

Trigo Genéticamente Modificado:

Riesgos y Preocupaciones



Introducción

El trigo es uno de los granos más cultivados en el mundo. Es rico en valor nutricional y constituye un alimento básico en la dieta de las personas a nivel global, presente en productos como el pan, la pasta, las tortillas, los cereales y muchos otros.

El cultivo de trigo es una fuente esencial de ingresos para numerosos agricultores. En Estados Unidos, es el tercer cultivo más producido, después del maíz y la soya, y representa aproximadamente 47 millones de acres de producción.¹

En 2024, el gobierno de Estados Unidos aprobó una nueva variedad de trigo genéticamente modificado (OGM), lo que ha generado serias preocupaciones sobre la salud de la población estadounidense, los medios de subsistencia de los agricultores y el medio ambiente.

Este trigo OGM, denominado HB4, **incrementaría el uso de un herbicida tóxico llamado glufosinato, una sustancia química prohibida en la Unión Europea debido a que presenta riesgos inaceptables para la salud humana** — incluidos efectos tóxicos reproductivos, del desarrollo y neurológicos — así como riesgos para el suelo, las aves, las abejas y otras especies silvestres.

HB4 también amenazaría la capacidad de los agricultores estadounidenses para comercializar su trigo en mercados internacionales, ya que países importadores clave rechazan el trigo OGM. **Incluso si los**

agricultores no cultivan HB4, su trigo podría contaminarse con genes OGM provenientes del HB4 o mediante la mezcla de trigo OGM y no OGM a lo largo de la cadena de suministro.

El trigo OGM ha sido rechazado de manera efectiva en múltiples ocasiones en Estados Unidos debido a la oposición pública, las preocupaciones del mercado y los riesgos comerciales. **Ahora, consumidores, agricultores y empresas alimentarias deben dejar claro nuevamente que no hay lugar para el trigo OGM en Estados Unidos.**

Trigo OGM Desregulado por el Gobierno de Estados Unidos

El trigo OGM “HB4” está diseñado para ser tolerante al herbicida glufosinato de amonio^[i] y también es promovido como tolerante a la sequía por su desarrollador, una empresa argentina llamada Bioceres Crop Solutions. Se trata de un cultivo transgénico, lo que significa que ha sido modificado para contener genes provenientes de distintos organismos — una bacteria del suelo y un girasol.^[ii]

La aprobación del HB4 en Estados Unidos se basó en estudios realizados y presentados por la propia empresa Bioceres, sin que se exigieran pruebas independientes. La Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) determinó que el HB4 era “seguro” para el consumo humano y la alimentación animal basándose en datos voluntarios proporcionados por el desarrollador.² El Departamento de Agricultura de Estados

Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) autorizó su comercialización a partir de una evaluación limitada que se centró únicamente en determinar si representaba un “mayor riesgo como plaga vegetal”, sin analizar cómo podría afectar los medios de subsistencia de los agricultores u otras cuestiones agronómicas clave.³ De manera preocupante, Bioceres no estuvo obligada a presentar datos ni a solicitar la aprobación de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), a pesar de que el HB4 está estrechamente vinculado al uso de glufosinato, un herbicida que presenta graves riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Tolerancia a la Sequía: ¿Un Caballo de Troya?

Bioceres afirma que el trigo OGM HB4 es tolerante a la sequía, pero no existen datos independientes que respalden dicha afirmación. Un análisis de datos de la empresa y del gobierno sobre el HB4, realizado por el Instituto de Semillas de Argentina, concluyó que esta variedad produce menores rendimientos que el trigo convencional, incluso en años de sequía.⁴

