



**RED POR UNA AMERICA LATINA
LIBRE DE TRANSGENICOS**

BOLETÍN N° 956

HERBICIDAS Y SUS IMPACTOS EN LOS MICROORGANISMOS, LAS REDES TRÓFICAS Y LA EVOLUCIÓN

Un grupo de investigadores de universidades finlandesas y catalanas, nos presentan un análisis sobre consecuencias que tienen los herbicidas, que al momento son los agrotóxicos más usados en el mundo, en los ecosistemas.

Ellos señalan que la sobreexplotación y la quimificación de los suelos a través de la agricultura intensiva, son los principales impulsores de la pérdida acelerada de biodiversidad, una de las mayores amenazas globales para las funciones de los ecosistemas naturales y agrícolas. El uso intensivo de agroquímicos, como los herbicidas juega un papel fundamental en la contaminación, exponiendo plantas, animales y humanos que no son el objetivo.

Muchos organismos están globalmente expuestos a los herbicidas, aunque no sea la intención de quienes lo aplican eliminarlos. Aunque inicialmente se consideraba que muchos herbicidas eran seguros para aquellos organismos que no se pretendía eliminar, pues se pensaba que su mecanismo de acción estaba ausente en estos organismos, solo recientemente se ha entendido que los herbicidas pueden tener efectos profundos en ellos, a través de alteraciones de las comunidades microbianas y microbios del suelo, de las plantas y los animales. Este es el caso del glifosato; cada vez más evidencia demuestra que tienen efectos profundos en las funciones del ecosistema a través de comunidades microbianas alteradas.

Dado el papel imperativo de los microbios en el impulso de las adaptaciones eco-evolutivas desde el origen de la vida, y que los microbios y sus huéspedes comprenden entidades coevolutivas, holobiontes, se necesita una comprensión integral de los riesgos asociados con los microbiomas alterados.

Los autores proponen que los herbicidas pueden influir en el funcionamiento de los ecosistemas naturales y agrícolas debido a la alteración del microbioma asociado al suelo y al huésped y pueden tener consecuencias evolutivas. Es probable que los cambios en el microbioma del suelo influyan en el ciclo de nutrientes clave y en los procesos planta-suelo. El microbioma alterado por herbicidas afecta el rendimiento de las plantas y los animales y puede influir en las interacciones tróficas, como en los herbívoros y la polinización.



Se predice que estos cambios den lugar a consecuencias ecosistémicas e incluso evolutivas tanto para los microbios como para los huéspedes.

Cómo afectan los herbicidas a los microbios y las comunidades microbianas

Los efectos de los herbicidas sobre los microbios asociados al suelo y al huésped pueden ser (i) directos, pues influyen en la función y supervivencia de los microbios, o (ii) indirectos, a través del medio ambiente o del huésped, según el modo de acción del herbicida.

El glifosato puede influir directamente en la supervivencia microbiana, ya que inhibe la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS) de la vía del shikimato, que produce aminoácidos esenciales tanto en las plantas como en la mayoría de los microbios

Otros herbicidas que inhiben directamente los procesos metabólicos microbianos incluyen herbicidas inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS) que alteran la biosíntesis de aminoácidos de cadena ramificada, inhibidores de la acetil-CoA carboxilasa (ACC) que interfieren con la síntesis de ácidos grasos e inhibidores de la glutamina que interfieren con el metabolismo del nitrógeno.

En otro grupo de herbicidas, el modo de acción no se dirige directamente a los microbios sino al metabolismo celular de las plantas, como la fotosíntesis y la biosíntesis de hormonas vegetales. Sin embargo, cualquier cambio en los rasgos de las plantas puede alterar la interacción de la microbiota con las plantas.

La exposición a herbicidas puede, en última instancia, cambiar las comunidades microbianas a través de múltiples procesos:

(i) Los microbios difieren en su susceptibilidad intrínseca a los herbicidas. Por ejemplo, ciertos marcadores de aminoácidos determinan la afinidad del glifosato por las enzimas objetivo y, posteriormente, la sensibilidad microbiana. Las diferencias en la sensibilidad de los microorganismos pueden conducir a cambios en su abundancia bajo exposición a herbicidas.

(ii) Muchos microorganismos pueden metabolizar herbicidas y usarlos como fuentes de nutrientes. Los ejemplos incluyen atrazina y glifosato, que son metabolizados por varias bacterias y levaduras del suelo. Por lo tanto, los residuos de herbicidas pueden aumentar la abundancia de microorganismos que metabolizan herbicidas en la comunidad.

(iii) Los herbicidas pueden causar cambios funcionales en los microorganismos que podrían tener efectos en la comunidad.

(iv) Todas las alteraciones mencionadas anteriormente pueden alterar aún más las interacciones microbio-microbio. Las comunidades microbianas saludables pueden mantener el potencial de autorregulación a largo plazo. Por lo tanto, los cambios debidos a la exposición a herbicidas pueden tener un impacto negativo en la funcionalidad de la comunidad.



Consecuencias de los herbicidas en las interacciones planta-microorganismos y planta-animal

Los residuos de herbicidas pueden afectar a una planta y sus microorganismos asociados, ya sea individualmente o en conjunto. Las consecuencias de las dosis subletales de herbicidas, especialmente el glifosato, para los procesos del suelo ahora se reconocen cada vez más, pero los efectos sobre la microbiota asociada a las plantas, la fisiología de las plantas y las consecuencias subsiguientes para las interacciones entre especies siguen sin comprenderse bien. Se ha observado repetidamente el impacto negativo del glifosato (ingrediente activo y formulaciones) en la colonización y densidad de hongos micorrizas (AMF). Esto tiene consecuencias para la economía de agua y nutrientes de las plantas y también puede afectar la diversidad de AMF y el funcionamiento del ecosistema.

