



Rev Mex Med Forense, 2025, 10(2):111-122

ISSN: 2448-8011

Herbicida Glifosato: Un Peligro para la Salud Humana, Potente Agente Cancerígeno y Fuerte Contaminante Ambiental

Artículo de Revisión

Glyphosate Herbicide: A Human Health Hazard, Potent Carcinogen and Strong Environmental Pollutant

Infanzón Ruiz, Raúl¹; Denis Rodríguez, Patricia Beatriz²; Trinidad Hernández, Sagrario del Pilar³; Santiago Martínez, Brenda Berenice⁴; García Salazar, Miguel Ángel⁵

Recibido: 2 abril 2025; Aceptado: 6 mayo 2025; Publicado: 15 julio 2025.

1. Investigador TC, Instituto de Medicina Forense, Universidad Veracruzana
2. Directora e Investigadora TC, Instituto de Medicina Forense, Universidad Veracruzana
3. Anatomopatóloga, Hospital regional PEMEX Minatitlán y hospital IMSS Bienestar de Coatzacoalcos Dr. Valentín Gómez Fariás
4. Anatomopatóloga, Hospital IMSS Bienestar de Coatzacoalcos Dr. Valentín Gómez Fariás
5. Histotecnólogo y Lic Criminología y Criminalística, Hospital IMSS Bienestar de Coatzacoalcos, Dr. Valentín Gómez Fariás.

Corresponding author: Raúl Infanzón Ruiz, rinfanzon@uv.mx

**Revista Mexicana de Medicina Forense y Ciencias de la Salud.
Editorial Universidad Veracruzana
Periodo julio-diciembre 2025**

RESUMEN

Los plaguicidas conocidos también en el ámbito de la toxicología como compuestos químicos organoclorados y organofosforados por su contenido molecular de Cloro y Fosforo son sustancias que se utilizan para combatir diversas plagas, tales como las que atacan a los cultivos o a los vectores que transmiten enfermedades a seres humanos o animales. Comprenden un género de sustancias tóxicas que incluyen a los insecticidas, fungicida, bactericidas, garrapaticidas y herbicidas antes organoclorados hoy organofosforados, los plaguicidas, organoclorados ya están descontinuados es decir en teoría ya no deberían de existir, pero se siguen generan y a la fecha todavía utilizando en algunos países en vías de desarrollo. La introducción de los plaguicidas en la agricultura ha coadyuvado en el aumento de la producción de alimentos, llevando así cada día el uso de cientos de toneladas mediante asperjar en los campos agrícolas a nivel mundial, y, esto ha implicado costos en la salud humana, y los sistemas socio ambientales. De acuerdo al Catálogo Oficial de Plaguicidas de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, en México están permitidos más de 180 ingredientes activos de plaguicidas altamente peligrosos. Este reporte explica las características del herbicida glifosato, su uso en la agricultura con organismos genéticamente modificados y evidencia científica relevante sobre sus efectos en el ambiente.

SUMMARY

Pesticides, also known in the field of toxicology as organochlorine and organophosphate chemical compounds for their molecular content of Chlorine and Phosphorus, are substances used to combat various pests, such as those that attack crops or vectors that transmit diseases to humans or animals. They comprise a type of toxic substances that include insecticides, fungicides, bactericides, tickicides and herbicides that were previously organochlorine and now organophosphate. Organochlorine pesticides have already been discontinued, that is, in theory they should no longer exist, but they continue to be produced and are still used in some developing countries. The introduction of pesticides in agriculture has contributed to the increase in food production, thus leading to the daily use of hundreds of tons by spraying agricultural fields worldwide, and this has implied costs in human health and socio-environmental systems. According to the Official Catalogue of Pesticides of the Federal Commission for the Protection against Sanitary Risks, more than 180 active ingredients of highly dangerous pesticides are permitted in Mexico. This report explains the characteristics of the herbicide glyphosate, its use in agriculture with genetically modified organisms and relevant scientific evidence on its effects on the environment.

INTRODUCCIÓN

El uso de Plaguicidas está aumentando en el mundo en un intento por aumentar la producción agrícola en los diversos ámbitos en esta recopilación bibliográfica nos enfocaremos a la producción de cultivos y el uso de herbicidas en el control de maleza causantes de una perdida en la producción del 30% al 40%, históricamente el control de maleza se realizaba en forma manual, pero la migración laboral y el costo en el aumento de la mano de obra ha a ocasiona el aumento del uso del herbicida. Entre los productores de arroz, caña de azúcar y hortalizas hasta un 90%, el glifosato (N-(fosfonometil) glicina, C3 H8 NO5 P) es uno de los herbicidas más utilizados, desde la década de 1990 ha estado disponible comercialmente en diferentes presentaciones.

