

2. AMBIENTE NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN

Efecto de los plaguicidas en la seguridad alimentaria

Juan Antonio Mandujano Maldonado ¹, Dra. Rebeca Monroy Torres ^{1a}

¹Pasante de la Licenciatura en Nutrición en el Laboratorio de Nutrición Ambiental y Seguridad Alimentaria de la Universidad de Guanajuato, Campus León y al Programa Rotatorio de Estancias y Prácticas Profesionales (PREPP) del OUSANEG.

^{1a}Departamento de Medicina y Nutrición, División de Ciencias de la Salud, Campus León.

ja.mandujanomaldonado@ugto.mx

Palabras clave: **plaguicidas, seguridad alimentaria, alimentos, salud**

Introducción

Actualmente más de 800 millones de personas alrededor del mundo presentan inseguridad alimentaria (1), donde la producción agrícola toma un papel de suma importancia para poder garantizar el acceso universal a diferentes alimentos que preserven su calidad nutrimental. El ser humano durante toda la vida tendrá diferentes necesidades nutricionales lo cual es necesario para lograr un desarrollo pleno. La seguridad alimentaria es un derecho humano fundamental que garantiza que todas las personas tengan acceso en todo momento a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para llevar una vida saludable y activa. Además, asegurar la calidad y seguridad de los alimentos, incluye la protección contra contaminantes como los plaguicidas, es esencial para proteger la salud de la población y cumplir con este derecho básico. Lograr una mayor producción de alimentos en el campo se ha justificado con el uso y abuso de plaguicidas que van desde los de amplio espectro, es decir no selectivos, lo cual ha llevado a demostrar los efectos a la salud como han sido algunos tipos de cáncer, enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson y distintas alteraciones endocrinas, afectando de esta forma la calidad de vida y el desarrollo del ser humano (9). Este artículo abordará los principales plaguicidas utilizados, sus efectos a la salud, a la seguridad alimentaria y a los ecosistemas, así como estrategias para lograr su protección de los sistemas agrícolas mexicanos con el fin de garantizar una reducción del impacto ambiental y el riesgo para la salud humana.

Seguridad alimentaria

La seguridad alimentaria es definida por la Food and Agriculture Organization (FAO) como una situación que se da cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimentarias a fin de llevar una vida activa y sana (2). Por lo que la seguridad alimentaria integra que los alimentos no generen un problema a la salud, pero tampoco a los ecosistemas, por lo que el impacto ambiental originado por el uso sin regulación de plaguicidas en los cultivos dificulta el poder brindar un acceso adecuado a la seguridad alimentaria para la población actual.

El uso inadecuado o excesivo de plaguicidas en la producción agrícola representa una amenaza directa a la seguridad alimentaria. La presencia de residuos químicos por encima de los límites máximos en frutas, verduras y otros productos agrícolas puede comprometer la inocuidad alimentaria, generando riesgos para la salud pública, especialmente en poblaciones vulnerables como niños, mujeres embarazadas y adultos mayores. Además, la contaminación del suelo, el agua y los ecosistemas por la acumulación de estos compuestos puede afectar la productividad agrícola a largo plazo, reduciendo la disponibilidad de alimentos y deteriorando los medios de vida rurales. En este contexto, la seguridad alimentaria no solo se ve afectada por la cantidad de alimentos producidos, sino por la calidad e inocuidad de los mismos, lo que evidencia la necesidad de promover prácticas agrícolas sostenibles, regulaciones estrictas y sistemas de monitoreo eficaces que garanticen la producción de alimentos seguros para el consumo humano.