Se sabe mucho menos sobre los impactos de los herbicidas en los hongos ectomicorrizas, aunque la mayoría son potencialmente sensibles al glifosato, y se sabe que desempeñan un papel clave en los ecosistemas de bosques boreales y de taiga. Dado que los hongos asociados a las raíces afectan la aptitud de sus huéspedes, la supresión selectiva de los hongos asociados, tiene el potencial de dar forma a las comunidades de plantas y los ecosistemas basados en ellos.

Del mismo modo, las comunidades bacterianas de la rizosfera de las plantas están moldeadas por la exposición a los herbicidas (ingrediente activo y formulaciones). Si bien los hallazgos sobre las estructuras comunitarias generales son variables y dependen de la planta huésped, el sistema experimental y los niveles de exposición, los estudios muestran una reducción constante en la abundancia relativa de bacterias fijadoras de nitrógeno y represión en funciones microbianas beneficiosas para las plantas.

Dado que muchos aspectos de las plantas, como su crecimiento, fenología y resistencia a los factores estresantes abióticos y patógenos, son modulados por el microbioma de la rizosfera (los microorganismos que habitan el suelo), es probable que los cambios en la composición y el funcionamiento de la rizosfera se reflejen en la aptitud y el crecimiento del huésped.

En las plantas, los compuestos derivados de las vías fisiológicas interferidas por los herbicidas, como la vía del shikimato, son precursores esenciales para muchos metabolitos de defensa y señalización de las plantas. Por lo tanto, las dosis subletales de glifosato (ingrediente activo y formulaciones) pueden alterar virtualmente todas las interacciones de la planta sobre el suelo (filosfera) con otros organismos coevolutivos como patógenos, microbios mutualistas de plantas, herbívoros y polinizadores.

Las fitohormonas son reguladores clave de la biosíntesis de metabolitos de las plantas en respuesta a herbívoros o infecciones microbianas. Varias bacterias asociadas a las plantas modulan el fenotipo de las plantas mediante la biosíntesis y la regulación de fitohormonas como las auxinas y el etileno. Por lo tanto, los residuos de herbicidas a base de glifosato en el suelo pueden alterar la homeostasis de las fitohormonas de las plantas directa o indirectamente a través de microbiomas alterados.



A escala de campo, los efectos persistentes de los pesticidas en el metaboloma de la planta pueden tener efectos en cascada en redes multitróficas y de múltiples especies, con consecuencias desconocidas para ecosistemas completos y la coevolución de la dinámica planta-microbio y planta-insecto.

Los herbicidas pueden reducir la visita de polinizadores y alterar el comportamiento de los herbívoros por cambios en los compuestos orgánicos volátiles liberados por las plantas, y que son derivados de la ruta del shikimato, pues se ven afectados por dosis bajas de glifosato (ingrediente activo).

Consecuencias de los herbicidas para huéspedes animales e interacciones entre especies

Se sabe que tanto los microbiomas intestinales como los de la piel influyen en la salud animal y desempeñan funciones clave en la digestión, la resistencia a patógenos e incluso la coordinación neuroconductual tanto en invertebrados como en vertebrados. Se ha demostrado que los herbicidas con efectos antimicrobianos directos influyen en la composición del microbioma en huéspedes invertebrados y vertebrados.

Hasta ahora, los estudios en invertebrados terrestres se han concentrado principalmente en las abejas y se ha demostrado que el glifosato (ingrediente activo) aumenta la patogenicidad y disminuye las bacterias simbióticas, lo que puede afectar la susceptibilidad de las abejas a los patógenos virales y fúngicos con efectos de supervivencia en cascada en el ecosistema. - nivel temporal. Además, en plantas expuestas directamente a herbicidas, el polen y el néctar pueden alterar la exposición y el consumo de polinizadores y herbívoros, lo que puede tener efectos en cascada en sus microbiomas intestinales y, por lo tanto, la salud de los polinizadores y herbívoros.

Los herbicidas también conducen a cambios funcionales y de composición en vertebrados (ratones y aves de corral, (tanto sus ingredientes activos como formulaciones) con efectos en la función endocrina e inmunitaria.

En última instancia, los cambios provocados por los herbicidas en los microbiomas intestinales del huésped animal pueden conducir a cambios a nivel del ecosistema. Por ejemplo, los microbiomas intestinales alterados pueden afectar directamente la resistencia de los patógenos, la alteración endocrina y, por lo tanto, la supervivencia/reproducción de los animales o causar cambios indirectamente al alterar las interacciones entre especies, incluida la polinización y los herbívoros, la competencia o la depredación.

Los autores concluyen que la salud de las comunidades microbianas es sumamente importante, ya que mantienen el bienestar de los ecosistemas. Al alterar las comunidades microbianas, los herbicidas pueden tener impactos de gran alcance, a largo plazo e imprevistos en los ecosistemas. Por lo tanto, abordar las amenazas causadas por los agroquímicos requiere herramientas y soluciones basadas en una comprensión integral de los riesgos mediados por microorganismos.



El artículo completo (en inglés) se puede leer en:

Ruuskanen S. et al (2022). Ecosystem consequences of herbicides: the role of microbiome. Trends in Ecology & Evolution, Month 2022, Vol. xx, No. Xx

<http://www.cell.com/trends/ecology->

[evolution/retrieve/pii/S0169534722002294?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0169534722002294%3Fshowall%3Dtrue](http://www.cell.com/trends/ecology-evolution/retrieve/pii/S0169534722002294?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0169534722002294%3Fshowall%3Dtrue)