

Risk assessment of using contaminated water from the Moche River on crops in the Moche countryside – 2024

^[1] Aguirre Meza Esleyde, ^[1] Arevalo Ruiz Mijaly, ^[1] Nina Ruiz Yadira, ^[1] Salinas Chamorro Lesly, ^[1] Laiza Valverde Lenny Mileydi, ^[1] Rojas Flores Segundo
^[1] Universidad Cesar Vallejo, Trujillo 13001, Perú.

Abstract—The use of contaminated river waters for crop irrigation represents a significant risk to human health and the environment. The presence of pollutants such as toxic heavy metals in these waters can cause serious consequences, including the accumulation of these substances in food and soil degradation. This article focuses on bibliometric analysis to reveal the impacts of the use of contaminated river waters in crops, to make known the existing scientific production in this field, including studies on the effects on human health and the environment, as well as sustainable alternatives for irrigation. Using programs such as Rstudio, Excel and VosViewer, data obtained from Scopus were analyzed during 2010 to 2024. Currently, the use of contaminated river waters in crops represents a serious variety of harmful contaminants in soil and food, with harmful consequences for human health and the integrity of ecosystems. Among the main risks are exposure to heavy metals, pathogens and dangerous chemical compounds. In this study, the most relevant advances and trends that have emerged in the last decade in this field were analyzed. Likewise, the most prolific authors with the greatest impact on the subject are identified, highlighting China (12021), Turkey (684) and Spain (1787) as the countries with the highest production of publications.

Keywords: contaminated water, heavy metals, bibliometric analysis, crops, irrigation.

Evaluación del riesgo de emplear aguas contaminadas del río Moche en los cultivos de la campiña de Moche – 2024

[¹] Aguirre Meza Esleyde, [¹] Arevalo Ruiz Mijaly, [¹] Nina Ruiz Yadira, [¹] Salinas Chamorro Lesly, [¹] Laiza Valverde Lenny Mileydi, [¹] Rojas Flores Segundo
[¹] Universidad Cesar Vallejo, Trujillo 13001, Perú.

Resumen—El uso de aguas contaminadas del río para el riego de cultivos representa un riesgo significativo para la salud humana y el medio ambiente. La presencia de contaminantes como metales pesados tóxicos en estas aguas puede provocar graves consecuencias, incluyendo la acumulación de estas sustancias en los alimentos y la degradación del suelo. Este artículo está enfocado en el análisis bibliométrico para desvelar las repercusiones del empleo de aguas contaminadas del río en los cultivos, para dar a conocer la producción científica existente en este campo, incluyendo estudios sobre los efectos en la salud humana y el medio ambiente, así como las alternativas sostenibles para el riego. Haciendo uso de programas como Rstudio, Excel y VosViewer se analizaron los datos obtenidos de Scopus durante 2010 al 2024. Actualmente el empleo de aguas contaminadas del río en los cultivos representa una grave variedad de contaminantes nocivos en el suelo y los alimentos, con consecuencias nefastas para la salud humana y la integridad de los ecosistemas. Entre los principales riesgos se encuentran la exposición a metales pesados, patógenos y compuestos químicos peligrosos. En este estudio, se analizaron los avances y las corrientes más relevantes que han surgido en la última década en este campo. Asimismo, se identifican a los autores más prolíficos y con mayor impacto en el tema, destacando a China (12021), Turkey (684) y Spain (1787) como los países con mayor producción de publicaciones.

Palabras clave: aguas contaminadas, metales pesados, análisis bibliométrico, cultivos, riego

Abstract—The use of contaminated river waters for crop irrigation represents a significant risk to human health and the environment. The presence of pollutants such as toxic heavy metals in these waters can cause serious consequences, including the accumulation of these substances in food and soil degradation. This article focuses on bibliometric analysis to reveal the impacts of the use of contaminated river waters in crops, to make known the existing scientific production in this field, including studies on the effects on human health and the environment, as well as sustainable alternatives for irrigation. Using programs such as Rstudio, Excel and VosViewer, data obtained from Scopus were analyzed during 2010 to 2024. Currently, the use of contaminated river waters in crops represents a serious variety of harmful contaminants in soil and food, with harmful consequences for human health and the integrity of ecosystems. Among the main risks are exposure to

heavy metals, pathogens and dangerous chemical compounds. In this study, the most relevant advances and trends that have emerged in the last decade in this field were analyzed. Likewise, the most prolific authors with the greatest impact on the subject are identified, highlighting China (12021), Turkey (684) and Spain (1787) as the countries with the highest production of publications.

Keywords: contaminated water, heavy metals, bibliometric analysis, crops, irrigation.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático causa agotamiento del manto acuífero y cambios en los patrones de lluvia, lo que lleva a buscar alternativas como la depuración de aguas residuales en la agricultura; sin embargo, el uso de aguas residuales con trazas de metales puede contaminar el suelo y representar riesgos para la salud, es fundamental garantizar la calidad del agua para la agricultura (Oit, 2020, p.5). Por otro lado, más del 80% de las aguas residuales en el mundo, especialmente en países en desarrollo, se vierten sin tratamiento, lo que representa un riesgo ambiental; es crucial aplicar políticas y tecnologías avanzadas para el tratamiento de aguas residuales, promover la concienciación pública y la colaboración internacional. La investigación continua sobre químicos y patógenos en el medio ambiente es esencial para garantizar la seguridad del agua para futuras generaciones (Gonzales, 2020, p.5).

Jin et al. (2024) encontraron que el CaCO₃ biogénico tiene una alta capacidad de eliminación de Cd²⁺ en muestras de agua, con eficiencias superiores al 90% para metales como Pb²⁺. Asimismo, Ajiboye (2020) destaca el uso de biosorbentes derivados de algas para reducir metales pesados en aguas pluviales. Además, Vijayan (2022) menciona la eficacia de los microorganismos enzimáticos en el tratamiento de aguas residuales para combatir la escasez de agua dulce. Por último, Aguilar et al. (2021) proponen reducir la contaminación hídrica mediante la concienciación sobre el uso de plástico y la evaluación de muestras de agua para identificar agentes contaminantes.

