

Artículo de revisión bibliográfica

<https://doi.org/10.47460/uct.v29i128.989>

Cangrejos contaminados por metales pesados: un análisis bibliométrico

Alduvar Lopez-Celi
<https://orcid.org/0009-0003-1891-4337>
alopezc@untumbes.edu.pe
Universidad Nacional de Tumbes
Tumbes, Perú

Enedia Vieyra-Peña
<https://orcid.org/0000-0001-6541-7075>
evieyrp@untumbes.edu.pe
Universidad Nacional de Tumbes
Tumbes, Perú

Héctor Sánchez-Suarez
<https://orcid.org/0000-0003-2395-5056>
hsanchezs@untumbes.edu.pe
Universidad Nacional de Tumbes
Tumbes, Perú

Marco Zapata-Cruz
<https://orcid.org/0000-0002-9018-280X>
mzapatac@untumbes.edu.pe
Universidad Nacional de Tumbes
Tumbes, Perú

Cristhofer Villar-Cruz
<https://orcid.org/0009-0009-3325-8896>
180605191@untumbes.edu.pe
Universidad Nacional de Tumbes
Tumbes, Perú

Alberto Ordinola-Zapata*
<https://orcid.org/0000-0002-9644-0531>
aordinolaz@untumbes.edu.pe
Universidad Nacional de Tumbes
Tumbes, Perú

*Autor de correspondencia: aordinolaz@untumbes.edu.pe

Recibido (11/07/2025), Aceptado (22/08/2025)

Resumen. La investigación analizó la producción científica, las redes de colaboración y la estructura temática sobre la contaminación de cangrejos marinos, dulceacuícolas y mixohalinos con metales pesados, con el propósito de identificar vacíos, tendencias y líneas futuras de estudio. Se recuperaron 217 registros en *Web of Science*, de los cuales se excluyeron 12 por no estar directamente relacionados. Los 205 restantes se procesaron mediante *VOSviewer* y *Bibliometrix*, generando redes de coautoría, coocurrencia de palabras clave y mapas temáticos. Los hallazgos muestran un creciente interés por este tema debido a sus implicaciones ambientales y sanitarias. China, Estados Unidos y Brasil lideran en publicaciones, destacando este último como nodo clave de colaboración. Se identificaron temas recurrentes como bioacumulación y cadmio, y emergentes como biomarcadores y selenio. Persisten vacíos en integración molecular, especies no tradicionales y seguridad alimentaria, lo que evidencia oportunidades para nuevas investigaciones.

Palabras clave: metales pesados, cangrejo, bioacumulación, análisis bibliométrico.

Crabs Contaminated by Heavy Metals: A Bibliometric Analysis

Abstract. This study analyzed the scientific output, collaboration networks, and thematic structure related to the contamination of marine, freshwater, and mixohaline crabs by heavy metals, aiming to identify research gaps, trends, and future directions. A total of 217 records were retrieved from the *Web of Science* database, of which 12 were excluded for being unrelated to the topic. The remaining 205 records were processed using *VOSviewer* and *Bibliometrix*, enabling the construction of co-authorship networks, keyword co-occurrence maps, and thematic visualizations. The results reveal a growing interest in this field due to its environmental and public health relevance. China, the United States, and Brazil lead in scientific production, with Brazil standing out as a key collaboration hub. Recurrent topics include bioaccumulation and cadmium, while emerging themes such as biomarkers and selenium are gaining prominence. Gaps remain in molecular integration, non-traditional species, and food safety, highlighting opportunities for further research.

Keywords: heavy metals, crab, bioaccumulation, bibliometric analysis.

I. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados son elementos naturales de alta densidad y peso atómico, que pueden resultar tóxicos incluso en concentraciones bajas. Incluyen elementos como el mercurio (Hg), el plomo (Pb), el cadmio (Cd), el cromo (Cr) y el níquel (Ni), que pueden acumularse en el medio ambiente y en organismos vivos, suponiendo riesgos significativos para la salud humana y los ecosistemas [1]. Estos metales pueden ser estables, móviles y biodisponibles, por lo que persisten en los ecosistemas y son absorbidos por los organismos. Aunque se encuentran de manera natural en el medio ambiente, su presencia se ha incrementado por actividades humanas tales como las industriales, mineras y agrícolas [2]. Diversos metales pesados se han detectado en animales marinos, lo que representa un riesgo potencial para el ser humano al momento de ser consumidos como alimento [3].

