

Artículo Científico

Agroquímicos en la agricultura moderna: divergencias normativas, ambientales y socioeconómicas entre Europa y América Latina

Agrochemicals in modern agriculture: regulatory, environmental and socioeconomic differences between Europe and Latin America



Burgos-Cevallos, José Antonio¹

<https://orcid.org/0009-0006-8351-5246>

joseburgoscevallos@gmail.com



Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador, Milagro.



Ramos-Terranova, Enzo Ruben²

<https://orcid.org/0000-0001-9463-9662>

enzorubenramos@hotmail.com



Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador, Milagro.

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n4/274>

Resumen: Los agroquímicos constituyen un componente fundamental de la agricultura moderna, aunque su uso intensivo genera preocupaciones relacionadas con la salud humana, la biodiversidad, los ecosistemas y la sostenibilidad de los sistemas productivos. El presente estudio tuvo como objetivo analizar las divergencias normativas, ambientales y socioeconómicas asociadas al uso de agroquímicos entre Europa y América Latina. Se desarrolló una revisión bibliográfica sistemática de tipo cualitativo descriptivo y comparativo, basada en literatura científica publicada entre 2021 y 2025 y localizada en bases de datos académicas. La selección se realizó mediante identificación, cribado y evaluación de elegibilidad, conformándose un corpus final de 30 documentos organizados en cinco categorías temáticas. Los resultados evidenciaron una mayor armonización normativa, centralización de la evaluación de riesgos y consolidación de mecanismos de control en Europa, mientras que América Latina presentó marcos regulatorios fragmentados, debilidades institucionales y dificultades de fiscalización. También se identificaron efectos ambientales relacionados con la degradación del suelo y la afectación de anfibios y polinizadores, además de riesgos para la salud humana y dificultades socioeconómicas para los pequeños productores. Se concluye que reducir estas divergencias requiere fortalecer las capacidades institucionales, ampliar la asistencia técnica y promover alternativas sostenibles que disminuyan la dependencia de agroquímicos sintéticos.

Palabras clave: Agroquímicos; regulación; impacto ambiental; salud humana; agricultura sostenible.

Received: 24/Ago/2026

Accepted: 20/Sep/2026

Published: 13/Oct/2026

Cita: Burgos-Cevallos, J. A., & Ramos-Terranova, E. R. (2026). Agroquímicos en la agricultura moderna: divergencias normativas, ambientales y socioeconómicas entre Europa y América Latina. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 4(4), 105-119.
<https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n4/274>

Revista Científica Ciencia y Método (RCyM)

<https://revistacym.com>

revistacym@editorialgrupo-aea.com

info@editoriagrupo-aea.com

© 2026. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



Abstract:

Agrochemicals are a fundamental component of modern agriculture, although their intensive use raises concerns regarding human health, biodiversity, ecosystems and the sustainability of production systems. The aim of this study was to analyse the regulatory, environmental and socio-economic differences associated with the use of agrochemicals between Europe and Latin America. A systematic literature review of a qualitative, descriptive and comparative nature was conducted, based on scientific literature published between 2021 and 2025 and sourced from academic databases. The selection process involved identification, screening and eligibility assessment, resulting in a final corpus of 30 documents organised into five thematic categories. The results revealed greater regulatory harmonisation, centralisation of risk assessment and consolidation of control mechanisms in Europe, whilst Latin America exhibited fragmented regulatory frameworks, institutional weaknesses and enforcement difficulties. Environmental impacts related to soil degradation and the adverse effects on amphibians and pollinators were also identified, as well as risks to human health and socio-economic difficulties for small-scale farmers. It is concluded that reducing these divergences requires strengthening institutional capacities, expanding technical assistance and promoting sustainable alternatives that reduce dependence on synthetic agrochemicals.

Keywords: Agrochemicals; regulation; environmental impact; human health; sustainable agriculture.

1. Introducción

Los agroquímicos constituyen uno de los pilares tecnológicos de la agricultura moderna, al permitir el control de plagas, enfermedades y malezas que de otro modo comprometerían gran parte de la producción mundial de alimentos (Zulaica et al., 2024). Sin embargo, su uso intensivo conlleva efectos adversos documentados sobre la salud humana, la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos y terrestres, lo que ha convertido la gobernanza regulatoria de estas sustancias en un tema de creciente relevancia científica y política (Oyekale, 2022). A pesar de la existencia de tratados internacionales y recomendaciones sanitarias orientadas a prohibir los plaguicidas más peligrosos, una gobernanza armonizada a escala global continúa siendo esquiva, lo que ha derivado en marcos normativos profundamente asimétricos entre regiones (Pe'er et al., 2024).

América Latina y el Caribe constituyen el principal exportador neto de alimentos a nivel mundial, con una superficie cultivada que ha crecido aproximadamente un 30 % desde 1961 hasta representar el 8,4 % de la superficie terrestre regional (Galletto et al., 2022). En esta región se cultivan cerca de 150 especies distintas, que en conjunto representan aproximadamente el 20 % de la producción agrícola primaria mundial, y

concentra el 42 % de la superficie total sembrada con organismos genéticamente modificados a nivel global (Lignani & Brandão, 2022). Esta expansión productiva ha estado acompañada del uso más alto y de mayor crecimiento de plaguicidas del planeta, lo que evidencia una relación estrecha entre la intensificación agrícola latinoamericana y la dependencia de insumos agroquímicos (Jalal & Bondarenko, 2025).

