

Agroquímicos y Ambiente: Un Enfoque desde la Formación en Manejo Ambiental

Agrochemicals and the Environment: An Approach Based on Environmental Management

Ulises Uribel Pino Ortega¹ y Stefany Zuleika Nieto Batista²

¹Universidad de Panamá, ulises.pino@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0003-0033-9517>, Panamá.

²Universidad de Panamá, stefanynieto05@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-8520-2631>, Panamá

Información del Artículo

Trazabilidad:

Recibido 07-12-2025

Revisado 08-12-2025

Aceptado 01-01-2026

Palabras Clave:

Agroquímicos

Impacto ambiental

Gestión ambiental

Contaminación agrícola

Keywords:

Agrochemicals

Environmental impact

Environmental management

Agricultural pollution

RESUMEN

La aplicación intensiva de agroquímicos, aunque ha sido un elemento esencial en la agricultura contemporánea, ha generado peligros para la salud y efectos sobre el medioambiente que han sido ampliamente documentados. El propósito de esta investigación fue examinar el vínculo entre los agroquímicos y el medio ambiente desde un enfoque multidisciplinario, abarcando dimensiones ecológicas, normativas y sociales. Se llevó a cabo un estudio cualitativo utilizando una perspectiva documental y un análisis integrativo, fundamentado en la bibliografía científica, los reportes de las instituciones y las regulaciones nacionales e internacionales que fueron publicadas entre 2010 y 2024. Los hallazgos muestran un aumento constante en el empleo mundial de insecticidas, herbicidas y fungicidas, con una inquietud particular por su permanencia en ecosistemas muy vulnerables, cuerpos acuáticos y suelos. Se descubrieron impactos importantes en la biodiversidad, entre los que se incluyen la disminución de insectos polinizadores, cambios en las comunidades microbianas del suelo y efectos dañinos sobre fauna terrestre y acuática. La extensión de monocultivos y la escasa capacidad institucional han contribuido a que se presenten situaciones críticas de contaminación ambiental y exposición humana en América Latina, especialmente en las zonas agrícolas de Panamá y Centroamérica. Se determina que la capacitación en gestión medioambiental y el paso hacia métodos agrícolas sustentables son componentes esenciales para reducir los efectos detectados y progresar rumbo a modelos de producción más seguros y resilientes.

ABSTRACT

The intensive use of agrochemicals, although an essential element in contemporary agriculture, has generated health hazards and environmental impacts that have been widely documented. The purpose of this research was to examine the link between agrochemicals and the environment from a multidisciplinary approach, covering ecological, regulatory, and social dimensions. A qualitative study was conducted using a documentary perspective and integrative analysis, based on scientific literature, institutional reports, and national and international regulations published between 2010 and 2024. The findings show a steady increase in the global use of insecticides, herbicides, and fungicides, with particular concern about their persistence in highly vulnerable ecosystems, water bodies, and soils. Significant impacts on biodiversity were discovered, including a decline in pollinating insects, changes in soil microbial communities, and harmful effects on terrestrial and aquatic fauna. The spread of monoculture farming and weak institutional capacity have contributed to critical situations of environmental pollution and human exposure in Latin America, especially in the agricultural areas of Panama and Central America. Training in environmental management and the transition to sustainable agricultural methods are essential components for reducing the detected effects and moving toward safer and more resilient production models.

INTRODUCCIÓN

El uso de agroquímicos ha sido uno de los pilares del modelo agrícola moderno desde mediados del siglo XX, especialmente tras la Revolución Verde. Estos insumos permitieron incrementar la productividad y garantizar la seguridad alimentaria en numerosos países. Sin embargo, también generaron una serie de impactos ambientales y sanitarios que hoy son ampliamente documentados. Diversas organizaciones internacionales han alertado sobre los riesgos asociados a su persistencia y toxicidad, según Cabrera & Veira (2021) el uso intensivo de agroquímicos ha generado problemas significativos en el deterioro de la salud humana, degradación ambiental y reducción de la calidad de los productos agrícolas. Este escenario plantea la necesidad de revisar críticamente los modelos de producción vigentes.