Entre los organismos acuáticos más importantes y de los cuales depende parte de la seguridad alimentaria de varios países, se encuentran los cangrejos, tanto silvestres como cultivados. Por ejemplo, en el caso de los cultivados, el cangrejo chino (*Eriocheir sinensis*) constituye el sustento de millones de personas en China, con una producción anual superior a 750 000 toneladas [4]. Un estudio bibliométrico reciente realizado por Guo [5] determinó que las especies más estudiadas respecto a la acumulación de metales pesados son los peces, mientras que los invertebrados, entre ellos los cangrejos, han sido menos analizados, existiendo pocos estudios bibliométricos específicos sobre este grupo.

Con estas premisas, este estudio tuvo como objetivo evaluar bibliométricamente el estado de la producción científica sobre cangrejos contaminados por metales pesados, para identificar oportunidades de colaboración con otros autores, instituciones y países, así como detectar los principales vacíos científicos que podrían orientar futuras investigaciones y definir líneas de investigación de vanguardia. Para ello, se realizó un análisis bibliométrico utilizando la base de datos *Web of Science*, una de las más prestigiosas a nivel mundial. Este trabajo se organiza en varias secciones: en la primera, se describe el problema de la contaminación por metales pesados en cangrejos y su importancia científica; en la segunda, se profundiza en los aspectos teóricos; en la tercera, se explica la metodología empleando paquetes bibliométricos; y, finalmente, se presentan los resultados y las conclusiones.

II. DESARROLLO

La contaminación por metales pesados representa una grave amenaza para los ecosistemas, debido a su bioacumulación, persistencia y constante ingreso por actividades humanas [6]. En los seres humanos, estos metales ingresan por aire, agua, piel y, principalmente, por alimentos provenientes de las cadenas tróficas [7], incluidas las acuáticas, donde organismos como los cangrejos los acumulan a través de sus branquias y alimentación [3]. Sin embargo, algunos metales pesados son esenciales para la fisiología de los organismos en trazas, mientras que otros, como plomo, cadmio, mercurio, aluminio, plata y arsénico, son tóxicos en cualquier cantidad [2, 6].

Trabajos previos afirman que la contaminación en los ecosistemas acuáticos se ha incrementado por la acción humana. En particular, los metales pesados afectan las cadenas tróficas al contaminar peces e invertebrados, entre los cuales se hallan los cangrejos [2, 5, 6]. Estos son crustáceos presentes en la dieta mundial, obtenidos por pesca o acuicultura. Su comercio global es importante; por ejemplo, el cangrejo chino (*Eriocheir sinensis*) alcanza una producción anual de 750 000 toneladas, representando dos tercios del total en China, lo que implica más de 1 000 000 de toneladas solo en ese país [4]. En otras regiones, como Brasil, especies como el cangrejo uçá también tienen relevancia comercial y alimentaria [8]. Sin embargo, existe preocupación de que los cangrejos, por su alta capacidad de bioacumular metales pesados, puedan transferir estos contaminantes al ser humano [2].

Diversas investigaciones [3, 5, 6, 9] han destacado que la contaminación de organismos acuáticos por metales pesados es un problema global, que afecta a ecosistemas marinos, de agua dulce y mixohalinos. Por otra parte, en un estudio bibliométrico realizado por Guo et al. [5] se evidenció que entre las temáticas más investigadas se encuentra el riesgo para la salud humana y los ecosistemas; sin embargo, los estudios de este tipo son limitados en el caso de los cangrejos [3]. Estos mismos autores mencionan que la bioacumulación y el biomonitoreo también son aspectos de alta demanda en investigación, aunque otros autores [2] afirman que, a pesar de que estos animales, por sus hábitos bentónicos, son capaces de bioacumular metales pesados de manera similar a peces y bivalvos y podrían emplearse como biomonitores de tales contaminantes, son escasas las investigaciones disponibles al respecto.

Estos indicios motivan la necesidad de una evaluación bibliométrica profunda del estado de la producción científica sobre cangrejos contaminados por metales pesados, con el fin de identificar oportunidades de colaboración con otros autores, instituciones y países, así como los principales vacíos científicos que puedan orientar futuras investigaciones.

III. METODOLOGÍA

Este trabajo se centró en la búsqueda bibliográfica en la base de datos *Web of Science*, utilizando la siguiente cadena de consulta:

```
TS=("heavy metal*" OR "trace metal*" OR "lead" OR "mercury" OR "cadmium" OR "chromium" OR "nickel") AND TS=("crab*") AND TS=("bioaccumulation" OR "biomagnification" OR "trophic transfer" OR "trophic chain" OR "food web") AND TS=("contamination" OR "pollution" OR "metal uptake")
```

Se obtuvieron un total de 217 registros en formato de texto y BibTeX.

