

DEGRADACIÓN MICROBIANA DEL GLIFOSATO Y SUS DERIVADOS: UNA ESTRATEGIA PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS

Escrito por [Oficina de Prensa y Colaboradores](#)



La agricultura es uno de los principales sectores económicos de México. Sin embargo, en la actualidad esta actividad se basa, principalmente, en la utilización de agroquímicos, los cuales van dirigidos hacia el control o eliminación de patógenos y de malezas que pudieran tener efectos negativos en la producción agrícola.

El volumen de producción de plaguicidas en México en 2017 fue de 59,157 toneladas (Inegi, 2018). De estos, algunos se clasifican como Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAP), que son extremadamente peligrosos y mortales si son inhalados, así como carcinógenos, probables carcinógenos, mutagénicos, bioacumulables, persistentes en agua, suelo o sedimento y muy tóxicos en organismos acuáticos e insectos.

Los estados de Sonora y Sinaloa utilizan entre un 40 y 50% de PAP, entre los cuales destacan por su alta toxicidad los siguientes: paratión metílico, malatión, metamidofos, clorpirifós, monocrotofós, paraquat, glifosato, carbofurán, metomilo, mancozeb, clorotalonil, dimetoato, carbarilo, atrazina, fosforo de aluminio, imidacloprid, cipermetrina, lambda cialotrina y endosulfán (Hernández *et al.*, 2018).

El glifosato es un fosfonato sintético ampliamente utilizado como herbicida no selectivo para la eliminación de hierbas y de arbustos en los cultivos, considerado por mucho tiempo como un herbicida que no afectaba al medio ambiente; sin embargo, diversos reportes han documentado sus efectos en animales y en la salud humana. El glifosato es degradado en los suelos por mecanismos físicos, químicos y microbiológicos, generando ácido aminometil fosfónico (AMPA) como metabolito mayoritario, el cual presenta un rango de toxicidad similar al del glifosato, constituyendo una fuente de contaminación secundaria (Gomes *et al.*, 2016).

A pesar de que los procesos microbiológicos del suelo favorecen la degradación del glifosato, el uso excesivo de este y otros agroquímicos puede saturar los procesos ambientales y biológicos de degradación, lo cual da como resultado la prolongación de la vida media del herbicida y sus derivados en el ambiente, que contribuye con la acumulación en el suelo y disminuye su fertilidad.

La acumulación prolongada de glifosato y AMPA subsecuentemente pueden contaminar cuerpos de agua, animales y plantas, ya sea por el arrastre de aguas por la lluvia, la lixiviación, el drenaje subterráneo o por exposición con el suelo, lo cual genera diversos impactos en diferentes ecosistemas, así como también la salud humana.

En humanos, el glifosato se ha relacionado con la generación de cáncer, desórdenes hormonales, reducción en la fecundidad y afecciones en diferentes órganos, mientras que en los ecosistemas se ha demostrado que causa la muerte de poblaciones de insectos, incluyendo las abejas, así como efectos tóxicos en otros organismos.

Debido a los efectos nocivos que se han reportado asociados al glifosato, el uso de este agroquímico se ha restringido en diversas partes del mundo como la Unión Europea, Asia e, incluso, Estados Unidos. Recientemente en México, por decreto presidencial, se ha ordenado la reducción del consumo de glifosato en la agricultura, con expectativas de lograr su erradicación para el 2024 (DOF, 2020). Sin embargo, la recuperación de los suelos ya contaminados demanda alternativas adicionales a la reducción del uso del agroquímico, incluyendo el desarrollo de nuevas tecnologías o procesos que promuevan la descontaminación y recuperación de los suelos, problemática que puede abordarse desde los enfoques de la biotecnología.

Soluciones basadas en biotecnología: la biorremediación de suelos contaminados con glifosato

La degradación del glifosato en los suelos es realizada principalmente por bacterias, aunque también otros microorganismos como hongos se han reportado con capacidad para degradarlo. En el caso de las bacterias, la degradación de glifosato se lleva a cabo por dos vías. La primera es la vía C-P liasa, donde el glifosato se degrada a P5-fosforirribosil 1-difosfato (PRPP) y sarcosina y, posteriormente, a glicina y formaldehído, mientras que en la vía AMPA se produce glioxilato y ácido aminometilfosfónico (AMPA), siendo esta la vía mayoritaria de degradación. Debido a que el AMPA aún conserva el enlace C-P, puede canalizarse a la vía CP-liasa para una degradación completa (Singh *et al.*, 2020). Por tal, las bacterias que poseen las enzimas requeridas para estas transformaciones tienen potencial para utilizarse en procesos de biorremediación para la descontaminación de suelo e incluso cuerpos de agua.

En este sentido, se han reportado diversas especies de bacterias que tienen la capacidad de degradar el glifosato, tales como *Pseudomonas aeruginosa*, *P. fluorescens*, *Burkholderia gladioli*, *Flavimona soryzihabitans*, varias especies de *Bacillus* y bacterias oxidantes del azufre, por mencionar algunas (Martínez-Nieto *et al.*, 2012; Liang *et al.*, 2020). Por ejemplo, *Bacillus cereus* CB4 se reportó con capacidad para degradar concentraciones hasta de 12 g/L (12,000

ppm) de glifosato en cultivo y, además, se identificaron las vías metabólicas relacionadas con la actividad de C-P liasa y de glifosato oxidoreductasa degradando el glifosato a AMPA, glioxilato, sarcosina, glicina y formaldehído como productos (Fan *et al.*, 2012).