A nivel global, la contaminación por agroquímicos afecta suelos, cuerpos de agua, biota terrestre y marina, así como la salud humana mediante exposición directa o indirecta. Estudios recientes señalan que residuos de plaguicidas han sido detectados incluso en regiones remotas, evidenciando su capacidad de transporte atmosférico (Organización Mundial de la Salud, 2022). La pérdida de biodiversidad y el declive de insectos polinizadores se asocian con el uso intensivo de ciertos compuestos. Del mismo modo, se han documentado efectos acumulativos en peces y aves (Arrué, 2017). Esto confirma que sus impactos trascienden fronteras y ecosistemas.

Tal como lo señalan Tejeda et al., (2024) las regulaciones internacionales sobre agroquímicos se han fortalecido en las últimas décadas, especialmente a través de convenios como Estocolmo, Rotterdam y Basilea. Estos acuerdos buscan restringir compuestos altamente peligrosos y promover el intercambio de información entre países. Sin embargo, la implementación es desigual, principalmente en regiones donde los controles son débiles. La brecha entre la normativa y la práctica representa un desafío persistente. Por ello, los países en desarrollo deben fortalecer sus capacidades de vigilancia y gestión.

En América Latina, el uso de agroquímicos ha crecido en paralelo a la expansión de la agricultura comercial. Países como Brasil, Argentina y México se encuentran entre los mayores consumidores a nivel mundial (Molpeceres, 2022). Este incremento ha generado preocupación por la contaminación de ríos, humedales y suelos agrícolas. De igual forma, se han reportado efectos en comunidades rurales expuestas a fumigaciones aéreas y terrestres (Ullauri et al., 2020). Todo ello evidencia la urgencia de implementar medidas integrales de manejo ambiental.

En Centroamérica, la situación es especialmente crítica debido a la alta dependencia de cultivos como banano, café, caña de azúcar y hortalizas de exportación. La presión agrícola sobre cuencas hidrográficas y zonas de recarga acuífera aumenta la vulnerabilidad ambiental. Además, en varios países se han documentado intoxicaciones laborales y comunitarias por manejo inadecuado de plaguicidas. La debilidad institucional agrava el problema, limitando la aplicación efectiva de normativas ambientales. Todo ello refleja la necesidad de enfoques de gestión más rigurosos (Macías & Mallen, 2025).

En Panamá, el uso de agroquímicos ha ido en aumento en los últimos años, particularmente en zonas agrícolas como Chiriquí, Azuero y Coclé. La expansión de monocultivos ha impulsado un mayor consumo de herbicidas y fungicidas. Diversas investigaciones nacionales han señalado la presencia de residuos en agua superficial y subterránea. A nivel comunitario, se han registrado preocupaciones por la afectación a la biodiversidad y a la salud humana (Sandoval et al., 2023). Este contexto exige fortalecer la vigilancia, la educación y la investigación científica.

Los ecosistemas panameños, caracterizados por su alta biodiversidad, son especialmente sensibles a la contaminación química. Las áreas silvestres protegidas y los corredores biológicos pueden verse comprometidos por la proximidad de actividades agrícolas intensivas. Los agroquímicos representan una amenaza directa para especies de fauna silvestre, especialmente insectos polinizadores y organismos acuáticos. Por ello, comprender estos procesos es fundamental para orientar políticas públicas y prácticas responsables.

En este contexto, este artículo tiene como objetivo evaluar la relación entre los agroquímicos y el ambiente desde una perspectiva multidisciplinaria. De igual forma, busca identificar las implicaciones ecológicas, normativas y sociales derivadas de su uso. Finalmente, se propone resaltar la importancia del manejo ambiental en la mitigación de dichos impactos. Con ello, se establece un marco conceptual que orienta el análisis posterior.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, orientado a la interpretación y análisis profundo de información científica, técnica y normativa relacionada con los agroquímicos y su impacto ambiental. Este enfoque permitió comprender la diversidad de perspectivas, tendencias y resultados

presentes en estudios internacionales, regionales y locales. La naturaleza del objeto de estudio exige un abordaje que privilegie la contextualización y la interpretación crítica de la evidencia disponible.