Los documentos se revisaron de acuerdo con su título y resumen, a fin de determinar su inclusión en el estudio, considerando los siguientes criterios:

• **Criterios de inclusión:**

1. Documentos que aborden estudios sobre cangrejos pertenecientes a los infraórdenes *Brachyura*, *Astacoidea* o *Anomura*, es decir, especies con relevancia alimentaria para el ser humano.
2. Estudios que traten explícitamente sobre contaminación por metales pesados.

• **Criterios de exclusión:**

1. Documentos centrados en organismos distintos a los cangrejos.
2. Estudios que aborden ambientes exclusivamente terrestres.

Luego de la revisión manual, se excluyeron 12 registros por tratar especies diferentes a los cangrejos (por ejemplo, bacterias, árboles de mangle, aves y limúlidos), así como por analizar ambientes únicamente terrestres.

Los archivos se procesaron mediante los programas *VOSviewer* 1.6.20 y *Bibliometrix* 5.0.0. Con *VOSviewer* se generaron redes de coautoría por autor y país, así como redes de coocurrencia de palabras clave, considerando todas las palabras clave de los artículos.

Se aplicó un archivo tesoro para normalizar 21 términos relacionados. Las redes se construyeron mayormente con los parámetros por defecto, salvo las configuraciones específicas detalladas en la Tabla 1.

Tabla 1. Configuración de parámetros para la generación de figuras en *VOSviewer*

Figura	Descripción	Configuración de parámetros en <i>VOSviewer</i>
2	Tipo de análisis: Co-autoría Unidad de análisis: Autores Visualización: Superposición	Escala: 1,48 Umbrales (<i>Thresholds</i>): Mín. N° de documentos/autor: 1 Colores de superposición (<i>Overlay colors</i>): Arcoíris (<i>Rainbow</i>)
4B	Tipo de análisis: Co-autoría Unidad de análisis: Países Visualización: Superposición	Escala: 1,48 Umbrales (<i>Thresholds</i>): Mín. N° de documentos/país: 1

IV. RESULTADOS

En la Figura 1, generada en *Bibliometrix*, se observa que las 205 publicaciones obtenidas en el lapso de 2005 a 2025 correspondieron a 76 fuentes, en las cuales participaron 1108 autores. La mayoría de ellos trabajaron en coautoría, siendo responsables de 202 de los 205 documentos, y más del 25% investigaron en colaboración internacional. Las publicaciones fueron bajas entre 2005 y 2019 (entre seis y 15 al año), pero a partir de 2020 se incrementaron a 27 publicaciones por año, mostrando una tendencia de crecimiento en el número de trabajos, con una tasa anual de 2,84%. El reciente



Fig. 1. Características de los documentos y evolución de su número en el tiempo.

aumento de publicaciones puede atribuirse al creciente interés y a la conciencia social sobre los riesgos ambientales asociados a los metales pesados. Diversos eventos de contaminación en *Rumania, Estados Unidos, China y Brasil* han evidenciado este problema y propiciado investigaciones en esta temática [5].

Por otra parte, se pudo observar que la autora con mayor productividad en el tema es Rachel Ann Hauser-Davis (seis publicaciones), quien ha establecido múltiples conexiones colaborativas, especialmente en el año 2022, con otras autoras igualmente productivas, como Paloma de Almeida Rodrigues y Rafaela Gomes Ferrari (cada una con cinco publicaciones). Estas investigadoras han colaborado en una revisión sobre la dinámica de metales pesados y el riesgo de toxicidad, empleando cangrejos como bioindicadores [2], donde se resalta su preocupación por el uso de estos crustáceos como monitores ambientales. En este sentido, se observa una alta probabilidad de consolidación de una línea de investigación emergente, que podría orientar a otros investigadores hacia el estudio sistemático de cangrejos como indicadores ecotoxicológicos en ambientes acuáticos.

Respecto a publicaciones más recientes, se ha observado que Brasil destaca en producción científica, posiblemente debido a la creciente preocupación por la contaminación generada por metales pesados en el país, la cual afecta a casi todos sus ecosistemas [9]. Esta situación abre oportunidades para diversos investigadores del área, promoviendo la integración internacional y multidisciplinaria de redes de investigación.