Regar cultivos con agua contaminada puede parecer una solución para la escasez, pero tiene riesgos para la salud humana y el medio ambiente, según Granados et al. (2024, p.9) el riego de tomates con aguas residuales urbanas recuperadas plantea riesgos de infección por antibióticos y bacterias

resistentes. El estudio aplicó un modelo dosis-respuesta a datos de campo, encontrando altos riesgos de infección por *E. coli* y *Pseudomonas aeruginosa* en los cultivos regados con estas aguas residuales. De manera similar Singh et al. (2022, p.35) estudiaron la contaminación por metales pesados en cultivos de cereales y hortalizas en zonas suburbanas de India, donde encontraron que los niveles de Cu, Ni, Cd, Zn y Cr eran más altos en los cereales, el consumo prolongado de estos cultivos contaminados puede provocar la acumulación de metales pesados en el cuerpo y problemas de salud. Finalmente, González (2019, p.9) menciona que, el 44.9% de los suelos mexicanos están degradados, incluyendo el 17.8% con contaminación química por metales pesados, estos pueden pasar del suelo a las plantas y animales, causando fitotoxicidad, bioacumulación y toxicidad en humanos, con efectos que van desde enfermedades gastrointestinales hasta cáncer.

La bibliometría es una especialidad métrica que ha experimentado un notable desarrollo conceptual y es la métrica más aplicada. Se enfoca en el estudio de la generación y uso de indicadores bibliométricos orientados a la evaluación de la comunicación y la colaboración entre grupos, comunidades e instituciones científicas. Además, analiza los aspectos cuantitativos de la producción, disseminación y uso de la información registrada, desarrollando modelos y medidas matemáticas que permiten hacer pronósticos y tomar decisiones en relación con dichos procesos (Solano et al., 2015). El análisis bibliométrico no solo nos permite mirar hacia atrás y evaluar cómo se ha producido el conocimiento y cómo se han difundido los avances científicos, sino que también nos brinda la oportunidad de examinar el progreso de diferentes áreas de estudio, los autores más prolíficos, las tendencias de investigación, la utilización de publicaciones científicas y su eventual desuso, entre otros aspectos (Sanz, 2014).

Del mismo modo, Scopus es una base de datos de indexación altamente prestigiosa y significativa en el ámbito científico. Esta base de datos incluye revistas cuidadosamente seleccionadas que cuentan con rigurosos procesos editoriales, así como un historial y relevancia destacados en sus publicaciones (Mejía, 2018, p.3), no solamente recopila información bibliográfica, sino que analiza el comportamiento de las citas recibidas por las revistas y con base a esto permite generar una gran cantidad de indicadores bibliométricos y citacionales, como el *h index*, el *SJR* y el *SNIP*, entre otros; que permiten evaluar el desempeño de las revistas, pero también de autores, grupos de investigación, instituciones, países e incluso regiones del mundo. Dada esta nueva realidad, es importante que los investigadores y los editores de las revistas científicas conozcan a fondo la base de datos y los indicadores que allí pueden analizarse. Más aún las instituciones deben promover que sus investigadores publiquen en revistas indexadas en Scopus, así como aquellas, con revistas científicas, fomenten y apoyen su indexación y mantenimiento en esa y otras bases de datos (Rodríguez, 2013, p.2).

El objetivo principal de esta investigación es evaluar el riesgo para la salud humana y el medio ambiente asociado al uso de

aguas contaminadas del río Moche para el riego de cultivos en la campiña de Moche, desglosando objetivos específicos de analizar la calidad del agua del Río Moche en términos de contaminantes y niveles de toxicidad, identificar los posibles riesgos para la salud humana asociados con el consumo de alimentos cultivados con aguas contaminadas, determinar los efectos del empleo de aguas contaminadas del Río Moche en los cultivos de la campiña de Moche y describir medidas de mitigación y control para reducir los riesgos asociados con el uso de aguas contaminadas del Río Moche en los cultivos. La investigación sobre la Evaluación del riesgo de emplear aguas contaminadas del río Moche en los cultivos de la campiña de Moche es de suma importancia para proteger la salud humana, preservar el medio ambiente y garantizar la seguridad alimentaria en la región. Los resultados de esta investigación pueden guiar la toma de decisiones políticas, la implementación de estrategias de mitigación y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles.

II. METODOLOGÍA

Las bases de datos Scopus (DB) es una de las fuentes más importantes y completas de información sobre publicaciones e indicadores de impacto en la investigación. Además de que, es una herramienta fundamental para diversas tareas, desde la selección de revistas y artículos, hasta análisis bibliométricos a gran escala y la evaluación de la investigación en general (Pranckutė, 2021, p.7). Razón por la cual la base de datos sirve para recopilar información para el análisis bibliométrico sobre evaluar el riesgo de utilizar aguas contaminadas del río Moche en los cultivos de la campiña de Moche. Asimismo, la presente investigación se sustenta en la recolección de datos de la base de datos Scopus como fuente principal, considerando las limitaciones inherentes a cualquier análisis bibliométrico.

Tabla 1. Método de búsqueda de documentos científicos.

Criteria	
TS	(TITLE-ABS-KEY (polluted AND river AND water) AND TITLE-ABS-KEY (agriculture) OR TITLE-ABS-KEY (water AND quality) OR TITLE-ABS-KEY (water AND pollution) AND TITLE-ABS-KEY (environmental AND monitoring) AND TITLE-ABS-KEY (water AND pollutants, AND chemical) AND TITLE-ABS-KEY (water AND pollutant) OR TITLE-ABS-KEY (heavy AND metals) AND TITLE-ABS-KEY (concentration)) AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR < 2025
Idiomas	English
Tipos de documentos	Article
Periodo	2010-2024
Data base	Scopus
Total de documentos publicados	760

El estudio analiza la distribución de palabras clave, la cantidad de documentos producidos, las instituciones científicas más activas y aquellas que han publicado más de 10 documentos de la región. Además, evalúa el impacto de las investigaciones a

través de indicadores como las citas en Scopus (índice H), los cuartiles de las revistas donde se publican los artículos según Journal Citation Reports por año, el número de citas por rango, país y estructura con mayor número de citas (Sánchez, 2023, p. 25).