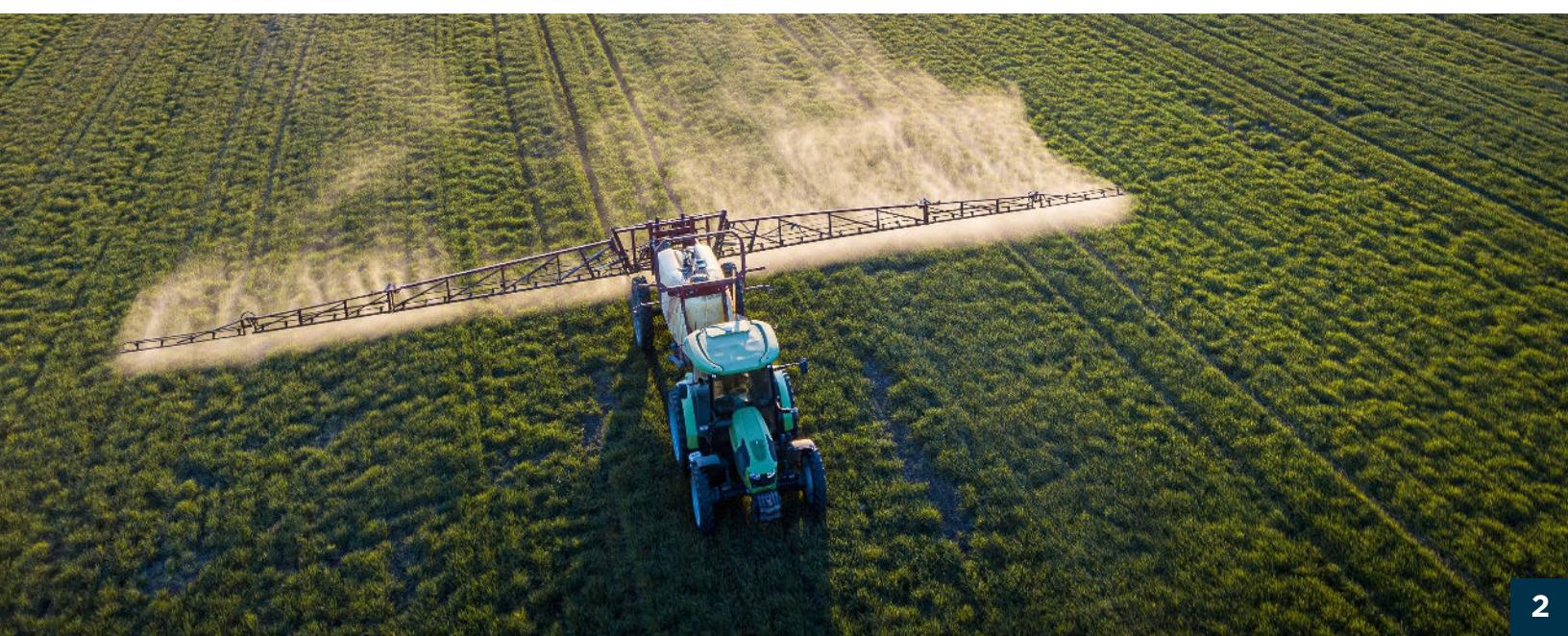
Hasta la fecha, los cultivos OGM comercializados como tolerantes a la sequía no han cumplido con sus promesas. Esto se debe a que la edición o incorporación de genes individuales — como el gen de girasol asociado a la adaptación a la escasez de agua

y a factores de estrés ambiental incorporado en el HB4 — constituye un enfoque excesivamente simplificado. La tolerancia a la sequía es un proceso fisiológico complejo en las plantas, gobernado por numerosos genes, vías biológicas y por la relación de la planta con su entorno.⁵ Investigaciones universitarias y análisis del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) indican que los enfoques tradicionales de mejoramiento vegetal no OGM para la tolerancia a la sequía tienen un mejor desempeño que la ingeniería genética.^{6,7}

Bioceres está comercializando el HB4 como una solución climática, desviando la atención de los graves riesgos climáticos, para la biodiversidad y para la salud asociados con el herbicida glufosinato.

Riesgos y Preocupaciones

Los cultivos OGM son responsables de un aumento drástico en el uso de herbicidas tóxicos.⁸ Hasta la fecha, el 98 % de la superficie cultivada con OGM en Estados Unidos corresponde a cultivos modificados genéticamente para tolerar herbicidas.⁹ Si bien el glifosato es, con diferencia, el herbicida más utilizado y asociado a los cultivos OGM, el uso de glufosinato está en aumento en Estados Unidos debido a la adopción de maíz, soya, algodón y canola OGM diseñados para tolerar este químico, comercializado bajo el rasgo LibertyLink®, desarrollado originalmente por Bayer y actualmente comercializado por BASF.^{10,11}



