

Plaguicidas y contaminación ambiental en países andinos: un análisis bibliométrico

Pesticides and environmental pollution in andean countries: a bibliometric analysis

Pesticidas e poluição ambiental em países andinos: uma análise bibliométrica

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i28.433>

Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi¹ 

fsernaque@unfv.edu.pe

Juan Ademir Villantoy Peralta² 

jvillantoy@unfv.edu.pe

Jimmy Martín Acosta García³ 

N00294924@upn.pe

Brandon Watson Perez Flores² 

bperez@unfv.edu.pe

Marlitt Florinda Naupay Vega² 

mnaupay@unfv.edu.pe

Max Alejandro Huaranja Montaño¹ 

2022032509@unfv.edu.pe

¹Conservación Ecológica, Socioambiental y Divulgación Científica-CECOSAM

²Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú

³Universidad Privada del Norte. Lima, Perú

Artículo recibido: 4 de noviembre 2025 / Arbitrado: 27 de diciembre 2025 / Publicado: 7 de enero 2026

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo analizar la producción científica de plaguicidas y contaminación ambiental en los países andinos mediante un análisis bibliométrico en el periodo 2000–2025. Se recopilaron artículos originales indexados en Scopus, y se analizaron tendencias de productividad, autores más citados, principales instituciones, patrones de colaboración y estructura temática. Mediante la aplicación del protocolo PRISMA se incluyeron 412 artículos. Los resultados indican un crecimiento progresivo de publicaciones, con aumentos significativos después de 2011, 2018 y 2024. La producción se localiza, principalmente, en Argentina; sin embargo, países como Bolivia, Ecuador o Venezuela presentaron una participación reducida. Las instituciones argentinas encabezan la actividad científica en este campo, con una infraestructura académica consolidada en temas ambientales. Las redes de coautoría muestran claros grupos nacionales, pero poca interacción entre los países andinos. Además, las palabras clave muestran un predominio del monitoreo ambiental, los contaminantes químicos y los efectos ecotoxicológicos, quedando poco explorados los enfoques de salud humana o políticas públicas. El estudio concluye que la investigación sobre plaguicidas y contaminación ambiental en los países andinos ha aumentado en los últimos 25 años, pero aún existen grandes asimetrías entre países y un desarrollo temático desigual. La evidencia indica que la producción científica se localiza en pocos países más institucionalizados. Por ende, los resultados ofrecen una perspectiva sistematizada del estado actual del conocimiento e identifican la necesidad de fortalecer la cooperación regional, involucrar a más actores institucionales y diversificar las agendas de investigación para conocer los efectos de los plaguicidas en los ecosistemas andinos.

ABSTRACT

The study aimed to analyze the scientific production on pesticides and environmental pollution in the Andean countries through a bibliometric analysis covering the period 2000–2025. Original articles indexed in Scopus were collected, and trends in productivity, most cited authors, leading institutions, collaboration patterns, and thematic structure were examined. Using the PRISMA protocol, 412 articles were included. The results indicate a progressive increase in publications, with significant growth after 2011, 2018, and 2024. Scientific production is mainly concentrated in Argentina; however, countries such as Bolivia, Ecuador, and Venezuela show limited participation. Argentine institutions lead research activity in this field, supported by a consolidated academic infrastructure in environmental sciences. Co-authorship networks reveal clear national clusters but limited interaction among Andean countries. Additionally, keyword analysis shows a predominance of environmental monitoring, chemical contaminants, and ecotoxicological effects, while human health and public policy approaches remain underexplored. The study concludes that research on pesticides and environmental pollution in the Andean region has expanded over the past 25 years, but significant national asymmetries and uneven thematic development persist. The evidence indicates that scientific production is concentrated in a small group of more institutionalized countries. Therefore, the findings offer a systematized perspective of the current state of knowledge and highlight the need to strengthen regional cooperation, involve more institutional actors, and diversify research agendas to better understand the effects of pesticides on Andean ecosystems.

Key words: Pesticides; Environmental pollution; Andean countries; Bibliometrics; Ecotoxicology

RESUMO

O estudo teve como objetivo analisar a produção científica sobre pesticidas e contaminação ambiental nos países andinos por meio de uma análise bibliométrica no período de 2000 a 2025. Foram coletados artigos originais indexados na Scopus e analisadas as tendências de produtividade, autores mais citados, principais instituições, padrões de colaboração e estrutura temática. Com a aplicação do protocolo PRISMA, foram incluídos 412 artigos. Os resultados indicam um aumento progressivo das publicações, com crescimentos significativos após 2011, 2018 e 2024. A produção científica concentra-se principalmente na Argentina; no entanto, países como Bolívia, Equador e Venezuela apresentam participação reduzida. As instituições argentinas lideram a atividade científica na área, apoiadas por uma infraestrutura acadêmica consolidada em ciências ambientais. As redes de coautoria revelam grupos nacionais bem definidos, mas pouca interação entre os países andinos. Além disso, a análise de palavras-chave mostra predominância do monitoramento ambiental, dos contaminantes químicos e dos efeitos ecotoxicológicos, enquanto abordagens relacionadas à saúde humana e às políticas públicas permanecem pouco exploradas. O estudo conclui que a pesquisa sobre pesticidas e contaminação ambiental na região andina cresceu nos últimos 25 anos, mas persistem grandes assimetrias nacionais e um desenvolvimento temático desigual. As evidências indicam que a produção científica está concentrada em poucos países mais institucionalizados. Assim, os resultados oferecem uma visão sistematizada do estado atual do conhecimento e apontam a necessidade de fortalecer a cooperação regional, ampliar a participação institucional e diversificar as agendas de pesquisa para compreender melhor os efeitos dos pesticidas nos ecossistemas andinos.

Palavras-chave: Pesticidas; Poluição ambiental; Países andinos; Bibliometria; Ecotoxicologia

Palabras clave: Plaguicidas; Contaminación ambiental; Países andinos; Bibliometría; Ecotoxicología

INTRODUCCIÓN

Los plaguicidas son una herramienta fundamental en la agricultura moderna para controlar plagas y enfermedades y asegurar una alta productividad. A nivel mundial, el uso de ingredientes activos se ha ido incrementando. Este modelo satisface la necesidad de mantener una alta producción agrícola, pero también ocasiona impactos ambientales (1). En 2017 el consumo mundial ya superaba los 4.1 millones de toneladas anuales, un 81 % más que en 1990. Entre los mayores consumidores se encuentran China, Estados Unidos y Argentina (2), con aumentos de hasta un 4000 % en algunos países entre 1995 y 2020 (3). Estas cifras demuestran que a nivel mundial se siguen utilizando plaguicidas, a pesar de los riesgos que implican.