La presentación del tema de evaluación del riesgo de emplear aguas contaminadas del río Moche en los cultivos de la campaña de Moche determinó a través de su frecuencia de uso y co-ocurrencia para mapear las áreas de investigación y clasificar el tema en el mapa estratégico, utilizando la centralidad y la densidad como ejes para ubicar los impulsores de las áreas de investigación. transversal, cortante, emergente o desaparecido y especializado. La visualización y el análisis de la red temática se realizaron utilizando Rstudio (4.3.3), Microsoft Excel 16 y VOSviewer 1.6.15, normalizando el gráfico según la fuerza de asociación (Gamarra y Brito, 2023, p. 23)

III. Resultados y Análisis

Estado actual de las publicaciones relacionadas con documents by year del 2010-2024: Los resultados preliminares de la indagación aplicada se puede observar en la Figura 1 (a), reportándose un total de 760 documentos, se percibe que en los años 2010 al 2024 hay un cambio de tendencia de documentos de los datos mostrados, las cuales en el año 2010 hay solo 30, quiere decir que en ese año hubo menor cantidad de documentos, en el año 2011 solo subió 1 documento que vendría ser 31 en total en ese año, en el 2012 solo hay 32 doc., en el 2013 y 2014 se publicó la misma cantidad (41 documentos) en el año 2015 hay un total de 46 doc. publicados, en el año 2016 se encuentran 60 doc. publicados, 2017 con (54 documentos) publicados, en el año 2018 y 2019 hay una pequeña diferencia entre los años mostrados, en el 2020 es donde hay mayor cantidad de artículos subidos, 2021 con(64 documentos) como también en el 2022 que es uno de los años que tiene mayor artículos publicados en el 2023 sólo se encuentra con (61 documentos) asimismo en el 2024 fue uno de los años que menor cantidad tiene, entonces los años que menor número de documentos tiene son en el año (2011,2012,2024) y en los años (2018,2020 y 2022) son los que mayor documentos se encontró.

En la Figura 1 (b) documentos por tipo, se puede visualizar la cantidad de documentos científicos publicados en el período 2010-2024, con un total de 97.7% de artículos acumulados hasta la actualidad, en conference paper hay un 0.4%, en review se encuentra un 1.7% de documentos y por último en editorial un 0.1% de documentos las cuales están publicados en la base de datos Scopus. Los documentos publicados sobre Monitoreo y evaluación ambiental, ciencia del medio ambiente, boletín de contaminación marina entre otros, son para el tratamiento de aguas residuales mediante métodos ya que se mantuvieron constantes dentro del periodo 2010-2024, lo que mostraría el reciente interés del conjunto de científicos por investigar esta área prometedora. La importancia de este tema se adjunta a la evaluación del riesgo de emplear aguas contaminadas y sus

problemáticas principales como el cambio climático que es causado por el agotamiento de las aguas subterráneas y los cambios en los patrones de lluvia que está obligando a los agricultores a encontrar formas de alternativas de utilizar el agua como, el tratamiento de las aguas residuales(Oit, 2020, p.5). Además, Ajiboye (2020) nos dice que la técnica de remediación biológica tiene biosorbentes derivados de algas que son una posible solución para la reducción de metales pesados en las aguas pluviales tienen una gran importancia (p.5).

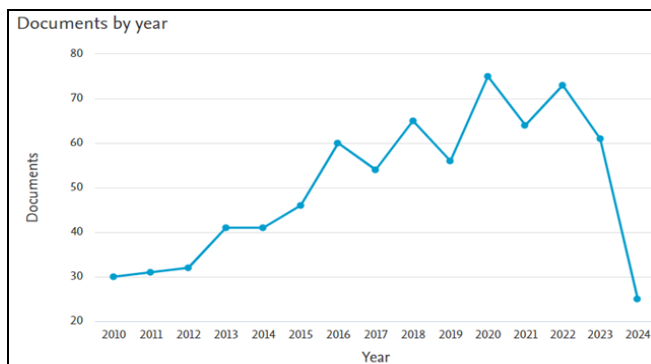


Figura 1. (a). Publicacions for year 2010-2024

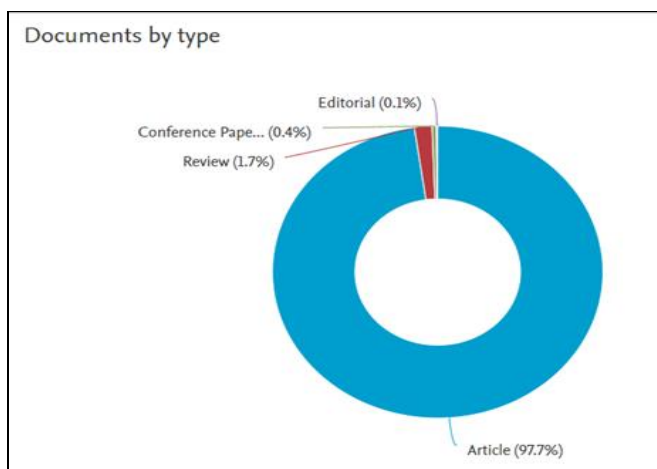


Figura 1. (b). Documentos por tipo

Tendencia de revista con mayor impacto: Con el objetivo de comprender la evolución de la investigación en el área, se identificaron y analizaron las fuentes esenciales de publicación sobre el riego de cultivos con aguas contaminadas. En la tabla 1 se puede visualizar las 10 principales fuentes efectuadas en dicha investigación entre 2010 al 2024. Se observó que las 3 primera revistas con las que cuentan con más publicaciones, convirtiendo así a las revistas environmental monitoring and assessment, environmental science and pollution research y science of the total environment como las fuente de información

más recomendadas para analizar la información sobre el empleo de aguas contaminadas en el riego del cultivo.