Por otro lado, las bacterias con actividad degradadora pueden utilizarse para el desarrollo de consorcios bacterianos, los cuales son mezclas de dos o más especies microbianas en las que se espera una interacción sinérgica para hacer más eficiente la remoción del contaminante de interés. El intercambio de metabolitos o señales entre los miembros de un consorcio puede eficientizar diversas reacciones bioquímicas complejas, ya sea paralelas o secuenciales, aumentando la eficiencia de la utilización de los recursos y reduciendo la formación de subproductos.

Por lo tanto, los consorcios resultan promisorios como una estrategia que busca potenciar la actividad degradadora a través de interacciones entre los microorganismos. De hecho, a partir de algunos trabajos asociados al aislamiento de bacterias degradadoras de glifosato, se han patentado algunas bacterias y consorcios, principalmente de Francia y China (patentes CN201911095758.7A y WO1992019719A1).

La investigación del CIAD

Dada la necesidad de generar tecnologías amigables con el ambiente en la remoción de agroquímicos, investigadores del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Coordinación Regional Culiacán, en colaboración con Fundación Produce Sinaloa, se encuentran operando un proyecto financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) que busca identificar y caracterizar bacterias aisladas de suelos agrícolas con capacidad degradadora de glifosato y AMPA para el diseño de un consorcio candidato para procesos de biorremediación.

El propósito del grupo de investigación es generar un cepario para el desarrollo de un consorcio con capacidad para degradar el glifosato y el AMPA, como paso inicial en la generación de una tecnología basada en microorganismos para biorremediación de suelos contaminados con glifosato.

Claudia Villicaña Torres, académica del CIAD responsable del proyecto, menciona la importancia de tomar ventaja de la maquinaria metabólica de los microorganismos autóctonos de la región, los cuales se espera que presenten alta tolerancia a los agroquímicos y sean funcionales para una biodegradación sostenible de glifosato, brindando la posibilidad de ser utilizados para la desintoxicación *in situ* de ambientes severamente contaminados, evitando la introducción de bacterias extrañas al sistema ecológico.

El uso de microorganismos es una estrategia prometedora no solo para reducir la contaminación por glifosato y AMPA, sino que puede extenderse para la biorremediación de suelos altamente contaminados con otros agroquímicos y sustancias tóxicas. De aquí que la obtención de consorcios bacterianos sea parte fundamental para establecer estrategias y planes de manejo de zonas altamente impactadas, utilizando microorganismos nativos para acelerar los procesos de descontaminación.



Foto de bacteria degradadora de AMPA aislada en el laboratorio de la Coordinación Regional Culiacán del CIAD.

Colaboración de Solangel Machado Valdés y Brenda Kirey Figueroa, tesistas de licenciatura de la Universidad Autónoma de Sinaloa, y María Claudia Villicaña Torres, investigadora Conacyt comisionada a la Coordinación Regional Culiacán.

Lecturas recomendadas:

Fan, J., Yang, G., Zhao, H., Shi, G., Geng, Y., Hou, T. y Tao, K. (2012). Isolation, identification and characterization of a glyphosate-degrading bacterium, *Bacillus cereus* CB4, from soil. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 58(4), 263-271.

Gomes, M. P., Le Manac'h, S. G., Maccario, S., Labrecque, M., Lucotte, M. y Juneau, P. (2016). Differential effects of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) on photosynthesis and chlorophyll metabolism in willow plants. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 130, 65-70.

Hernández, J. G., Morales, J. B. L., Rodríguez, I. E. M., Ochoa, M. I. H., Madrid, M. L. A., García, A. E. R., Lozano, M. B., Herrera, N. E. P. y Ríos, J. H. P. (2018). Estado actual de la investigación sobre plaguicidas en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(0), 29-60. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp01.03>.

Liang, Y., Wei, D., Hu, J., Zhang, J., Liu, Z., Li, A. y Li, R. (2020). Glyphosate and nutrients removal from simulated agricultural runoff in a pilot pyrrhotite constructed wetland. *Water Research*, 168, 115154.

Mamy, L., Barriuso, E. y Gabrielle, B. (2016). Glyphosate fate in soils when arriving in plant residues. *Chemosphere*, 154, 425-433.

Martínez-Nieto, P., Bernal-Castillo, J., Agudelo-Fonseca, E. y Bernier-López, S. (2012). Tolerancia y degradación del glifosato por bacterias aisladas de suelos con aplicaciones frecuentes de roundup SL®. *Revista Pilquen• Sección Agronomía*, 14(12).

Myers, J. P., Antoniou, M. N., Blumberg, B., Carroll, L., Colborn, T., Everett, L. G. y Benbrook, C. M. (2016). Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement. *Environmental Health*, 15(1), 1-13.

Singh, S., Kumar, V., Gill, J., Datta, S., Singh, S., Dhaka, V., Kapoor, D., Wani, A. B., Dhanjal, D. S., Kumar, M., Harikumar, S. L. y Singh, J. (2020). Herbicide Glyphosate: Toxicity and Microbial Degradation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(20), 7519.

Visto **826** veces

Modificado por última vez en Viernes, 08 Octubre 2021 14:16

Twitter

Me gusta 0

Compartir