En este contexto, la contaminación por plaguicidas se extiende al agua, el suelo y el aire. Los desechos se quedan en el ambiente y degradan la calidad de los recursos naturales, tal como lo confirman estudios internacionales sobre compuestos persistentes (4). Su uso reiterado afecta el suelo, llegando a alterar el ciclo de nutrientes y a disminuir la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura. Estos químicos se acumulan en organismos y se abren camino en la cadena alimentaria (5). Esto incrementa la exposición en especies no objetivo y permite la transferencia trófica. La persistencia de estos compuestos

sugiere que sus efectos se extienden mucho más allá de la aplicación agrícola.

De manera consecuente, la literatura científica reporta pérdidas evidentes de biodiversidad por la exposición continua a estos químicos. Un monitoreo en reservas naturales reveló una disminución de más del 70 % de insectos voladores en áreas de agricultura intensiva, una tendencia que se atribuye al uso reiterado de agroquímicos (6). La pérdida de biodiversidad se reitera como uno de los principales perjuicios, afectando a polinizadores y microbiota del suelo, esenciales para la función ecológica (7). Estos impactos influyen en procesos ecológicos esenciales para la productividad agrícola.

Asimismo, los efectos sobre la salud humana están bien documentados. La exposición ocurre por vía dérmica, inhalatoria o por ingestión y se relaciona con alteraciones respiratorias, neurológicas, genéticas y un gran número de intoxicaciones accidentales anuales (8-10). La evidencia acumulada refuerza la necesidad de disminuir la exposición humana y ambiental.

En el caso de América Latina, las aplicaciones de plaguicidas son elevadas y generan riesgos que se ven exacerbados por marcos regulatorios débiles y controles laxos. Esto abre la puerta a la importación y uso de plaguicidas altamente peligrosos, incluso aquellos prohibidos en otros mercados (11). Informes locales también indican

incrementos significativos en el uso de insecticidas agrícolas en países con creciente presión productiva (12). Esta situación representa una dependencia estructural de insumos químicos en un contexto de control laxo.

Dentro de esta región, esto también ocurre en los países andinos, donde la expansión agrícola se ha dado en áreas ecológicamente vulnerables. Los datos históricos de residuos organofosforados y contaminantes persistentes en aguas superficiales de Colombia, Venezuela y Ecuador son indicadores de deficiencias en el control de utilización de plaguicidas y vigilancia ambiental (13). La aplicación repetida de plaguicidas en áreas vulnerables intensifica los riesgos ambientales y demanda más atención científica.

Además, los países andinos tienen condiciones ecológicas y agrícolas susceptibles a la contaminación por plaguicidas. Allí convergen ecosistemas sensibles como altos andinos y páramos con áreas amazónicas megadiversas. La agricultura extensiva ha extendido el uso de pesticidas a zonas sensibles con poca capacidad de recuperación ambiental. En Argentina se han identificado áreas de alta biodiversidad y estrés hídrico en peligro por la intensificación agrícola (14). En Chile se han detectado residuos de plaguicidas en cuencas de montaña en concentraciones que superan los niveles de riesgo para organismos acuáticos (15). En Ecuador se han hallado residuos en la cuenca del río Guayas

en un elevado porcentaje de lugares de muestreo, en relación con zonas de agricultura intensiva (16). Estos datos demuestran que las presiones productivas y el bajo control ambiental hacen más vulnerable a ecosistemas sensibles.

Sin embargo, aunque la literatura científica sobre plaguicidas en países andinos aumentó en las últimas décadas, aún existen vacíos que limitan el entendimiento del problema. Los trabajos existentes abarcan solo fracciones o sitios específicos y se diseminan en distintas publicaciones, lo que dificulta obtener una perspectiva integral de su comportamiento ambiental. La falta de monitoreo sistemático en suelos y aguas y el uso de mediciones indirectas dificultan la estimación de los riesgos reales para la salud y los ecosistemas, como evidencian estudios que muestran datos aislados y falta de registros continuos en la zona (17). También hay grandes diferencias en la cobertura geográfica, con países con mucha información y otros con pocos registros, generando una distribución desigual del conocimiento y limitando el análisis integrado de los efectos de los plaguicidas (18, 19). Esta heterogeneidad dificulta sintetizar la evidencia y construir una imagen regional. En este sentido, una revisión bibliométrica enfocada en países andinos es necesaria para sistematizar la evidencia.

En este marco, esta metodología hace posible medir la actividad científica, conocer los temas más investigados y señalar los vacíos existentes

en la investigación ambiental (20). Aplicarlo en países andinos puede integrar el conocimiento fragmentado y crear una línea de base para dirigir futuras investigaciones sobre plaguicidas y ambiente. Una síntesis estructurada hace posible identificar progresos y áreas donde el conocimiento sigue siendo limitado.

En este sentido, el análisis bibliométrico da una visión estructurada de la investigación en los países andinos, identifica áreas priorizadas y lagunas, y muestra cuáles son las instituciones que sostienen la producción científica (21). Además, posibilita la observación de redes de colaboración e identificar grupos que impulsan la agenda científica (22). En un contexto en que los países andinos están cada vez más expuestos a riesgos por el uso de plaguicidas, tener una mirada sistematizada del conocimiento existente puede orientar la toma de decisiones y fortalecer la gestión ambiental. Este enfoque permite comprender el avance de la ciencia y planificar esfuerzos conjuntos. Por ello, el objetivo de este estudio es describir la producción científica sobre plaguicidas y contaminación ambiental en países andinos entre 2000 y 2025 a través de un análisis bibliométrico que identifique tendencias, lagunas e interconexiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación empleó un diseño bibliométrico y de enfoque cuantitativo para

caracterizar la producción científica sobre plaguicidas y contaminación ambiental en los países andinos. La bibliometría, como estudio cuantitativo de la literatura científica, es capaz de revelar patrones de productividad, colaboración y estructura de un campo (23). Es un abordaje adecuado para poder examinar la evolución de los estudios sobre plaguicidas en esta región, identificar la filiación institucional de los autores, las redes de coautoría y visualizar los núcleos conceptuales que caracterizan la investigación ambiental en estos países.

Se incluyeron artículos originales indexados en Scopus entre 2000 y noviembre del 2025, en idioma inglés o español, y donde al menos un autor estuviera afiliado a instituciones de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú o Venezuela. Los estudios elegibles debían medir empíricamente la contaminación ambiental por plaguicidas (glifosato, AMPA, glufosinato, paraquat, clorpirifos, mancozeb, atrazina, endosulfán, malatión, imidacloprid, cipermetrina, carbendazim, diazinón y DDT y sus derivados) con datos analíticos de suelo, agua, aire o biota, ya sea en forma de monitoreo, muestreo de campo o ensayos toxicológicos.

Por lo cual, el corpus final se compuso de estudios con evidencia cuantitativa de la presencia, comportamiento o impacto ambiental de estos compuestos en países andinos. Se excluyeron revisiones, artículos teóricos,

bibliométricos, editoriales, cartas, resúmenes de congreso, duplicados y estudios agronómicos o moleculares no directamente relacionados con la contaminación ambiental. También se excluyeron documentos marginales que nombraran pesticidas sin mediciones ambientales y manuscritos en otros idiomas que no fueran español o inglés.