Los conocimientos científicos abarcan disciplinas como la biología, microbiología e ingeniería de materiales (Sanchez, 2021). Esto se puede apreciar en la tabla 1 donde se puede observar que la revista Environmental monitoring and assessment publicó 115 artículos sobre el tema alcanzando 4.5 citas, mientras que la revista Environmental Science And Pollution Research publicó 97 artículos generando 6.6 citas, entre otros. Es necesario destacar que, los números reportados simbolizan artículos de investigaciones divulgadas sobre el tema del uso del agua contaminada en los cultivos. Lo que muestra la relevancia de las publicaciones se justifica mediante las citas que se revisan en cada documento, mientras que el impacto de la revista simboliza la influencia e importancia de cada revista en el área de investigación (Bosnjak et al., 2020). La rigurosidad en la etapa de evaluación por pares es fundamental para garantizar la calidad de las investigaciones publicadas en revistas de alto impacto (Karami et al., 2020). En la Figura 2, se observa la red de las revistas más recomendadas para el análisis de la información con respecto al riesgo del uso de aguas contaminadas en los cultivos. Los círculos más grandes representan un mayor recuento de publicaciones de la revista, significando una mayor producción de artículos, pero para evaluar el prestigio de una revista científica, el factor de impacto (IF) es la métrica más importante que se debe considerar. El IF refleja la influencia de una revista, midiendo la frecuencia con la que sus artículos son citados por otros investigadores. (Budianto et al, 2023). Desde un punto de vista más amplio sobre el análisis bibliométrico del tema, se puede decir que los investigadores se orientan a publicar los resultados de sus investigaciones relacionados a contaminantes, metales pesados, biorremediación e impacto del uso de aguas contaminadas en el sector agropecuario.

Tabla 2. Top 10 de revistas con mayor número de publicaciones

N° .	Sources	Publications	Publisher	Citations	Journal OF
1	Environmental Monitoring And Assessment	115	Bruce Wiersma	4.5	3,1
2	Environmental Science And Pollution Research	97	Springer Science	6.6	5.8
3	Science Of The Total Environment	91	Elsevier BV	16.8	9.8
4	Marine Pollution Bulletin	63	Elsevier Inc	10.1	5.8

5	Marine Pollution Bulletin	48	Elsevier Inc	10.1	5.8
6	Chemosphere	47	Elsevier Ltd	13.3	8.8
7	Huanjing Kexue Environmental Science	31	Science China Press	2.10	2.16
8	International Journal Of Environmental Research And Public Health	26	Institute (MDPI)	5.4	3.9
9	Ecotoxicology And Environmental Safety	25	Multidisciplinary Digital Publishing	11.7	6.8
10	Archives Of Environmental Contamination And Toxicology	20	Academic press	5.1	4.0

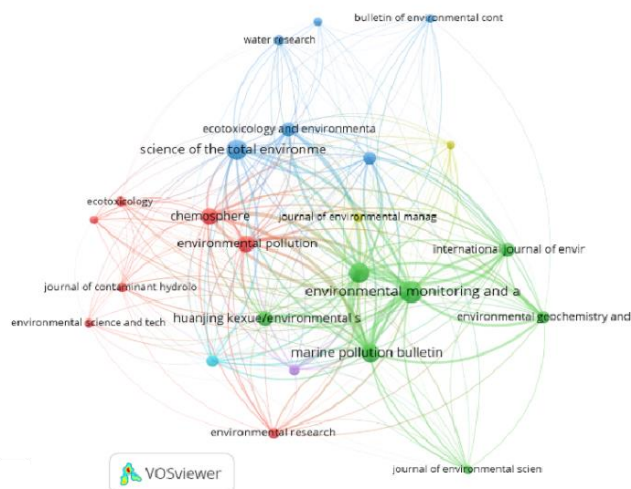


Figura 2. Acoplamiento bibliográfico de las principales revistas

Tendencia de palabras claves con mayor ocurrencia en publicaciones: Esta tabla está dividida en dos columnas, cada una con 15 entradas, lo que hace un total de 30 palabras clave. Cada entrada enumera una palabra clave, seguida del número de apariciones de esa palabra clave en las publicaciones de la base de datos. Se destacan las palabras claves que reflejan temas relacionados con el medio ambiente, la contaminación y la evaluación de riesgos, con especial atención a la contaminación del agua y los contaminantes químicos. En la primera columna, las palabras clave van desde monitoreo ambiental con 1362 apariciones, que es la palabra más frecuente en esta investigación de datos Scopus, seguida de China como segunda palabra clave más frecuente podría indicar que existe un volumen considerable de investigaciones centradas en este país con 793 apariciones, como tercera más reportada está la palabra

contaminante de agua con 765. En la segunda columna, las palabras clave van desde sedimentos geológicos con 348 apariciones y las siguientes palabras hacen referencia a los contaminantes químicos como cadmio (337), zinc (334), cobre(298) , metales pesados (294), hasta níquel con 194 apariciones. Lo que sugiere un existente interés significativo por la investigación en artículos por estos contaminantes nocivos para la salud y medio ambiente. Todo esto se atribuye al monitoreo de los recursos hídricos, esto es de vital importancia para asegurar la supervivencia humana, así como para garantizar la seguridad en términos de energía, producción y medio ambiente, esta problemática está causando un aumento en la contaminación por parte de las aguas residuales arrojadas en los ríos por industrias, mineras y residuos domésticos , por consiguiente enfrenta una disminución en la calidad del agua, siendo cierto que esto es lo que constituye a una amenaza directa sobre el ecosistema dañando así la vida de los seres humanos, animales y plantas al pasar los límites permisibles de la calidad aceptada para una buena calidad de agua (Vasquez, 2023).