Principales plaguicidas utilizados y sus efectos en la salud

El Código Internacional de Conducta Sobre la Distribución y Uso de Plaguicidas de la FAO, define a los plaguicidas como aquella sustancia que tiene el objetivo de prevenir o controlar plagas de forma no selectiva, lo que ocasiona un daño que interfiere con los ecosistemas y la calidad nutrimental en la producción agrícola. Durante años se ha justificado la utilización de plaguicidas en el sistema agrícola para evitar la pérdida en la calidad de cultivos que principalmente se realizan de manera masiva generando un mayor rendimiento de los cultivos en un 20 a 40% (3), lo anterior con grandes costos ambientales y de la salud de las personas. Son varios los plaguicidas y entre los más utilizados son los que se presentan en la tabla 1, donde el glifosato es uno de los más estudiados y de mayor uso, que se derivó un decreto para su eliminación en México durante el 2020, sin

lograrse su eliminación hasta el momento, y para más información se invita consultar el tema publicado en la REDICINAYSA (4).

Tabla 1. Principales plaguicidas, tipo de cultivo y sus efectos a la salud

Plaguicidas	Cultivo	Efecto
Glifosato	Maíz, soya, algodón	Induce neurotoxicidad, incluyendo desregulación del desarrollo neuronal, disfunción mitocondrial, estrés oxidativo, neuroinflamación, y muerte neuronal (apoptosis, necrosis, autofagia) (5).
Atrazina	Maíz	Puede afectar la síntesis de hormonas en el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, alterando el equilibrio hormonal. riesgo de cáncer de mama (6).
Clorpirifós	Maíz, cítricos, manzana, uva, cebolla	Neurotóxico; afecta el desarrollo infantil; riesgo de cáncer pulmonar (7).
2,4-D	Trigo, maíz, soya	Possible cancerígeno; afecta hígado, riñón y aparato respiratorio (8)
Metamidofos	Maíz, arroz, frijol	Alteración cognitiva, daño respiratorio (9).
Monocrotofos	Maíz, papa	Daño neurológico (9).
Triazofos	Maíz, jitomate, manzana	Aliteración endocrina y daño cognitivo (9).

El uso excesivo y el manejo inadecuado de plaguicidas en la agricultura ha generado un aumento en la preocupación por la contaminación de alimentos, suelos y cuerpos de agua, afectando tanto al medio ambiente como a la salud humana. En México, un estudio realizado en el estado de Veracruz documentó la presencia de residuos de plaguicidas en productos agrícolas como jitomate, chile, lechuga y maíz, es decir principalmente en vegetales (porque estos cultivos suelen tener una exposición mayor a plagas y enfermedades) que se les da un manejo intensivo con plaguicidas para proteger la producción de dichos alimentos (9).

En el estado de Veracruz, también se detectaron niveles elevados de plaguicidas prohibidos como metamidofos, monocrotofos, triazofos y clorpirifós, todos pertenecientes al grupo de los organofosforados. Estos compuestos superaron los límites máximos permitidos, representando de esta forma un riesgo importante para la salud. En corto plazo, las intoxicaciones agudas se manifiestan con síntomas como náuseas, vómitos, mareos, irritación de piel y mucosas, dificultad respiratoria, convulsiones y en casos extremos, riesgo de muerte. La exposición crónica y prolongada a plaguicidas organofosforados, carbamatos y herbicidas como el paraquat se ha asociado con diversas alteraciones neurológicas como déficit cognitivo, trastornos de memoria, neuropatías periféricas, ataxia, y un mayor riesgo de enfermedades neurodegenerativas como la enfermedad de Parkinson, la cual es atribuida a la neurotoxicidad de compuestos como el clorpirifós. Disrupción del eje endocrino, que incluye alteraciones en la función tiroidea (hipotiroidismo o hipertiroidismo), alteraciones en las hormonas sexuales y reproductivas (como la reducción de testosterona, Hormona foliculoestimulante (FSH) y Hormona leuteinizante (LH), y cambios en la secreción de prolactina y Hormona estimulante de la tiroídes (TSH) (10).