A continuación, se indica la ecuación de búsqueda empleada en el estudio: TITLE-ABS-KEY (("glyphosate" OR "AMPA" OR "glufosinate" OR "paraquat" OR "chlorpyrifos" OR "clorpirifos" OR "mancozeb" OR "atrazine" OR "endosulfan" OR "malathion" OR "imidacloprid" OR "cypermethrin" OR "carbendazim" OR "diazinon" OR "DDT" OR "DDE" OR "DDD") AND ("environmental pollution" OR "soilcontamination" OR "waterpollution" OR "air pollution" OR "ecotoxicology" OR "environmental monitoring" OR "environmental risk assessment" OR "pesticide pollution" OR "persistent organic pollutant")) AND (PUBYEAR > 1999 AND PUBYEAR < 2026) AND (LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, "Argentina") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, "Colombia") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, "Chile") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, "Ecuador") OR

LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, "Peru") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, "Bolivia") OR LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, "Venezuela")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar") OR EXCLUDE (DOCTYPE, "English") OR LIMIT-TO LANGUAGE"))

En la Figura 1, se observa el proceso de selección que se llevó a cabo siguiendo la guía PRISMA 2020, asegurando transparencia y trazabilidad en el proceso de cribado. La primera búsqueda arrojó 508 resultados en Scopus, sin duplicados ni exclusiones automatizadas. Todos los documentos se sometieron a la fase de cribado, en la que se revisaron títulos y resúmenes; se eliminaron 96 artículos que no cumplían los criterios temáticos, metodológicos o geográficos establecidos. Los 412 documentos restantes fueron revisados y ninguno fue excluido, ya que todos cumplían con los criterios de inclusión definidos previamente. Finalmente, los 412 artículos se incluyeron en el análisis bibliométrico. Este proceso sistemático posibilitó construir un corpus robusto y pertinente a los objetivos de la investigación, abocado a la producción científica sobre plaguicidas y contaminación ambiental en países andinos.

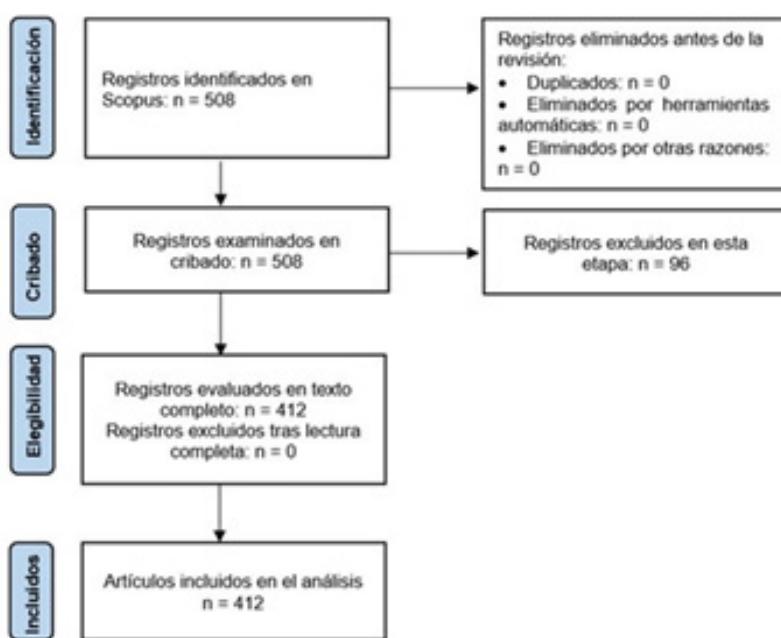


Figura 1. Diagrama de selección de documentos según PRISMA.

Para el análisis de los datos se usó el paquete Bibliometrix del software R, el cual permite importar, limpiar y estructurar la información descargada desde Scopus para su análisis cuantitativo. En un primer momento se desarrollaron indicadores descriptivos de la producción científica, como el número anual de publicaciones, las principales instituciones afiliadas o los autores más productivos, lo que permitió describir su evolución temporal y distribución geográfica. Luego, se crearon redes de coautoría utilizando matrices de colaboración para determinar las formas de asociación entre investigadores, los clústeres científicos que generan y los grados de centralidad en la red. En segundo lugar, se llevó a cabo un análisis de coocurrencia de palabras clave, a partir del cual se generaron

mapas temáticos para identificar los conceptos más recurrentes, sus asociaciones y las estructuras conceptuales latentes. Este abordaje integral permitió caracterizar el campo en términos de su producción y estructura intelectual y colaborativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2, sobre la producción científica anual evidencia un aumento de publicaciones sobre contaminación ambiental por pesticidas en países andinos entre el año 2000 y 2025. En la primera década se produjo poco y de forma irregular; menos de 10 artículos por año. Pero es a partir de 2011 cuando se nota un incremento constante, con picos en 2011, 2018 y, sobre todo, en 2024, año en el que se registra el mayor número de artículos (46). Esta tendencia al alza indica que

cada vez hay mayor interés académico y científico por el tema, seguramente debido al aumento en el uso de agroquímicos, la conciencia ambiental y

la disponibilidad de tecnologías analíticas. La caída en 2025 podría deberse a un desfase en el tiempo de indexación de los nuevos artículos.

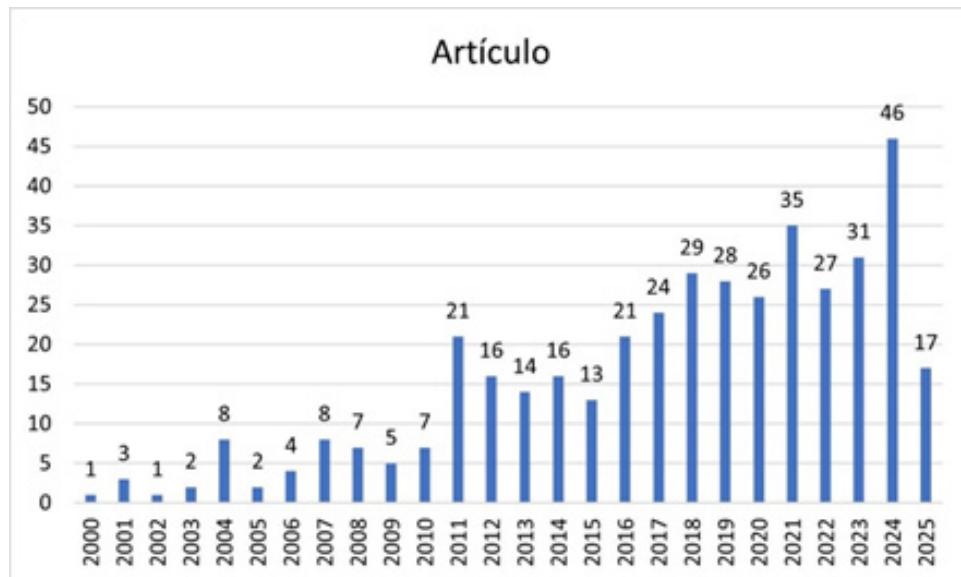


Figura 2. Producción anual de artículos.

