# Una pequeña dosis de arsénico

# o

# Una introducción a los efectos del arsénico en la salud

## Dosier

**Nombre:** arsénico
**Uso:** conservantes de madera, plaguicidas, fabricación de semiconductores
**Fuentes:** combustión de carbón, agua potable, medio ambiente, medicinas, mariscos.
**Dosis diaria recomendada:** ninguna (no esencial)
**Absorción:** Inhalación, intestinal – absorción alta de arsénico inorgánico-, baja de arsénico orgánico - piel
**Personas sensibles:** niños
**Toxicidad/síntomas** Sistema nervioso periférico (hormigueo en las manos y en los pies), cáncer de piel (ingestión), cáncer de pulmón (inhalación); hiperpigmentación (queratosis) de palmas y plantas de los pies; complicaciones vasculares
**Datos regulatorios**: EPA – agua potable 10 µg/L (0.01 ppm, 10 ppb)
EPA – RfD – 0.3 µg/kg/day
OSHA – aire en el lugar de trabajo 10 $\mu g/m^3$
ATSDR - MRL - 0.3 µg/kg/day
**Datos generales:** Larga historia de uso como medicina y veneno
**Ambiental:** Contaminante medioambiental global, se bioacumula en peces y mariscos (principalmente en una forma que no es perjudicial)
**Recomendaciones:** evitar, no utilizar madera tratada con arsénico, probar agua potable.

> (Henry Adams)... se encontraba invariablemente dando por sentado, como un instinto político, sin esperar más experimentos -como dio por sentado que el arsénico envenenó- la regla de que un amigo en el poder es un amigo perdido...
>
> Henry Adams (1838–1918). The Education of Henry Adams. 1918

# Arsénico en el agua potable

El arsénico en el agua potable es un problema mundial que afecta la vida de millones de personas. Los altos niveles de arsénico en el suelo local o roca contaminan el suministro local de agua. En los Estados Unidos, el gobierno federal ha luchado durante muchos años por establecer estándares de arsénico en el agua potable. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos ha reducido recientemente la norma de 50 ppm (50 µg / L) a 10 ppm. Esta norma requerirá el tratamiento adicional de una serie de abastecimientos de agua municipales particularmente en el oeste de los Estados Unidos (ver mapa en la presentación). El estándar se está reduciendo porque la exposición crónica a niveles bajos de arsénico puede causar cáncer de piel y otras enfermedades. Incluso con el nuevo estándar de 10 ppm, existe el riesgo de cáncer.

En otras partes del mundo, como Bangladesh, los elevados niveles de arsénico en el agua potable son más graves para la vida. Se alentó a las personas a establecer pozos locales para reducir la exposición al agua potable contaminada por bacterias. Posteriormente se descubrió que muchos de estos pozos tienen altos niveles de arsénico. Se estima que 75 millones de personas de Bangladesh están expuestas al agua contaminada con arsénico, lo que provocará 200.000 a 270.000 muertes por cáncer cada año. Además, las personas sufren de cambios en la piel de las palmas de las manos y las plantas de los pies. (Para información adicional vea la presentación).

# Madera tratada a presión

Con mucho, el mayor uso del arsénico es el tratamiento de la madera para prevenir el deterioro o el daño por insectos. Se utilizan varios compuestos, pero gran parte de la madera se trata con un plaguicida llamado arseniato de cobre cromatado (CCA por sus siglas en inglés), utilizado por primera vez en la década de 1940. El CCA es una mezcla a base de agua de sales inorgánicas de cromo, cobre y arsénico que es forzado en la madera bajo presión. La Madera tratada con CCA se encuentra todavía en terrazas, equipos de parques de diversiones, muebles de exterior, vallas, madera de construcción, postes de servicios públicos, muelles y pilotes. La cantidad de arsénico en la madera tratada puede

ser bastante grande. Una longitud estándar de ocho pies de madera tratada de 2 "x 4" contiene hasta 15 gramos de arsénico. Para poner esto en perspectiva, la dosis letal de arsénico en humanos es de 70 a 200 mg o aproximadamente 1 mg / kg. Desde el 31 de diciembre del 2003, el CCA ya no se utiliza en madera para la mayoría de los entornos residenciales, incluyendo terrazas y juegos. Hay una serie de conservantes de madera libres de arsénico en el mercado que se registran para tratar la madera para uso doméstico.

