

Lo que hacen las bacterias para sobrevivir al arsénico



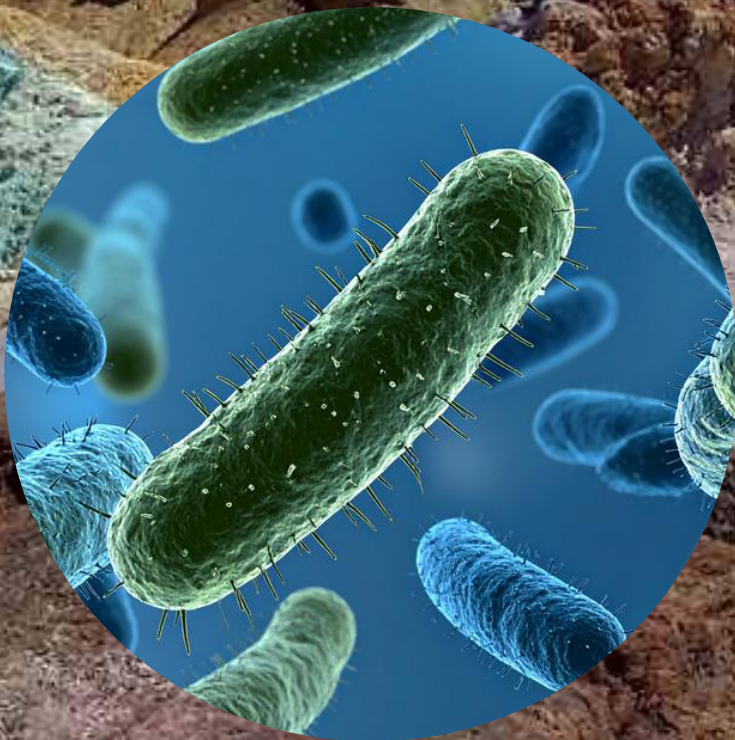
Ciencia al Instante

En los desechos mineros de Zimapán, Hidalgo, el arsénico contamina suelos y aguas, creando un ambiente hostil para la vida. Sin embargo, ciertas bacterias han desarrollado un ingenioso truco de supervivencia; forman una biopelícula, una especie de gel pegajoso que actúa como escudo protector. Cuando crecen en presencia de arsénico, refuerzan esta capa con más azúcares y proteínas, volviéndola gruesa y compacta. Así, frenan la entrada del veneno y siguen prosperando donde otros organismos no podrían. Un pequeño ejemplo de cómo la vida se abre paso incluso en los rincones más tóxicos del planeta.





Lo que hacen las bacterias para sobrevivir al arsénico



Cómo citar este artículo: Martínez-Jarquín MA, Avalos-Madrigal H, Valdivia-Anistro JA, Castillo-Villanueva E. 2026. Lo que hacen las bacterias para sobrevivir al arsénico. Revista Ciencia y Naturaleza (1231).





Bacterias y arsénico en desechos mineros

Los desechos mineros son una mezcla de lodo y polvo de roca que puede contener sustancias muy tóxicas y dañar seriamente el ambiente cuando se dispersan [1]. Entre ellas, el arsénico ocupa un lugar especial: es un elemento muy común en las rocas de la Tierra y, durante la minería, suele liberarse en grandes cantidades, convirtiéndose en un veneno capaz de contaminar la tierra y el agua de ríos y lagos cercanos [2].

En este escenario hostil viven las bacterias, los seres vivos más abundantes del planeta, que con el tiempo han aprendido a sobrevivir en cualquier lugar. Algunas son capaces de vivir e incluso prosperar en sitios extremos, como los desechos mineros, y resistir grandes cantidades de arsénico, usando toda clase de “trucos de supervivencia” (o adaptaciones) para seguir adelante en presencia de este veneno [3].



“Las bacterias son los seres vivos más abundantes del planeta y, con el tiempo, han aprendido a vivir incluso en lugares que para otros serían imposibles.”

Cuando las bacterias se ven presionadas por sustancias tóxicas, uno de sus “trucos” más importantes es formar una biopelícula, una especie de gel pegajoso que ellas mismas producen y donde viven juntas [4]. Ese gel está hecho de diferentes sustancias que funcionan al mismo tiempo como pegamento y escudo. Gracias a esta capa protectora, las bacterias se pegan a las superficies y logran “atrapar” o retener sustancias tóxicas, como el arsénico, evitando que entren directamente al interior de la célula y la dañen [5].

"Ante el arsénico, la vida no se rinde: se las ingenia para seguir adelante."