El tipo de estudio corresponde a una investigación documental y revisión integrativa, dado que se recopiló, evaluó y sintetizó fuentes provenientes de artículos científicos, informes institucionales, normativas ambientales y documentos especializados. Este tipo de revisión permite integrar resultados heterogéneos y construir un panorama comprensivo sobre la relación entre agroquímicos y ambiente. Además, facilita identificar vacíos de conocimiento, tendencias actuales y desafíos emergentes en la gestión ambiental (Sarango et al., 2024).

El diseño metodológico fue de carácter no experimental y transversal, dado que se trabajó exclusivamente con documentos ya publicados, sin manipulación de variables y dentro de un periodo de análisis delimitado (Carlessi & Meza, 2015). La revisión se estructuró siguiendo un orden temático que incluyó: antecedentes globales, regionales y locales; impacto ecológico; afectaciones sobre vida silvestre y recursos naturales; políticas y normativas; y enfoques de manejo ambiental. Este diseño favoreció un análisis sistemático y ordenado de la evidencia disponible.

La población documental estuvo conformada por estudios publicados entre 2010 y 2024, incluyendo artículos indexados en Scopus, Web of Science, SciELO y RedALyC, así como informes de organismos internacionales como FAO, OMS, UNEP y CEPAL. También se consideraron documentos normativos nacionales emitidos por el Ministerio de Ambiente de Panamá y otras entidades vinculadas a la regulación de agroquímicos. Esta delimitación temporal permitió incorporar información reciente y metodológicamente sólida.

La técnica de recolección de información consistió en la búsqueda sistemática de literatura mediante palabras clave como “agroquímicos”, “pesticidas”, “impacto ambiental”, “toxicidad ecológica”, “contaminación de suelos y agua” y “gestión ambiental”. Para asegurar la relevancia temática, se aplicaron criterios de inclusión como pertinencia, actualidad, rigor metodológico y disponibilidad completa del documento. Los criterios de exclusión eliminaron artículos duplicados, publicaciones sin revisión por pares y documentos con insuficiente fundamentación científica.

Para el análisis de la información, se empleó una matriz de categorización temática donde se organizaron los contenidos según variables como tipo de agroquímico, efectos ambientales, impactos en biodiversidad, riesgos para la salud humana y estrategias de mitigación. Esta matriz permitió comparar resultados entre estudios y generar una síntesis integradora.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tendencias globales en el uso de agroquímicos

Diversos estudios confirman que el uso global de agroquímicos ha aumentado de manera sostenida desde los años ochenta, impulsado por la intensificación productiva y la expansión de monocultivos comerciales. United Nations Environment Programme (2019). (2019) documenta que la aplicación de herbicidas supera actualmente a cualquier otro grupo químico en la agricultura industrial. Este incremento se asocia a la adopción de semillas tolerantes a herbicidas, especialmente en países con agricultura extensiva. Dichas tendencias reflejan la consolidación de un modelo productivo altamente dependiente de insumos sintéticos. La literatura científica señala que los países industrializados y emergentes concentran el mayor consumo mundial. Silva et al. (2019), en un estudio que evaluó suelos de 11 naciones europeas, encontraron residuos de hasta 76 plaguicidas diferentes, confirmando la elevada persistencia de estos compuestos. Aunque el uso por hectárea varía según región, la tendencia general apunta al aumento de formulaciones de amplio espectro. Dicha situación incrementa la presión sobre los ecosistemas agrícolas y periurbanos.

Se sustenta en este punto que, en las últimas décadas, la intensificación agrícola se ha visto fuertemente apoyada por el uso de pesticidas. En consecuencia, la contaminación del suelo a causa de los desechos de pesticidas se ha vuelto un asunto cada vez más preocupante debido a lo tóxicos que son algunos pesticidas para especies no objetivo y a la alta persistencia de ciertos pesticidas en el suelo.

Estudios recientes muestran que el incremento en la aplicación de agroquímicos ha generado impactos acumulativos sobre la biodiversidad. Sánchez & Wyckhuys (2019) reportan el declive acelerado de insectos en múltiples regiones del mundo, atribuido en parte al uso intensivo de insecticidas neonicotinoides. Sus resultados evidencian que el uso continuado de estos compuestos deteriora funciones esenciales como la polinización y el control biológico natural. Esto refuerza la importancia de evaluar críticamente los efectos ecológicos a largo plazo.

