de OI remueven más del 95 por ciento del arsenato presente (90 por ciento del arsenito). Una unidad de OI opera pasando agua bajo presión por una membrana semipermeable. Esta membrana permite que el agua pase a través de la misma pero previene que pase el arsénico. La mayoría de las unidades van a tener:

- Un prefiltro para remover sólidos y prolongar la vida de la membrana.
- Un filtro de carbón activado para remover olores, sabores y cloro.
- Una membrana semipermeable.
- Un tanque para almacenar el agua tratada.
- Una conexión de desagüe para desechar el agua residual producida.

Sin embargo, las unidades de OI logran recuperar muy poca agua. La mayoría de las unidades están diseñadas para recuperar de 20 a 30 por ciento de lagua procesa-

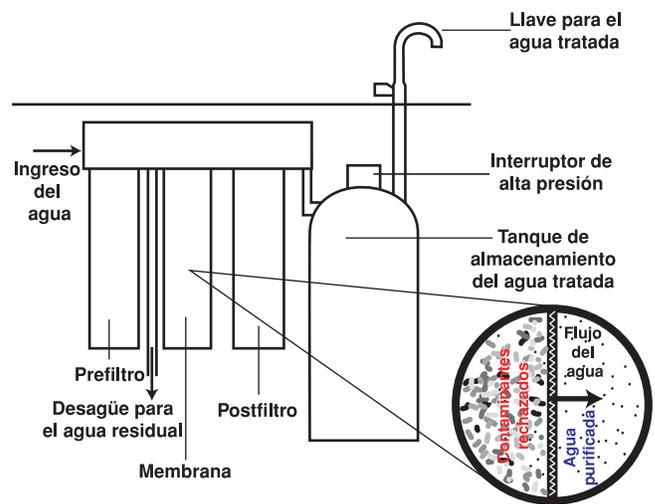


Figura 3. Unidad de Tratamiento de Ósmosis Inversa (Adaptado de Kneen et al., USEPA, 2003.)

da. Por ejemplo, si se tratan 100 galones de agua, solamente de 20 a 30 galones van a ser útiles; el resto del agua se enviará a un sistema de tratamiento de agua residual. Los propietarios de residencias que usan un tratamiento de agua residual en sus casas deben considerar el impacto que esta carga adicional de la unidad de OI va a tener en sus sistemas sépticos. Debido a su ineficiencia, las unidades de OI típicamente se usan para tratar agua para beber y cocinar, por lo que el tamaño del sistema debe basarse en el número de galones usados por día para estos propósitos. La producción típica de una unidad de OI varía de 5 a 15 galones de agua por día.

Las unidades de OI típicamente cuestan entre 300 y 1,000 dólares. La membrana semipermeable de la unidad de OI se debe reemplazar de acuerdo al calendario recomendado por el fabricante. Las membranas nuevas cuestan aproximadamente \$150 y un prefiltro de carbón cuesta típicamente entre \$15 y \$50.

Dependiendo del sistema, y basándose en un promedio de 10 años, el costo de la producción de agua varía entre 5 y 10 centavos por galón, sin contar los costos del agua utilizada o los costos de tratar el agua residual de la unidad de OI, si acaso existen.

La destilación

La destilación reduce los niveles de arsénico de una fuente de agua. En el proceso de destilación, el agua se calienta hasta el punto de ebullición en un recipiente cerrado, lo que deja las impurezas detrás a medi-

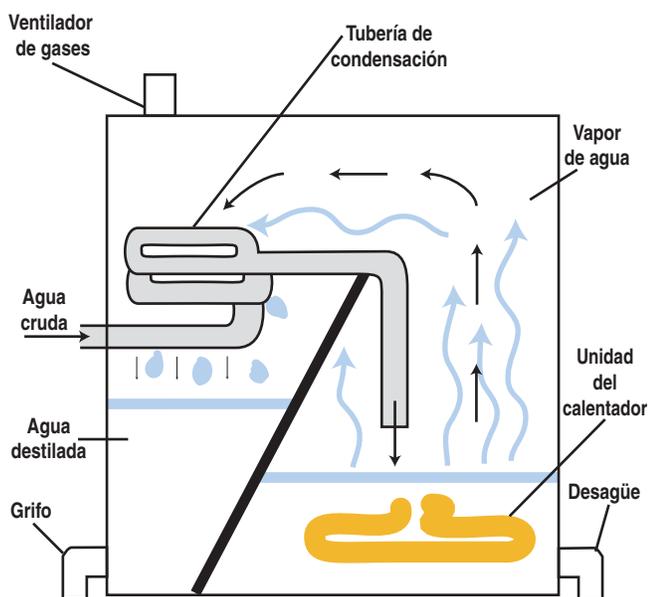


Figura 4. Proceso de destilación (Adaptado de Kocher et. al., 2003.)

da que el agua se evapora. El vapor resultante entonces se enfría y condensa convirtiéndose de nuevo en líquido. Por lo tanto, los gases disueltos y los compuestos que se volatilizan casi en el punto de ebullición del agua serán transportados por el vapor y acabarán en el agua tratada. Tales contaminantes pueden removerse pasando el agua destilada por un postfiltro. La mayoría de las unidades de destilación pueden tratar de 5 a 11 galones de agua por día.