Zimapán, un municipio en el estado de Hidalgo, tiene una larga tradición minera y está asentado en una región donde son muy comunes los minerales con arsénico [6]. Con los años, la actividad minera ha ido liberando estos compuestos al ambiente, provocando que el arsénico se acumule en el suelo y en el agua, incluso en lugares cercanos a donde vive la gente [7].

En este estudio quisimos entender cómo ciertas bacterias que viven en los desechos mineros de Zimapán (Figura 1) logran sobrevivir en un ambiente contaminado con arsénico. En particular, se analizó su capacidad para formar una biopelícula.



Figura 1. Desechos mineros en el municipio de Zimapán, estado de Hidalgo.

A partir de muestras de esos desechos, se aislaron bacterias capaces de soportar la presencia de arsénico y de construir esta biopelícula. Después, una de estas bacterias se cultivó en el laboratorio en dos escenarios distintos: uno con arsénico y otro sin arsénico.



Cuando el arsénico está presente, la bacteria forma una biopelícula con un aspecto muy característico: seco y rugoso (Figura 2).

Para entender mejor qué cambiaba dentro de la biopelícula, se utilizó una técnica llamada espectroscopia infrarroja, que, dicho de forma sencilla, nos permite “leer” qué tipos de componentes químicos hay en ese gel.

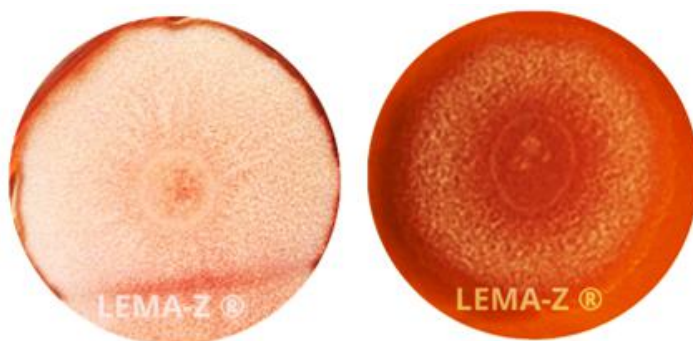


Figura 2. Biopelícula con aspecto seco y rugoso formada por la bacteria en presencia de arsénico.

Gracias a esta herramienta fue posible ver cómo se modificaban azúcares, grasas y proteínas [5] cuando la bacteria estaba en contacto con el arsénico y, a partir de esos cambios, reconstruir la manera en que se defiende para seguir viva. El análisis con espectroscopía infrarroja mostró que, cuando las bacterias crecen en presencia de arsénico, la biopelícula que producen contiene más azúcares y proteínas (Figura 3a y 3b). Estos cambios químicos se notan a simple vista: la biopelícula se vuelve más gruesa y compacta, capaz de cubrir por completo la superficie del cultivo [8]. Esto sugiere que, cuando están en contacto con arsénico, las bacterias refuerzan su biopelícula y la usan como una especie de escudo protector. Esta capa ayuda a frenar el paso del arsénico y a reducir su entrada al interior de las células, lo que les permite seguir viviendo en un ambiente contaminado.

En este estudio vimos que, incluso en desechos mineros llenos de arsénico, algunas bacterias encuentran la manera de sobrevivir. En estos lugares, la biopelícula se convierte en su escudo: frente al arsénico, no desaparecen, sino que refuerzan esa capa protectora para poder seguir vivas en un ambiente tóxico. 🍀

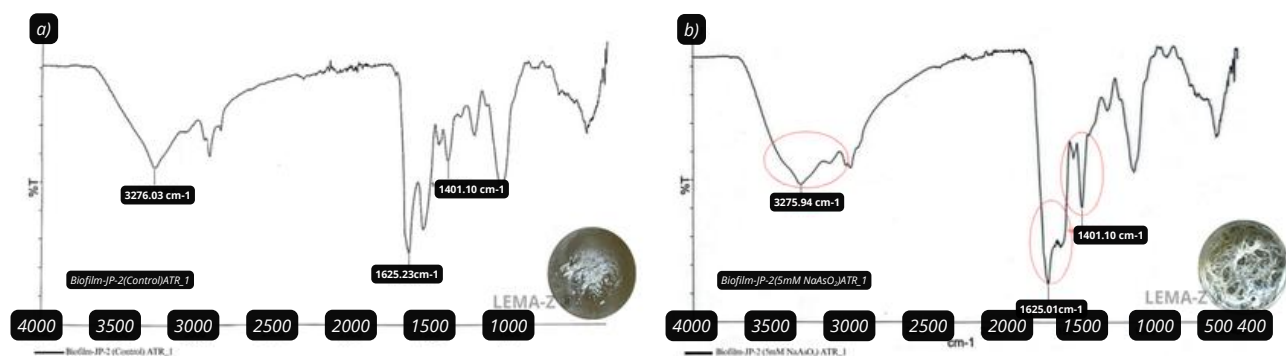


Figura 3. Espectros de infrarrojo de la biopelícula. **a)** muestra sin arsénico y **b)** muestra con arsénico. En la gráfica b) se ven picos más intensos relacionados con azúcares y proteínas (marcados con círculos rojos), lo que indica cambios en la composición de la biopelícula cuando está en contacto con arsénico.