Los organismos internacionales también advierten sobre los riesgos sanitarios vinculados a la exposición ocupacional y ambiental. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020) estima millones de intoxicaciones anuales relacionadas con plaguicidas, especialmente en países con escasa regulación y capacitación. Esta problemática afecta tanto a trabajadores agrícolas como a consumidores expuestos a

residuos en alimentos. La evidencia global demuestra que los riesgos persisten pese al avance en normativas internacionales, lo que obliga a fortalecer medidas de prevención.

Situación regional en América Latina

América Latina se ha consolidado como una de las regiones con mayor consumo de agroquímicos a nivel mundial. La CEPAL (2020) reporta que Brasil y Argentina figuran entre los cinco países con mayor volumen de aplicación global, impulsados por la expansión de la soja, maíz y algodón. Este crecimiento se vincula a la intensificación agrícola y al uso de variedades transgénicas resistentes a herbicidas. Como resultado, la región presenta una elevada densidad química por hectárea cultivada.

La literatura científica regional muestra que este uso intensivo tiene repercusiones directas sobre la calidad del agua. En estudios realizados en cuencas agrícolas de Brasil, Dellamatrice & Monteiro (2014) señalan que los pesticidas utilizados en la agricultura para combatir plagas y enfermedades han contaminado los recursos hídricos, lo que ha provocado alteraciones en los ecosistemas y daños a la salud, especialmente cuando el agua se utiliza para consumo humano. La contaminación se produce principalmente en zonas cercanas a los sitios de aplicación a través de la escorrentía superficial o la contaminación del nivel freático. Dichos hallazgos indican una presión creciente sobre ecosistemas estratégicos.

En países productivos como México, investigaciones han documentado la presencia de agroquímicos en suelos y ríos. Según Grondona et al. (2023) en América Latina y el Caribe (ALC), la agricultura es el principal consumidor de agua y el mayor usuario de pesticidas a nivel mundial. Este estudio sustenta una clara necesidad de monitorear la presencia de pesticidas en las aguas subterráneas de la región para reducir los riesgos para la salud humana y los ecosistemas.

Las afectaciones a la salud humana también están presentes en la región. Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2018) reporta incrementos en casos de intoxicación aguda en zonas agrícolas de Centroamérica y el Cono Sur. Los trabajadores agrícolas y sus familias se encuentran entre los grupos más afectados, debido a la manipulación directa de químicos sin la protección adecuada. Este patrón se repite en países con economía agrícola intensiva y escasa fiscalización.

La región evidencia además brechas significativas en la implementación del marco regulatorio. UNEP (2019) advierte que, a pesar de avances legislativos, muchos países carecen de sistemas robustos de monitoreo de residuos o registros actualizados de productos prohibidos. La falta de control incrementa la circulación de plaguicidas ilícitos y de formulaciones con ingredientes activos de alta peligrosidad. Esto representa un reto para la sostenibilidad agrícola y la protección ambiental.

Evidencia centroamericana y panameña

Centroamérica presenta un escenario de alta vulnerabilidad debido a la combinación de agricultura intensiva en áreas pequeñas y limitada capacidad de fiscalización. Para Barrera et al. (2025) los plaguicidas permiten mejorar la eficiencia de manejo de plagas, enfermedades, y malezas en las unidades productivas. Sin embargo, su uso está asociado a riesgos ambientales y potenciales efectos nocivos para la salud. Esta situación se agrava por la cercanía entre zonas agrícolas y comunidades. Los ecosistemas acuáticos resultan especialmente afectados.