Se ha documentado una asociación significativa entre la exposición a plaguicidas y un aumento en el riesgo de desarrollar diversos tipos de cáncer. Se identificó que los plaguicidas organoclorados pueden incrementar la incidencia de cáncer tanto en niños como en adultos mediante mecanismos genéticos y epigenéticos, como alteraciones en genes como p53 y p21, además de modificar procesos como la metilación del ADN o la transición de fases del ciclo celular (11). El uso agrícola elevado de determinados plaguicidas se relaciona de forma consistente con mayores tasas de incidencia y mortalidad por cáncer de próstata. La exposición a herbicidas e insecticidas se vincula con un incremento en el riesgo de cáncer colorrectal proporcional a la intensidad y duración de la exposición (12).

Manejo de los plaguicidas

El manejo seguro y especializado de los plaguicidas es un componente fundamental para garantizar la seguridad alimentaria, entendida no solo como la disponibilidad de alimentos, sino también como su inocuidad y sostenibilidad en el tiempo. Organismos como el National Pesticide Information Center (NPIC) han establecido directrices claras para el almacenamiento y manipulación de estos compuestos, recomendando conservarlos en sus envases originales con etiquetas legibles, en espacios cerrados, ventilados y protegidos de condiciones ambientales adversas que puedan acelerar su degradación o incrementar el riesgo de accidentes (13). Además, se promueve su disposición en estanterías impermeables, separados por tipo y alejados de materiales incompatibles, así como el uso de sistemas de control como PEPS (primeras entradas, primeras salidas) para prevenir el uso de productos caducos (13). Estas recomendaciones, respaldadas por normativas internacionales como las de la FAO y marcos regulatorios nacionales (como la STPS en México), son esenciales para evitar intoxicaciones, minimizar la contaminación de recursos naturales y asegurar que los alimentos producidos no contengan residuos peligrosos. En este sentido, el cumplimiento estricto de estas medidas no solo protege la salud de los trabajadores agrícolas y del consumidor final, sino que también contribuye directamente a un sistema alimentario seguro, confiable y sostenible.

El estudio “Prácticas de manejo de plaguicidas y percepciones de impactos a la salud y al medio ambiente entre usuarios de la cuenca del Río Turbio, Guanajuato, México” realizado en 2023 evaluó las prácticas de manejo de plaguicidas y las percepciones sobre su impacto en salud y ambiente. Los hallazgos principales muestran que los plaguicidas más usados (cipermetrina, lambda-cialotrina, clorpirifós, fenvalerato, malatión, 2,4-D, glifosato, paraquat) fueron categorizados como de poco a moderadamente peligrosos para la salud humana, pero de alto a muy alto riesgo ambiental. Casi el 50% de agricultores dosifican la cantidad de plaguicidas según la etiqueta, el 98% usa solo protección básica, y el 48% reportó síntomas agudos (mareo, vómito, irritación). Además, el río La Laja, también en Guanajuato, ha mostrado concentraciones de glifosato, un herbicida comúnmente aplicado en cultivos de soya genéticamente modificada. La presencia de estos químicos en cuerpos de agua indica una posible contaminación por escurrimientos agrícolas (14).

Estrategias actuales

Derivado de la necesidad de generar un equilibrio para proteger los cultivos y garantizar la seguridad alimentaria con la protección a la salud de los consumidores y el medio ambiente, se ha optado por promover el uso de alternativas más sostenibles. El uso de microorganismos beneficiosos, como especies del género *Trichoderma*, han resultado ser eficaces en el control biológico de enfermedades de las plantas, reduciendo así la dependencia de pesticidas químicos (15).

En los últimos años se han generado distintas propuestas sobre alternativas como el Manejo Integrado de Plagas (MIP), que resulta en una combinación de métodos biológicos, físicos y químicos para generar un control de plagas de manera sostenible. El MIP permite generar una reducción del uso de pesticidas sin comprometer la producción agrícola. Los sistemas agrícolas que impenetraron MIP obtuvieron una reducción del uso de pesticidas de 42% en promedio, sin perdidas de productividad (16).