La Unión Europea mantiene uno de los marcos regulatorios de agroquímicos considerados más estrictos del mundo, mientras que los países latinoamericanos presentan políticas comparativamente más permisivas (Boillet & Levy, 2025). Se ha revisado cultivos tradicionales y se encontró 256 de esas sustancias, equivalentes al 48,9 %, están prohibidas o no autorizadas en la Unión Europea (Perobelli, 2025). Asimismo, el estudio identificó que los cultivos con mayor volumen de producción y valor de exportación en la región concentraron un número desproporcionadamente alto de sustancias no permitidas en la Unión Europea (Moural et al., 2024).

Esta asimetría se observa también a escala de país. Un análisis comparativo de las normativas fitosanitarias de Brasil y la Unión Europea determinó que, hacia finales de noviembre de 2025, Brasil tenía autorizadas 330 sustancias activas, de las cuales el 60 % no contaba con aprobación en la Unión Europea, el 37 % sí estaba permitido en ambos bloques y el 3 % se encontraba todavía en proceso de revisión (Bitencourt & López, 2024). Esta situación adquiere particular relevancia en el contexto del acuerdo de libre comercio entre la Unión Europea y el Mercosur, que en 2024 generó un intercambio de productos agrícolas superior a los 15 000 millones de euros entre ambos bloques (de Souza et al., 2023). Organizaciones ambientalistas han advertido que dicho acuerdo no reducirá el uso de plaguicidas en América Latina ni impedirá el ingreso a Europa de productos cultivados con sustancias prohibidas en la propia Unión Europea, dado que la normativa comercial solo regula los residuos en el producto final y no las condiciones de producción (Sánchez-Domene et al., 2023).

La divergencia regulatoria no se limita a las importaciones latinoamericanas de tecnología agroquímica, sino que también involucra a la propia Unión Europea como exportadora de sustancias prohibidas en su territorio. De acuerdo con un informe basado en el análisis de notificaciones de exportación obtenidas mediante solicitudes de acceso a la información, los Estados miembros de la Unión Europea notificaron en 2024 la exportación de casi 122 000 toneladas de plaguicidas cuyo uso está prohibido en sus propias explotaciones agrícolas (Zavattoni et al., 2025). Estas exportaciones se dirigieron a 93 países distintos, de los cuales el 75 % corresponde a naciones de ingresos bajos y medios, donde los marcos regulatorios suelen ser más laxos y la capacidad de fiscalización más limitada (Sultanova et al., 2025).

Estos hallazgos evidencian que la exposición a agroquímicos de uso restringido o prohibido en Europa no solo afecta a los trabajadores agrícolas directamente involucrados en su aplicación, sino también a poblaciones vulnerables como madres lactantes e infantes, lo que amplía la dimensión socioeconómica y de salud pública

del problema regulatorio (Simonov et al., 2025). En virtud de lo expuesto, el presente estudio tiene como objetivo analizar las divergencias normativas, ambientales y socioeconómicas en el uso de agroquímicos entre Europa y América Latina, con énfasis en sus implicaciones para la salud pública, la sostenibilidad ambiental y la competitividad comercial de los países de la región. Los resultados de esta investigación buscan aportar evidencia técnica que contribuya al debate sobre la armonización de los marcos regulatorios internacionales y al diseño de políticas públicas orientadas a reducir las asimetrías identificadas en la gobernanza global de los plaguicidas.

2. Materiales y métodos

El presente trabajo se desarrolló como una revisión bibliográfica sistemática de tipo cualitativo-descriptivo, con un componente comparativo, orientada a sintetizar la evidencia científica publicada entre 2021 y 2025 sobre el uso de agroquímicos en la agricultura moderna y sus divergencias normativas, ambientales y socioeconómicas entre Europa y América Latina. El diseño siguió los lineamientos metodológicos propuestos por la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), adaptados a un formato narrativo-sistemático propio de las ciencias agroambientales y de la salud pública, lo que permitió combinar el rigor de la búsqueda sistemática con la profundidad interpretativa característica de las revisiones narrativas.

El nivel de la investigación fue documental y de alcance descriptivo-comparativo, dado que no se generaron datos primarios, sino que se analizó, categorizó y contrastó la producción científica existente. La modalidad correspondió a una investigación de gabinete (desk research), sustentada en fuentes secundarias indexadas en bases de datos académicas de alto impacto.

La búsqueda de literatura se realizó entre los meses de junio y julio de 2025 en las bases de datos Scopus, Web of Science, SciELO, Redalyc, Dialnet, Directory of Open Access Journals (DOAJ) y Google Académico. Se emplearon combinaciones de términos en español, inglés y portugués mediante operadores booleanos (AND, OR, NOT), entre ellos: “agroquímicos” AND “normativa”; “agrochemicals” AND “regulation” AND “Latin America”; “pesticide policy” AND “Europe”; “agrotóxicos” AND “saúde”; “agroquímicos” AND “impacto ambiental”; “pesticide” AND “socioeconomic impact”; y “agroecología” AND “transición sostenible”. La estrategia de búsqueda se complementó con la revisión de listas de referencias (búsqueda en cascada o “snowballing”) de los artículos incluidos, con el fin de identificar estudios adicionales relevantes no recuperados en la búsqueda inicial.