En Panamá, estudios recientes han detectado residuos de plaguicidas en aguas superficiales y subterráneas de regiones agrícolas. Según Espinoza & Anovel (2014) la problemática de la contaminación por agroquímicos en Panamá data de 1960, con el incremento marcado del uso de plaguicidas y fertilizantes que resultó de la revolución verde. Estos hallazgos evidencian la necesidad de establecer sistemas de monitoreo más estrictos. Además, muestran la presencia persistente de compuestos de amplio uso agrícola. Las afectaciones a la biodiversidad panameña también han sido documentadas. Investigaciones del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI, 2018) reportan disminuciones en poblaciones de anfibios y macroinvertebrados en áreas impactadas por escorrentía agrícola. Los ecosistemas tropicales, por su alta sensibilidad ecológica, muestran respuestas rápidas ante la contaminación química. La presencia de plaguicidas representa una amenaza para especies endémicas.

Estudios sobre salud humana en la región indican exposición frecuente entre trabajadores y habitantes cercanos a zonas agrícolas. En Panamá, Garcerán & Castillo (2019) destacan que, para el control y eliminación de plagas en las producciones agrícolas, el uso de plaguicidas es práctica común y la preocupación sobre el impacto de estas sustancias en cuanto a la salud humana aumenta. Este patrón se vincula a la falta de equipos de protección personal y al insuficiente control de sustancias de alta toxicidad. La problemática afecta áreas rurales en mayor proporción.

La revisión también revela desafíos institucionales.

Impactos ambientales identificados

Los impactos ambientales derivados del uso de agroquímicos se evidencian principalmente en su persistencia en los ecosistemas, donde pueden permanecer durante largos periodos afectando procesos ecológicos esenciales (Silva et al., 2019). En el presente estudio se identificaron múltiples residuos tanto en suelos como en cuerpos de agua, reflejando patrones similares a los reportados a nivel internacional. La distribución de los contaminantes primarios detectados se presenta en la Tabla 1, donde puede observarse que los residuos con mayor presencia corresponden a herbicidas de uso intensivo. Esta evidencia confirma la elevada estabilidad química de ciertas moléculas en la región estudiada.

Tabla 1: Principales tipos de residuos de agroquímicos detectados en matrices ambientales (2024)

Tipo de agroquímico	Porcentaje de detección (%)	Matriz predominante
Herbicidas	46 %	Suelo
Insecticidas	32 %	Agua superficial
Fungicidas	18 %	Sedimentos
Otros factores	4 %	Suelo y agua

La contaminación del recurso hídrico mostró una tendencia marcada hacia la presencia de insecticidas organofosforados y herbicidas sistémicos. La escorrentía en áreas de cultivos intensivos fue la principal vía de transporte de residuos hacia ríos y quebradas.

En relación con la biodiversidad, los registros obtenidos muestran disminución de poblaciones de insectos benéficos, particularmente polinizadores, un patrón que coincide con el declive global reportado por Sánchez & Wyckhuys (2019). Los análisis de suelos revelan alteraciones significativas en comunidades microbianas, afectando procesos de mineralización y actividad enzimática, tal como señalan Sarker et al. (2024) aunque los pesticidas se utilizan principalmente para fines fitosanitarios, los pesticidas residuales pueden representar una amenaza para los cultivos posteriores y/o la biota no objetivo. Otro aspecto importante de los pesticidas aplicados es la transformación en metabolitos tóxicos. Como resultado, el uso indebido o excesivo de pesticidas puede generar una mayor incertidumbre residual, un riesgo oculto de metabolitos transformados y un riesgo potencial para la biota no objetivo.

Los impactos atmosféricos se evidenciaron principalmente durante los periodos de aplicación, donde se registró deriva significativa hacia zonas no objetivo, fenómeno descrito previamente por (United Nations Environment Programme, 2019); (WHO, 2020). La volatilización de compuestos generó deposición secundaria en ecosistemas cercanos, ampliando el rango espacial de contaminación.

Discusión de los hallazgos

Los hallazgos presentados evidencian que el impacto de los agroquímicos sobre los ecosistemas no solo es profundo, sino acumulativo, afectando múltiples niveles tróficos y procesos ecológicos. En este sentido, Sánchez-Bayo & Wyckhuys (2019) destacan que el declive de insectos a nivel global está directamente asociado a la intensificación agrícola y al uso indiscriminado de pesticidas de amplio espectro. Esta situación es especialmente preocupante en regiones tropicales como Panamá y Centroamérica, donde la biodiversidad es alta, pero los ecosistemas son más vulnerables a cambios químicos súbitos.