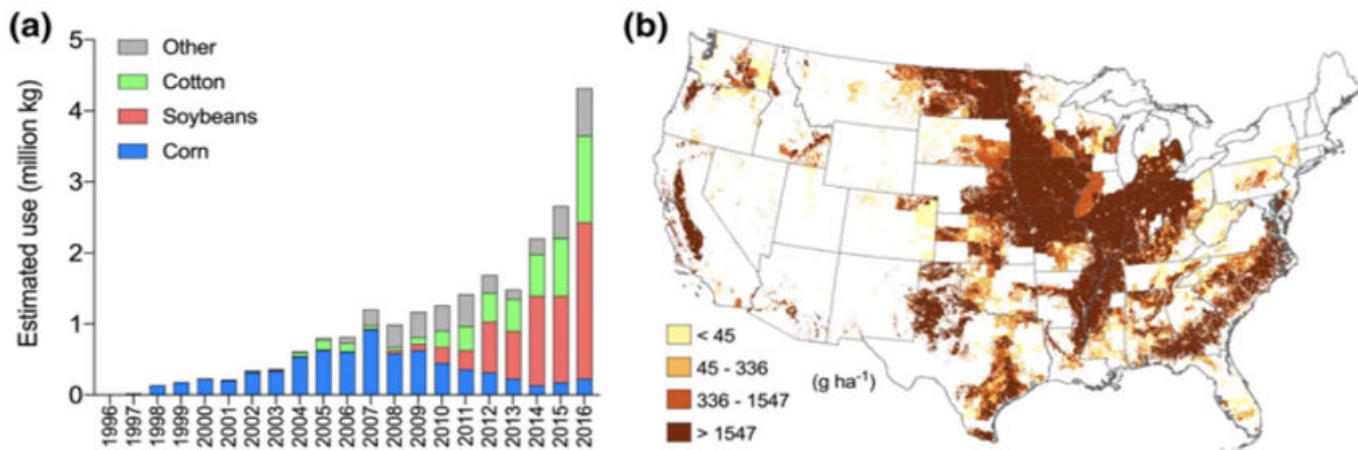


Figura 3. El uso de glufosinato en Estados Unidos ha aumentado exponencialmente durante la última década y se utiliza de manera intensiva en las regiones del Medio Oeste y del Sur, donde se cultivan variedades resistentes al glufosinato. Uso estimado por año y por cultivo entre 1996 y 2016 en Estados Unidos (a). La categoría “otros” incluye viñedos, huertos, trigo, arroz, pastizales, hortalizas y áreas no agrícolas. Uso agrícola estimado de glufosinato en todo Estados Unidos en 2016 (b).

Fuente: Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Consultado el 4 de mayo de 2020. Disponible en: <https://water.usgs.gov>

Las lecciones aprendidas tras tres décadas de uso generalizado de maíz y soya OGM tolerantes a herbicidas deberían encender las alarmas sobre los posibles riesgos para la salud, el medio ambiente y la economía asociados al trigo OGM. El glufosinato está vinculado a daños a la salud humana y al medio ambiente y, al igual que ocurre con el maíz y la soya OGM, la comercialización del trigo OGM conlleva el riesgo de reforzar aún más un modelo corporativo de agronegocio que despoja de poder a los agricultores y afianza una agricultura industrial intensiva en el uso de productos químicos.

Entre los principales fabricantes de glufosinato se encuentran Bayer, Syngenta y Corteva, junto con varias empresas chinas que están ampliando rápidamente su capacidad de producción de glufosinato.

Preocupaciones sobre la Salud

El glufosinato es un herbicida altamente peligroso que ha estado prohibido en la Unión Europea desde 2018 debido a su vinculación con la toxicidad reproductiva y otras preocupaciones de salud.^{12,13,14} Desde el punto de vista químico, se asemeja a la glutamina, una molécula utilizada para transmitir impulsos nerviosos en el cerebro.¹⁵

Los efectos del glufosinato sobre la reproducción y el desarrollo fetal son motivo de especial preocupación. Más de dos décadas de investigaciones demuestran que la exposición al glufosinato durante el embarazo afecta negativamente al feto en desarrollo en mamíferos. Ya en 1988, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) determinó que el glufosinato presentaba “efectos tóxicos sobre el desarrollo embrionario temprano”¹⁶

La investigación epidemiológica vincula la exposición al glufosinato con:

- **Bajo peso al nacer** (lo que se correlaciona con un mayor riesgo de problemas graves de salud)¹⁷
- **Toxicidad del sistema nervioso central y del sistema respiratorio**, asociada con intoxicaciones agudas¹⁸

Investigaciones en otros mamíferos, que comparten vías biológicas con los seres humanos, vinculan la exposición al glufosinato con:

- **Toxicidad reproductiva y del desarrollo**, que incluye partos prematuros, aborto

espontáneo (pérdida del embarazo), muerte intrauterina (mortinato), malformaciones esqueléticas, retraso en el desarrollo óseo y alteraciones de la función motora en la descendencia.^{19,20,21,22,23}

- **Neurotoxicidad**, incluidos comportamientos similares al autismo asociados con la exposición perinatal (durante la gestación y el primer año de vida)^{24,25,26}
- **Toxicidad renal**²⁷
- **Inflamación pulmonar** cuando se inhala²⁸
- **Alteración del microbioma intestinal**²⁹
- **Genotoxicidad**^{30,31}

A diferencia de otros herbicidas e insecticidas, los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (CDC, por sus siglas en inglés) no monitorean la exposición de las personas al glufosinato. Sin embargo, datos preliminares del *Heartland Study*, que analiza la exposición de mujeres embarazadas a herbicidas en la región del Medio Oeste, indican que dicha exposición podría estar en aumento.³²



Preocupaciones Ambientales

El glufosinato es altamente soluble en agua y está clasificado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) como “móvil” a “altamente móvil” en los ecosistemas del suelo. El glufosinato es tóxico para diversos organismos no objetivo, incluidos mamíferos, abejas, reptiles, anfibios y especies acuáticas. Se ha demostrado que la exposición crónica en mamíferos reduce el crecimiento y la viabilidad de la descendencia, con efectos observados a lo largo de generaciones y en múltiples especies.³³

Daños a la vida del suelo: La salud del suelo es fundamental para la resiliencia de los agricultores frente a sequías e inundaciones, así como para la captura de carbono en el suelo como estrategia de mitigación climática. Estudios han demostrado que el glufosinato puede alterar las comunidades microbianas del suelo^{34,35,36} provocar daños reproductivos multigeneracionales en nematodos,³⁷ y afectar la supervivencia y la reproducción de las lombrices de tierra.³⁸