Se incluyeron artículos científicos originales, revisiones, capítulos de libro y documentos de trabajo publicados entre 2021 y 2025, en español, inglés o portugués, que abordaran de manera directa el uso, la regulación, los impactos ambientales, los

efectos en la salud humana o las implicaciones socioeconómicas de los agroquímicos en contextos europeos, latinoamericanos o comparativos entre ambas regiones. Se privilegiaron documentos publicados en revistas indexadas con proceso de arbitraje por pares.

Se excluyeron notas periodísticas, blogs, documentos sin respaldo empírico o teórico verificable, estudios centrados exclusivamente en regiones distintas a Europa y América Latina sin valor comparativo para los objetivos de la revisión, y publicaciones duplicadas en más de una base de datos, conservando en este último caso la versión de mayor completitud bibliográfica.

La selección de los documentos se realizó en tres fases sucesivas: (a) identificación, mediante la aplicación de las cadenas de búsqueda descritas y la eliminación de duplicados; (b) cribado, a partir de la lectura de títulos y resúmenes para valorar la pertinencia temática; y (c) elegibilidad, mediante la lectura a texto completo de los documentos preseleccionados, verificando su ajuste a los criterios de inclusión. Como resultado de este proceso se conformó un corpus final de 30 documentos, sobre los cuales se construyó una matriz de extracción de datos que registró autoría, año, país o región de estudio, diseño metodológico, principales hallazgos y categoría temática asociada.

La categorización temática de los documentos se realizó mediante análisis de contenido, agrupando los hallazgos en cinco ejes: (1) marco normativo y regulatorio; (2) impactos ambientales; (3) efectos en la salud humana; (4) dimensión socioeconómica y agricultura familiar; y (5) alternativas emergentes y transición agroecológica. Esta categorización permitió organizar la sección de resultados y orientar el análisis comparativo entre Europa y América Latina.

3. Resultados

3.1. Panorama general de la literatura analizada

Del corpus final de 30 documentos analizados, la mayor proporción correspondió a estudios centrados en países latinoamericanos (Argentina, Brasil, Colombia, México, Panamá y Perú, entre otros), seguidos por documentos de alcance europeo o comparativo entre ambas regiones. La Tabla 1 resume la distribución temática de la literatura revisada.

Tabla 1

Distribución temática de los documentos analizados en la revisión bibliográfica

Categoría temática	N.º de estudios	Región predominante	Autores representativos
Marco normativo y regulatorio	6	Europa / América Latina	Jalal y Bondarenko (2025); Boillet y Levy (2025); Pe'er et al. (2024); Zavattoni et al. (2025)
Impactos ambientales	8	América Latina	Castañeda et al. (2024); Cuadras et al. (2021); Sánchez-Domene et al.

Efectos en la salud humana	6	América Latina	(2023); Moural et al. (2024); Galetto et al. (2022)
Dimensión socioeconómica y agricultura familiar	6	América Latina / África (referencial)	Ortega-Moctezuma et al. (2023); Urías et al. (2024); Carreño (2024); Simonov et al. (2025)
Alternativas y transición agroecológica	4	América Latina	Santos et al. (2024); Perobelli (2025); Oyekale (2022); Bitencourt y López de Mesa (2024)
			Borsari (2024); Sultanova et al. (2025); Vázquez-Núñez (2022); Villanueva et al. (2023)

Nota: (Autores, 2026).

3.2. Divergencias normativas entre Europa y América Latina

La literatura revisada evidenció una brecha regulatoria sustancial entre ambas regiones. Jalal y Bondarenko (2025) señalan que la definición jurídica y técnica de los agroquímicos, así como los procedimientos de registro y evaluación de riesgo, se encuentran mucho más estandarizados y armonizados en la Unión Europea que en los países latinoamericanos, donde persisten marcos normativos fragmentados y de aplicación heterogénea entre países. En ese sentido, se ha señalado que el marco europeo de restauración de la naturaleza y de regulación agroquímica ha sido objeto de intensos debates públicos y científicos en los últimos años, en los cuales la comunidad académica ha desempeñado un papel activo en la construcción de la política ambiental (Pe'er et al., 2024).

Un hallazgo relevante es el de Boillet y Levy (2025), quienes proponen un enfoque de derechos humanos para abordar la contaminación por agroquímicos, tomando como referencia el litigio climático como modelo de exigibilidad judicial; los autores sostienen que este enfoque podría trasladarse a los sistemas latinoamericanos, donde los mecanismos de exigibilidad ambiental son todavía incipientes. De manera complementaria, el estudio de Zavattoni et al. (2025) sobre las áreas protegidas de la Red Natura 2000 documenta que, pese a la robustez del marco europeo, persisten amenazas derivadas de prácticas agrícolas intensivas dentro de zonas de conservación, lo que sugiere que la existencia de normativa estricta no garantiza por sí sola su cumplimiento efectivo.