Los riesgos para la salud de la exposición a la madera tratada con arsénico se han debatido durante años, aunque es bien sabido que la inhalación del aserrín de la construcción con madera tratada puede ser bastante peligrosa. Lo ideal es que el conservante de madera basado en arsénico se "fije" a la madera, pero investigaciones han demostrado que el arsénico se lixivia de la madera con la lluvia y que el arsénico puede ser eliminado de la superficie por contacto manual. La contaminación por arsénico del suelo bajo las terrazas a menudo excede los estándares de limpieza de residuos peligrosos. Los niños que juegan en terrazas u otras superficies tratadas captan arsénico en sus manos y después ingieren parte del arsénico cuando ponen sus manos en la boca o toman comida. Los profesionales de la salud, la industria de la preservación de la madera y los grupos de interés público han debatido intensamente sobre los peligros de estas exposiciones. En 2002, los productores de madera tratada con arsénico llegaron a un acuerdo con la EPA para eliminar los usos residenciales de la madera tratada con arsénico, incluyendo terrazas, equipos de juego, cercas, etc. El CCA seguirá estando disponible para usos comerciales. El tratamiento de madera alternativo más utilizado para reemplazar al CCA es un conservante de cobre llamado compuesto cuaternario de cobre amoniacal, o ACQ por sus siglas en inglés. El ACQ tiene una toxicidad mucho menor para los seres humanos que el CCA.

## Introdución e Historia

> Ruego a mi compañero, si quiere pan, que me pida pan, y si quiere sassafrás o arsénico, me lo pida, y no deje su plato, como si yo ya lo supiera.
>
> Ralph Waldo Emerson (1803–1882).

**As Arsenico**

**Número atómico: 33**

**Masa atómica: 74.92**

Hace mucho tiempo la gente reconoció que dependiendo de la dosis, el arsénico podría tratar una enfermedad o ser usado como un veneno para causar la muerte. Su uso medicinal para tratar la sífilis y la disentería amebiana terminó con la introducción de la penicilina y otros antibióticos en el siglo XX. Los compuestos basados en arsénico se utilizan actualmente para tratar algunas formas de cáncer. Como

veneno, el trióxido de arsénico ($As_2O_3$) tiene varias cualidades deseables: parece azúcar, es insípido y sólo se necesita una décima de gramo para matar a alguien. Aunque su uso como veneno en humanos ha disminuido en gran medida, el arsénico se sigue utilizando como plaguicida, particularmente en el cultivo del algodón, como herbicida y como conservante de la madera.

La intoxicación por el arsénico en agua de pozos sigue siendo un serio problema mundial para la salud humana. A nivel internacional, en Bengala Occidental y Bangladesh, más de 75 millones de personas están expuestas a agua cargada de arsénico que amenaza su salud. Las personas de Argentina, Chile y Taiwán también tienen arsénico elevado en su agua potable. En los Estados Unidos, las agencias federales discuten intensamente las normas sobre arsénico en el agua potable, que limitarían la cantidad de arsénico en los pozos municipales. Esto es particularmente relevante para las áreas del oeste de los Estados Unidos que tienen arsénico elevado en el agua.

El arsénico es un metal versátil, que forma diversos compuestos, ya sea inorgánicos u orgánicos, con una química compleja. El arsénico inorgánico está ampliamente distribuido en la naturaleza por lo general en forma trivalente ($As^{3+}$), pero también como arsénico pentavalente ($As^{5+}$). Las formas trivalentes incluyen trióxido de arsénico, arsenito sódico y tricloruro de arsénico. El arsénico orgánico, mucho menos tóxico que el arsénico inorgánico, se produce en un proceso de biometilación por muchos organismos incluyendo el ser humano y los mariscos.

El uso y la producción de arsénico han disminuido con el reconocimiento de su toxicidad y el desarrollo de reemplazos adecuados. El arsénico no se extrae de una mina sino que se produce durante la fundición del cobre, plomo y zinc. La última fundidora estadounidense que producía arsénico en Tacoma, Washington, cerró en 1985. Las fundidoras suelen liberar el trióxido de arsénico trivalente y plomo hacia la atmósfera contaminando el medio ambiente local dejando un legado no deseado para los residentes locales. Este uso del arsénico también está siendo eliminado gradualmente, como su uso como conservante de la madera en el CCA, como lo refleja una disminución del arsénico importado de 20.000 toneladas métricas en 2002 y 2003 a menos de 8.000 toneladas métricas en 2007. El arsénico se utiliza en la fabricación de tecnología de chips de silicio y la fabricación de vidrio para controlar el color. El arsénico inorgánico ya no se utiliza como plaguicida en los campos de algodón y huertos, pero algunas formas de arsénico orgánico continúan aplicándose a los campos de algodón. El arsénico inorgánico también se libera de las instalaciones de generación eléctrica a carbón, y los fumadores fuman un poco de arsénico del tabaco. Los compuestos de arsénico orgánicos también se usan como aditivo de piensos para aumentar el crecimiento de aves de corral y cerdos.