En la revisión también se identificaron vínculos colaborativos en las publicaciones realizadas por autores de distintos países (Figura 2). En este contexto, China es el país con mayor número de publicaciones (208), seguido por Estados Unidos con 54 publicaciones. La alta cantidad de estudios provenientes de estos dos países era previsible, dado su liderazgo en investigación a nivel global, especialmente en el análisis de la contaminación por metales pesados en diversos ambientes y organismos [7]. Otra razón que explica su interés en esta temática es su fuerte participación en el comercio internacional de cangrejos, tanto como consumidores como productores, lo que impulsa la evaluación de la calidad del producto [10].

Por su parte, en Latinoamérica, Brasil y Argentina destacan como los países con mayor producción científica en esta área. Esto podría deberse tanto a la necesidad de controlar la contaminación y preservar los ecosistemas y la biodiversidad [9], como a la importancia del cangrejo uçá (*Ucides cordatus*) como fuente de alimento para las poblaciones costeras y su papel ecológico fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas de manglar [8].

Esta identificación por países proporciona una base estratégica para establecer colaboraciones internacionales con grupos consolidados. Tales vínculos podrían fortalecer el desarrollo de investigaciones regionales, considerando que existen vastas áreas, principalmente en África, Asia y Latinoamérica, donde se explotan los cangrejos para el consumo, pero cuya producción científica es aún escasa (Figura 2), y que podrían beneficiarse de la colaboración internacional.

Además, se observó que la mayoría de los estudios no presentaron colaboración internacional. En

cuanto a China, este país tiende a colaborar con países de su región, como Rusia, Corea del Sur y Malasia, así como con algunos países europeos, entre ellos Francia, Portugal y Escocia. Por su parte, Brasil colabora con países cercanos y distantes de su entorno geográfico, como Argentina, Perú, Vietnam, Irán, Túnez, Canadá, Estados Unidos, Italia, España e incluso China.

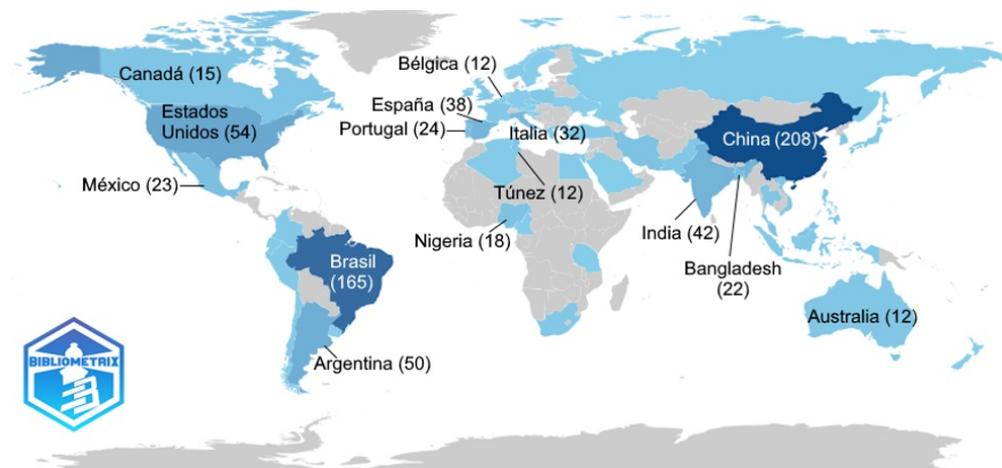


Fig. 2. Producción científica sobre la temática a nivel mundial.

Las redes de colaboración de China parecen estar influenciadas por factores políticos, pues tiende a trabajar con países de ideologías similares, como Rusia, o con naciones menos alineadas con la esfera política de Estados Unidos, como Malasia, Portugal, Escocia y Francia. Este fenómeno ha sido reportado por Jia et al. [11], quienes, tras analizar 113 000 publicaciones científicas conjuntas entre investigadores de ambos países, observaron interferencia en la colaboración. En contraste, la red de Brasil, libre de aparentes intereses y conflictos políticos, logra incrementar el impacto de sus publicaciones, ya que la colaboración internacional no solo mejora el prestigio de los investigadores, sino que también facilita el intercambio de conocimientos acumulados por equipos de investigación extranjeros [11]. Esta capacidad de articulación internacional posiciona a Brasil como un nodo estratégico en la investigación sobre cangrejos contaminados con metales pesados.

Del mismo modo, al evaluar la participación institucional, se identificó que las instituciones con mayor número de publicaciones son brasileñas, destacando la *Universidad Federal de Río de Janeiro* (16) y la *Universidad de Sao Paulo* (14). A estas le siguen la *Universidad Nacional Autónoma de México* y la *Universidad de Aveiro* en Portugal. Entre las instituciones chinas más productivas se encuentran el *Instituto de Oceanología del Mar del Sur de China* y la *Universidad Agrícola de Huazhong*. Estas instituciones se destacan probablemente por ubicarse en zonas donde existen cuerpos de agua contaminados por metales pesados y hábitats de cangrejos. Por ejemplo, la *Universidad de Aveiro* se localiza cerca de una ría contaminada por la minería [12], mientras que las demás instituciones están situadas en grandes ciudades con múltiples focos de contaminación [13].