Daños a los polinizadores: Se ha demostrado que la exposición a dosis subletales de glufosinato afecta la microbiota intestinal y el sistema inmunológico de las abejas melíferas, lo que indica que podría aumentar su susceptibilidad a patógenos.³⁹ También se ha encontrado que el glufosinato es perjudicial para otros insectos benéficos, como arañas, ácaros depredadores y mariposas.⁴⁰

Contaminación del agua y daños a los ecosistemas acuáticos: Debido a su alta movilidad y solubilidad, el glufosinato puede desplazarse hacia aguas superficiales mediante escorrentía o deriva de pulverización, o hacia aguas subterráneas a través de la lixiviación.⁴¹ Las investigaciones muestran que puede ser altamente tóxico para las larvas de ostras y almejas⁴² y puede afectar la reproducción de caracoles de agua dulce.⁴³ Estudios en peces de agua dulce y en invertebrados acuáticos han encontrado que el glufosinato-P puede causar una reducción en la supervivencia posterior a la eclosión y en la descendencia, respectivamente.⁴⁴

Supermalezas y aumento del uso de herbicidas: Los cultivos OGM tolerantes a



herbicidas son responsables de un aumento drástico en el uso de herbicidas tóxicos en Estados Unidos. Los cultivos tolerantes a herbicidas permiten a los agricultores aplicar herbicidas durante toda la temporada de crecimiento. Este uso excesivo impulsa la aparición de “supermalezas” que ya no responden al herbicida en cuestión.⁴⁵ La industria biotecnológica ha insistido en este enfoque fallido al desarrollar cultivos OGM con tolerancia “apilada” a múltiples herbicidas, intensificando aún más el uso de productos químicos. Con el aumento del uso de cultivos diseñados para resistir el glufosinato, ya se han detectado malezas resistentes a este herbicida en regiones agrícolas de Estados Unidos.⁴⁶

Contaminación genética: Al igual que otros cultivos genéticamente modificados, la introducción del trigo HB4 presenta el riesgo de contaminación genética de variedades de trigo no OGM y podría comprometer la diversidad genética.⁴⁷

Riesgos Económicos

Riesgos para las Exportaciones

La comercialización del trigo OGM en Estados Unidos podría exponer a los agricultores a serios riesgos en los mercados de exportación. Actualmente, Estados Unidos es el cuarto

productor mundial de trigo.⁴⁸ En 2024, el valor total de las exportaciones estadounidenses de trigo ascendió a 5.800 millones de dólares estadounidenses.⁴⁹ Entre los principales países importadores de trigo, incluidos México, Filipinas y Japón, ninguno ha aprobado la venta de trigo OGM ni parece dispuesto a hacerlo en el corto plazo.⁵⁰

Las preocupaciones sobre el rechazo de los mercados de exportación han frenado intentos anteriores de comercializar trigo OGM en Estados Unidos. Durante las décadas de 1990 y principios de los 2000, Monsanto puso fin a los ensayos de campo de trigo OGM en respuesta a las inquietudes de los agricultores sobre el potencial de contaminación genética y la interrupción del comercio.⁵¹

El riesgo para los mercados de exportación es doble: por un lado, el rechazo directo del trigo OGM y, por otro, el riesgo de contaminación del suministro de trigo no OGM. Dos casos ilustran claramente esta preocupación. En 2013, tras el descubrimiento de trigo OGM no aprobado en varios estados de Estados Unidos, Japón y Corea del Sur suspendieron temporalmente las importaciones de trigo; China, Tailandia y Filipinas exigieron inspecciones reforzadas a las importaciones; y socios europeos comenzaron a realizar pruebas adicionales.⁵² Como resultado, los

agricultores estadounidenses incurrieron en pérdidas de millones de dólares y enfrentaron una caída en los precios del trigo.⁵³

Un evento de contaminación similar y aún más costoso ocurrió en 2006 con el arroz. De manera alarmante, aunque no había sido aprobado para el cultivo comercial, el rasgo de arroz tolerante al glufosinato de Bayer (denominado LibertyLink) fue detectado en el suministro de arroz de Estados Unidos. En consecuencia, numerosos países restringieron las importaciones de arroz estadounidense, con costos para la industria estimados en 1.200 millones de dólares estadounidenses.⁵⁴ Las pérdidas fueron asumidas principalmente por los agricultores.