Las unidades de destilación cuestan entre \$300 y \$1,200. Sin embargo, los costos de operación de los sistemas de destilación pueden ser más altos que los de otros métodos de tratamiento debido a la gran cantidad de electricidad requerida para operar el destilador. Los costos de energía se pueden estimar utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Costo/gal} = 0.024 \times \frac{\text{Voltaje de la unidad}}{\text{Producción (gal/día)}} \times \text{costo de la electricidad (\$/kWh)}$$

Intercambio de iones

Los iones son partículas con carga eléctrica. Debido a que el arsenato forma un anión (un ión con carga negativa), éste puede removerse del agua por un proceso de intercambio de iones (IE). Este proceso remueve el arsénico de una fuente de agua pasando el agua bajo presión por una o más columnas empacadas con una resina de intercambio particular. La resina usada comúnmente para el tratamiento de arsénico es una resina con una base fuerte para el intercambio de iones en forma ya sea de cloruro o de hidróxido. Cuando un ion de arsénico (arsenato) se mueve a través de la resina, un ion de cloruro o un ion de hidróxido se libera de la resina y el arsenato toma su lugar, porque el sitio del intercambio de

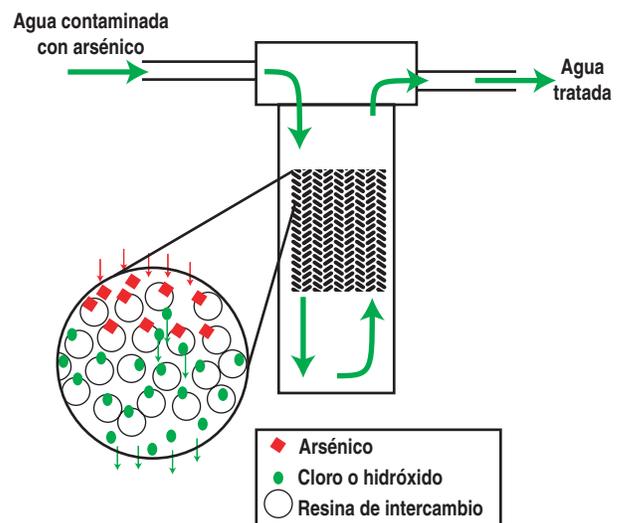


Figura 5. Proceso de Intercambio de Iones (Adaptado de Robillard et. al., 2001.)

resina atrae al ion de arsénico más fuertemente que el ion que lo reemplazó. El reemplazo de todos los iones originales satura la columna de resina, y ésta se debe regenerar o reemplazar. En el tratamiento de arsénico, la resina se debe recargar sólo en instalaciones especiales, lo que hace el IE un tratamiento costoso.

Si la fuente de agua contiene hierro, más de 500 mg/L de sólidos disueltos totales (TDS), más de 50 mg/L de sulfato (SO₄⁻) o niveles altos de nitrato, el intercambio de iones muy probablemente no es la mejor opción de tratamiento. El arsénico combinado con el hierro puede pasar por la columna sin ser tratado. La rotura del arsénico puede ocurrir también cuando los iones de nitrato y sulfato compiten con el arsenato por los lugares en la resina. Si los iones de nitrato y sulfato desplazan los iones de arsénico, el arsenato pasará sin ser tratado por la unidad de IE. Cuando la columna de resina llega a saturarse con iones, el agua rica en sulfato que pasa por el sistema puede causar alcanzar la máxima cromatografía, haciendo las concentraciones de arsénico y nitrato en el efluente de la columna sean más altas que las del agua que entra en la columna. Debido a que la cromatografía máxima y otros acontecimientos que conllevan a la rotura pueden ocurrir muy rápidamente, el efluente de la unidad de tratamiento de IE se debe monitorear frecuentemente para asegurar que la unidad opera apropiadamente.

Además de los costos de monitoreo y del reemplazo de la resina, una unidad de intercambio de iones cuesta inicialmente entre \$400 y \$1500.

¿Cómo debe un propietario de pozo seleccionar una unidad de tratamiento?