En la mayoría de estas instituciones, las publicaciones han mostrado un incremento en el tiempo. Sin embargo, algunas universidades no han presentado más publicaciones en años recientes, como la *Universidad de Aveiro*, que no registra nuevos artículos desde 2023, y el *Instituto de Oceanología del Mar del Sur de China*, con ausencia de publicaciones desde 2021. Esto sugiere que las cuatro instituciones restantes (dos brasileñas, una mexicana y una china) mantienen una actividad vigente, lo que las convierte en referentes estratégicos para establecer colaboraciones internacionales.

Por otra parte, al analizar las revistas que concentran el mayor número de publicaciones, se confirma que estas son: *Marine Pollution Bulletin*, *Environmental Science and Pollution Research*, *Science of the Total Environment* y *Chemosphere*. Estas cuatro se consideran núcleo según la Ley de Bradford, dado su alto volumen de artículos publicados. De las 76 revistas identificadas, estas concentran 70 de los 205 documentos analizados, representando el 34,1% del total. Esto se debe a que son revistas de alto impacto, clasificadas en los máximos niveles de las bases de datos *Web of Science* y *Scopus*, y especializadas en contaminación ambiental [6]. Así, los artículos publicados en estas revistas no solo consolidan buena parte del conocimiento actualizado sobre cangrejos contaminados por metales pesados, sino que también orientan hacia líneas de investigación emergentes.

La revisión realizada permitió identificar, a partir de las palabras clave, que las investigaciones con mayor frecuencia se orientan hacia temas de bioacumulación de metales pesados a partir de sedimentos (Figura 3). Además, se confirmó que uno de los metales pesados más estudiados es el cadmio, presente en diversos ecosistemas, incluidos los fluviales a nivel mundial [6]. Este predominio se debe al fuerte im-

pacto que el cadmio tiene en la salud humana y al incremento de su concentración en cuerpos acuáticos como consecuencia de actividades antropogénicas. El cadmio se une a moléculas que contienen grupos sulfhidrilo (-SH) y disulfuro (S-S), como ciertas proteínas, desencadenando un fuerte estrés oxidativo en el organismo [14].