Ninguno de los países que han aprobado el HB4 para su cultivo o consumo es un importador importante de trigo estadounidense. Solo otros tres países han dado luz verde al cultivo del trigo HB4: Argentina, Brasil y Paraguay.⁵⁵ Australia ha aprobado el cultivo para ensayos de campo, mientras que otros países, como Nueva Zelanda, Nigeria, Sudáfrica, Colombia, Tailandia y Chile, lo han aprobado para uso alimentario y como alimento para animales, pero no para su cultivo.⁵⁶

Riesgos para la Soberanía Económica de los Agricultores

En última instancia, los agricultores son quienes más podrían perder con la introducción del trigo OGM en Estados Unidos. Las variedades de cultivos OGM están sujetas a estrictas protecciones de propiedad intelectual y patentes en favor de las empresas que las desarrollan. Esto ha permitido que grandes corporaciones aumenten su control sobre el suministro de semillas, obliguen a los agricultores a firmar contratos restrictivos,⁵⁷ y entablen demandas judiciales de carácter predatorio contra los agricultores.⁵⁸ La adopción generalizada del trigo OGM también probablemente incrementaría la concentración del mercado de semillas de trigo: actualmente, el 30% del suministro mundial de semillas de trigo está dominado por grandes corporaciones (Corteva, BASF y Limagrain), en comparación con el 60% del suministro mundial total de semillas.⁵⁹

¿Qué Se Puede Hacer?

Reforma Regulatoria en Estados Unidos

Existe una necesidad urgente de reformar las estructuras regulatorias que rigen los cultivos OGM en Estados Unidos. Las regulaciones no han avanzado al mismo ritmo que los desarrollos tecnológicos, y la supervisión está fragmentada entre tres agencias distintas — el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) — lo que permite la existencia de vacíos significativos en la evaluación de riesgos. Las agencias regulatorias dependen en gran medida de datos proporcionados por la industria, con pruebas independientes limitadas o inexistentes, y los desarrolladores no están obligados a divulgar todos los resultados de las pruebas a la FDA. Las evaluaciones de riesgo no analizan de manera integral las preocupaciones ecológicas, incluidas las “supermalezas” resistentes a herbicidas, la pérdida de polinizadores y el aumento de la contaminación por pesticidas. Además, las regulaciones que rigen las etiquetas de alimentos son claramente insuficientes para informar adecuadamente a los consumidores sobre los alimentos OGM disponibles en el mercado.

Llamado al Principio de Precaución

La regulación de los cultivos genéticamente modificados debería alinearse con el principio de precaución, que exige una evaluación exhaustiva de los riesgos, el análisis de alternativas y un enfoque preventivo ante la incertidumbre científica, con el fin de proteger el medio ambiente y salvaguardar la salud humana.⁶⁰

Impulsar Soluciones Agroecológicas

Un amplio cuerpo de investigación científica demuestra que es imperativo realizar una transición rápida de los sistemas agrícolas actuales, basados en un modelo industrial intensivo en el uso de productos químicos — ejemplificado por cultivos OGM tolerantes a herbicidas como el trigo HB4 — hacia

enfoques agroecológicos, a fin de lograr soluciones reales a las crisis de biodiversidad, clima y seguridad alimentaria que estamos enfrentando.^{61,62}

La resiliencia de los agricultores frente a sequías e inundaciones no se logra mediante la incorporación de un solo gen en una planta compleja; por el contrario, está profundamente vinculada a la construcción de suelos sanos y vivos.⁶³ Además, el mejoramiento vegetal tradicional para la tolerancia a la sequía es más eficaz que la ingeniería genética porque se basa en la diversidad y la complejidad. Este enfoque aprovecha la diversidad natural de los cultivos y de sus parientes silvestres, que contienen rasgos resultado de miles de años de adaptación a entornos complejos. El mejoramiento tradicional permite seleccionar características complejas y poligénicas (controladas por múltiples genes), como la tolerancia a la sequía, y “entrena” las variedades bajo las mismas condiciones ambientales a las que se espera que se enfrenten. Este enfoque ya ha dado lugar a variedades de trigo, maíz y arroz tolerantes a la sequía que han sido ampliamente adoptadas por agricultores — especialmente en África y Asia. Entre los ejemplos se incluyen la variedad de trigo Jabal, originaria de Marruecos, variedades locales de los estados del norte de la India y el trigo emmer silvestre.^{64,65}