Es innegable que el uso del herbicida glifosato ha incrementado la productividad en la agricultura, pero también se tienen reportes acerca de su potencial actividad cancerígena (Williams,G.M, 2000) , de allí la importancia de aumentar los conocimientos de sus propiedades. A nivel mundial la agricultura ha logrado incrementos productivos notables, acompañados de una creciente obtención de alimentos, impulsada por el uso de insumos para el control de malezas, plagas y enfermedades, así como también de fertilizantes. En los últimos 50 años del siglo XX y lo que va del siglo XXI se caracterizan por una fuerte dependencia de los agroquímicos como elementos fundamentales en el control de las adversidades en los cultivos.

El desarrollo de diferentes herbicidas a partir de la década de 1940 ha dado lugar a la idea de que el control químico es una herramienta que posibilita la erradicación de malezas, convirtiéndose desde entonces en el método principal utilizado por los productores agropecuarios. (Villalba, 2009) China es el principal productor y exportador de glifosato en el mundo con una producción estimada de 850,000 Ton por año para comienzos de 2010 y exportaciones promedio del orden de 300,000 Ton anuales; los principales destinos de exportación América del norte, del sur y Malasia. (Cirbián, 2011)

En 2014, Bolivia importó 12 millones de toneladas de glifosato, herbicida usado en el país para los cultivos de soya, debido a que en 2004 se autorizó el uso de la semilla transgénica. (Cirbián, 2015) Más de un millón de toneladas de agroquímicos ingresan a Paraguay anualmente. Son fertilizantes, secantes, insecticidas y fungicidas que se aplican en más de 3 millones de hectáreas empleadas en el cultivo de soja y otros granos que exporta. Además, un porcentaje del producto importado se reformula y se exporta de nuevo, principalmente a Bolivia, según datos proveídos por el SENAVE (Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas); entre esos químicos existen varios prohibidos en otros puntos del mundo por los daños que pueden provocar a la salud humana y al medio ambiente, como el glifosato, el paraquat, 2,4D, el acefato, entre otros. (Ladaga, 2015).

DESARROLLO

Aunque el glifosato se ha utilizado en la agricultura desde su descubrimiento como herbicida, es a partir de la introducción de cultivos genéticamente modificados tolerantes a este compuesto que su uso aumentó significativamente. Se estima que sólo en 2014 se aplicaron 747 millones de toneladas de glifosato en aproximadamente 1400 millones de hectáreas de terreno arable a nivel mundial (Benbrook, 2016). Adicionalmente, desde la década de 1980, el glifosato se usa como agente desecante en cultivos que no han sido modificados genéticamente en forma anual, tales como el maíz, trigo, cebada, avena, frijol, papa, lenteja, garbanzo, entre otros, para acelerar y sincronizar la muerte de las plantas y permitir la cosecha de los granos o frutos en un periodo de tiempo menor (Monsanto, 2010).

Otra razón por la que el uso de glifosato en la agricultura ha aumentado tan drásticamente es la disminución de los precios del herbicida a partir de la expiración de la patente de la formulación comercial en el año 2000 (Bonny, 2016). México no es la excepción en cuanto a la aplicación masiva de plaguicidas (fungicidas, herbicidas e insecticidas). A partir de la implementación del paradigma tecnológico de modernización de la agricultura enfocada al capital, conocido como “Revolución Verde”, el uso de plaguicidas en el campo mexicano aumentó significativamente (Bejarano-González, 2017).

De acuerdo a la Unión Mexicana de Fabricantes y Formuladores de Agroquímicos, A.C., el mercado de agroquímicos en México tiene un valor anual aproximado de 15,684 millones de pesos (COFECE, 2015); los plaguicidas son el segundo insumo de mayor valor para la producción agrícola, después de los fertilizantes (COFECE, 2015). Datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), indican que entre los años 2009 y 2010 en México se aplicaron aproximadamente 4.55 toneladas de plaguicidas por cada 1000 hectáreas; sólo en 2013 se aplicaron 31,195 toneladas de herbicidas (Arellano-Aguilar y Rendón von Osten, 2016). En México se comercializan los herbicidas Faena®, Cacique 480®, Nobel 62%®, Lafam®, Eurosato® y Agroma®, entre otros, con glifosato como ingrediente activo (Arellano-Aguilar y Montero-Montoya, 2017).