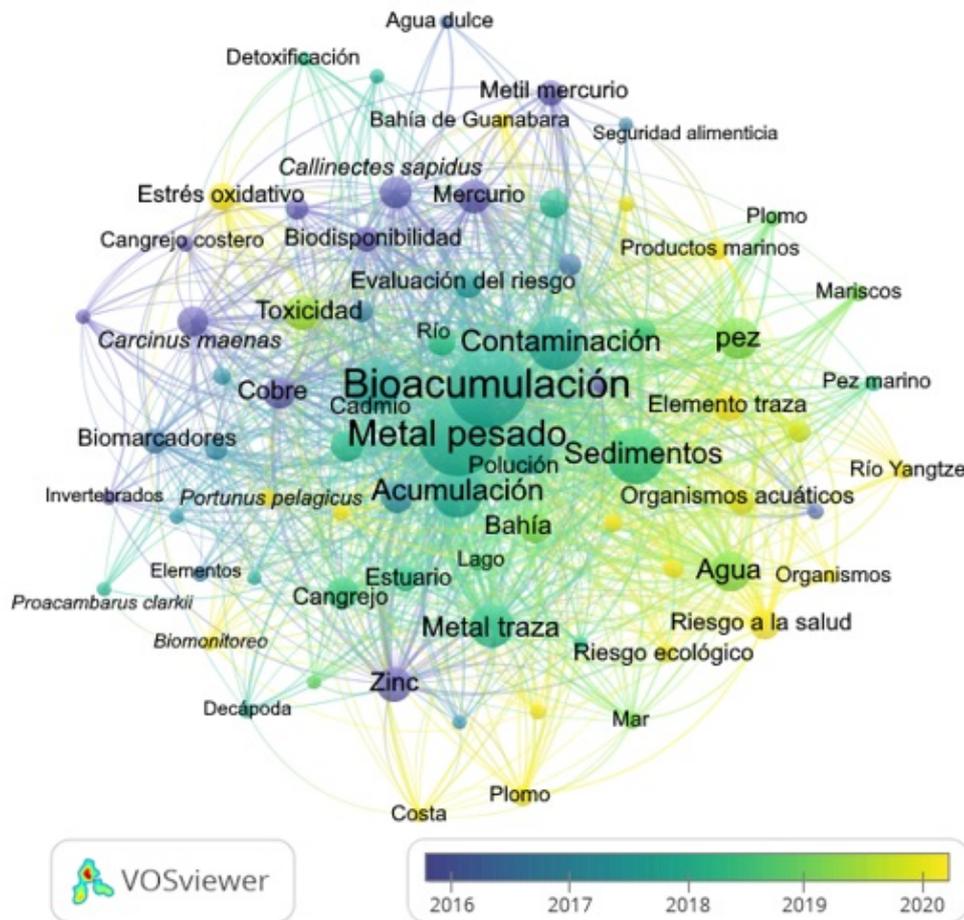


Fig. 3. Redes de palabras claves en el tiempo.

En cuanto a la evolución de las palabras clave, se observó que, a partir de 2020, hubo un incremento en temáticas relacionadas con la salud humana, evidenciado por términos como *riesgo a la salud* y *estrés oxidativo* [5]. Asimismo, en los últimos años han surgido temáticas vinculadas a biomonitores, biomarcadores y bioindicadores, lo que refleja un mayor interés en el estudio de respuestas bioquímicas y moleculares para detectar la exposición a metales. Este enfoque ha sido ampliamente estudiado en otros organismos acuáticos [5], pero aún es poco analizado en cangrejos. Finalmente, se evidenció una tendencia hacia estudios enfocados en zonas críticas como la Bahía de Guanabara, el río Yangtsé y diversos ecosistemas costeros, todos ellos altamente contaminados. Estos hallazgos sugieren la existencia de líneas de reciente interés, con un gran potencial para la investigación, que incluyen el análisis del efecto que el consumo de cangrejos contaminados puede tener sobre la salud humana.

Según se puede observar en la Figura 4, la producción científica se ha centrado históricamente en temas básicos relacionados con el estudio de especies de cangrejos, como *Procambarus clarkii* y *Ucides cordatus*, y su relación con la contaminación por metales pesados. También se identificó que los temas que constituyen el principal impulso de investigación (temas motor) se enfocan en la jaiba *Callinectes sapidus*, el cangrejo *Carcinus maenas* y, en general, en cangrejos costeros.

Entre los temas nicho se encuentran aquellos que profundizan en el estudio de biomarcadores y los mecanismos de desintoxicación de metales pesados en los organismos, mediante enzimas como la glutatión S-transferasas. Estas enzimas, junto con las metalotioneínas, tienen la capacidad de enlazar metales pesados y facilitar su expulsión del organismo.

Asimismo, los temas emergentes están relacionados con investigaciones más profundas sobre las implicancias biológicas de los metales pesados en las células de los cangrejos. Estos estudios evalúan el destino de los metales en relación con su localización dentro de la célula, es decir, la compartimentalización subcelular. Además, analizan la posible vía para desintoxicar a los cangrejos cultivados mediante

la aplicación de selenio en su alimentación. Este metaloide ha demostrado ser capaz de eliminar metales pesados del organismo, reduciendo el daño inducido por el estrés oxidativo.

Debido a estas propiedades y a su efecto inmunoestimulante, el selenio se ha utilizado como elemento traza en el alimento balanceado de cangrejos como *Procambarus clarkii*, especialmente en zonas con contaminación por metales pesados. Esto ha motivado el creciente interés por el estudio de este metaloide y su potencial en la mitigación de los efectos de la contaminación [15].