En la figura 3, se muestra una red de concurrencia de palabras claves. Los círculos más grandes representan la mayor concurrencia de cada palabra clave, además los círculos en el diagrama representan grupos de artículos relacionados por palabras clave comunes. La posición de las palabras clave en el diagrama indica la fuerza de la correlación entre los artículos. El programa VOSviewer identificó 5 grupos de artículos azules, 14 grupos verdes y 16 grupos rojos donde las palabras claves “river pollution”, “environmental monitoring”, “rivers” y “water pollutants” son más prominentes en estos grupos, lo que sugiere una fuerte conexión entre estos temas en los artículos analizados.. Se observa también una existencia de palabras sedimentación de contaminantes , lo que puede deducir a la tendencia para mejorar el tratamiento de las aguas residuales, lo que se podría aplicar fácilmente para el tratamiento de aguas agrícolas contaminadas con iones metálicos, debido a que una gran cantidad de aguas residuales se han reportado con contaminantes metálicos. La palabra clave “metales pesados” también aparece en la búsqueda, lo que nos indica que se han realizado investigaciones sobre esta área ya que se sabe que en todo el mundo, las actividades antropogénicas están provocando que el medio ambiente natural y los sistemas de acuicultura están fuertemente contaminados con metales pesados, lo que puede provocar problemas de salud para los consumidores. (Habib et al., 2024).

Tabla 4. Distribución de las primeras 30 palabras claves con mayor frecuencia reportadas en las publicaciones de la base de datos Scopus

N ^o	Keywords	Occurrences	N ^o	Keywords	Occurrences
1	environmental monitoring	1362	16	geologic sediments	348

2	china	793	17	cadmium	337
3	water pollutant	765	18	zinc	334
4	rivers	762	19	copper	298
5	risk assessment	706	20	metals heavy	294
6	water pollutants chemical	690	21	concentration (composition)	282
7	river	590	22	analysis	267
8	river pollution	566	23	controlled study	254
9	heavy metal	558	24	chromium	233
10	article	556	25	arsenic	223
11	water quality	540	26	sediment pollution	206
12	sediment	492	27	procedures	203
13	water pollution	485	28	nonhuman	202
14	lead	371	29	ecosystem	194
15	chemistry	353	30	nickel	194

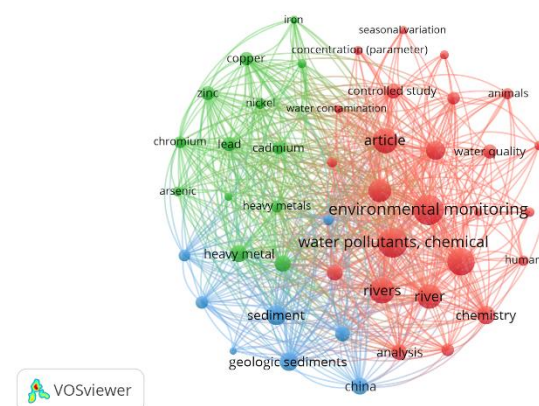


Figura 3. Realización de la Red de búsqueda que muestran la co-ocurrencia de palabras clave de la base de datos Scopus del periodo 2010-2024.

Tendencia de los autores con mayor impacto sobre la temática: La Tabla 3 presenta a los diez autores con mayor índice H en la base de datos Scopus. El índice H es un indicador del impacto de las investigaciones realizadas por cada autor, ya que refleja tanto la productividad como la tasa de citas de sus publicaciones científicas. En otras palabras, un alto índice H significa que el autor ha publicado una gran cantidad de trabajos que han sido citados con frecuencia por otros investigadores. Como se puede observar en la Tabla 3, entre los científicos mencionados, Zhang Y. sobresale con un índice H de 15, siendo su artículo más citado publicado en el año 2017, que trata sobre la calidad del agua e identificación de fuentes de la cuenca del río Daliao utilizando métodos estadísticos multivariados, pero si analizamos la investigación realizada por Liu J. en el año

2015, se encuentra en la posición 10, donde explica los riesgos ecológico de metales pesados en sedimentos de la fuente de agua del río Luan, cuyo trabajo obtuvo 129 citas. Claramente la investigación de la posición 6 tiene una mayor cantidad de citas que el de la posición 1 esto se debe a que Barceló D. tiene una mayor cantidad de artículos publicados que Zhang Y. en la base de datos Scopus entre el 2010 y 2024. Es interesante observar que los primeros autores, sus investigaciones tiene una mayor cantidad de citas que tratan sobre la distribución de metales pesados y evaluación ambiental de sedimentos y el uso diario de aguas residuales que contienen trazas de metales como agua potable puede contaminar el suelo y causar riesgos para la salud debido al consumo y el agua es la base principal para el desarrollo de la agricultura y todas sus propiedades físicas, químicas y biológicas son necesarias para asegurar la calidad del agua (Gonzales,2021,p.12).

Tabla 3. Autores con mayor índice H sobre la temática obtenida de la base de datos Scopus (2010-2024)