Estamos expuestos a niveles constantes pero bajos de arsénico, a menos que recibamos una mayor exposición en un entorno ocupacional o del agua potable contaminada con arsénico. Normalmente, el aire ambiental contiene menos de 0,1 $\mu g / m^3$ y el agua potable menos de 5 $\mu g$ / L, pero los niveles de agua pueden ser significativamente más altos. Los

alimentos por lo general suministran menos de 10 µg / día de arsénico, pero pueden ser más altos con el consumo de pescado y particularmente de mariscos, que pueden tener niveles de arsénico de hasta 30 µg / g. La mayor parte del arsénico en los alimentos es orgánico, una forma que es generalmente menos tóxica que el arsénico inorgánico. La exposición media diaria total al arsénico es de unos 20 µg / día de alimentos y agua (suponiendo un consumo medio de agua de 2000 ml / día a 5 µg / l de arsénico). Los niños tienen niveles más altos de exposición, particularmente si las concentraciones de arsénico en el agua potable están elevadas, debido a su menor tamaño y mayor consumo de agua en relación con su tamaño. Varios departamentos de salud estatales y grupos de interés público han expresado su preocupación por los niños expuestos repetidamente al arsénico al jugar en escritorios tratados con arsénico o estructuras de juego. Algunos cálculos de la exposición y el riesgo asociado exceden los niveles aceptables de riesgo de la EPA. La exposición al arsénico también puede ocurrir si la madera tratada con arsénico se quema o si se respira el aserrín de ésta.

## Propiedades biológicas

> Limpie este vaso tres veces.
> Hay arsénico en él.
> Escucho mensajes de Dios
> A través de los empastes en mis dientes.
>
> Anne Sexton (1928–1974)

Los compuestos de arsénico inorgánico solubles, como el trióxido de arsénico, se absorben fácilmente en el intestino (80-90%). Los compuestos orgánicos de arsénico que se encuentran en los mariscos no son bien absorbidos. El arsénico también puede ser absorbido a través de los pulmones y la piel. La mayor parte del arsénico en la sangre está ligado a los glóbulos rojos. Una vez ingerido, el arsénico inorgánico es biotransformado por el hígado a una forma metilada de arsénico y excretado en la orina con una vida media de 3 a 5 días. El arsénico también se excreta en la capa externa de las células de la piel y el sudor. Se une a las proteínas que contienen sulfhidrilo y se concentra en el cabello y las uñas. A niveles más altos de exposición, las bandas blancas, llamadas líneas de Mees, son visibles en las uñas.

## Efectos a la salud

> Pusieron arsénico en su carne
> Y miró asustado verlo comer;
> Vertieron estricnina en su taza
> Y se estremeció al verlo beber
>
> A.E. (Alfred Edward) Housman (1859–1936)

Los efectos agudos de la intoxicación por arsénico inorgánico son bien conocidos por la incidencia de intoxicaciones suicidas, homicidas y accidentales. La ingestión de 70 a 180 mg de trióxido de arsénico puede ser fatal, pero los efectos iniciales pueden demorarse varias horas. Los síntomas después de la ingestión oral incluyen constricción de la garganta con dificultad para deglutir, dolor intestinal severo, vómito, diarrea, calambres

musculares, sed severa, coma y muerte. Si el paciente sobrevive a los síntomas agudos, a menudo hay daños en el sistema nervioso periférico.

Los síntomas de la exposición crónica al arsénico se asocian con mayor frecuencia al agua potable contaminada. Los primeros signos de exposición al arsénico son olor a ajo en la respiración, transpiración excesiva, sensibilidad y debilidad muscular y cambios en la pigmentación de la piel. Los síntomas más avanzados incluyen anemia, reducción de la sensación en las manos y los pies por daño al sistema sensorial periférico (síndrome de calcetín y guante), enfermedad vascular periférica, cambios en la piel de las palmas y plantas de los pies y afectación hepática y renal. Los cambios en la circulación pueden conducir a la gangrena de las extremidades, especialmente de los pies, que se han referido como enfermedad de los pies negros. La hiperpigmentación e hiperqueratosis de las palmas de las manos y de las plantas se producen en 6 meses a 3 años con ingestión repetida de 0,4 mg / kg por día. Muchos de los síntomas dependen de la dosis y del tiempo. En otras palabras, los bajos niveles repetidos de exposición durante un periodo prolongado de tiempo pueden producir efectos similares a una sola exposición de nivel de exposición elevado.