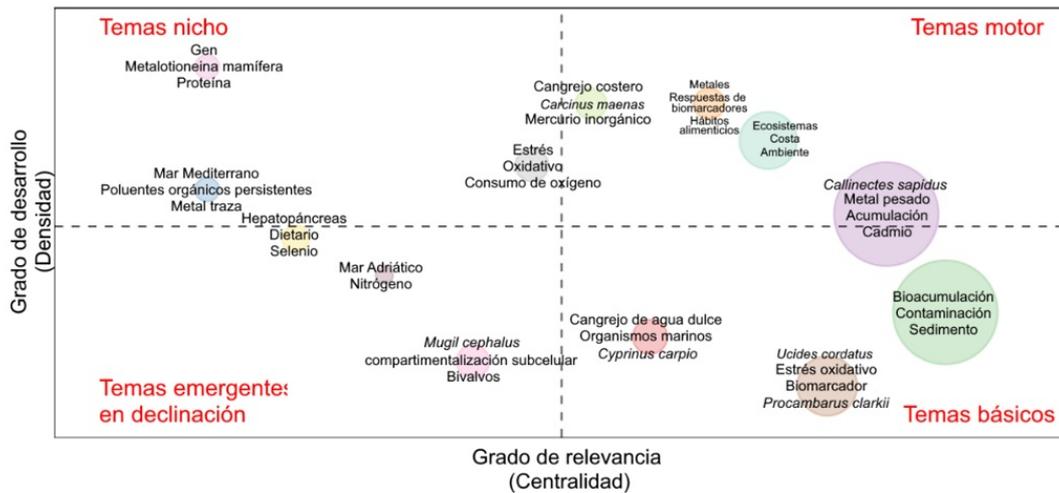


Fig. 4. Mapa temático donde se destaca la evolución de la investigación en el tema, las tendencias actuales y posibles líneas futuras.

CONCLUSIONES

El análisis bibliométrico mostró que la investigación sobre cangrejos contaminados por metales pesados ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, posiblemente debido a la creciente preocupación ambiental y sanitaria frente a la presencia de estos contaminantes en los ecosistemas acuáticos. Las investigaciones realizadas por las autoras más productivas en este campo evidencian una orientación hacia el desarrollo de protocolos ecotoxicológicos más estandarizados y comparables entre regiones, lo cual constituye una línea emergente que se recomienda profundizar en futuras investigaciones.

Desde una perspectiva temática, se observa una tendencia hacia estudios moleculares y fisiológicos enfocados en el efecto que los metales pesados tienen sobre sus blancos metabólicos celulares, así como en la utilización de metaloides, como el selenio, para reducir los daños celulares ocasionados. Como resultado, se abren nuevas posibilidades para integrar herramientas bioquímicas y multiómicas en el análisis de la toxicidad de estos elementos. Estas líneas de investigación recientes no solo incrementan la comprensión de los mecanismos de detoxificación en crustáceos, sino que también permiten aprovechar dichos mecanismos en beneficio de la acuicultura, la salud pública y la seguridad alimentaria.

A pesar de los avances alcanzados en la investigación sobre la contaminación de cangrejos por metales pesados, aún persisten vacíos relacionados con la integración molecular, el estudio de especies no tradicionales y los impactos en la seguridad alimentaria. Estos vacíos representan áreas de oportunidad que permiten vislumbrar nuevas líneas de investigación a futuro.

RECONOCIMIENTO

Esta investigación fue financiada por la Universidad Nacional de Tumbes. Proyecto “Contaminación por metales pesados y expresión de genes de metalotioneínas en organismos representativos del manglar de Tumbes”. Resolución N° 1171-2021/UNTUMBES-CU. Este estudio formó parte de ese proyecto.

REFERENCIAS

- [1] C. Huang, L. Zhang, J. Meng, Y. Yu, J. Qi, P. Shen, X. Li, P. Ding, M. Chen, and G. Hu, “Characteristics, source apportionment and health risk assessment of heavy metals in