Nº	Authors	H-Index	Article	Citaciones	Ref.
1	Zhang Y	15	Distribution of heavy metals and environmental assessment of surface sediment of typical estuaries in eastern China	85	BI S., YANG Y., XU C., ZHANG Y., ZHANG X., ZHANG X., DISTRIBUTION OF HEAVY METALS AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SURFACE SEDIMENT OF TYPICAL ESTUARIES IN EASTERN CHINA, MAR. POLLUT. BULL., 121, PP. 357-366, (2017)
2	Wang X	14	Spatial variation of heavy metal contamination in the riparian sediments after two-year flow regulation in the Three Gorges Reservoir, China	108	BING H., WU Y., ZHOU J., SUN H., WANG X., ZHU H., SPATIAL VARIATION OF HEAVY METAL CONTAMINATION IN THE RIPARIAN SEDIMENTS AFTER TWO-YEAR FLOW REGULATION IN THE THREE GORGES RESERVOIR, CHINA, SCI. TOTAL ENVIRON., 649, PP. 1004-1016, (2019)
3	Li X	13	The distribution and partitioning of common antibiotics in water and sediment of the Pearl River Estuary, South China	295	LIANG X., CHEN B., NIE X., SHI Z., HUANG X., LI X., THE DISTRIBUTION AND PARTITIONING OF COMMON ANTIBIOTICS IN WATER AND SEDIMENT OF THE PEARL RIVER ESTUARY, SOUTH CHINA, CHEMOSPHERE, 92, PP. 1410-1416, (2013)
4	Wang Y	13	Antibiotics in the coastal water of the South Yellow Sea in China: Occurrence, distribution and ecological risks	252	DU J., ZHAO H., LIU S., XIE H., WANG Y., CHEN J., ANTIBIOTICS IN THE COASTAL WATER OF THE SOUTH YELLOW SEA IN CHINA: OCCURRENCE, DISTRIBUTION AND ECOLOGICAL RISKS, SCI. TOTAL ENVIRON., 595, PP. 521-527, (2017)
5	Li J	12	Organochlorine pesticides across the tributaries of River Ravi, Pakistan: Human health risk assessment through dermal exposure, ecological risks, source fingerprints and spatio-temporal distribution	103	BAQAR M., SADEF Y., AHMAD S.R., MAHMOOD A., LI J., ZHANG G., ORGANOCHELORINE PESTICIDES ACROSS THE TRIBUTARIES OF RIVER RAVI, PAKISTAN: HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT THROUGH DERMAL EXPOSURE, ECOLOGICAL RISKS, SOURCE FINGERPRINTS AND SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION, SCI. TOTAL ENVIRON., 618, PP. 291-305, (2018)
6	Barceló D	11	Removal of pharmaceuticals during wastewater treatment and environmental risk assessment using hazard indexes	770	GROS M., PETROVIC M., GINEBREDA A., BARCELO D., REMOVAL OF PHARMACEUTICALS DURING WASTEWATER TREATMENT AND ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT USING HAZARD INDEXES, ENVIRON. INT., 36, 1, PP. 15-26, (2010)
7	Wang L	10	Microbial insights into the biogeochemical features of thallium occurrence: A case study from polluted river sediments	66	WANG J., SHE J., ZHOU Y., TSANG D., BEIYUAN J., XIAO T., DONG X., CHEN Y., LIU J., YIN M., WANG L., MICROBIAL INSIGHTS INTO THE BIOGEOCHEMICAL FEATURES OF THALLIUM OCCURRENCE: A CASE STUDY FROM POLLUTED RIVER SEDIMENTS, SCI. TOTAL ENVIRON., 739, (2020)

8	Zhao Y	10	Study of heavy metal pollution, ecological risk and source apportionment in the surface water and sediments of the Jiangsu coastal region, China: A case study of the Sheyang Estuary	91	ZHAO Y., XU M., LIU Q., WANG Z., ZHAO L., CHEN Y., STUDY OF HEAVY METAL POLLUTION, ECOLOGICAL RISK AND SOURCE APPORTIONMENT IN THE SURFACE WATER AND SEDIMENTS OF THE JIANGSU COASTAL REGION, CHINA: A CASE STUDY OF THE SHEYANG ESTUARY, MAR. POLLUT. BULL., 137, PP. 601-609, (2018)
9	Li Q	9	Shifts in production of perfluoroalkyl acids affect emissions and concentrations in the environment of the Xiaoqing River Basin, China	119	WANG P., LU Y., WANG T., MENG J., LI Q., ZHU Z., SUN Y., WANG R., GIESY J.P., SHIFTS IN PRODUCTION OF PERFLUOROALKYL ACIDS AFFECT EMISSIONS AND CONCENTRATIONS IN THE ENVIRONMENT OF THE XIAOQING RIVER BASIN, CHINA, J. HAZARD. MATER., 307, PP. 55-63, (2016)
10	Liu J	9	Estimating industrial and domestic environmental releases of perfluorooctanoic acid and its salts in China from 2004 to 2012	129	LI L., ZHAI Z., LIU J., HU J., ESTIMATING INDUSTRIAL AND DOMESTIC ENVIRONMENTAL RELEASES OF PERFLUOROCTANOIC ACID AND ITS SALTS IN CHINA FROM 2004 TO 2012, CHEMOSPHERE, 129, PP. 100-109, (2015)

La tendencia de las contribuciones de los autores y la contribución de sus co-autores brindan información y datos de gran relevancia sobre los grupos de investigadores que se enfocan en un problema en específico (Arruda, 2022). Asimismo, la importancia de las investigaciones puede ser medida mediante el número de citas que reciben los reportes publicados en las revistas (Van et al., 2023). Los autores que publicaron artículos relacionados con las palabras clave mencionadas en la Figura 3, han obtenido un mayor número de citas. En la Figura 4 se presenta un análisis de las redes de autores y coautores, destacando a los 10 autores más citados, cuyos trabajos han sido referenciados al menos 35 veces en la literatura científica.

Así también se puede observar que las citas están conectadas a una gran cantidad de investigadores de diferentes regiones geográficas, lo que demuestra que las instituciones donde laboran estos investigadores han impulsado las investigaciones sobre el agua contaminada y cómo esta afecta a los cultivos y a la salud de las personas y el ambiente. Los artículos con gran cantidad de citas ayudan a identificar su calidad, promoviendo los nuevos hallazgos y desarrollo desde el punto de vista tecnológico que tiene esta área lo que muestra a los nuevos investigadores el camino por donde seguir aportando para llenar los vacíos aún existentes sobre la temática estudiada (James, 2023,p.10).

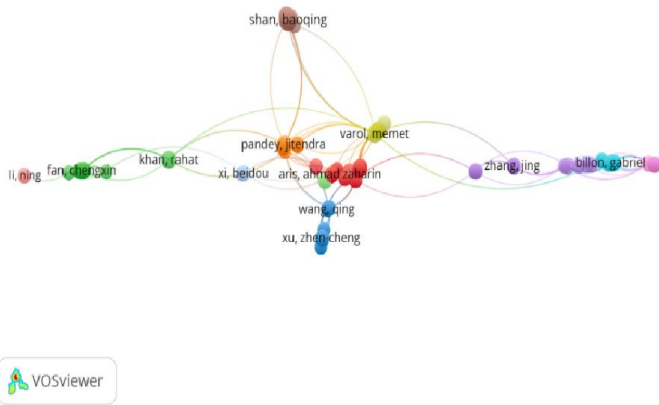


Figura 4. Contribuciones realizadas entre las redes de los autores.