FUENTES

- [i] El glufosinato fue registrado por primera vez por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) para su uso como herbicida en 1993. En 2024, la EPA aprobó los registros de BASF y de Mitsui Chemicals Crop & Life Solutions, Inc. para un nuevo ingrediente activo destinado a su uso en cultivos tolerantes al glufosinato, denominado glufosinato-P, que consiste en una mayor concentración del isómero activo.[i]
- [ii] La planta obtiene su tolerancia al glufosinato de amonio a partir de la enzima fosfinotricina acetiltransferasa (PAT), la cual está codificada por el gen bar de la bacteria del suelo *Streptomyces hygroscopicus*. La producción de esta enzima permite que la planta detoxifique el glufosinato. Asimismo, incorpora el gen HaHB4 proveniente del girasol, el cual está asociado con la capacidad de esta planta para adaptarse a condiciones de escasez de agua y a factores de estrés ambiental.
- 1 Specht, J.E. (2024) U.S. corn planted acreage down 3% from 2023; soybean acreage up 3%. CropWatch, July 2. <https://cropwatch.unl.edu/2024/corn-planted-acreage-down-3-2023-soybean-acreage-3-last-year/>
 - 2 Polansek, T. & Ingwersen, J. (2022) Argentina's Bioceres says its GMO wheat gets key OK from US FDA. Reuters, June 27. <https://www.reuters.com/markets/commodities/argentinas-bioceres-says-its-gmo-wheat-gets-key-ok-us-fda-2022-06-27/>
 - 3 *Ibid.*
 - 4 GMWatch (2025) Argentina and Paraguay: Civil society organisations call for suspension of GM wheat. <https://gmwatch.org/en/106-news/latest-news/20518-argentina-and-paraguay-civil-society-organisations-call-for-suspension-of-gm-wheat>
 - 5 Kebede, A., Kang, M. S., & Bekele, E. (2019). Advances in mechanisms of drought tolerance in crops, with emphasis on barley. *Advances in agronomy*, 156, 265-314.
 - 6 Montenegro, M. (2015) OPINION: The complex nature of GMOs calls for a new conversation. Envia. <https://envia.com/voices/the-complex-nature-of-gmos-calls-for-a-new-conversation/>
 - 7 GeneWatch UK (2025) Gene editing: Is anyone really being left behind? <https://www.genewatch.org/uploads/f03c6d66a9b354535738483c1c3d49e4/gene-editing-left-behind-fin.pdf>
 - 8 Benbrook, C. M. (2016). Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences Europe*, 28(1), 3.
 - 9 Friends of the Earth. (2023). Merchants of Poison: How Monsanto Sold the World on a Toxic Pesticide. U.S. Right to Know, Friends of the Earth, and Real Food Media. <https://foe.org/resources/merchants-of-poison/>
 - 10 Singh, M., & Jhala, A. J. (2025). Perspectives on the economics of herbicide usage in corn and soybean production in the United States. *Weed Technology*, 39, e48.
 - 11 Takano, Hudson & Dayan, Franck. (2020). Glufosinate-ammonium: a review of the current state of knowledge. *Pest Management Science*. 76. 10.1002/ps.5965.
 - 12 Official Journal of the European Union. (2020). Commission Delegated Regulation (EU) 2020/1068 of 15 May 2020 amending Annexes I and V to Regulation (EU) No 649/2012 of the European Parliament and of the Council concerning the export and import of hazardous chemicals. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?from=EN&uri=CELEX%3A32020R1068&utm>
 - 13 Donthi, N.R. & Kumar, A.D.D. (2022) Glufosinate Ammonium: An overview. Pesticide Action Network India, December. https://pan-india.org/wp-content/uploads/2024/03/Glufosinate-Ammonium-An-overview_PAN-India_Dec2022.pdf
 - 14 Pesticide Action Network. (2024). PAN International List of Highly Hazardous Pesticides. https://pan-international.org/wp-content/uploads/PAN_HHP_List.pdf
 - 15 Cox, Caroline. (1996). Herbicide Factsheet: Glufosinate. *Journal of Pesticide Reform*. 15(4). <https://citeseervx.ist.psu.edu/document?doi=7f86ed809ed5344bc31cdadeae344b9934aad54f&repid=rep1&type=pdf&utm>
 - 16 U.S. EPA. 1988. Ignite: Two generation reproduction study in rats. Data evaluation record. Reviewed by Dynamac Corp. May 18. Cited in Cox, Caroline. (1996). Herbicide Factsheet: Glufosinate. *Journal of Pesticide Reform*. 15(4).
 - 17 Simões, M., Vermeulen, R., Portengen, L., Janssen, N., & Huss, A. (2023). Exploring associations between residential exposure to pesticides and birth outcomes using the Dutch birth registry. *Environment international*, 178, 108085.
 - 18 Hsiao, J. T., Pan, H. Y., Kung, C. T., Cheng, F. J., & Chuang, P. C. (2021). Assessment of glufosinate-containing herbicide exposure: A multi-center retrospective study. *The American Journal of Emergency Medicine*, 50, 232-236.
 - 19 Donthi, N.R. & Kumar, A.D.D. (2022) Glufosinate Ammonium: An overview. Pesticide Action Network India, December. https://pan-india.org/wp-content/uploads/2024/03/Glufosinate-Ammonium-An-overview_PAN-India_Dec2022.pdf
 - 20 Donthi, N.R. & Kumar, A.D.D. (2022) Glufosinate Ammonium: An overview. Pesticide Action Network India, December. https://pan-india.org/wp-content/uploads/2024/03/Glufosinate-Ammonium-An-overview_PAN-India_Dec2022.pdf