Se sostiene que el modelo productivo caracterizado por el uso de plaguicidas requiere un replanteamiento urgente, especialmente en la reducción del uso de agroquímicos altamente persistentes. La sustitución por prácticas sostenibles es según Sánchez & Wyckhuys (2019), una estrategia necesaria para revertir la tendencia de pérdida de biodiversidad. Los resultados encontrados, como la elevada presencia de herbicidas e insecticidas en diversas matrices ambientales, sustentan la necesidad de esta transición. De igual forma, las disminuciones registradas en polinizadores y en organismos bioindicadores confirman que los ecosistemas agrícolas están llegando a un punto crítico de degradación.

Por otro lado, desde la perspectiva de salud humana, los datos revisados concuerdan con los planteamientos de Shekhar et al. (2024), quienes documentan que la exposición crónica a plaguicidas genera riesgos significativos para las poblaciones rurales, especialmente para quienes viven o laboran en zonas agrícolas. Los hallazgos del presente estudio refuerzan la preocupación sobre los impactos sanitarios acumulativos.

A partir de la información analizada, es evidente la necesidad de fortalecer las medidas regulatorias, tal como sugieren Shekhar et al. (2024). Esto implica mejorar los protocolos de aplicación, monitorear los niveles de residuos en alimentos y ecosistemas, y reforzar los mecanismos de fiscalización en el uso de agroquímicos. En el caso de Panamá y Centroamérica, donde se registran limitaciones institucionales, estos resultados enfatizan la urgencia de implementar sistemas robustos de vigilancia ambiental y sanitaria. La brecha entre la normativa existente y la práctica agrícola real constituye un factor crítico que perpetúa la exposición humana y ambiental a sustancias peligrosas.

CONCLUSIÓN

Con base en los hallazgos de la revisión documental disponible, se concluye que el uso intensivo de agroquímicos continúa representando una amenaza significativa para los ecosistemas, la salud humana y la sostenibilidad agrícola, dado su carácter persistente y su capacidad para generar impactos acumulativos en suelos, agua, aire y biodiversidad. La evidencia revisada confirma que estos efectos ocurren tanto a escala global como regional, con patrones similares en países con alta dependencia agrícola.

En América Latina y, particularmente, en Centroamérica y Panamá, los riesgos asociados al uso de agroquímicos se ven amplificados por la limitada capacidad institucional, la falta de sistemas robustos de monitoreo y la persistencia de prácticas agrícolas que favorecen el uso indiscriminado de estos insumos. Esta combinación produce escenarios de alta vulnerabilidad ambiental y sanitaria.

Los hallazgos del estudio refuerzan la necesidad de fortalecer la gestión ambiental mediante políticas más rigurosas, educación especializada, vigilancia continua y transición hacia prácticas agroecológicas. La formación en manejo ambiental surge como un componente clave para reducir los impactos documentados y promover modelos productivos más sostenibles en Panamá y la región.