Este herbicida es el de mayor producción, venta y uso en el mundo y también el más peligroso, es empleado fundamentalmente en los cultivos de soya, maíz y algodón transgénico, genera la mayor destrucción de la biodiversidad de toda la historia natural del planeta. En México tan solo la intensidad del uso de plaguicidas en 2017 fue de 1.77 kg/ha históricamente, se ha estado incrementando desde inicios del 2000 en 0.63 kg/ha, alcanzando su pico máximo en el 2013 a 2.23 Kg/ha, mas sin embargo la intensidad del uso del mismo disminuyó en el 2017, a diferencia de otros países de América del norte como son Canadá con (2.37 kg/ha), los Estados Unidos con (2.54kg/ha) y Sudamérica (5.42 kg/ha).

Composición Química Glifosato

Molecularmente el glifosato (N-fosfonometil-glicina, C₃H₈NO₅P, CAS 1071-83-6) es un herbicida de amplio espectro, desarrollado para la eliminación de hierbas y de arbustos, es un aminofosfonato y un análogo del aminoácido natural glicina. El nombre es la contracción de glicina, fosfo- y -ato, partícula que designa a la base conjugada de un ácido. Fue descubierta su actividad herbicida en 1970 por John E. Franz, trabajando en Monsanto. Por su hallazgo, en 1990 Franz recibió la National Medal of Technology en 1987, y la Medalla Perkin en Química Aplicada. (Stong, 19. Tabla 1)

Tabla 1
Propiedades físicas y químicas

Nombre IUPAC	N-(fosfonometil) glicina
Otros Nombres	N-(fosfonometil) glicina-isopropilamina (1:1) 2-[(fosfonometil)amino] ácido acético Sal de isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina
Nombre común	Glifosato
Formula	C ₃ H ₈ NO ₅ P
Densidad	1.74 kg/m ³ ; 0,001704 g/cm ³
Punto de fusión	184,5 °C (458 kJ)
Punto de ebullición	187 °C (460 kJ)
Solubilidad en agua	1.01 g/100 ml (20 °C)
PH	4.4 – 4.9
DL50	10.537 mg/kg en 1 rata por vía oral 7.500 mg/kg en 1 rata por la piel esto es para Glifosato No. CAS 1071 – 83 -6 polvo blanco grado de pureza 41%

Bioquímica y Mecanismo de Acción en la Planta.

La Bioquímica y Mecanismo de acción del glifosato mata las plantas interfiriendo con la síntesis de los aminoácidos fenilalanina, tirosina y triptófano. Lo hace inhibiendo la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS). (Steinrücken, 1980).

Parrot (1995) estableció que el crecimiento se detiene a las pocas horas de la aplicación, las hojas tardan días en volverse amarillas. La EPSPS sólo es sintetizada por plantas y algunos microbios, pero no por mamíferos, por lo que este mecanismo de acción no les afecta.

Como se mencionó el glifosato actúa inhibiendo la 5-enolpiruvil-shiquimato-3-fosfato sintasa (EPSPS), enzima responsable de la formación de los aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina y triptófano. El shikimato (anión del ácido shikímico) es el precursor clave y común en la biosíntesis de todos los aminoácidos aromáticos y del triptófano que resulta de la ciclación de un ácido heptónico. La EPSPS cataliza la reacción entre shiquimato-3-fosfato (S3P) y fosfoenolpiruvato (PEP) para formar ESP y fosfato. Los aminoácidos aromáticos se utilizan también para formar metabolitos secundarios como los folatos, las ubiquinonas y las naftoquinas. La ruta del proceso bioquímico del shiquimato no se encuentra en animales. (Alibhai, 2001) Solomon (2007) afirma que se utiliza en erradicación de cultivos ilícitos de amapola, coca y otras plantas usadas en la fabricación de estupefacientes. Y también como herbicida en los cultivos de soja, que ha sido manipulada genéticamente para que esta sustancia no les afecte.