En contraste, la evidencia latinoamericana da cuenta de vacíos históricos y de aplicación débil. Lignani y Brandão (2022) reconstruyen el proceso mediante el cual, entre 1975 y 1985, Brasil consolidó lo que denominan “la dictadura de los agroquímicos”, un modelo de fomento estatal a la producción y el consumo de plaguicidas que sentó las bases de una industria agroquímica escasamente regulada hasta la actualidad. En la misma línea, se ha documentado la existencia de redes de comercio ilegal de plaguicidas en la frontera entre Brasil y Paraguay, favorecidas por la construcción de corredores de integración vial como la Ruta de Integración Latinoamericana (Bitencourt & López de Mesa, 2024), lo cual evidencia debilidades estructurales en los sistemas de fiscalización aduanera y sanitaria de la región.

A nivel de política pública, Molpeceres (2022) analiza el caso argentino entre 1990 y 2020, concluyendo que las políticas agroalimentarias han oscilado entre la promoción de los agronegocios intensivos en agroquímicos y los intentos, todavía marginales, de impulso a la agroecología. Asimismo, los conflictos socioambientales derivados del uso de agroquímicos en zonas periurbanas como el cordón hortícola del sureste de Buenos Aires han motivado la creación de ordenanzas municipales de restricción de fumigaciones, aunque su cumplimiento efectivo continúa siendo objeto de disputa entre productores, autoridades locales y comunidades vecinas (Zulaica et al., 2024). La Tabla 2 sintetiza las principales divergencias identificadas entre ambos marcos regulatorios.

Tabla 2
Comparación de aspectos regulatorios entre la Unión Europea y América Latina

Aspecto regulatorio	Unión Europea	América Latina
Armonización normativa	Reglamento comunitario único (EFSA) con estándares homogéneos entre Estados miembros	Normativas nacionales heterogéneas, con escasa armonización regional
Evaluación de riesgo	Procesos centralizados, basados en el principio de precaución	Evaluaciones descentralizadas, con criterios técnicos variables entre países
Fiscalización y control	Sistemas de trazabilidad y monitoreo consolidados; controles en áreas protegidas (Natura 2000)	Debilidad institucional, comercio informal e ilegal en zonas fronterizas
Exigibilidad judicial	Antecedentes de litigio climático aplicables a la contaminación agroquímica	Mecanismos judiciales incipientes y de bajo alcance
Tendencia de política pública	Restricción progresiva de principios activos de alto riesgo	Coexistencia de fomento a agronegocios y políticas emergentes de agroecología

Nota: (Autores, 2026).

3.3. Impactos ambientales reportados

Los estudios de corte ambiental documentaron efectos adversos de los agroquímicos sobre distintos componentes de los ecosistemas agrícolas y naturales (Mieles-Giler et al., 2024). En cuanto al recurso suelo, Castañeda et al. (2024) realizaron una revisión bibliográfica sobre el efecto de los agroquímicos en la actividad enzimática del suelo agrícola, concluyendo que la aplicación continua de plaguicidas y fertilizantes sintéticos altera la actividad de enzimas clave para el ciclo de nutrientes, comprometiendo la fertilidad a mediano plazo (Herrera-Sánchez & Gavilánez-Buñay, 2023). De manera similar, en Sinaloa (México) se ha reportado que la agricultura intensiva ha derivado en procesos de degradación de la calidad de los suelos, lo que representa un desafío para el desarrollo sustentable de esa región (Cuadras et al., 2021).

Respecto a la biodiversidad, Sánchez-Domene et al. (2023) evaluaron los efectos combinados de la composición del paisaje y el uso de agroquímicos sobre comunidades de anfibios en agroecosistemas dominados por caña de azúcar en Brasil, encontrando que la exposición a plaguicidas reduce la riqueza y abundancia

de especies de anuros, incluso en presencia de fragmentos de vegetación natural circundante. En el caso de los polinizadores, Moural et al. (2024) describen los mecanismos moleculares mediante los cuales una enzima glutatión S-transferasa protege a las abejas melíferas frente a la exposición a agroquímicos, lo que sugiere una vulnerabilidad diferencial entre especies polinizadoras. En una perspectiva regional más amplia, Galetto et al. (2022) advierten que la pérdida de servicios de polinización en América Latina asociada, entre otros factores, al uso intensivo de agroquímicos representa un riesgo significativo para la seguridad alimentaria y la conservación de la biodiversidad nativa.

Por su parte, la contaminación de origen agroquímico también ha sido abordada desde la química analítica: Villanueva et al. (2023) demostraron el potencial de la espectroscopia vibracional combinada con análisis quimiométrico para la detección de residuos agroquímicos en alimentos, una herramienta que podría fortalecer los sistemas de vigilancia sanitaria en países con capacidades analíticas limitadas. Estos hallazgos coinciden en señalar que los efectos ambientales de los agroquímicos trascienden el predio agrícola, afectando suelos, cuerpos de agua, fauna silvestre y cadenas tróficas completas (Zamora et al., 2021).

3.4 Efectos en la salud humana

La exposición ocupacional y ambiental a agroquímicos ha sido asociada con múltiples desenlaces adversos para la salud humana en la literatura revisada. Ortega-Moctezuma et al. (2023) identificaron una asociación entre la exposición a metales pesados y productos agroquímicos con el desarrollo de enfermedad renal crónica en distintas poblaciones agrícolas de América Latina, fenómeno que ha cobrado especial relevancia en comunidades rurales de Centroamérica. En Colombia, se ha documentado que el uso extendido de agroquímicos en zonas rurales guarda relación con el incremento de enfermedades crónicas y agudas en poblaciones expuestas de manera directa e indirecta (Carreño, 2024).