En la Figura 3, se muestra el análisis de productividad por fuentes; siguiendo la Ley de Bradford, se identificó el núcleo de revistas más productivas en artículos sobre contaminación ambiental por plaguicidas en países andinos. La imagen muestra que pocas revistas acaparan la mayoría de los artículos. En particular, *Science of the Total Environment*, *Chemosphere*, *Environmental Pollution* y *Environmental Science and Pollution Research* son las principales fuentes de producción científica, con un número mucho

mayor de artículos que el resto de fuentes. Este patrón reafirma la concentración temática en revistas de alto impacto dedicadas a la toxicología ambiental y al seguimiento de contaminantes. El resto de las publicaciones se reparte de manera más dispersa; hay pocas fuentes que publiquen muchos artículos. Esta dispersión se ajusta al modelo de Bradford, según el cual la literatura pertinente se agrupa en zonas concéntricas de productividad decreciente.

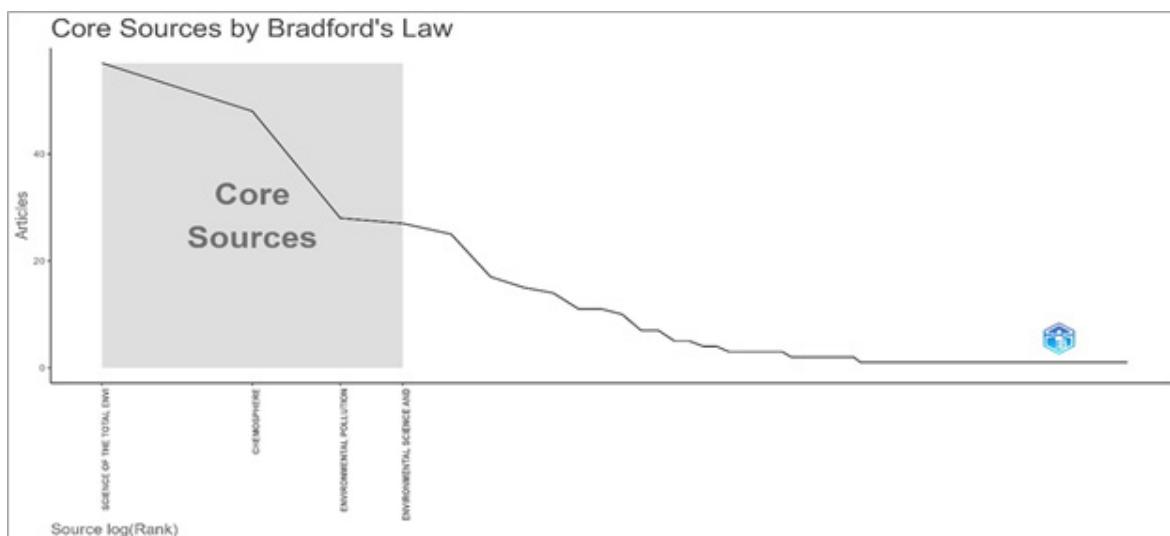


Figura 3. Revistas núcleo según la ley de Bradford.

Posteriormente, se identificaron las principales fuentes según el número de publicaciones en el corpus de estudio. Los resultados indican que *Science of the Total Environment* es la revista con mayor número de publicaciones (57), seguida de *Chemosphere* (48). Estas dos obras son la base de la literatura sobre contaminación ambiental por plaguicidas en países andinos. A continuación, se sitúan otras revistas de referencia como *Environmental Pollution* (28), *Environmental Science and Pollution Research* (27) o *Ecotoxicology and Environmental Safety* (25), todas ellas con una producción significativa. Esta acumulación de artículos en pocas revistas indica una alta especialización temática y una consolidación del conocimiento en revistas científicas específicas del campo de la ecotoxicología y la contaminación ambiental.

En la Figura 4, se observa la producción científica de los países según la procedencia de la nacionalidad de los autores. Se observa que Argentina sobresale (809), siendo el principal productor de conocimiento en la región. Le siguen Chile (114) y Colombia (93), un segundo bloque con actividad constante. En un punto medio se ubican Ecuador (35) y Perú (13), mientras que Bolivia (5) y Venezuela (5) presentaron una menor participación. Estos hallazgos evidencian grandes diferencias en las capacidades científicas. Aunque en el corpus se encuentran asociaciones con países no andinos, estas corresponden a formas comunes de cooperación internacional y no alteran los resultados, ya que el criterio de inclusión demandó la afiliación de por lo menos un autor a un país andino. En suma, el patrón evidencia que la producción es altamente asimétrica, con ciertos países acaparando la mayor parte del conocimiento sobre plaguicidas y contaminación ambiental en los Andes.



Figura 4. Producción científica de los países.

Por otra parte, se identificaron los autores más productivos en el campo de la contaminación ambiental por plaguicidas en países andinos. Sobresale Miglioranza KSB, con 46 publicaciones, la autora más relevante del corpus analizado. Le siguen, muy lejos, Aparicio VC (26), y Bonetto CA y Marino DJ (19 cada uno). Este comportamiento indica que la producción científica se encuentra altamente concentrada en pocos investigadores que han aportado en la generación de conocimiento ambiental en la región. También se observa la presencia de un grupo de autores afiliados a instituciones argentinas, lo que podría ser un indicador de una mayor capacidad de investigación y seguimiento ambiental en comparación con otros países andinos.

Referente a las instituciones más productivas en el área de plaguicidas y contaminación ambiental en países andinos, la mayoría de las afiliaciones más exitosas son de Argentina, lo que

confirma su liderazgo en este campo. El nodo “Buenos Aires” encabeza la lista con 122 artículos, seguido por la Universidad Nacional de Mar del Plata (93) y la Universidad Nacional del Litoral de Argentina (84). Este patrón refleja un sistema académico fortalecido, trabajando en conjunto con universidades nacionales.

En lo que concierne a las palabras más frecuentes, destacan términos como environmental monitoring (220), nonhuman (195), pesticides (192), chemical (191), water pollutants (191) y animals (185), evidenciando un enfoque en el estudio de contaminantes químicos y sus efectos en organismos no humanos. Además, términos como “Argentina” (169) y controlled study (164) señalan un componente geográfico y metodológico en los estudios analizados. De modo que estas palabras clave representan los grandes temas de la literatura, orientados al biomonitoring ambiental, la ecotoxicología y la evaluación del

efecto de pesticidas sobre la fauna, principalmente en condiciones controladas o de laboratorio.