- urban road dust of the pearl river delta, south china," *Ecotoxicol Environ Saf*, vol. 236, p. 113490, May 2022.
- [2] P. D. Almeida, R. Gomes, L. S. Kato, R. A. Hauser-Davis, and C. A. Conte-Junior, "A systematic review on metal dynamics and marine toxicity risk assessment using crustaceans as bioindicators," *Biol Trace Elem Res*, vol. 200, no. 2, pp. 881–903, Feb. 2022.
- [3] A. D. Cock, N. D. Troyer, M. A. Forio, I. Garcia, W. V. Echelpoel, L. Jacxsens, S. Luca, G. D. Laing, F. Tack, L. Dominguez, and P. L. M. Goethals, "From mangrove to fork: Metal presence in the guayas estuary (ecuador) and commercial mangrove crabs," *Foods*, vol. 10, no. 8, p. 1880, Aug. 2021.
- [4] A. Nędzarek and P. Czerniejewski, "The edible tissues of the major european population of the invasive chinese mitten crab (*eriocheir sinensis*) in the elbe river, germany, as a valuable and safe complement in essential elements to the human diet," *J Food Compos Anal*, vol. 96, p. 103713, Mar. 2021.
- [5] M. Guo, J. Du, H. Li, Y. Lei, J. Liu, H. Lu, C. Yan, and H. Hong, "Trends in metal(loid) bioaccumulation in aquatic organisms: A bibliometric analysis from 1963 to 2024," *Ecol Indic*, vol. 176, p. 113707, Jun. 2025.
- [6] R. Sharma and L. Kumari, "Mapping of heavy metal pollution in river system: A scientometric approach," *J Scientometric Res*, vol. 12, no. 2, pp. 332–342, Aug. 2023.
- [7] S. Tang, C. Wang, J. Song, S. C. Ihenetu, and G. Li, "Advances in studies on heavy metals in urban soil: A bibliometric analysis," *Sustainability*, vol. 16, no. 2, p. 860, Jan. 2024.
- [8] H. S. Soares, S. S. Pestana, A. R. C. Viana, D. B. Sousa, L. G. Cantanhede, G. F. S. Máximo, M. Bezerra, and Z. D. S. de Almeida, "Biological characteristics of the uçá crab, *ucides cordatus* (crustacea: Decapoda) in a mangrove forest in the cururupu extractive reserve (resex), maranhão," *DELLOS*, vol. 17, no. 60, pp. 1–19, Oct. 2024.
- [9] J. H. Ellwanger and J. A. Bogo, "Brazil's heavy metal pollution harms humans and ecosystems," *Sci One Health*, vol. 2, p. 100019, Jul. 2023.
- [10] J. A. Hirt-Chabbert, A. S. Mechaly, and C. Tapia, "Seafood in argentina: marine fish species, seasonal presence and prices," *Fish Biol Fish*, vol. 34, no. 2, pp. 753–774, Feb. 2024.
- [11] R. Jia, M. E. Roberts, Y. Wang, and E. Yang, "The impact of us–china tensions on us science: Evidence from the nih investigations," *PNAS*, vol. 121, no. 19, p. e2301436121, Apr. 2024.
- [12] T. Stoichev, J. P. Coelho, A. de Diego, M. G. L. Valenzuela, M. E. Pereira, A. T. de Chanvalon, and D. Amouroux, "Multiple regression analysis to assess the contamination with metals and metalloids in surface sediments (aveiro lagoon, portugal)," *Mar Pollut Bull*, vol. 159, p. 111470, Nov. 2020.
- [13] G. Pereira, K. Teinilä, D. Custódio, A. Santos, H. Xian, R. Hillamo, C. Alves, J. Andrade, G. Rocha, P. Kumar, R. Balasubramanian, M. Andrade, and P. Vasconcellos, "Particulate pollutants in the brazilian city of são paulo: 1-year investigation for the chemical composition and source apportionment," *Atmos Chem Phys*, vol. 17, pp. 11943–11969, Oct. 2017.

- [14] M. Irfan, X. Liu, K. Hussain, S. Mushtaq, J. Cabrera, and P. Zhang, "The global research trend on cadmium in freshwater: a bibliometric review," *Environ Sci Pollut Res*, vol. 30, pp. 71 585–71 598, Jun. 2023.
- [15] X. Mao, C. Li, X. Lu, C. Chen, Q. Liao, H. Tang, and H. Dong, "Selenium and heavy metals content and safety assessment of crayfish (*procambarus clarkii*) cultured in the eastern margin of dongting lake, china," *J Fish Res*, vol. 47, no. 2, pp. 171–181, Mar. 2025.

AUTORES



Alduvar López Celi. Es Magíster en Ingeniería Ambiental e Ingeniero Químico. Docente Principal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes. Colabora en investigaciones ambientales financiadas con fondos universitarios.



Enedia Vieyra Peña. Ingeniera Pesquera, y Doctora en Ciencias de los Alimentos. Investigadora en la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes. Líder del Grupo de Tecnología de alimentos y otros productos basados en recursos hidrobiológicos.



Héctor Sánchez Suarez. Ingeniero Zootecnista, y Doctor en Ciencias Ambientales, docente principal de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tumbes. Investiga en producción sustentable para el manejo de residuos destinados a la alimentación inocua.



Marco Zapata Cruz. Ingeniero Pesquero y Dr. en Ciencias Ambientales. Profesor Investigador en la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes. Lidera y colabora en investigaciones sobre biodiversidad acuática y contaminación



Cristhofer Villar Cruz. Ingeniero Industrial Pesquero, Maestrante en Ciencias con mención en Gestión Ambiental. Con experiencia en laboratorio, colabora en investigaciones científicas en microbiología, biología molecular y procesos pesqueros en la FIPCM de la Universidad Nacional de Tumbes.



Alberto Ordinola Zapata. Ingeniero Pesquero, Maestro en Acuicultura y Gestión Ambiental y Doctor en Ciencias Ambientales. Profesor Investigador en la FIPCM. Dirige el Grupo de Investigación de Biodiversidad Acuática Tropical de la Universidad Nacional de Tumbes.