

Concientifica



Las plantas: Tecnología para solucionar el gran problema de contaminación por arsénico

Nemi Alcántara Martínez
 Facultad de Ciencias, UNAM
 ilhuice@hotmail.com

La contaminación de los suelos y cuerpos de agua con arsénico es un problema creciente en todo el mundo. Esto se debe a la liberación del elemento al medio ambiente principalmente debido a actividades humanas como extracción de aguas subterráneas u obtención de minerales de interés comercial, las cuales son actividades necesarias para a la población en aumento constante, aunque también se puede liberar por procesos naturales como la erosión de las rocas y emisiones volcánicas.

La contaminación de agua potable con arsénico conlleva a su consumo y por lo tanto representa un riesgo importante de desarrollar problemas de salud relacionados con este elemento altamente tóxico en los sistemas vivos, ya que no tiene una función biológica en las células. Los problemas de salud ocasionados por la exposición al arsénico son diversos. Estos van desde afecciones dermatológicas hasta enfermedades neurodegenerativas, cáncer, diabetes, e incluso se han relacionado con autismo [6]. En México se han reportado cuerpos de agua potable con altas concentraciones de arsénico en diversos estados, entre los que se encuentran Jalisco, Baja California Sur, Colima, Sonora, Coahuila, Puebla, Morelia, Zacatecas, Hidalgo, Chihuahua, San Luis Potosí y Guanajuato, donde la contaminación es mucho mayor que los niveles permisibles descritos por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 ($25 \mu\text{g L}^{-1}$), y aún mayor que lo indicado por la Organización Mundial de la Salud ($10 \mu\text{g L}^{-1}$), lo cual constituye un gran riesgo a la salud humana. En algunas localidades de estos estados, se han encontrado niveles preocupantes del elemento en sangre, orina y cabello de niños y adultos, debido

al consumo del agua contaminada. Por ejemplo, en Baja California Sur, en el 2014 se reportaron concentraciones de arsénico de hasta 398.7 ng mL^{-1} en muestras de orina de habitantes [4] y años más tarde en el 2021, se reportaron concentraciones similares de hasta $301.52 \text{ ng mL}^{-1}$ [5], valores que superan 47 veces el límite reconocido por comités científicos internacionales como el riesgo de ingesta tolerable para la salud [5] y evidencian que la contaminación de agua potable no ha sido atendida adecuadamente.

Remover el arsénico de sistemas de agua es todo un reto; ya que, a diferencia de otros contaminantes como los hidrocarburos, el arsénico al ser un elemento inorgánico no se puede degradar. Las tecnologías enfocadas en limpiar o sanear agua o suelos contaminados con este elemento se basan en la transformación química del elemento, lo cual permite removerlo o bioestabilizarlo, es decir, formar complejos de arsénico con moléculas pequeñas para eliminar sus efectos tóxicos. Las tecnologías tradicionales consisten en procesos fisicoquímicos, que separan, precipitan o adsorben el arsénico, mientras que tecnologías más recientes utilizan plantas para adsorber el elemento en superficies elaboradas a partir de materia vegetal o absorberlo por las raíces y acumularlo en las células y tejidos de plantas en crecimiento (Figura 1). Estos métodos de remediación basados en el uso de plantas han sido de gran interés en las últimas décadas ya que muestran diversas ventajas respecto a tecnologías tradicionales; por ejemplo, son tecnologías amigables con el medio ambiente, pueden contribuir al manejo sustentable de especies vegetales, y en general son más económicas ya que dependen en gran medida de la materia vegetal.