El arsénico causa cáncer de piel y de pulmón. El cáncer de piel se observó hace más de 100 años en pacientes tratados con compuestos de arsénico y se observó cáncer de pulmón en trabajadores de la fundición que inhalaban crónicamente el polvo de arsénico. Aunque el arsénico es un carcinógeno humano establecido, esto ha sido difícil de confirmar y estudiar en modelos animales. El arsénico atraviesa fácilmente la placenta, pero parece haber una mayor metilación del arsénico en su forma orgánica, lo que reduce su toxicidad para el feto.

## Reducción de la exposición

> Los únicos agentes sobrenaturales, que de alguna manera se nos permiten a los modernos, son fantasmas; pero de éstos aconsejaría a un autor ser extremadamente moderado. Estos son, de hecho, como el arsénico, y otras drogas peligrosas en la física, que se utilizarán con la mayor precaución...
>
> Henry Fielding, 1917

La toxicidad de la exposición crónica al arsénico está bien establecida y la mejor recomendación es evitar totalmente la exposición. La fuente más frecuente en el hogar es el agua potable contaminada y la madera tratada con arsénico. Ciertas áreas del país tienen mayores niveles de arsénico en el agua. La EPA ha reducido el estándar de agua potable de arsénico a 10 ppb y los proveedores de agua fueron requeridos hasta enero de 2006 para cumplir con el nuevo estándar.

Evite la inhalación de aserrín de madera tratada con arsénico y nunca queme madera aserrada o aserrín. Familias con plataformas, equipos de juego, muebles u otras estructuras hechas con madera tratada con arsénico deben tomar medidas para reducir la exposición, especialmente de los niños. Los usos domésticos de la madera tratada con arsénico se han eliminado gradualmente en los Estados Unidos, pero se estima que aproximadamente 60 mil millones de pies de tablas de madera tratada con arsénico todavía estaban en uso en este país para el 2002, lo suficiente para cubrir la mitad del estado de California con una plataforma de dos pulgadas de espesor. Varias agencias estatales han recomendado que la madera tratada sobre la cual los niños puedan jugar debe ser recubierta periódicamente con pintura u otro sellador para reducir el contacto de las manos y la ingestión subsiguiente de arsénico. Aquellos que opten por remover las plataformas tratadas con arsénico u otras estructuras pueden querer evaluar el suelo debajo para ver si los niveles exceden los estándares estatales. Y siempre lávese las manos después de entrar en contacto con cualquier producto tratado con arsénico.

## Normas reglamentarias

EPA – Agua potable 10 µg/L (10 ppb)
EPA – RfD - 0.3 µg/kg/day (Exposición inorgánica crónica)
OSHA – Aire en el lugar de trabajo - 0.5 $mg/m^3$
ATSDR – MRL – 0.3 µg/kg/day (exposición crónica)

## Recomendaciones y conclusiones

El arsénico es un peligro antiguo y bien conocido y, junto con el plomo y el mercurio, es un contaminante ambiental importante. La forma inorgánica es mucho más tóxica que el arsénico orgánico, que se encuentra comúnmente en los mariscos. El agua contaminada con arsénico es un problema mundial que afecta a millones de personas. La exposición humana también ocurre desde la madera tratada con arsénico.

La mejor recomendación es evitar o reducir la exposición al arsénico inorgánico.

## Más información y referencias

Presentación en diapositivas

- A Small Dose of Arsenic presentation material and references online: http://www.toxipedia.org or http://www.toxipedia.org/display/dose/Arsenic
  El sitio Web contiene material de presentación relacionado con los efectos sobre la salud del arsénico.

**Agencias europeas, asiáticas e internacionales**

- World Health Organization (WHO). Online: < http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs210/en/index.html> (accessed: 9 April 2009).
  Hoja informativa de la OMS sobre el arsénico en el agua potable.

- World Health Organization (WHO). Arsenic in Drinking Water and Resulting Arsenic Toxicity in India & Bangladesh. Online: < http://www.searo.who.int/EN/Section314_4291.htm> (accessed: 9 April 2009).
  Informe de la OMS sobre el arsénico en el agua potable.