Tendencia de los países con mayor impacto: La búsqueda realizada arrojó resultados relevantes, destacando que solo dos países cuentan con más de cien artículos publicados en la base de datos Scopus, como se evidencia en la Tabla 4. Esta información es significativa para comprender el panorama actual de la investigación en el tema de interés y para identificar posibles brechas de conocimiento que requieran mayor atención, siendo China (12021 artículos) y Turkey (684 artículos), asimismo, Spain se encuentra desplazado en el tercer lugar con 1787 artículos publicados, mientras que India se encuentra con 1588 artículos en el cuarto lugar, mientras que Malasia, Australia y USA publicaron 536, 327 y 937 artículos respectivamente. Estos países están realizando grandes inversiones recientemente debido a las políticas tomadas para el cuidado del medio ambiente (Bai et al., 2023, p.5).

Tabla 4. Countries with at least 5 publications on the contaminated waters of the Moche River

N°	Country	Articles	Total citations	Average Article Citations
1	China	12021	8439	30.5
2	Turkey	684	1698	80.9
3	Spain	1787	1350	34.6
4	India	1588	1294	22.7
5	USA	937	774	38.7
6	Australia	327	689	86.1
7	Malaysia	536	635	63.5
8	Germany	628	616	51.3
9	Japan	740	555	34.7
10	Bangladesh	257	413	34.40

La cadena de búsqueda realizada en VOSViewer, se muestra en la Figura 5 donde se puede observar a 10 países con 5 publicaciones como mínimo sobre el tema del uso de agua contaminada en los cultivos durante el 2010 al 2024. La información se recopiló mediante el análisis de artículos publicados y las citas relacionadas, evaluando el impacto de los

países y sus investigaciones. Para una mejor comprensión del impacto generado por los países y sus investigaciones de la temática, las citaciones totales realizadas de los artículos publicados de los países se calcularon con la fuerza de sus vínculos (Kirby, 2023,p.8). El programa VOSViewer nos permite visualizar la función fuerza total proporcionando un indicador de la fuerza general de los enlaces de coautor que hay entre un investigador determinado y otros investigadores Se observa que China, India y Estados Unidos son los países con mayor relevancia en los tres grupos con mayor impacto formado (color verde, amarillo, azul y rojo). El avance significativo en las investigaciones realizadas por estos países se debe a la disponibilidad de fondos y a su capacidad para atraer a científicos de gran prestigio, lo que les permite contar con recursos humanos y financieros superiores. Cabe resaltar que los factores que aportan al crecimiento de cada país son las políticas de estados, convenios nacionales e internacionales, instalaciones de laboratorios de investigación y financiamientos adecuados (Kumar, 2023,p.7).

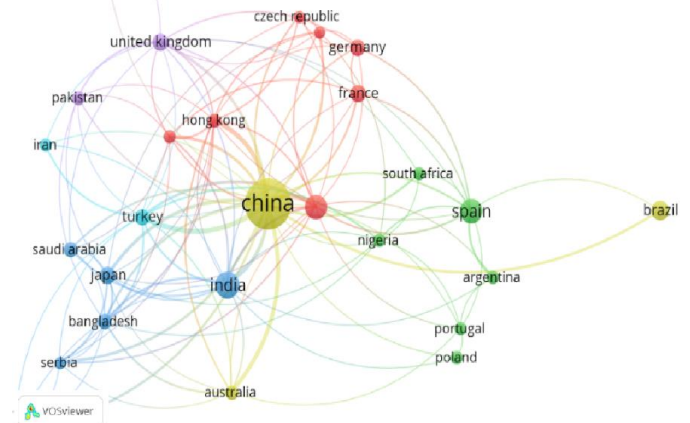


Figura 5. Reporte de países con un mínimo de 5 publicaciones con su respectiva correlación de citas.

Tendencias futuras de las investigaciones sobre aguas contaminadas en la agricultura: En la última década la contaminación del agua por relaves mineros es una problemática global, en Perú debido al aumento de proyectos mineros se han generado desechos tóxicos que terminan en ríos, lagos, lagunas y el mar, envenenando los ecosistemas y amenazando la salud de las personas que dependen de estos recursos (Moreira et al.,2023,p.3). Asimismo Quinteros(2020) nos dice que la contaminación del río no solo afecta la calidad de los alimentos que se producen en sus tierras, sino que también pone en grave riesgo la salud de las personas que viven en las comunidades cercanas (párr.4). En el sector agrícola de la Campiña de Moche, el río Moche es fundamental para el riego de los cultivos. Sin embargo, el uso de agua de mala calidad ha provocado la degradación del suelo y la contaminación de las cosechas, lo que representa un grave problema para la productividad agrícola de la zona. La figura 5 muestra el reporte de países con un mínimo de 5 publicaciones con su respectiva correlación de citas relacionadas con las aguas

REFERENCIAS

contaminadas, aguas agrícolas y otros; también se aprecia claramente que el tratamiento de aguas residuales es aplicando microorganismos como tratamiento con clorina, han sido punto clave durante su evolución.

Actualmente se ha encontrado una toxicidad directa de la calidad del agua, esto puede afectar negativamente los cultivos si contiene altos niveles de ciertos iones como cloro (Cl), boro (B) y sodio (Na). Estos iones pueden acumularse en las plantas, reduciendo su rendimiento y obstruyendo los sistemas de riego (Zheng, 2022, pg. 9). Además, es importante notar la influencia científica de China, que menciona que puede tratar aguas residuales industriales y domésticas un 35%. Brasil reportó que tiene cerca de 5,300 plantas de tratamiento de aguas residuales llegando a tratar casi el 50% de las aguas residuales, mientras que la India sólo puede tratar al 28 % ; Australia tiene un 76.3% que se destina a la demanda de la actividad agrícola y pecuaria., Portugal un 80% de aguas residuales que se utiliza para la agricultura y Argentina un 22% del agua residual tratada se utiliza pero hasta el momento no se ha estimado la cantidad de aguas utilizadas para riego tratadas, esto es debido a que la contaminación de estos tipos de agua ocurre en países en vías de desarrollo donde el tratamiento de aguas residuales es casi inexistente.