Desde una perspectiva más amplia, Urías et al. (2024) analizan los efectos de las prácticas agroquímicas sobre la salud humana y el medio ambiente en el marco de la agricultura sostenible, concluyendo que la ausencia de equipos de protección personal adecuados y la escasa capacitación de los productores incrementan sustancialmente el riesgo de intoxicaciones agudas y crónicas. En un plano bioético, Caicedo-López et al. (2021) discuten las implicaciones del uso de elicitores y otros agroquímicos para la agricultura y la salud humana, planteando la necesidad de un marco de principios bioéticos que oriente la investigación y la aplicación de estas sustancias. Simonov et al. (2025) advierten sobre la presencia de factores químicos peligrosos en productos alimenticios y materias primas de origen agrícola, subrayando la importancia de fortalecer los sistemas de inocuidad alimentaria a lo largo de toda la cadena de producción.

3.5. Dimensión socioeconómica y agricultura familiar

En el plano socioeconómico, los estudios revisados coinciden en señalar que los pequeños productores y las unidades de agricultura familiar son quienes enfrentan mayores dificultades para adaptarse a los estándares internacionales de uso seguro de agroquímicos. Santos et al. (2024) documentan que el uso excesivo de agroquímicos en la agricultura familiar brasileña genera impactos negativos tanto en la salud de los productores como en la sostenibilidad económica de sus unidades productivas, debido en gran medida al elevado costo de los insumos y a la falta de asistencia técnica especializada. En un sentido similar, de Souza et al. (2023) analizan la comercialización de principios activos agroquímicos en Brasil, evidenciando una fuerte concentración de mercado en pocas empresas multinacionales, lo que limita el poder de negociación de los agricultores familiares.

La percepción social del riesgo también ha sido objeto de estudio: Carrillo (2024) evaluó la percepción de estudiantes de agronomía sobre la contaminación por agroquímicos, encontrando que, si bien existe un nivel de conciencia ambiental relativamente alto, persisten vacíos importantes en la formación técnica sobre manejo seguro de estas sustancias. Desde una perspectiva comparativa fuera de la región latinoamericana, el estudio de Oyekale (2022) sobre productores de cacao en Nigeria resulta ilustrativo: el autor encontró que factores como el nivel educativo, el acceso a asistencia técnica y la pertenencia a organizaciones de productores determinan de manera significativa el cumplimiento de las precauciones de seguridad agroquímica, un patrón que guarda paralelismos con lo reportado para pequeños productores latinoamericanos.

En el plano macroeconómico, Perobelli (2025) discute los riesgos para la salud pública asociados al crecimiento agroindustrial brasileño basado en el uso intensivo de plaguicidas, argumentando que el modelo de expansión agroexportadora ha priorizado la productividad por encima de la protección sanitaria y ambiental, generando externalidades negativas que terminan siendo asumidas por el sistema público de salud.

3.6. Alternativas emergentes y transición hacia sistemas sostenibles

Frente a este panorama, un conjunto de estudios documenta el surgimiento de alternativas orientadas a reducir la dependencia de agroquímicos sintéticos (Caicedo-Aldaz & Herrera-Sánchez, 2022). Borsari (2024) describe el tránsito de los agronegocios hacia la agroecología en Panamá como una vía posible para consolidar sistemas alimentarios sostenibles, destacando experiencias locales de transición que combinan saberes tradicionales con innovación agroecológica. En una línea afín, Sultanova et al. (2025) revisan los tipos de biopreparados, sus principales agentes biológicos y los métodos más prometedores para su producción a escala, planteándolos como sustitutos viables de agroquímicos sintéticos en determinados cultivos. Vázquez-Núñez (2022), por su parte, examina el uso de nanomateriales en la agricultura y sus implicaciones ecológicas, señalando que, si bien esta tecnología

ofrece potencial para reducir las dosis de agroquímicos aplicadas, también plantea nuevos interrogantes sobre su seguridad ambiental que aún no han sido resueltos por la investigación científica.

4. Discusión

Los resultados de esta revisión confirman una asimetría normativa consistente con lo señalado por trabajos previos sobre gobernanza agroambiental. Mientras que en Europa el marco regulatorio se apoya en una arquitectura institucional centralizada y en el principio de precaución (Jalal & Bondarenko, 2025), en América Latina la regulación de agroquímicos continúa fragmentada entre legislaciones nacionales con distintos niveles de exigencia técnica. Esta asimetría no es meramente formal: como documentan Bitencourt y López (2024), la debilidad institucional en zonas fronterizas favorece la circulación de agroquímicos no autorizados, un fenómeno prácticamente inexistente al interior del mercado único europeo gracias a mecanismos de trazabilidad más consolidados.

Sin embargo, conviene matizar la idea de que el marco europeo sea plenamente eficaz. El caso de las áreas protegidas de la red Natura 2000 (Zavattoni et al., 2025) demuestra que incluso los sistemas regulatorios más robustos enfrentan tensiones entre la protección ambiental formal y la persistencia de prácticas agrícolas intensivas de facto. Esto sugiere que la brecha entre Europa y América Latina no debe interpretarse únicamente como una diferencia de “calidad normativa”, sino también como una diferencia en las capacidades de implementación y fiscalización, un punto que coincide con el señalamiento de Pe'er et al. (2024) sobre la relevancia de la evidencia científica y la participación de la comunidad académica en la construcción efectiva de política ambiental.