Para Consulta

- Aguilar NC, Faria MCS, Pedron T. *et al.* 2020. Isolation and characterization of bacteria from a brazilian gold mining area with a capacity of arsenic bioaccumulation. *Chemosphere* 240: 124871. [\[Link\]](#)
- Bharti R, Sharma R. 2022. Effect of heavy metals: An overview. *Materials Today: Proceedings* 51: 880–885. [\[Link\]](#)
- Goswami R, Jamal Z, Agarwal S. *et al.* 2025. Unravelling the inner workings of arsenic resistance in bacteria: Relevance to human health. *Next Research*. 2(3): 100605. [\[Link\]](#)
- Mishra S, Huang Y, Li J. *et al.* 2022. Biofilm-mediated bioremediation is a powerful tool for the removal of environmental pollutants. *Chemosphere* 294: 133609. [\[Link\]](#)
- Vandana, Priyadarshane M, Das S. 2023. Bacterial extracellular polymeric substances: Biosynthesis and interaction with environmental pollutants. *Chemosphere* 332: 138876. [\[Link\]](#)
- Sracek O, Armienta MA, Rodríguez R. *et al.* 2010. Discrimination between diffuse and point sources of arsenic at Zimapán, Hidalgo state, Mexico. *Journal of Environmental Monitoring: JEM* 12(1): 329–337. [\[Link\]](#)
- Prieto-García F, Sandoval OA, Moreno FP. *et al.* 2015. Arsenic contamination in groundwater in Zimapán, Hidalgo, Mexico. *Desalination and Water Treatment* 57(28): 13038–13047. [\[Link\]](#)
- Yin W, Wang Y, Liu L. *et al.* 2019. Biofilms: The microbial "protective clothing" in extreme environments. *International Journal of Molecular Sciences* 20(14): 3423. [\[Link\]](#)



Agradecimientos

Agradecemos a la Dra. Ariadna Cruz Córdova, del Hospital Infantil de México “Federico Gómez”, por su valiosa asesoría durante las pruebas de crecimiento en presencia de arsénico, así como a la Dra. Lourdes Castillo Granada, del Laboratorio de Espectroscopía de la FES-Zaragoza, UNAM, por su apoyo en el desarrollo e interpretación de los espectros infrarrojos.

Crédito de imágenes en orden de aparición: TrueCreatives, Pexels, pixabay, Olga Kostrova, Getty Images Signature, Getty Images, vvoevale. Créditos de figuras o fotografías: Las imágenes y figuras incluidas en esta contribución fueron generadas y editadas por los autores, quienes pertenecen al Laboratorio de Estequiometría y Microbiología Ambiental (LEMA-Z; FES-Zaragoza, UNAM), donde se llevó a cabo la presente investigación. Los autores declaran que ningún párrafo ha sido generado completamente o con más del 50% de sus palabras con herramientas AI.

Dra. Verónica Reyes-Galindo

Editora Invitada.

Primer Congreso Mexicano de Evolución

Diseño de publicación: Sofia Paz



Marisol Abigail Martínez Jarquin

Licenciada en Biología en la FES Zaragoza UNAM. Miembro actual del Laboratorio de Estequiometría y Microbiología Ambiental (LEMA-Z). Estudia la producción de biofilm como mecanismo de adaptación en bacterias ambientales.

contacto: abilasajar0408@gmail.com



Hernan Avalos Madrigal

Licenciado en Biología en la FES Zaragoza, UNAM. Miembro actual del Laboratorio de Estequiometría y Microbiología Ambiental (LEMA-Z); con orientación en las ramas de la adaptación microbiana y la biorremediación.

contacto: madrigalhernan8@gmail.com



Jorge Antonio Valdivia Anistro

Profesor de tiempo completo de la carrera de Biología en la FES Zaragoza, UNAM. Doctor en Ciencias Biológicas. Responsable del LEMA-Z, interesado en el estudio de la adaptación y ecología de bacterias provenientes de sitios contaminados.

contacto: jorge.valdivia@zaragoza.unam.mx



Elizabeth Castillo Villanueva

Universidad Nacional Autónoma de México, FES Zaragoza. Doctora en Biología Celular y Molecular con especialización en virología. Colaboradora del LEMA-Z. Profesora en la FES Zaragoza, UNAM.

contacto: ecastillovillanueva@unam.edu