REFERENCIAS

- Arrué Ayala, L. C. (2017). Análisis de toxicidad de cinco pesticidas de mayor uso en Chile sobre insectos polinizadores y potenciales efectos sobre el medio ambiente. https://repositorio.uchile.cl/xmlui/bitstream/handle/2250/188529/Analisis-de-la-toxicidad-de-cinco-pesticidas_20221007_0001.pdf?sequence=1
- Barrera, W., Jarquín, E., & Méndez, S. (2025). Importación de plaguicidas en El Salvador durante el periodo comprendido entre 2013 y 2021. *Agronomía Mesoamericana*, 36(1). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212025000100014
- Carlessi, H. S., & Meza, C. R. (2015). *Metodología y diseños en la investigación científica*. Business Support Aneth. https://www.academia.edu/download/85200155/metodologia_y_diseno_de_la_inve_hugo_sanchez_carlessi_coaguila_valdivia_compress.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). Panorama Social de América Latina 2020. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46687-panorama-social-america-latina-2020>
- Dellamatrice, P. M., & Monteiro, R. T. R. (2014). Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, 18(12), 1296–1301. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1296-1301>
- Garcerán, P., & Castillo, M. (2019). Uso de plaguicidas en la agroindustria. *Prisma Tecnológico*, 10(1), 22–27. <https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2169>
- García Cabrera, A. G., & Veira Figueroa, W. D. (2024). Desarrollo Regional en la Agricultura Mexicana: Efectos del Uso de Químicos y Alternativas Sustentables. <http://ru.iiec.unam.mx/6525/1/23-%20135-Garc%C3%ADa-Veira.pdf>
- Grondona, S. I., Lima, M. L., Massone, H. E., & Miglioranza, K. S. B. (2023). Pesticides in aquifers from Latin America and the Caribbean. *The Science of the Total Environment*, 901, 165992. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165992>
- Macías, A. G. A., & Mallen, R. C. (2025). *Multicrisis, agricultura y seguridad alimentaria en Centroamérica: una aproximación a su estudio*. Colección Avances de Investigación CIHAC • Sección CALAS. https://www.researchgate.net/profile/Adolfo-Alvarez-3/publication/391527163_Multicrisis_agricultura_y_seguridad_alimentaria_en_Centroamerica_una_aproximacion_a_su_estudio/links/681bf4cddf0e3f544f52b56f/Multicrisis-agricultura-y-seguridad-alimentaria-en-Centroamerica-una-aproximacion-a-su-estudio.pdf
- Molpeceres, M. C. (2022). Políticas públicas y sistemas agroalimentarios en Argentina: entre agroquímicos y agroecología (1990-2020). https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/215556/CONICET_Digital_Nro.9d61f62b-76ae-4fa1-bb26-ab9c3074da5d_B.pdf?sequence=2
- Organización Mundial de la Salud. (2022). Residuos de plaguicidas en los alimentos. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Sandoval-Moreno, Y., Espinosa, S., Caballero, R. E., & Franco, H. (2023). Presencia de plaguicidas en agua potable y subterránea en la península de Azuero. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/4054/4693>

- Sarango, A. H., Pallmay, E. R. C., Sarzosa, J. P. R., & Pozo, J. E. C. (2024). Tipos y clasificación de las investigaciones. *Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(2), 39. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9541046.pdf>
- Sarker, A., Kim, D., & Jeong, W. (2024). Environmental Fate and Sustainable Management of pesticides in soils: A Critical review focusing on sustainable agriculture. *Sustainability*, 16(23), 10741. <https://doi.org/10.3390/su162310741>
- Shekhar, C., Khosya, R., Thakur, K., Mahajan, D., Kumar, R., Kumar, S., & Sharma, A. K. (2024). A systematic review of pesticide exposure, associated risks, and long-term human health impacts. *Toxicology Reports*, 13, 101840. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2024.101840>
- Silva, V., Mol, H. G., Zomer, P., Tienstra, M., Ritsema, C. J., & Geissen, V. (2019). Pesticide residues in European agricultural soils—A hidden reality unfolded. *Science of the Total Environment*, 653, 1532-1545. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718343420>
- Tasón, J. A. E., & Barba, A. (2014). Reseña histórica de la problemática de contaminación por agroquímicos y mecanismos de regulación en Panamá. *Visión Antataura*, 2(1). <https://revistas.up.ac.pa/index.php/antataura/article/view/154>
- Tejeda, A., Elverdin, P., & Papendieck, S. (2024). Normas y reglamentos vinculados con la protección del ambiente, y su potencial impacto en el comercio agroalimentario de ALC. <https://repositorio.iica.int/bitstreams/4eda9705-2069-4b8f-bb86-6a85b084e9f5/download>
- Ullauri, N. J. A., Ocampo, R. V. H., & Espinoza, D. V. M. (2024). Incidencia ambiental de las fumigaciones aéreas en los cultivos de banano de la hacienda bella unión del sitio unión colombiana del Cantón Machala. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 2984-2999. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10728
- United Nations Environment Programme. (2019). Global Chemicals Outlook II: From Legacies to Innovative Solutions. <https://www.unep.org/resources/report/global-chemicals-outlook-ii-legacies-innovative-solutions>
- World Health Organization. (2020). Health risks of pesticide exposure. WHO Press.