El enfoque de derechos humanos propuesto por Boillet y Levy (2025), inspirado en el litigio climático, abre una vía interesante para la región latinoamericana, donde los mecanismos de exigibilidad ambiental salvo experiencias puntuales como las ordenanzas municipales analizadas por Zulaica et al. (2024) en Argentina permanecen débiles frente al poder económico de los agronegocios. La experiencia histórica brasileña descrita por Lignani y Brandão (2022) resulta particularmente ilustrativa de cómo decisiones de política industrial adoptadas hace casi cinco décadas continúan condicionando la baja capacidad regulatoria actual, lo cual reafirma la importancia de una perspectiva histórica en el análisis de la gobernanza agroquímica regional.

Los hallazgos ambientales revisados alteración de la actividad enzimática del suelo (Castañeda et al., 2024), pérdida de calidad edáfica (Cuadras et al., 2021), reducción de comunidades de anfibios (Sánchez-Domene et al., 2023) y afectación de polinizadores (Moural et al., 2024; Galetto et al., 2022)— configuran un patrón consistente de degradación ecosistémica asociada al uso intensivo de agroquímicos en contextos agrícolas latinoamericanos. Este patrón contrasta con la literatura

europea disponible, centrada más en la evaluación regulatoria y la gestión de áreas protegidas que en estudios de campo sobre impactos directos, lo que podría reflejar tanto una mayor capacidad de mitigación temprana en Europa como un sesgo en la disponibilidad de literatura comparativa entre ambas regiones.

En el ámbito sanitario, la asociación entre exposición a agroquímicos y enfermedad renal crónica (Ortega-Moctezuma et al., 2023), así como los hallazgos sobre salud rural en Colombia (Carreño, 2024) y en contextos de agricultura sostenible (Urías et al., 2024), permiten sostener que los efectos sobre la salud humana en América Latina no son un fenómeno aislado, sino un problema de salud pública transversal a distintos países y cultivos. La discusión bioética planteada por Caicedo-López et al. (2021) resulta pertinente en este punto: los autores advierten que la evaluación de riesgo de los agroquímicos no puede limitarse a criterios toxicológicos o productivos, sino que debe incorporar principios de justicia distributiva, dado que quienes asumen el mayor riesgo de exposición trabajadores agrícolas y comunidades rurales rara vez participan en las decisiones regulatorias que los afectan.

Uno de los hallazgos más relevantes de esta revisión es la identificación de una relación de dependencia estructural entre los pequeños productores latinoamericanos y los agroquímicos sintéticos, condicionada por la concentración del mercado de insumos en pocas corporaciones multinacionales (de Souza et al., 2023) y por la insuficiente asistencia técnica disponible para la agricultura familiar (Santos et al., 2024). Esta dependencia se ve agravada por vacíos formativos, como los identificados por Carrillo (2024) entre estudiantes de agronomía, futuros técnicos y tomadores de decisión en el sector.

El paralelismo con la experiencia nigeriana documentada por Oyekale (2022) resulta valioso para la discusión, en la medida en que sugiere que los determinantes del cumplimiento de las normas de seguridad agroquímica nivel educativo, acceso a asistencia técnica, participación asociativa no son exclusivos de América Latina, sino compartidos por productores de pequeña escala en distintas regiones del Sur Global. Esto refuerza la idea de que las soluciones no pueden limitarse al plano normativo, sino que deben incorporar estrategias de fortalecimiento de capacidades locales, en línea con lo señalado por Perobelli (2025) respecto a los costos sanitarios ocultos del modelo agroexportador brasileño.

Frente a este escenario, las alternativas emergentes agroecología (Borsari, 2024), biopreparados (Sultanova et al., 2025) y nanotecnología aplicada a la reducción de dosis (Vázquez-Núñez, 2022) constituyen vías prometedoras, aunque todavía marginales frente al volumen de mercado que representan los agroquímicos convencionales. La incorporación de herramientas analíticas de vanguardia, como la espectroscopia vibracional para la detección de residuos (Villanueva et al., 2023), también podría fortalecer los sistemas de vigilancia sanitaria en países con recursos institucionales limitados, contribuyendo a cerrar parte de la brecha de fiscalización identificada frente a Europa.

5. Conclusiones

La revisión bibliográfica permite concluir que existen divergencias sustanciales entre Europa y América Latina en materia de regulación, impacto ambiental e implicaciones socioeconómicas del uso de agroquímicos en la agricultura moderna. En el plano normativo, Europa exhibe un marco más armonizado y centralizado, sustentado en el principio de precaución y en mecanismos de trazabilidad consolidados, mientras que América Latina mantiene una regulación fragmentada, con debilidades institucionales que favorecen fenómenos como el comercio ilegal de agroquímicos en zonas fronterizas y la persistencia de modelos de fomento estatal heredados de décadas pasadas.