En la Figura 5, se puede apreciar una red de coautoría con múltiples clústeres bien definidos, lo que refleja una estructura colaborativa fragmentada. Se reconocen al menos cinco grupos de autores con dinámicas internas de trabajo bastante consolidadas, pero con escasos nexos entre ellos. El clúster ligado a Miglioranza KSB es un clúster grande y productivo, pero localizado en la periferia de la red. Por el contrario, Aparicio VC se sitúa en una posición más central, como un punto de enlace entre diferentes subgrupos,

lo que denota un papel articulador de campo. Por su parte, Bonetto CA encabeza otro clúster relevante, también con fuertes patrones colaborativos internos, pero pocos vínculos externos. En su conjunto, la imagen muestra un tipo de colaboración en el que existen equipos consolidados pero poco conectados, lo que impide la cohesión regional y enfatiza la necesidad de fortalecer las redes interinstitucionales y transnacionales para construir un conocimiento más integrado sobre la contaminación por plaguicidas.

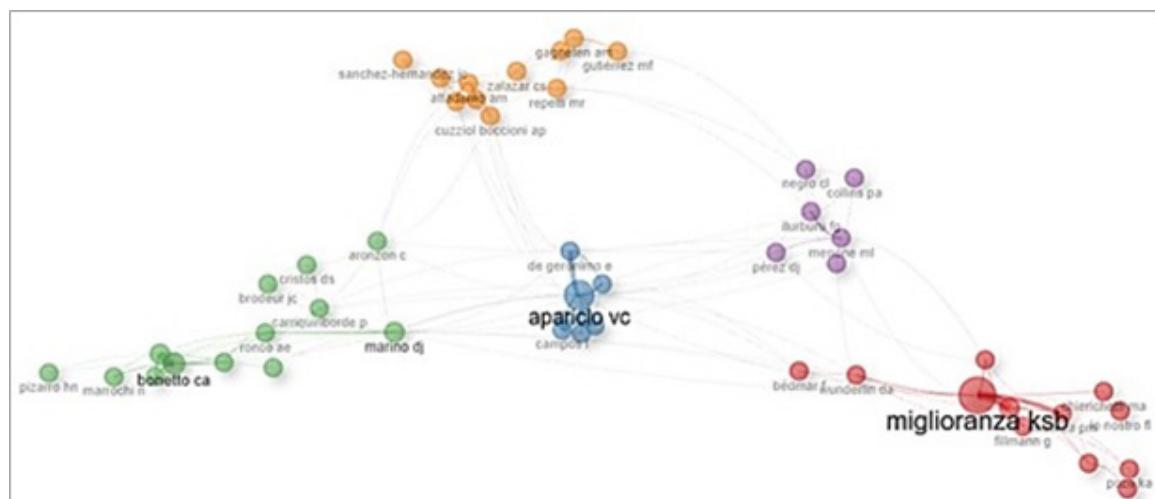


Figura 5. Red de coautoría.

En la Figura 6, la red de coocurrencia de palabras clave arrojó tres grandes clústeres bien definidos. El primer clúster (en azul) se refiere a la contaminación ambiental; palabras como water pollutants, environmental monitoring o pesticide forman parte de él. Este grupo

representa investigaciones acerca de la presencia y determinación de contaminantes químicos en aguas, asociado a la agricultura y el territorio, con foco en Argentina. El segundo clúster (en rojo) reúne términos relacionados con ensayos toxicológicos, tales como nonhuman, animals,

toxicity, chlorpyrifos. Estas obras emplean modelos animales para estimar riesgos. El tercer clúster (verde) se centra en herbicidas, especialmente en glyphosate y su clasificación química. Las aristas entre los nodos representan las relaciones interdisciplinarias entre la química ambiental, la

toxicología y la ecotoxicología. También se observa que el artículo experimental es el más común en el área. Esta red muestra cómo se conectan las investigaciones empíricas sobre plaguicidas y contaminación en los países andinos.

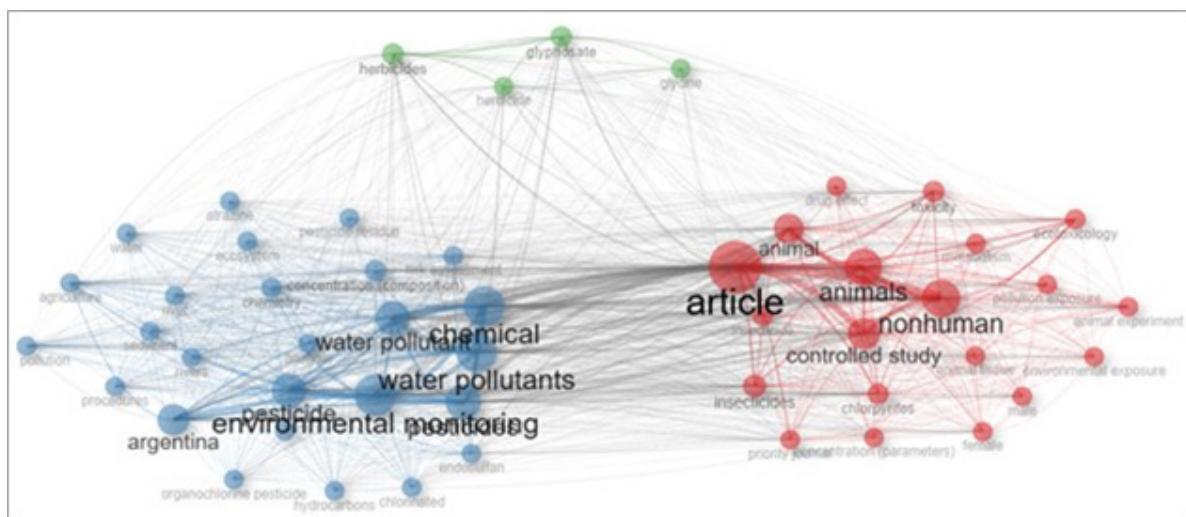


Figura 6. Red de coocurrencia de palabras clave.

En la Figura 7, se presenta el mapa temático sobre plaguicidas y contaminación ambiental, resultante del análisis de co-ocurrencia de términos, que los agrupa según dos dimensiones: centralidad (importancia en el campo) y densidad (grado de desarrollo interno). En el cuadrante superior derecho se localizan los temas motores, tales como environmental monitoring, chemical y water pollutants, lo que significa que son muy importantes y están muy desarrollados. Estos temas marcan la agenda de

investigación y vertebran otras líneas de trabajo. En el cuadrante inferior izquierdo se localizan los temas emergentes o en decadencia, como nonhuman, animals o article, con baja centralidad y poco desarrollo por ser muy transversales o poco integrados en el núcleo temático. Además, pesticides, pesticide y endosulfan se sitúan en un punto intermedio, con baja centralidad estructural pero cierta cohesión interna, lo que indica que aún no logran consolidarse como temas principales a pesar de su recurrencia.