- 21 Kim, K. T., Kwak, Y. J., Han, S. C., & Hwang, J. H. (2020). Impairment of motor coordination and interneuron migration in perinatal exposure to glufosinate-ammonium. *Scientific Reports*, 10(1), 20647.
- 22 Watanabe, T., & Iwase, T. (1996). Developmental and dysmorphogenic effects of glufosinate ammonium on mouse embryos in culture. *Teratogenesis, carcinogenesis, and mutagenesis*, 16(6), 287-299.
- 23 Greenpeace-Neumarkt Group. Comments from the public: EFSA opinion on NK603 maize. Bavaria, Germany.
- 24 Laugeray, A., Herzine, A., Perche, O., Hebert, B., Aguillon-Naury, M., Richard, O., et al. (2014). Pre- and postnatal exposure to low dose glufosinate ammonium induces autism-like phenotypes in mice. *Front. Behav. Neurosci.*
- 25 Herzine, A., Laugeray, A., Feat, J., Menuet, A., Quesniaux, V., Richard, O., ... & Mortaud, S. (2016). Perinatal exposure to glufosinate ammonium herbicide impairs neurogenesis and neuroblast migration through cytoskeleton destabilization. *Frontiers in cellular neuroscience*, 10, 191.
- 26 Calas, A. G. et al. (2008). Chronic exposure to glufosinate-ammonium induces spatial memory impairments, hippocampal MRI modifications and glutamine synthetase activation in mice. *Neurotoxicology*, 29(4), 740-747.
- 27 U.S. Environmental Protection Agency. (2020). New Enriched Isomer Glufosinate-P for Use on Conventional and Glufosinate-Resistant Corn, Cotton, Canola and Soybean. EPA-HQ-OPP-2020-0250-0027. <https://www.regulations.gov/document/EPA-HQ-OPP-2020-0250-0027>
- 28 Dong, T., Guan, Q., Hu, W., Zhang, M., Zhang, Y., Chen, M., and & Xia, Y. (2020). Prenatal exposure to glufosinate ammonium disturbs gut microbiome and induces behavioral abnormalities in mice. *Journal of hazardous materials*, 389, 122152.
- 29 *Ibid.*
- 30 Ma, X., Wang, B., Li, Z., Ding, X., Wen, Y., Shan, W., ... & Xia, Y. (2022). Effects of glufosinate-ammonium on male reproductive health: focus on epigenome and transcriptome in mouse sperm. *Chemosphere*, 287, 132395.
- 31 Santovito, A., Lambertini, M., Schleicherová, D., Mirone, E., & Nota, A. (2024). Cellular and genomic instability induced by the herbicide glufosinate-ammonium: An in vitro and in vivo approach. *Cells*, 13(11), 909.
- 32 Heartland Health Research Alliance. (Online). <https://hh-ra.org/projects/the-heartland-study/>
- 33 Beyond Pesticides (2016). Glufosinate-ammonium: ChemicalWatch Factsheet. *Pesticides and You* 36(1): 22-23. <https://www.beyondpesticides.org/assets/media/documents/GlufosinateChemWatch.pdf>
- 34 Wang J, Liu Z, Wang X, Zhang Z, Zhou T, Li M, Wang S, Hu Z, Sun R, Li D. Combatting glufosinate-induced pepper toxicity: jasmonic acid recruiting rhizosphere bacterial strain *Rhodococcus gordoniae*. *Microbiome*. 2025 Jul 2;13(1):158. doi: 10.1186/s40168-025-02155-1. PMID: 40604909; PMCID: PMC12224680.
- 35 Das, S. (2025). Impact of Glufosinate on Soil Microbial Community Dynamics. The University of Texas at Arlington. https://mavmatrix.uta.edu/biology_dissertations/226/
- 36 Kopčáková, A. et al. (2015). Already a Short-term Soils Exposure to the Field-rate Glufosinate Concentration Significantly Influences Soil Bacterial Communities. *Soil & Water Research*, 10(4).
- 37 Zhao, X., Fu, K., Xiang, K. P., Wang, L. Y., Zhang, Y. F., & Luo, Y. P. (2023). Comparison of the chronic and multigenerational toxicity of racemic glufosinate and L-glufosinate to *Caenorhabditis elegans* at environmental concentrations. *Chemosphere*, 316, 137863.
- 38 Wang, B., Jiang, L., Pan, B., & Lin, Y. (2022). Toxicity of glufosinate-ammonium in soil to earthworm (*Eisenia fetida*). *Journal of Soils and Sediments*, 22(5), 1469-1478.
- 39 Castelli, L., Branchiccela, B., Zunino, P., & Antúnez, K. (2023). Insights into the effects of sublethal doses of pesticides glufosinate-ammonium and sulfoxaflor on honey bee health. *Science of The Total Environment*, 868, 161331.
- 40 Donthi, N.R. & Kumar, A.D.D. (2022) Glufosinate Ammonium: An overview. Pesticide Action Network India, December. https://pan-india.org/wp-content/uploads/2024/03/Glufosinate-Ammonium-An-overview_PAN-India_Dec2022.pdf
- 41 U.S. Environmental Protection Agency. (2024). Draft Ecological Fate and Environmental Risk Assessment for Glufosinate-P and Glufosinate-P Ammonium. Office of Chemical Safety and Pollution Prevention.
- 42 Cox, Caroline. (1996). Herbicide Factsheet: Glufosinate. *Journal of Pesticide Reform*. 15(4). <https://citeseerv.ist.psu.edu/document?doi=7f86ed809ed5344bc31cdadeae344b9934aad54f&repid=rep1&type=pdf&utm>
- 43 Qian, Y. et al. (2025). Toxicological Effects of Glufosinate-Ammonium-Containing Commercial Formulations on *Biomphalaria glabrata* in Aquatic Environments: A Multidimensional Study from Embryotoxicity to Histopathology. *Toxics*, 13(7), 528.
- 44 U.S. Environmental Protection Agency. (2024). Draft Ecological Fate and Environmental Risk Assessment for Glufosinate-P and Glufosinate-P Ammonium. Office of Chemical Safety and Pollution Prevention.
- 45 GeneWatch UK (2022) Time for the end of GM/GE herbicide tolerant crops? Executive Summary. GeneWatch UK. <https://www.genewatch.org/uploads/f03c6d66a9b354535738483c1c3d49e4/ht-report-summary-fin.pdf>
- 46 Unglesbee, E. (2021) Glufosinate-resistant Palmer amaranth confirmed in Arkansas. DTN Progressive Farmer, February 17. <https://www.dtnpf.com/agriculture/web/Ag/crops/article/2021/02/17/glufosinate-resistant-palmer>