En el plano ambiental, la evidencia latinoamericana documenta afectaciones consistentes sobre la calidad del suelo, la biodiversidad de anfibios y la salud de los polinizadores, lo que compromete la sostenibilidad ecológica de los sistemas agrícolas a mediano y largo plazo. Se articulan estrechamente con los impactos sanitarios reportados, entre los que destaca la asociación entre exposición a agroquímicos y enfermedad renal crónica, así como el incremento de intoxicaciones agudas y crónicas en poblaciones rurales expuestas de manera directa.

Las alternativas emergentes agroecología, biopreparados, nanotecnología aplicada y herramientas analíticas para la detección de residuos representan vías prometedoras para reducir la dependencia de agroquímicos sintéticos, aunque su escala de adopción actual continúa siendo marginal frente al modelo agroindustrial dominante. En consecuencia, cerrar la brecha regulatoria, ambiental y socioeconómica entre Europa y América Latina requerirá no solo la armonización de marcos normativos, sino también el fortalecimiento de capacidades institucionales, la ampliación del acceso a asistencia técnica y la consolidación de mecanismos de exigibilidad de derechos ambientales adaptados al contexto latinoamericano.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

DECLARACIÓN SOBRE EL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

“Los autores declaran que no utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa en la elaboración de este manuscrito.”

Referencias Bibliográficas

Bitencourt, J. B., & López de Mesa, G. M. V. (2024). Illegal pesticide trade networks on the Brazil and Paraguay border: scenarios following the Latin American

- Integration Route (LAIR) construction. *Cuadernos Geograficos*, 63(1). <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v63i1.27566>
- Boillet, V., & Levy, M. (2025). A Human Rights Approach to Agrochemical Pollution: Lessons to be Learned from Climate Change Litigation? *Transnational Environmental Law*, 14(3). <https://doi.org/10.1017/S2047102525100046>
- Borsari, B. (2024). De los agronegocios a la agroecología y la transición hacia un sistema alimentario sostenible en Panamá. *Investigación y Pensamiento Crítico*, 12(1). <https://doi.org/10.37387/ipc.v12i1.375>
- Caicedo-Aldaz, J. C., & Herrera-Sánchez, D. J. (2022). El rol de la agroecología en el desarrollo rural sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 1(2), 1–16. <https://doi.org/10.69484/rcz/v1/n2/24>
- Caicedo-López, L. H., Aranda, A. L. V., Sáenz de la O, D., Gómez, C. E. Z., Márquez, E. E., & Zepeda, H. R. (2021). Elicitores: implicaciones bioéticas para la agricultura y la salud humana. *Revista Bioética*, 29(1). <https://doi.org/10.1590/1983-80422021291448>
- Carrillo Quiroga, P. (2024). La percepción de estudiantes de agronomía sobre la contaminación por agroquímicos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 40. <https://doi.org/10.20937/rica.54937>
- Castañeda García, B. A., Ramírez Rangel, C. C., & Trujillo Suárez, D. M. (2024). Efecto de los agroquímicos en la actividad enzimática del suelo agrícola: Una revisión bibliográfica. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 15(2). <https://doi.org/10.22579/22484817.1082>
- Cuadras Berrelleza, A. A., Peinado Guevara, V. M., Peinado Guevara, H. J., López López, J. de J., & Barrientos, J. H. (2021). Agricultura intensiva y calidad de suelos: retos para el desarrollo sustentable en Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(8). <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2704>
- de Souza, J. L., dos Santos, J. A., Marjotta-Maistro, M. C., & Montebello, A. E. S. (2023). Active ingredients of agrochemicals: commercialization and use in Brazil. *Revista De Gestao E Secretariado-Gesec*, 14(6).
- Galetto, L., Aizen, M. A., Arizmendi, M. D. C., Freitas, B. M., Garibaldi, L. A., Giannini, T. C., Lopes, A. V., Santo, M. M. D. E., Maués, M. M., Nates-Parra, G., Rodríguez, J. I., Quezada-Euán, J. J. G., Vandame, R., Viana, B. F., & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2022). Risks and opportunities associated with pollinators' conservation and management of pollination services in Latin America. *Ecologia Austral*, 32(1). <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.1.0.1790>
- Herrera-Sánchez, D. J., & Gavilánez-Buñay, T. C. (2023). Estrategias de agricultura regenerativa para mejorar la salud del suelo. *Revista Científica Ciencia y Método*, 1(2), 15–28. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v1/n2/12>
- Jalal, M. A. F., & Bondarenko, S. (2025). Agrochemicals: Definition and Regulation. In *Radiochemical Analysis of Agrochemicals*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-80080-1_1
- Lignani, L. de B., & Brandão, J. L. G. (2022). The dictatorship of agrochemicals: the National Program of Agricultural Defensives and changes in pesticides