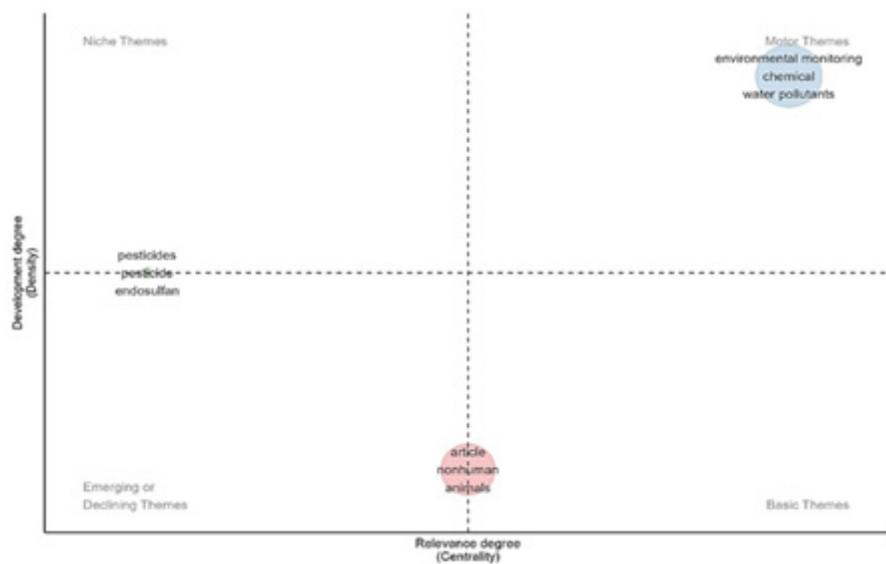


Figura 7. Mapa temático de la producción científica.

Discusión

La evidencia indica que, a pesar de que la investigación sobre plaguicidas y ambiente ha crecido en los países andinos en las últimas dos décadas, el conocimiento aún se encuentra disperso y no existe una síntesis regional. De hecho, la mayoría de los estudios bibliométricos se quedan en análisis a escala mundial o continental (25, 26), sin explorar patrones particulares en Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Esta falta de revisiones locales se manifiesta en ausencias temáticas y geográficas, dado que la mayoría de los estudios latinoamericanos se desarrollan fuera de los Andes y no logran describir el contexto ecológico y productivo andino. Además, la literatura ambiental latinoamericana muestra altas asimetrías en

la producción científica, con muchos artículos concentrados en pocos países y baja visibilidad internacional (27).

Los hallazgos muestran que la producción científica andina ha ido en aumento entre el año 2000 y 2025, lo que concuerda con el crecimiento informado para Latinoamérica en asuntos ambientales (28) y con las tendencias mundiales de expansión de la investigación en contaminación por pesticidas (29, 30). Este incremento, además, se puede justificar con el aumento acelerado del uso de pesticidas en la zona; para el año 2020 América Latina tenía la tasa más alta de uso de pesticidas en el mundo (31). En particular, los picos temporales que se aprecian en torno a 2011, 2018 y 2024 pueden deberse a acontecimientos normativos y científicos. Tal es

el caso de la prohibición mundial del endosulfán en 2011, la cual aumentó el interés por el análisis de contaminantes orgánicos persistentes (32, 33). Asimismo, la designación como probable cancerígeno del glifosato por la International Agency For Research on Cancer (IARC) en 2015 generó un aumento en las investigaciones sobre ese herbicida y su presencia en el ambiente (34). En consecuencia, el comportamiento temporal encontrado coincide con lo reportado para otras regiones, en las cuales el incremento reciente de publicaciones responde al creciente interés científico.

Cuando se analizan los canales de difusión, la literatura se concentra principalmente en pocas revistas internacionales de alto impacto, siguiendo un patrón de dispersión característico de la ley de Bradford (35, 36). Por otra parte, las revistas *Science of the Total Environment* y *Chemosphere* son las revistas más importantes de publicación. Esta concentración indica una consolidación temática y que los investigadores de los países andinos prefieren revistas de alto perfil, lo que aumenta la visibilidad mundial del conocimiento producido. No obstante, la falta de revistas locales puede hacer menos accesible la evidencia para los actores locales y disminuir su difusión en comunidades no angloparlantes.

En términos de autoría, los datos revelan una alta concentración en pocos autores

muy productivos. Esta concentración ha fortalecido líneas específicas, como grupos líderes en Argentina han mantenido programas constantes de investigación en ecotoxicología y contaminantes orgánicos (37). Sin embargo, la hegemonía de ciertos equipos puede sesgar la variedad temática e impedir la inclusión de nuevas voces, algo ya documentado en la literatura sobre estructuras científicas regionales. A pesar de que existen colaboraciones amplias en los últimos años, la evidencia apunta a redes nacionales más fuertes que transnacionales, repitiendo un patrón también encontrado para estudios de impacto de plaguicidas a nivel mundial, donde las colaboraciones son escasas (38). Por tanto, profundizar la cooperación regional podría ampliar la masa crítica, reducir las desigualdades de productividad y mejorar la comparabilidad entre países.

La dispersión geográfica de la producción científica reafirma el dominio de Argentina en la investigación regional sobre plaguicidas y contaminación ambiental. Varias razones justifican esta hegemonía: una infraestructura científica consolidada, mayor inversión relativa en I+D y el uso histórico de agroquímicos que ha generado preocupación pública y científica (31). Por el contrario, países como Bolivia, Ecuador y Venezuela contribuyen con pocas publicaciones, lo que concuerda con hallazgos anteriores sobre

las restricciones estructurales de la investigación ambiental en ciertos países latinoamericanos (39). En consecuencia, esta diferencia crea inequidades científicas y puede significar que ciertos problemas ambientales estén infradocumentados en lugares con menor capacidad de investigación.

El análisis del mapa temático muestra una jerarquía en el campo. En el cuadrante de temas motores se encuentran environmental monitoring, chemical y water pollutants, lo que evidencia que la investigación andina ha desarrollado un núcleo consolidado de seguimiento de contaminantes y análisis químico en ecosistemas acuáticos, en línea con revisiones que señalan el creciente interés regional por la contaminación en cuerpos de agua y sus efectos ecológicos (37). Su alta centralidad y densidad, además, señalan que son los que soportan mayor producción científica y definen las principales corrientes del campo, en concordancia con los patrones latinoamericanos que favorecen el monitoreo ambiental sobre otros enfoques (20).

Por otro lado, los temas emergentes o en declive (nonhuman, animals o article) tienen baja centralidad y poco desarrollo interno, siendo enfoques transversales poco integrados en el núcleo temático. Además, los términos pesticides, pesticide y endosulfan emergen como temas nicho, con cierta cohesión interna pero baja

relevancia estructural, en línea con la evidencia de que solo ciertas moléculas reciben atención sostenida por su toxicidad o regulación específica (31, 32). En síntesis, esta estructura temática muestra un área fuerte en vigilancia ambiental y ecotoxicología, pero con brechas continuas en líneas relacionadas con salud humana, gobernanza ambiental y evaluación de riesgos, un patrón también informado en revisiones críticas sobre contaminación en Latinoamérica (12, 19). Por ende, este tipo de análisis evidencia un conocimiento fragmentado que necesita integrar más enfoques biológicos, toxicológicos y sociales para avanzar en la comprensión del impacto de los plaguicidas en los países andinos.