Una sola tecnología no va a tratar todos los contaminantes del agua. Antes de seleccionar una opción de tratamiento, los propietarios de pozos deben de hacerle pruebas a la fuente de agua usando un laboratorio calificado para determinar la calidad del agua. Una lista de laboratorios certificados por la Comisión Texana para la Calidad Ambiental (TCEQ por sus siglas en inglés) para hacerle pruebas al agua potable puede encontrarse en: <http://www.tnrcc.state.tx.us/permitting/waterperm/pdw/chemlabs.pdf>

Una vez que haya determinado los constituyentes presentes en sus fuentes de agua, haga una investigación de los diferentes productos para encontrar uno que sea apto para tratar estos constituyentes. Considere la compatibilidad de los tratamientos si debe tratar más de un contaminante. Por ejemplo, mientras que el proceso de intercambio de iones puede usarse para

tratar el nitrato y el perclorato, un sistema debe de acondicionarse especialmente para tratar ambos. Compare los costos iniciales, los costos y requerimientos de operación y mantenimiento, la eficiencia de remoción de contaminantes, las garantías, la vida útil del sistema y la reputación de la empresa. Antes de tomar la decisión final, también considere la cantidad de agua residual o los desechos sólidos generados por el sistema.

Los sistemas de tratamiento de agua para el hogar no están regulados por leyes estatales o federales, pero algunas organizaciones nacionales ofrecen certificaciones de los productos. La Asociación para la Calidad del Agua (WQA por sus siglas en inglés) ofrece un programa de validación y lineamientos para la publicidad. Los productos que reciben el Sello Dorado de Validación de la WQA están certificados por su proceso mecánico pero no por su habilidad para remover contaminantes dañinos. La Fundación Nacional para la Sanidad (NSF por sus siglas en inglés) certifica la habilidad de los productos para remover los contaminantes que afectan la salud. Una lista de unidades de tratamiento de agua potable con la certificación de la NSF se puede encontrar en Internet en: <http://www.nsf.org/Certified/DWTU/>. Para consultas acerca de la certificación de un producto en particular, comuníquese con la Línea de Emergencia del Consumidor de la NSF al 877-8-NSF-HELP, envíe un correo electrónico a info@nsf.org o escriba a NSF Internacional, P.O. Box 130140, 789 N. Dixboro Road, Ann Arbor, MI 48113-0140. Un número de registro de la EPA en un producto indica simplemente que el producto está registrado en la EPA; este número de registro no implica una aprobación o certificación de la EPA.

¿Cómo pueden los dueños de pozos mantener sus sistemas en marcha?

No importa qué tecnología de tratamiento use, la misma va a requerir mantenimiento para que su sistema funcione adecuadamente, y el primer paso para la operación y mantenimiento apropiado es una instalación apropiada. Los instaladores calificados:

- Tienen seguro de accidentes contra daño a la propiedad durante la instalación.
- Son accesibles para atender llamadas solicitando de sus servicios.
- Aceptan la responsabilidad por ajustes menores después de la instalación.
- Dan un presupuesto válido de los costos de instalación.

Después de la instalación del sistema, se les debe dar mantenimiento apropiado a las unidades para tratar el agua. Las membranas de OI y las resinas del intercambio iónico deben de ser reemplazadas cuando sea necesario. Todos los sistemas deben de ser operados conforme las especificaciones del fabricante. Tratar más agua en un cierto período de tiempo de la que el sistema está diseñado para tratar, puede bajar la efectividad del tratamiento y tener un impacto adverso en la calidad del agua tratada. El agua que sale de las unidades de tratamiento debe de ser examinada regularmente para verificar el funcionamiento apropiado del sistema.

Las fuentes de la información en esta publicación y otros enlaces útiles se pueden encontrar en la publicación L-5467 disponible en <http://tcebookstore.org>.

Agradecimientos

Orientación y ayuda fue proporcionada por el comité para la protección de aguas subterráneas de Texas (Texas Groundwater Protection Committee) y la comisión tejana sobre la calidad ambiental (Texas Commission on Environmental Quality). Este trabajo fue financiado en parte por la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.



Esta publicación fue financiada por la Iniciativa de la Cuenca del Río Grande, administrada por el Instituto de Recursos de Agua de Texas del Servicio de Extensión Cooperativa de Texas, con fondos proveídos a través de una concesión del Servicio Estatal Cooperativo de Investigación, Educación y Extensión, Departamento de Agricultura de los EE.UU., bajo el Acuerdo No. 2005-45049-03209.

Texas A&M AgriLife Extension Service

AgriLifeExtension.tamu.edu

Más publicaciones de Extensión están disponibles en *AgriLifeBookstore.org*

Los programas educativos de Texas A&M AgriLife Extension Service están disponibles para todas las personas, sin distinción de raza, color, sexo, discapacidad, religión, edad u origen nacional.

El Sistema Universitario Texas A&M, el Departamento de Agricultura de EE.UU. y las Cortes de Comisionados de Condado de Texas en Cooperación.