**Agencias norteamericanas**

- Health Canada – Arsenic in Drinking Water. Online: < http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/environ/arsenic-eng.php > (accessed: 9 April 2009).
  Health Canada proporciona información sobre los efectos a la salud del arsénico en el agua potable.

- U.S. Food and Drug Administration (FDA). Online: < http://www.cfsan.fda.gov/~ear/FRSGUIDE.html > (accessed: 9 April 2009).
  Documento de orientación de la FDA para arsénico en mariscos, antiguo todo lo que está disponible.

- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Arsenic Compounds. Online: < http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/arsenic.html > (accessed: 9 April 2009).
  El sitio EPA tiene información general e investigaciones sobre el arsénico.

- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) – Integrated Risk Information System – Inorganic Arsenic. Online: < http://www.epa.gov/NCEA/iris/subst/0278.htm > (accessed: 9 April 2009).
  El sitio contiene la evaluación de riesgo de la EPA del arsénico inorgánico.

- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) – Toxics Release Inventory (TRI) Program. Online: <http://www.epa.gov/tri/> (accessed: 9 April 2009).
  El sitio tiene información sobre la liberación de arsénico en los Estados Unidos.

- U.S. ATSDR – Agency for Toxic Substance Disease Registry – Toxicology Profile Series Arsenic. Online: < http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2.html > (accessed: 9 April 2009).

- U.S. National Research Council (NRC) - Arsenic in Drinking Water: 2001 Update. Online: < http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=10194 > (accessed: 9 April 2009).
  Al informe del NRC sobre el arsénico se puede acceder desde su sitio web.

- U.S. Geological Services (USGS). Online: < http://water.usgs.gov/nawqa/trace/arsenic/ > (accessed: 9 April 2009).
  El sitio contiene un mapa de Estados Unidos que muestra los sitios con arsénico en el agua.

**Organizaciones no gubernamentales**

- SOS Arsenic Poisoning In Bangladesh / India. Online: http://www.sos-arsenic.net/. (accessed: 9 April 2009).
  Información en inglés, alemán, español y francés sobre la intoxicación por arsénico en Bangladesh y la India.

- Harvard University. Online: <http://phys4.harvard.edu/~wilson/arsenic_project_main.html> (accessed: 9 April 2009).
  El sitio tiene información sobre los efectos en la salud de la intoxicación crónica por arsénico.

**Referencias**


Environmentally healthy homes and communities. Children's special vulnerabilities. (2001). Am Nurse, 33(6), 26-38; quiz 39-40.

Hall, A. H. (2002). Chronic arsenic poisoning. Toxicol Lett, 128(1-3), 69-72.

Jiang, J. Q. (2001). Removing arsenic from groundwater for the developing world--a review. Water Sci Technol, 44(6), 89-98.

Liu, J., Zheng, B., Aposhian, H. V., Zhou, Y., Chen, M. L., Zhang, A., & Waalkes, M. P. (2002). Chronic arsenic poisoning from burning high-arsenic-containing coal in Guizhou, China. Environ Health Perspect, 110(2), 119-122.

Pott, W. A., Benjamin, S. A., & Yang, R. S. (2001). Pharmacokinetics, metabolism, and carcinogenicity of arsenic. Rev Environ Contam Toxicol, 169, 165-214.

Rahman, M. M., Chowdhury, U. K., Mukherjee, S. C., Mondal, B. K., Paul, K., Lodh, D., Biswas, B. K., Chanda, C. R., Basu, G. K., Saha, K. C., Roy, S., Das, R., Palit, S. K., Quamruzzaman, Q., & Chakraborti, D. (2001). Chronic arsenic toxicity in Bangladesh and West Bengal, India--a review and commentary. J Toxicol Clin Toxicol, 39(7), 683-700.

Smith, A. H., Lingas, E. O., & Rahman, M. (2000). Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. Bull World Health Organ, 78(9), 1093-1103.

WHO. (2000). Towards an Assessment of Socioeconomic Impact of Arsenic Poisoning in Bangladesh. World Health Organization, Sustainable Development and Healthy Environments, WHO/SDE/WSH/00.4, 1-42.

Yu, H. S., Lee, C. H., Jee, S. H., Ho, C. K., & Guo, Y. L. (2001). Environmental and occupational skin diseases in Taiwan. J Dermatol, 28(11), 628-631.