- production and consumption in Brazil, 1975-1985. *Historia, Ciencias, Saude - Manguinhos*, 29(2). <https://doi.org/10.1590/S0104-59702022000200003>
- Mieles-Giler, J. W., Guerrero-Calero, J. M., Moran-González, M. R., & Zapata-Velasco, M. L. (2024). Evaluación de la degradación ambiental en hábitats naturales. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(3), 65–88. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n3/121>
- Molpeceres, C. (2022). Políticas públicas y sistemas agroalimentarios en Argentina: entre agroquímicos y agroecología (1990 – 2020). *Eutopía. Revista de Desarrollo Económico Territorial*, (21). <https://doi.org/10.17141/eutopia.21.2022.5285>
- Moural, T. W., Koirala B K, S., Bhattarai, G., He, Z., Guo, H., Phan, N. T., Rajotte, E. G., Biddinger, D. J., Hoover, K., & Zhu, F. (2024). Architecture and potential roles of a delta-class glutathione S-transferase in protecting honey bee from agrochemicals. *Chemosphere*, 350. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.141089>
- Ortega-Moctezuma, O., Zárate-Pérez, J., Alba-Alba, C. M., Jiménez-Hernández, M., & Ramírez-Girón, N. (2023). Enfermedad renal crónica asociada a la exposición a metales pesados y productos agroquímicos en Latinoamérica. *Enfermería Nefrológica*, 26(2). <https://doi.org/10.37551/s2254-28842023012>
- Oyekale, A. S. (2022). Determinants of Cocoa Farmers' Compliance with Agrochemical Safety Precautions in Ogun and Osun States, Nigeria. *Toxics*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/toxics10080454>
- Pe'er, G., Kachler, J., Herzon, I., Hering, D., Arponen, A., Bosco, L., Bruelheide, H., Finch, E. A., Friedrichs-Manthey, M., & Hagedorn, G. (2024). Role of science and scientists in public debates around environmental policy negotiations: the case of nature restoration and agrochemical regulation in the European Union. *Preprint*. <https://doi.org/10.1002/pan3.70064>
- Perobelli, J. E. (2025). Pesticides and public health: discussing risks in Brazilian agro-industrial growth. *Frontiers in Toxicology*, 7. <https://doi.org/10.3389/ftox.2025.1442801>
- Sánchez-Domene, D., da Silva, F. R., Provete, D. B., Navarro-Lozano, A., Acayaba, R. D., Montagner, C. C., Rossa-Feres, D. de C., López-Iborra, G. M., & Almeida, E. A. (2023). Combined effects of landscape composition and agrochemicals on frog communities amid sugarcane-dominated agroecosystems. *Ecological Applications*, 33(2). <https://doi.org/10.1002/eap.2781>
- Santos, E. L. dos, Farias, M. T. P. de, Pinheiro, F. C., Nunes, G. R. P., Barros, E. P. de M., Silva, D. M. R., & Silva, J. V. (2024). Impactos causados pelo uso excessivo de agroquímicos na agricultura familiar: uma revisão. *Observatório De La Economía Latinoamericana*, 22(3). <https://doi.org/10.55905/oelv22n3-113>
- Simonov, M. R., Shanchuk, V. V., Guttyj, B. V., & Pundiak, T. O. (2025). Chemical hazardous factors in food products and raw food materials. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 27(120). <https://doi.org/10.32718/nvlvet12024>

- Sultanova, L., Pronovich, N., Galieva, G., Kuryntseva, P., & Selivanovskaya, S. (2025). Biopreparations: Types, main agents, and promising methods. *BIO Web of Conferences*, 181. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202518101017>
- Urías Rivas, M. O., Benítez Dieguez, I., & Bojórquez López, M. (2024). Efectos de las prácticas de agroquímicos en la salud humana y el medio ambiente en la agricultura sostenible. *Ra Ximhai*. <https://doi.org/10.35197/rx.20.02.2024.07.mu>
- Valentina Carreño Montaña. (2024). El uso de agroquímicos y el daño a la salud en Colombia. *Universidad Externado de Colombia*. <https://medioambiente.uexternado.edu.co/el-uso-de-agroquimicos-y-el-dano-a-la-salud-en-colombia/>
- Vázquez-Núñez, E. (2022). Uso de nanomateriales en la agricultura y sus implicaciones ecológicas y ambientales. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria En Nanociencias y Nanotecnología*, 16(30). <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2023.30.69704>
- Villanueva López, E., Córdova-Ramos, J. S., Prieto Rosales, G., Ortecho Llanos, R., Álvarez Ticllasuca, A., Hurtado-Soria, B. Z., & Jordán-Suárez, O. (2023). Potencial de la espectroscopia vibracional y análisis quimiométrico para la detección de residuos agroquímicos en alimentos. *TAYACAJA*, 6(2). <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v6i2.208>
- Zamora Intriago, I., Moreira Salazar, M., Romero Yupanqui, J., Vera-Menéndez, M., & Zambrano Ganchozo, L. (2021). Impacto de agroquímicos en la agricultura. Impact of agroquimicos on agriculture. *Revista ULEAM Fisiología & Diagnostico Medico*, 2. <https://revistafdm.uleam.edu.ec/wp-content/uploads/2021/03/Impacto-de-agroquimicos-en-la-agricultura.pdf>
- Zavattoni, G., Gaget, E., Hallman, T., Kačergytė, I., Pärt, T., Pavón-Jordán, D., Sattler, T., & Brommer, J. E. (2025). Threats to and management of Natura 2000 protected areas relative to agricultural practices. *Conservation Biology*. <https://doi.org/10.1111/cobi.70172>
- Zulaica, L., Calderon, G., Molpeceres, C., & Gonzalez Insua, M. (2024). Conflicts over the use of agrochemicals in peri-urban areas: current regulations and perspectives in a district in the southeast of Buenos Aires. *SCT Proceedings in Interdisciplinary Insights and Innovations*, 2. <https://doi.org/10.56294/piii2024281>