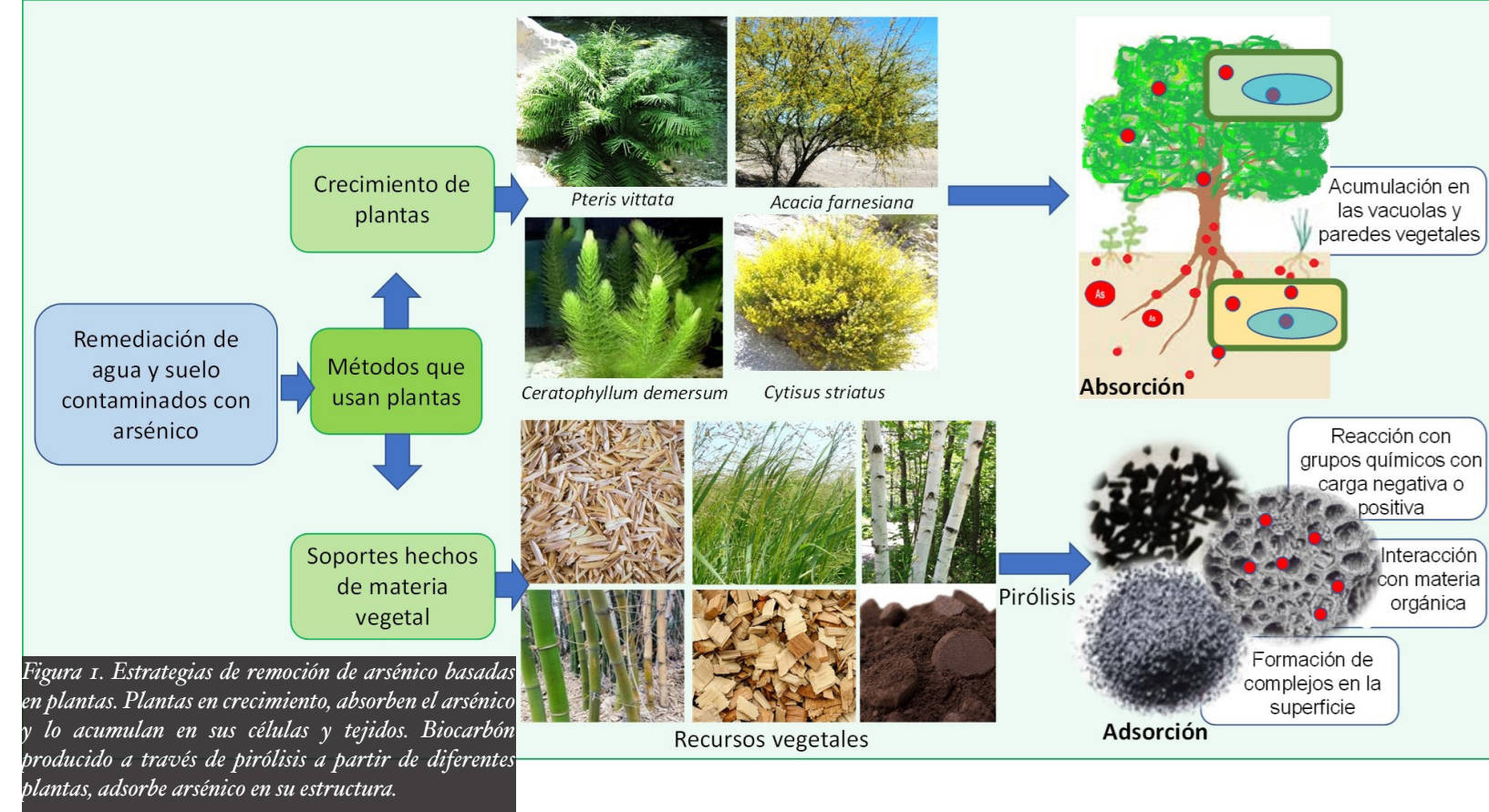


Figura 1. Estrategias de remoción de arsénico basadas en plantas. Plantas en crecimiento, absorben el arsénico y lo acumulan en sus células y tejidos. Biocarbón producido a través de pirólisis a partir de diferentes plantas, adsorbe arsénico en su estructura.

Actualmente se conocen diversas especies vegetales que a través de su metabolismo pueden absorber y acumular el elemento en sus tejidos (fitorremediación). Estas plantas pertenecen a diversas familias y tienen diferentes hábitos de vida, algunas son terrestres (ej. Helecho chino: *Pteris vittata*), otras son acuáticas (ej. Bejuquillo: *Ceratophyllum demersum*), algunas son plantas muy antiguas como los helechos y otras evolutivamente más recientes como las leguminosas (Figura 1). Por otro lado, cuando se emplea la materia vegetal como soporte para adsorber el elemento, se utilizan principalmente desechos de la industria agrícola como son: pasto, residuos de maíz y arroz, café molido, cascarilla de trigo, madera de diversos árboles, tallos de bambú, entre otros, para producir biocarbón, un producto que por sus características fisicoquímicas puede adsorber arsénico (y otros elementos inorgánicos) en su estructura (remediación por adsorción).

Un aspecto muy recomendable en las estrategias de remediación que usan plantas es que el aprovechamiento biotecnológico de la especie vegetal contribuya a su manejo sustentable en la población donde se utilice. Como ejemplo de lo anterior, podemos mencionar dos tipos de plantas, el Huizache (*Acacia farnesiana*) y el bambú (géneros de la subfamilia Bambusoideae), las cuales podrían

ser utilizadas para remover arsénico del medio ambiente mientras contribuyen a la economía de la región donde se aplican. A continuación, se describe brevemente su potencial en la remediación de suelo y agua contaminada con arsénico.

El Huizache acumula arsénico mientras crece

El árbol o arbusto *Acacia farnesiana*, comúnmente conocido como Huizache crece en climas áridos, tiene abundante crecimiento de raíz y follaje, y se distribuye ampliamente en México (Figura 2). En el 2008, Armienta y colaboradores [3] reportaron plantas adultas de esta especie creciendo en suelos de sitios mineros altamente contaminados con arsénico en Hidalgo, México, mientras que en experimentos *in vitro* (Figura 2) se ha encontrado que el Huizache puede acumular arsénico en sus raíces y tallos, debido a que tiene mecanismos que le permiten acumular el elemento en sus células y continuar creciendo [1].