De acuerdo con un artículo en Manejo sustentable de plagas agrícolas en México publicado en 2018, el MIP muestra una reducción considerable del uso de productos químicos en nuestro país, lo que cual genera un impacto positivo en la disminución a la exposición de quienes operan estos productos y de la exposición de comunidades rurales a pesticidas, con efectos positivos sobre la salud humana y el medio ambiente. Aumenta también la eficacia económica de los sistemas de cultivo, al disminuir los costos de insumos y elevar la calidad e inocuidad de los productos agroalimentarios, generando mayores ingresos para los productores agrícolas del país (17).

Este enfoque no solo atiende el control directo de plagas, sino que se enfoca en un manejo ecosistémico de las cosechas, con un énfasis en la salud del suelo, el agua y medio ambiental. Al integrar el monitoreo sistemático, sistemas económicos, prácticas culturales y control biológico, el MIP mejora la sostenibilidad y preservación de los sistemas agrícolas mexicanos frente a los distintos desafíos como la presencia de plagas o el cambio climático (17).

Conclusión

El uso de plaguicidas en la producción agrícola contemporánea genera un debate dual: por un lado, constituye una herramienta fundamental para la protección fitosanitaria de los

cultivos y, por ende, para la seguridad alimentaria; sin embargo, su aplicación inadecuada o excesiva representa un riesgo significativo para la salud humana y el equilibrio ecológico. La exposición crónica a residuos de plaguicidas, tanto en operadores agrícolas como en consumidores, se ha asociado con alteraciones neurotóxicas, incluyendo trastornos del déficit de atención, deterioro de la memoria y disminución de la función cognitiva, así como con efectos endocrinos relevantes, como disrupciones hormonales. Estos efectos adversos evidencian que el uso no regulado de compuestos agroquímicos compromete la calidad sanitaria de los alimentos y plantea una amenaza directa a la sostenibilidad del sistema agroalimentario nacional.

Frente a este panorama, se impone la necesidad de establecer un equilibrio entre la productividad agrícola y la protección de la salud pública y ambiental, a través del fortalecimiento normativo, la promoción de alternativas agroecológicas sostenibles y la implementación de programas de capacitación dirigidos tanto a productores como a consumidores, respecto a los riesgos asociados al uso indiscriminado de plaguicidas.

El tránsito hacia modelos agrícolas responsables, que incorporen tecnologías limpias y prácticas compatibles con el entorno, permite minimizar la contaminación de matrices ambientales como el suelo, el agua y el aire, al tiempo que protege la biodiversidad y los ecosistemas estratégicos. Garantizar una producción de alimentos segura y ambientalmente sostenible resulta esencial no solo para preservar el bienestar humano, sino también para salvaguardar la capacidad del planeta de proveer recursos alimentarios de manera equitativa y perdurable, asegurando así el derecho a la seguridad alimentaria de las generaciones presentes y futuras

Referencias:

1. FAO. The State of Food Security and Nutrition in the World. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2023.
2. Food and Agriculture Organization. State of Food Security and Nutrition in the World: Definitions and concepts (Manual Técnico Versión 3.1). Rome: FAO; 2024. Disponible en: <https://www.fao.org/3/cd1254es/online/state-food-security-and-nutrition-2024/definition-financing-food-security.html>
3. Popp J, Pető K, Nagy J. Pesticide productivity and food security. Agron Sustain Dev. 2013;33(1):243-55. doi:10.1007/s13593-012-0105-x. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x>
4. Monroy Torres RH. Hacia la sustitución gradual del glifosato, una acción a la seguridad alimentaria en México [Internet]. 2021;10(1):15-20. Enero-febrero. ISSN: 2007-6711. Disponible en: <https://www.redicinaysa.ugto.mx/index.php/REDICINAYSA/article/view/401/383>