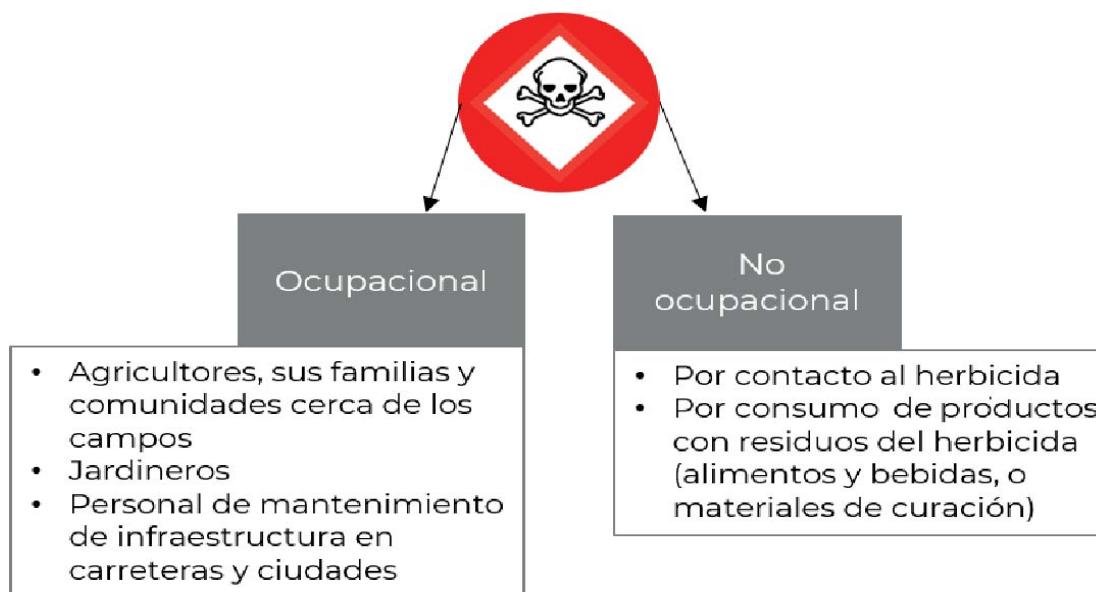
En los vegetales la EPSPS es codificada por el núcleo celular y transportada al cloroplasto a través del péptido de transporte y es en el cloroplasto donde participa y se efectúa la ruta metabólica del ácido shikímico según (Felsot 200). Choque R. y COL. 45 en esta vía se emplea un 20 % del carbón fijado durante la fotosíntesis.

Ya en el cloroplasto, la EPSPS enlaza primero una molécula de shikimato3-fosfato (S3P) inmediatamente después una molécula de PEP se enlaza al sitio activo de la enzima. La EPSPS cataliza entonces una reacción de condensación para producir 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato; queda claro que PEP no presenta afinidad por EPSPS a menos que una molécula de S3P se enlace primero. (Perez, 2007)

Podemos representar el mecanismo de acción de la 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato, así: S3P + Enzima → S3P. Enzima + PEP → S3P. Enzima. PEP → Enzima EPSP → Pi + Enzima + EPSP Donde: Enzima: 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintetasa S3P: Shikimato-3-fosfato PEP: fosfoenolpiruvato EPSP: 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato.

Forma de exposición al Herbicida Glifosato

Al ser el herbicida más utilizado en el mundo, la exposición humana al glifosato es sumamente frecuente y ocurre de manera cotidiana en la población urbana y rural



Se ha detectado glifosato en fluidos (leche materna, sangre y orina) de agricultores y sus familias a nivel mundial^{31,32,33} y en México, particularmente en infantes, adolescentes y adultos de comunidades de Campeche, Yucatán y Jalisco.

El caso más reciente es el de la comunidad El Mentidero en Autlán, Jalisco, donde se analizó la orina de 93 niñas y niños de preescolar y primaria y 53 de secundaria; 100% de las niñas y niños tuvieron rastros de herbicidas en su orina y la sustancia más recurrente y peligrosa encontrada fue el glifosato.

En otros países se ha detectado glifosato en el agua potable, vinos y cervezas, e incluso en productos de higiene personal (gasas, vendas, compresas, hisopos, etc.) elaborados con algodón GM tolerante a glifosato.^{38,39} En cuanto a los OGM, hay varios estudios que demuestran la presencia de secuencias transgénicas en maíces y algodones nativos, cultivos originarios de nuestro país;^{40,41,42} además se ha probado la presencia de transgénicos y glifosato en alimentos hechos de maíz.

Se ha demostrado que hay una correlación entre el número de más de 20 enfermedades oncogénicas, endocrinas, metabólicas y neurodegenerativas, así como trastornos sistémicos en el incremento del uso agrícola del glifosato, el desarrollo de esos padecimientos es complejo y multifactorial, pero la vasta evidencia científica aporta elementos que sistémicamente apuntan a todos los perniciosos efectos del glifosato sobre la salud y como estos, a su vez, están íntimamente relacionados con el desarrollo de un gran número de enfermedades y padecimientos. Este Herbicida se ha encontrado en el agua y el suelo al igual que su metabolito el aminometilfosfonico (AMPA) en estudios analíticos por cromatografía.