Por lo anterior, el uso del Huizache podría ser muy conveniente en estrategias de fitorremediación en zonas de climas áridos, ecosistema al cual está adaptada. Adicionalmente, el uso de esta especie con flores amarillas puede restaurar el paisaje, ya que puede remover el



A



B

Figura 2. Crecimiento de Huizache en condiciones de contaminación con arsénico. A: Huizache creciendo en suelos contaminados con arsénico en una zona minera de clima árido; B: Huizache creciendo en un cultivo artificial (in vitro) contaminado con arsénico.

Referencias

[1] Alcántara-Martínez, N., Guizar, S., Rivera-Cabrera, F., Anicacio-Acevedo, B. E., Buendía-González, L., & Volke-Sepulveda, T. (2016). Tolerance, arsenic uptake, and oxidative stress in *Acacia farnesiana* under arsenate-stress. *International journal of phytoremediation*, 18(7), 671-678.

[2] Alchouron, J., Bursztyn Fuentes, A.L., Musserc, A., Vegaa, A.S., Mohand, D., Pittman, Ch.U., ... & Navarathna, Ch. (2022). Arsenic removal from household drinking water by biochar and biochar composites: A focus on scale-up. *Sustainable Biochar for Water and Wastewater Treatment*. Elsevier, 277-320.

[3] Armienta M.A., Ongley L.K., Rodríguez R., Cruz O., Mango H.,

Villaseñor G. (2008). Arsenic distribution in mesquite (*Prosopislaevigata*) and huizache (*Acacia farnesiana*) in the Zimapán mining area, México. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*. 8, 191-197.

[4] Colín-Torres, C. G., Murillo-Jiménez, J. M., Del Razo, L. M., Sánchez-Peña, L. C., Becerra-Rueda, O. F., & Marmolejo-Rodríguez, A. J. (2014). Urinary arsenic levels influenced by abandoned mine tailings in the Southernmost Baja California Peninsula, Mexico. *Environmental geochemistry and health*, 36(5), 845-854.

[5] Curiel, P., Mena, G. (13 de diciembre de 2021). Veneno en Agua. *Aristegui Noticias*. <https://aristeguinoticias.com/1312/mexico/veneno-en-mi-agua-investigacion-especial/>

[6] Zhang, X., Mei, D., Li, Y., You, M., Wang, D., Yao, D., ... & Wang, Y. (2022). Arsenic exposure via drinking water during pregnancy and lactation induces autism-like behaviors in male offspring mice. *Chemosphere*, 290, 133338.

Figura 3. Planta de bambú. Se muestra la planta, los tallos llamados culmos y algunos de sus productos.

arsénico del suelo mientras crece en el sitio de remediación por muchos años.

El bambú puede limpiar agua contaminada con arsénico

El bambú es una planta ampliamente distribuida en México, con 55 especies nativas en el país. Debido a los productos derivados de esta planta, el bambú tiene una gran importancia socio cultural. Por ejemplo, con el tallo de algunas especies se construyen paredes de viviendas tradicionales, muebles, se elaboran paneles, reglillas, papel, pisos, textiles, juguetes, diversos utensilios domésticos y biocarbón (Figura 3). Este último puede ser producido a partir de residuos de tallo de bambú que no se usen para para la elaboración de productos comerciales. El biocarbón es un producto carbonizado obtenido por pirólisis, un proceso que consiste en la descomposición térmica de materiales orgánicos con limitado suministro de oxígeno, a temperaturas inferiores a los 700°C. Como resultado de este proceso, el biocarbón contiene grupos químicos en su superficie, que pueden interactuar con el arsénico para secuestrarlo (atraparlo). En los últimos años se ha investigado la capacidad del biocarbón hecho de bambú para remover el arsénico de suelos y agua, y se ha descubierto que este tipo de

biocarbón pueden remover alrededor de 100% del elemento en agua [2].

Falta camino por recorrer

Es evidente que las plantas pueden ser utilizadas para el beneficio del ser humano; más allá de ser alimento básico, pueden ser herramientas tecnológicas para resolver problemas de la sociedad moderna que ponen en riesgo la salud humana, por ejemplo, la contaminación con arsénico de suelos y agua. A pesar de las investigaciones que se han realizado con el Huizache y el biocarbón de bambú con la finalidad de conocer el grado y la forma de remover arsénico, aún es necesario conocer a mayor profundidad los mecanismos que permiten al Huizache acumular el elemento en sus tejidos y al biocarbón de bambú adsorberlo en su estructura, para elaborar estrategias de remediación eficientes, compatibles con los diferentes climas en México, fácilmente aplicables y que contribuyan al valor económico de las especies vegetales mexicanas. La aplicación de métodos de remediación basados en el uso de plantas contribuirá sin duda, al cuidado del medio ambiente y a la economía del país. **BIO**