La estructura de redes de coautoría muestra un campo atomizado en clústeres nacionales con débiles conexiones transnacionales. Este comportamiento ya fue identificado en otros estudios de colaboración científica en América Latina (16, 29), lo que indica que la investigación en plaguicidas se realiza principalmente en grupos locales o institucionales, con pocos nexos regionales. Si bien hay cooperaciones específicas con investigadores europeos o norteamericanos, ellas no reemplazan la necesidad de fortalecer la cooperación en los países andinos. En consecuencia, una articulación regional más fuerte podría aprovechar sinergias científicas,

evitar duplicaciones y generar conocimiento más representativo de las realidades ambientales andinas.

Este estudio bibliométrico tiene ciertas limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar sus resultados. La búsqueda se limitó a Scopus, garantizando una amplia cobertura, pero excluyendo trabajos indexados únicamente en Web of Science o en bases regionales como SciELO o RedALyC. Esto disminuye los estudios locales que se publican en revistas nacionales de menor visibilidad. Se analizaron artículos científicos, excluyéndose libros, capítulos, tesis e informes técnicos que también aportan información sobre contaminación por plaguicidas en países andinos. Además, se utilizó un recorte geográfico que incluye únicamente a Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, lo cual restringe la generalización de los resultados a toda Latinoamérica. La ecuación de búsqueda por palabras clave puede haber excluido estudios relevantes que utilizaban otros nombres para referirse a los plaguicidas. Se filtraron documentos en inglés y en español; eso deja fuera a las publicaciones en otros idiomas.

Los vacíos identificados abren puertas para ampliar la investigación de plaguicidas en los países andinos. Una primera necesidad es sumar otras fuentes bibliográficas como Web of Science, SciELO, RedALyC, repositorios institucionales, para

ampliar la cobertura regional y dar visibilidad a estudios locales no indexados en Scopus. También es necesario promover investigaciones que vinculen contaminación por pesticidas y salud humana en contextos andinos, desde estudios epidemiológicos hasta biomonitoreos que logren asociar exposición ambiental con indicadores de riesgo para la salud. Además, fortalecer la colaboración científica entre los países andinos, creando redes de trabajo para llevar a cabo estudios comparativos y disminuir las asimetrías en la producción científica. Asimismo, es necesario investigar nuevos compuestos y analizar la toxicidad de mezclas de plaguicidas, ya que la exposición real se da a menudo a múltiples sustancias. Estas direcciones pueden fortalecer una agenda científica más holística y contextualizada para conocer y prevenir los efectos de los plaguicidas en los países andinos.

CONCLUSIONES

Los datos bibliométricos revelan que la investigación sobre plaguicidas y contaminación ambiental en países andinos ha aumentado constantemente entre 2000 y 2025, pero con fuertes asimetrías nacionales y una estructura científica aún dispersa. En Argentina se localiza la mayor parte de la producción y las capacidades institucionales, y países como Bolivia, Ecuador, Perú o Venezuela tienen una presencia menor.

Pero a pesar de esta disparidad, la zona ha desarrollado un pequeño pero importante cuerpo de estudios empíricos de monitoreo ambiental, ecotoxicología y evaluación de contaminantes en agua, suelo y biota que sientan las bases científicas para comprender la distribución y el comportamiento de los plaguicidas en ecosistemas vulnerables de los Andes. El mapeo de redes y coocurrencias muestra una colaboración mayoritariamente nacional y unos débiles vínculos transnacionales y vacíos en salud humana, gobernanza ambiental y evaluación de políticas públicas. Por ende, es necesario fortalecer la articulación regional, desarrollar abordajes interdisciplinarios y ampliar la participación institucional para solucionar de manera integrada los riesgos relacionados con el uso de plaguicidas.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Pesticides use and trade. 1990–2023 2025 Disponible en: <https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/pesticides-use-and-trade-1990-2023/>.
2. Sharma A, Kumar V, Shahzad B, Tanveer M, Singh G, Handa N, et al. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*. 2019;1(11):1446. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>.
3. Basu P, Ngo H, Aizen M, Garibaldi L, Gemmill B, Imperatriz V, et al. Pesticide impacts on insect pollinators: Current knowledge and future research challenges. *Science of the Total Environment*. 2024;954. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176656>.
4. European Environment Agency. How pesticides impact human health and ecosystems in Europe 2023 Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/how-pesticides-impact-human-health>.
5. Mageshwaran V, Lawal O, Osemwogie O, Arutselvan R, Ologundudu A. The Nexus Between Pesticides, Climate Change, Carbon Sequestration, and Soil Health. *The Interplay of Pesticides Climate Change: Environmental Dynamics Challenges*: Springer, Cham; 2025. 315-44. https://doi.org/10.1007/978-3-031-81669-7_12.
6. United Nations Environment Programme. Pesticide Persistent Organic Pollutants 2024 Disponible en: <https://www.unep.org/topics/pollution-and-health/persistent-organic-pollutants-pops/pesticide-persistent-organic>.
7. Arya S, Kumar S, Karakoti H, Santana M, Kumar R, Prakash O. Effect of Pesticides on Environment and Health. *Natural Pesticides and Allelochemicals*: CRC Press; 2025. 54-65. <https://n9.cl/36cge>.
8. Rajput S, Sharma R, Kumari A, Kaur R, Sharma G, Arora S, et al. Pesticide residues in various environmental and biological matrices: Distribution, extraction, and analytical procedures. *Environment, Development and Sustainability*. 2022;24(5):6032-52. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01722-4>.
9. Luo R, Wu C. Pesticides: environmental exposure, toxicity, and mechanism. *Emerging Chemicals and Human Health*: Springer; 2019. 99-119. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9535-3_7.
10. Palaniyappan J, Venugopal D, Duraisamy E, Beerappa R. Pesticides and human health implications. *Pesticides Remediation Technologies from Water and Wastewater*: Elsevier; 2022. 3-21. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90893-1.00001-5>.