DISCUSIÓN

Es una realidad que el plaguicida organofosforado conocido como herbicida glifosato ha ido agarrado de la mano con una mayor producción en la agricultura, pero de igual manera también ha causado o está causando cierto daño en la salud humana ya que se tienen reportes acerca de su potencial actividad cancerígena (Williams,G.M, 2000) , de allí la importancia de aumentar los conocimientos de sus propiedades. A nivel mundial la agricultura ha logrado incrementos productivos notables, acompañados de una creciente obtención de alimentos, impulsada por el uso de insumos para el control de malezas, plagas y enfermedades, así como también de fertilizantes.

En los últimos 50 años del siglo XX y lo que va del siglo XXI se caracterizan por una fuerte dependencia de los agroquímicos como elementos fundamentales en el control de las adversidades en los cultivos. El desarrollo de diferentes herbicidas a partir de la década de 1940 ha dado lugar a la idea de que el control químico es una herramienta que posibilita la erradicación de malezas, convirtiéndose desde entonces en el método principal utilizado por los productores agropecuarios. (Villalba, 2009) China es el principal productor y exportador de glifosato en el mundo con una producción estimada de 850,000 Ton por año para comienzos de 2010 y exportaciones promedio del orden de 300,000 Ton anuales; los principales destinos de exportación América del norte, del sur y Malasia. (Cirbián, 2011)

En 2014, Bolivia importó 12 millones de toneladas de glifosato, herbicida usado en el país para los cultivos de soya, debido a que en 2004 se autorizó el uso de la semilla transgénica. (Cirbián, 2015) Más de un millón de toneladas de agroquímicos ingresan a Paraguay anualmente. Son fertilizantes, secantes, insecticidas y fungicidas que se aplican en más de 3 millones de hectáreas empleadas en el cultivo de soja y otros granos que exporta.

Además, un porcentaje del producto importado se reformula y se exporta de nuevo, principalmente a Bolivia, según datos proveídos por el SENAVE (Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas); entre esos químicos existen varios prohibidos en otros puntos del mundo por los daños que pueden provocar a la salud humana y al medio ambiente, como el glifosato, el paraquat, 2,4D, el acefato, entre otros. (Ladaga, 2015), no es el que se deba dejar de usar los plaguicidas y fertilizantes en la agricultura, que por ende entendemos que hay una altísima necesidad en la producción de alimentos, pero si es necesario se lleve a cabo una regulación a nivel mundial de la venta, exportación y uso de los mismos para de esta forma mitigar el daño a la Salud y contaminación ambiental, que bastante daño está ocasionando al planeta con el cambio climático.

Además, se han realizados estudios y se ha encontrado el daño que este herbicida causa a nivel renal. La aplicación de glifosato a las plantas provoca una muerte lenta, además el uso extensivo de glifosato ha provocado un aumento de los residuos en el suelo y en los cursos del agua. Aunque los efectos directos del glifosato en los animales son limitados, han surgido grandes preocupaciones sobre los efectos secundarios nocivos indirectos. En Julio 18 del 2013 se llevó a cabo una protesta a nivel mundial contra la mayor producción de semillas transgénicas, los motivos eran por la falta de etiquetas a los productos transgénicos educiendo daños a la salud y las prácticas abusivas contra los agricultores debido al uso del glifosato.

REFERENCIAS

1. Monsanto. (2008). “Antecedentes”. En: Historia de los herbicidas a base de glifosato.
2. Martín, E. (2020). Antología Toxicológica del Glifosato. Disponible en: <https://imagenagropecuaria.com/revista/wp-content/uploads/2020/05/antologia5.pdf>
3. Arellano-Aguilar, O. y Rendón von Osten, J. (2016). La Huella de los Plaguicidas en México. Greenpeace. Cd. de México, México. 39 pp.
4. Arellano-Aguilar, O. y R. Montero-Montoya (2017). “El glifosato y los cultivos transgénicos”, en F. Bejarano-González, (ed. y coord.), Los plaguicidas altamente peligrosos en México. RAPAM. pp. 153-166. Edo. de Méx., México.
5. IARC (2015) “Monograph on Glyphosate” Disponible en: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono112-10.pdf>
6. Schledorn, M.K.P. Detección de residuos de glifosato en animales y humanos. J. Medio Ambiente. Anal. Toxicol. 2014, 4, 4.



**Revista Mexicana de Medicina Forense
y Ciencias de la Salud**