Conclusiones:

- La investigación aplicada nos permite abordar la problemática sin necesidad de realizar experimentos, es por eso que mediante un enfoque cuantitativo se exploró las poblaciones, fenómenos y se determinó las causas, efectos mediante comparaciones. Por ello se establece que la utilización de aguas contaminadas del Río Moche en los cultivos de la campiña de Moche tiene efectos adversos en la productividad agrícola y la calidad de los productos. Los contaminantes presentes en el agua pueden ser absorbidos por las plantas, lo que afecta su crecimiento, desarrollo y valor nutricional. Además, la contaminación del suelo y la liberación de agentes tóxicos pueden tener impactos a largo plazo en el medio ambiente local.
- La recopilación y el análisis bibliométrico de los datos proporcionados revelaron varias tendencias importantes en esta investigación sobre aguas contaminadas en la agricultura. Para esto se utilizó Vos Wieber conjuntamente con bases sólidas de los datos de scopus, lo que nos permitió identificar asociaciones, analizar factores de riesgo, evaluar la exposición y comparar riesgos entre diferentes grupos y variables, resaltando la producción de documentos científicos sobre el tema y el alto interés de los autores en diversos países alrededor del mundo. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para futuros estudios y acciones destinadas a mitigar los impactos negativos de la contaminación del agua en la agricultura y la sociedad en general.

AGUILAR, Juan. CUBAS, Napoleón. Contaminación agrícola por uso de aguas residuales, 2021, Vol. 5, pp 9. ISSN:2664-0902

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-09022021000100065

ARRUDA, Humberto et al. (2022). VOSviewer and Bibliometrix. Journal of the Medical Library Association : JMLA, 110(3), 392–395. Disponible en: <https://doi.org/10.5195/jmla.2022.1434>

HABIB, Syed Sikandar, et al. Evaluación y bioacumulación de metales pesados en agua, peces (silvestres y de cultivo) y riesgos asociados para la salud humana. Investigación de oligoelementos biológicos, 2024, vol. 202, n° 2, pág. 725-735. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12011-023-03703-2>

JIN, Bingbing, et al. Green and effective remediation of heavy metals contaminated water using CaCO₃ vaterite synthesized through biomineralization. Journal of Environmental Management, 2024, vol. 353. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120136>

KHARAZI, Ava, et al. Human health risk assessment of heavy metals in agricultural soil and food crops in Hamadan, Iran. Journal of Food Composition and Analysis, 2021, vol. 100. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157521000909>

LEON CASTILLO, Carlos Daniel; MARQUINA NAVEZ, Jhan Carlos. Evaluación del riesgo de uso de aguas contaminadas del Río Moche en los agricultores de la Campiña de Moche 2023. 2023. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/136319>

NWACHUKWU, Joseph Ikechukwu, et al. Assessment of human exposure to food crops contaminated with lead and cadmium in Owerri, South-eastern Nigeria. Journal of Trace Elements and Minerals, 2022, vol. 2. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2022.100037>

PRANCKUTĖ, Raminta. Web of Science (WoS) y Scopus: los titanes de la información bibliográfica en el mundo académico actual. Publicaciones, 2021, vol. 9, n° 1, pág. 12. <https://doi.org/10.3390/publications9010012>

QINGYING Zhang, Liang Wang, Yuxuan Xiao, Qiqing Liu, Fenghua Zhao, Xiaofang Li, Liping Tang, Xiaoyong Liao. Migration and transformation of Cd in four crop rotation systems and their potential for remediation of Cd-contaminated farmland in southern China. Science of The Total Environment, 2023, vol. 885. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163893>

ROMANI, Franco; HUAMANI, Charles. Estudios bibliométricos como línea de investigación en las ciencias. Ciencia e Investigación Médica Estudiantil Latinoamericana, 2019, vol. 16. pp. 52-62. ISSN: 1680-8398 <https://www.redalyc.org/pdf/717/71723602008.pdf>

SÁNCHEZ, Nube Estefanía Venegas, et al. Análisis de la producción científica mundial sobre la realidad virtual como herramienta de marketing en Scopus. Espirales Revista

Multidisciplinaria de investigación , 2023, vol. 7, n° 45.
<https://revistaespirales.com/index.php/es/article/view/840>
SINGH, Prince Kumar, et al. Carpet industry irrigational sources risk assessment: Heavy metal contaminated vegetables and cereal crops in northern India. Toxicology Reports, 2022, vol. 9, pp. 1906-1919.
<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2022.10.010>
VASQUEZ, Cesar Ivan; RUIZ, Ángel. Study of Heavy Metal Contamination in the Moche River Basin. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4480248>
VASQUEZ, Emiliano. Contaminación del agua: causas, consecuencias y soluciones, 2017. *EcoSiglos*. vol 1. <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua-causas-consecuencias-soluciones/>
Vijayanand, G. Viswanathan, N.V. Manjunath, R. Balakrishnaraja, R. Dharchana, R. Ragashravanthi. Model study on bioremediation process for the treatment of polluted river through effective microorganisms. Materials Today: Proceedings, 2022 , vol. 66 ,p.1231-1234.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.045>
YONY Román-Ochoa, Grethel Teresa, Choque Delgado, Teresa R. Tejada, Harry R. Yucra, Antonio E. Durand, Oguz Kaan Ozturk, Bruce R. Hamaker, Light abrasive decortication of heavy metal contaminated quinoa and rice from southern Perú reduces lead and arsenic contamination, but not cadmium. Journal of Cereal Science, 2023, vol.114.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103807>