- 47 GeneWatch UK (2022) Time for the end of GM/GE herbicide tolerant crops? Executive Summary. GeneWatch UK. <https://www.genewatch.org/uploads/f03c6d66a9b354535738483c1c3d49e4/ht-report-summary-fin.pdf>
- 48 Polansek, T. & Ingwersen, J. (2022) Argentina's Bioceres says its GMO wheat gets key OK from US FDA. Reuters, June 27. <https://www.reuters.com/markets/commodities/argentinas-bioceres-says-its-gmo-wheat-gets-key-ok-us-fda-2022-06-27/>
- 49 U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (2024) Wheat. <https://www.fas.usda.gov/data/commodities/wheat>
- 50 *Ibid.*
- 51 Friends of the Earth (2013) Monsanto wheat scandal: What the discovery of unapproved genetically engineered wheat means for our food. <https://foe.org/blog/2013-05-monsanto-wheat-scandal-what-the-discovery-of-unapro/>
- 52 Non-GMO Project (2024) New GMO alert: Bioceres GM HB4 wheat gains traction worldwide. <https://www.nongmoproject.org/blog/new-gmo-alert-first-gmo-wheat-to-be-introduced-commercially/>
- 53 Friends of the Earth (2013) Monsanto wheat scandal: What the discovery of unapproved genetically engineered wheat means for our food. <https://foe.org/blog/2013-05-monsanto-wheat-scandal-what-the-discovery-of-unapro/>
- 54 Shumaker, L. (2007) US GMO rice caused \$1.2 bln in damages—Greenpeace. Reuters, November 16. <https://www.reuters.com/article/markets/companies/us-gmo-rice-caused-12-bln-in-damages-greenpeace-idUSN05315567/>
- 55 *Ibid.*
- 56 *Ibid.*
- 57 Kloppenburg, J. R. (2005). First the seed: *The political economy of plant biotechnology*. Univ of Wisconsin Press.
- 58 Gillam, C. (2013) Monsanto sues farmers for patent infringement. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2013/feb/12/monsanto-sues-farmers-seed-patents>
- 59 GeneWatch UK (2022) Time for the end of GM/GE herbicide tolerant crops? Executive Summary. GeneWatch UK. <https://www.genewatch.org/uploads/f03c6d66a9b354535738483c1c3d49e4/ht-report-summary-fin.pdf>
- 60 International Institute for Sustainable Development (2022). The precautionary principle. <https://www.iisd.org/articles/deep-dive/precautionary-principle>
- 61 Cook, Christopher, Kari Hamerschlag, and Kendra Klein. (2016). Farming for the Future: Organic and Agroecological Solutions to “Feed the World.” Prepared for Friends of the Earth U.S. <https://foe.org/resources/farm-for-future-organic-solutions/>
- 62 Frison, Emile, et al. (2016). From University to Diversity. Prepared for International Panel of Experts on Sustainable Food Systems (IPES) report. https://www.ipes-food.org/_img/upload/files/UniformityToDiversity_FULL.pdf
- 63 Snapp, Sieglinde, et al. (2021.) Agroecology and Climate Change: Rapid Evidence Review. CGIAR. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/fa6033ce-1b75-4efc-a090-060fffcfa795e/content>
- 64 International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) (2023). Hot, dry climates call for resilient, high-performing wheat varieties. <https://www.cimmyt.org/news/hot-dry-climates-call-for-resilient-high-performing-wheat-varieties/>
- 65 Budak H, Kantar M, Kurtoglu KY. Drought tolerance in modern and wild wheat. *ScientificWorldJournal*. 2013 May 15;2013:548246. doi: 10.1155/2013/548246.