- 11.** Gonzales J. Brazil sets record for highly hazardous pesticide consumption: Report: MONGABAY; 2020. <https://news.mongabay.com/2020/03/brazil-sets-record-for-highly-hazardous-pesticide-consumption-report/>.
- 12.** Mazón M, Romero O. 60 years after Silent Spring, Latin America has not yet reduced the use of insecticides. *Caldasia*. 2022;45(1). <https://doi.org/10.15446/caldasia.v45n1.97425>.
- 13.** Benítez P, Miranda L. Contaminación de aguas superficiales por residuos de plaguicidas en Venezuela y otros países de Latinoamérica. *Revista Internacional de contaminación ambiental*. 2013;29:7-23. <https://www.redalyc.org/pdf/370/37028958001.pdf>.
- 14.** MacNamara K. A third of global farmland at 'high' pesticide pollution risk: Phys.org. 2021. <https://phys.org/news/2021-03-global-farmland-high-pesticide-pollution.html>.
- 15.** Gouin N, Bertin A, Snow D, Lozada A, Grandjean F, Kolok A. Occurrence and environmental risk assessment of pesticides reveal important threats to aquatic organisms in precordilleran rivers of north-central Chile. *Science of The Total Environment*. 2025;984:179701. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179701>.
- 16.** Deknock A, De Troyer N, Houbraken M, Dominguez L, Nolivos I, Van Echelpoel W, et al. Distribution of agricultural pesticides in the freshwater environment of the Guayas river basin (Ecuador). *Science of the Total Environment*. 2019;646:996-1008. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.185>.
- 17.** Casallanovo F, Mejias D, Souza G, Oliveira T, Cione A, Peranginangin N. Estimating pesticide environmental concentrations in Latin America: The importance of developing local scenarios. *Integrated Environmental Assessment Management*. 2021;17(5):901-4. <https://doi.org/10.1002/ieam.4396>.
- 18.** Husaini D, Oh J, Perez M, Chiroma J. Soil and Water Pollution in Latin America and the Caribbean: A Systematic Review of Impacts on Ecosystems and Public Health. *Journal of Toxicology*. 2025;2025(1):5181162. <https://doi.org/10.1155/jt/5181162>.
- 19.** Pizarro H, Castro M, Florencia M, Lozano V, Solange M, Gutiérrez J, et al. Pesticides in Latin American and Caribbean freshwater: a critical review. *Inland Waters*. 2024;1-15. <https://doi.org/10.1080/20442041.2024.2398850>.
- 20.** Huepa J, Florez G, Hernandez D. Causes and effects of contamination of water sources due to excessive use of agrochemicals and pesticides: bibliometric analysis. *Water Policy*. 2024;26(11):1086-102. <https://doi.org/10.2166/wp.2024.107>.
- 21.** Alam M, Tahriri F, Chen G. Trends, challenges, and research pathways in emerging contaminants: a comprehensive bibliometric analysis. *Integrated Environmental Assessment Management*. 2025;21(3):496-506. <https://doi.org/10.1093/intteam/vjae036>.
- 22.** Benites S, De La Cruz M, Nazario R, Jonathan S, Delfin D. Bibliometric Analysis of Nanotechnological Optical Sensors for the Detection of Environmental Pollutants. *Proceedings of the 9th International Conference on Theoretical and Applied Nanoscience and Nanotechnology (TANN 2025)*; Imperial College London Conference Center, London, United Kingdom 2025. <https://doi.org/10.11159/tann25.177>.
- 23.** Passas I. Bibliometric analysis: the main steps. *Encyclopedia*. 2024;4(2):1014-25. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4020065>.
- 24.** Page M, McKenzie J, Bossuyt P, Boutron I, Hoffmann T, Mulrow C, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista española de cardiología*. 2021;74(9):790-9. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>.
- 25.** Wang W, Xu Y, Zhang S, Xu Y, Xue X. Bibliometric insights into pollution research: trends, geographic disparities, and emerging environmental challenges. *Environmental Research Communications*. 2025;7(7). <https://doi.org/10.1088/2515-7620/adf0cb>.

- 26.** Li B, Lu Y, Li J, Jiang H, Wang Y. Exploring the spatial-temporal variations and policy-based driving force behind groundwater contamination and remediation research in past decades. *Environ Sci Pollut Res.* 2021;28(11):13188-201. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11382-y>.
- 27.** León J, Socorro A, Cáceres M, Pérez C. Scientific production in latin america and the caribbean in the period 1996-2019. *Revista cubana de medicina militar.* 2020;49(3).<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenl.cgi?IDARTICULO=101997>.
- 28.** Moreno F, Zumaya M, Ceballos M. Use of Bibliometric Techniques in Environmental Health Research in Latin America 2000-2009. *Revista Interamericana de Bibliotecología.* 2018;41(1):71-9. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-09762018000100071&script=sci_abstract&tlang=en.
- 29.** Hendrik H, Amed O, Steve M. Global trends of green pesticide research from 1994 to 2019: a bibliometric analysis. *Journal of toxicology.* 2021;2021(1). <https://doi.org/10.1155/2021/6637516>.
- 30.** Sawangproh W, Paejaroen P, Afifah L, Phaenark C. Microbial pesticides: a bibliometric analysis of global research trends (1973–2024). *Egypt J Biol Pest Control.* 2025;35(1):2. <https://doi.org/10.1186/s41938-025-00840-9>.
- 31.** Berdowska A, Bandurska K. Health Hazards Associated with Exposure to Endosulfan: A Mini-Review. *Toxics.* 2025;13(6):455. <https://doi.org/10.3390/toxics13060455>.
- 32.** De Roma A, Rossini C, Riverso C, Galiero G, Esposito M. Endosulfan poisoning in canids and felids in the Calabria region of southern Italy. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation.* 2017;29(1):122-5. <https://doi.org/10.1177/1040638716681389>.
- 33.** Bruce A, Borlu Y, Glenna L. Assessing the scientific support for US EPA pesticide regulatory policy governing active and inert ingredients. *J Environ Stud Sci.* 2023;13(1):1-13. <https://doi.org/10.1007/s13412-022-00788-4>.
- 34.** Tsay M, Ku Y. Photocatalysis literature analysis: A bibliometric approach. *Journal Of Educational Media Library Sciences.* 2005;43(2):153. https://www.researchgate.net/publication/26434231_Photocatalysis_Literature_AnalysisA_Bibliometric_Approach.
- 35.** Tsay M, Yang Y. Bibliometric analysis of the literature of randomized controlled trials. *J Med Libr Assoc.* 2005;93(4):450. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1250321/>.
- 36.** Mejía A, Gómez L, Islas H, San Juan N. Historical Findings on Presence of Pollutants in Water Bodies in Latin America and Their Ecotoxicological Impact. *Pollution of Water Bodies in Latin America: Impact of Contaminants on Species of Ecological Interest:* Springer; 2019. 1-22. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27296-8_1.
- 37.** Morrison K, Yang Y, Santana M, Lagisz M, Nakagawa S. A systematic evidence map and bibliometric analysis of the behavioural impacts of pesticide exposure on zebrafish. *Environmental Pollution.* 2024;347. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123630>.
- 38.** Farias R, Queiroz J, Bezerra J, Oliveira V, Almeida T. Environmental Psychology in Brazil: bibliometric study of scientific production in open access. *Estudos de Psicología.* 2025;42. <https://doi.org/10.1590/1982-0275202542e230043>.
- 39.** Rodrigues F. Brazil:“the continent” that does not look at its ground. *Environmental Toxicology Chemistry.* 2020;39(10):1859-60. <https://doi.org/10.1002/etc.4829>.