4. Costas Ferreira C, Durán R, Faro LR. Efectos tóxicos del glifosato en el sistema nervioso: una revisión sistemática. *Rev Int Cienc Mol.* 2022;23(9):4605. doi:10.3390/ijms23094605. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijms23094605>
5. Arabi S, Heidari Beni M, Poursafa P, Roshanaei M, Kelishadi R. A review of the potential adverse health impacts of atrazine in humans. *Rev Environ Health.* 2024;39(1):1-11. doi:10.1515/reveh-2024-0094. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/reveh-2024-0094>
6. Coppola L, Lori G, Tait S, Sogorb MA, Estevan C, et al. Evaluation of developmental toxicity of chlorpyrifos through new approach methodologies: a systematic review. *Arch Toxicol.* 2025;99:935-81. doi:10.1007/s00204-024-03945-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00204-024-03945-6>
7. Zhang D, Wu Y, Yuan Y, Liu W, Kuang H, Yang J, et al. Exposure to 2,4-dichlorophenoxyacetic acid induces oxidative stress and apoptosis in mouse testis. *Pest Biochem Physiol.* 2017;141:18-22. doi:10.1016/j.pestbp.2016.10.006. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.10.006>
8. Díaz Vallejo J, Barraza Villarreal A, Yáñez Estrada L, Hernández Cadena L. Plaguicidas en alimentos: riesgo a la salud y marco regulatorio en Veracruz, México. *Salud Publica Mex.* 2021;63(4):486-97. doi:10.21149/12297. Disponible en: <https://doi.org/10.21149/12297>
9. Diamanti Kandarakis E, Bourguignon JP, Giudice LC, Hauser R, Prins GS, Soto AM, et al. Endocrine-disrupting chemicals: An Endocrine Society scientific statement. *Endocr Rev.* 2009;30(4):293-342. doi:10.1210/er.2009-0002. Disponible en: <https://doi.org/10.1210/er.2009-0002>
10. Ataei M, Abdollahi M. A systematic review of mechanistic studies on the relationship between pesticide exposure and cancer induction. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2022 Dec 1;456:116280. doi: 10.1016/j.taap.2022.116280. Epub 2022 Oct 17. PMID: 36257464.
11. Soerensen SJC, Lim DS, Montez-Rath ME, Chertow GM, Chung BI, Rehkopf DH, Leppert JT. Pesticides and prostate cancer incidence and mortality: An environment-wide association study. *Cancer.* 2025 Jan 1;131(1):e35572. doi: 10.1002/cncr.35572. Epub 2024 Nov 4. PMID: 39492609.
12. National Pesticide Information Center. Almacenamiento de pesticidas [Internet]. Oregon State University and U.S. Environmental Protection Agency; 2023 Oct 31 [citado 2025 Jun 20]. Disponible en: <https://npic.orst.edu/health/storage.html>
13. 14. Rangel Ortiz E, Landa Cansigno O, Páramo-Vargas J, Camarena-Pozos DA. Prácticas de manejo de plaguicidas y percepciones de impactos a la salud y al medio ambiente entre usuarios de la cuenca del Río Turbio, Guanajuato, México. *Acta Universitaria.* 2023;33:1-26. doi:10.15174/au.2023.3749. Disponible en: <https://doi.org/10.15174/au.2023.3749>
14. 15. Guzmán Guzmán P, Kumar A, de Los Santos-Villalobos S, Parra-Cota FI, Orozco-Mosqueda MDC, Fadiji AE, et al. Trichoderma Species: Our Best Fungal Allies in the Biocontrol of Plant Diseases-A Review. *Plants (Basel).* 2023;12(3):432. doi:10.3390/plants12030432. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/plants12030432>
15. 16. Pretty J, Bharucha ZP. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects.* 2015;6(1):152-82. doi:10.3390/insects6010152. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/insects6010152>
16. 17. Zepeda Jazo I. Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agric Soc Desarro.* 2018;15(1):99-108. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000100099&lng=es&tlang=es