

Artículo de revisión bibliográfica

<https://doi.org/10.47460/minerva.v6i18.234>

Revisión sistemática sobre la contaminación por metales pesados en cangrejos del género *Ucides*

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

Tessy Peralta-Ortiz
<https://orcid.org/0000-0001-5907-7713>
tperaltao@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

Paúl Campaña-Maza*
<https://orcid.org/0000-0002-2361-4238>
180266142@untumbes.edu.pe
Universidad Nacional de Tumbes
Tumbes, Perú

Auberto Hidalgo Mogollón
<https://orcid.org/0000-0003-2921-4523>
ahidalgom@untumbes.edu.pe
Universidad Nacional de Tumbes
Tumbes, Perú

*Autor de correspondencia: 180266142@untumbes.edu.pe

Recibido (06/05/2025), Aceptado (11/07/2025)

Resumen. Se realizó una revisión sistemática sobre la contaminación por metales pesados en cangrejos del género *Ucides*, siguiendo la guía PRISMA 2020, con el objetivo de evaluar la información existente e identificar vacíos que guíen a nuevas investigaciones. Se realizó una búsqueda bibliográfica en cinco bases de datos obteniendo 389 registros. Tras eliminar duplicados y aplicar criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 19 documentos, complementados con 8 adicionales obtenidos mediante asistentes de inteligencia artificial, conformando un corpus de 27 estudios. Se obtuvo la producción científica por especie, país, zonas geográficas y temáticas abordadas. Los resultados evidencian una concentración investigativa en Brasil y Ecuador, con predominancia de *Ucides cordatus* sobre *U. occidentalis*. Se reportó alto nivel de contaminación en estos cangrejos. Se identificaron vacíos temáticos relevantes en ambas especies de *Ucides*, lo que permite orientar futuras investigaciones hacia enfoques integradores en ecotoxicología, salud pública y conservación de ecosistemas de manglar.

Palabras clave: *Ucides*, cangrejo, metales pesados, contaminación marina.

Systematic Review of Heavy Metal Contamination in Crabs of the Genus *Ucides*

Abstract. A systematic review was conducted on heavy metal contamination in crabs of the genus *Ucides*, following the PRISMA 2020 guidelines, with the aim of evaluating existing information and identifying gaps to guide future research. A bibliographic search across five databases yielded 389 records. After removing duplicates and applying inclusion and exclusion criteria, 19 documents were selected, complemented by 8 additional studies obtained through artificial intelligence assistants, resulting in a corpus of 27 studies. Scientific production was analyzed by species, country, geographic zones, and research topics. The results reveal a concentration of studies in Brazil and Ecuador, with a predominance of *Ucides cordatus* over *U. occidentalis*. High levels of contamination were reported in these crabs. Relevant thematic gaps were identified in both *Ucides* species, highlighting the need to direct future research toward integrative approaches in ecotoxicology, public health, and the conservation of mangrove ecosystems.

Keywords: *Ucides*, crab, heavy metals, marine pollution.

I. INTRODUCCIÓN

Los cangrejos del género *Ucides* son crustáceos braquiuros pertenecientes a la familia *Ocypodidae*. Este género comprende únicamente dos especies que habitan los manglares americanos, *Ucides cordatus* Linnaeus, 1763, llamado cangrejo uçá, que se encuentra en las costas atlánticas desde Florida (EE. UU.) hasta el sur de Brasil [1]; y *Ucides occidentalis* Ortmann, 1897, propio de las costas pacíficas desde México hasta Perú [2]. Desde el punto de vista ecológico, ambas especies tienen un papel clave en los ecosistemas de manglar, pues al bioturbar los suelos, contribuyen significativamente al procesamiento de materia orgánica y a la oxigenación del suelo del manglar [2, 3]. Estos cangrejos también tienen una gran importancia económica, ya que *U. cordatus* constituye uno de los recursos pesqueros más importantes para las comunidades costeras de Brasil y, de manera similar, *U. occidentalis* representa un recurso comercial valioso en los manglares del Pacífico, especialmente en Ecuador [2, 3].

Sin embargo, los ecosistemas de manglar donde habitan estas especies se enfrentan a constantes amenazas por la contaminación por metales pesados. Estudios como el de Silva et al. [1] han demostrado la presencia de metales pesados en tejidos de *U. cordatus*. En el caso de *U. occidentalis*, De Cock et al. [4] también reportaron contaminación de estos cangrejos en Ecuador, revelando concentraciones de arsénico que excedían los límites regulatorios para consumo humano, además de niveles detectables de cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn) en diferentes tejidos, por lo que recomendaron limitar el consumo de estos ejemplares por representar cierto riesgo para la salud humana.

A pesar de estos hallazgos, los estudios sobre contaminación por metales pesados en cangrejos del género *Ucides* son escasos y fragmentarios. La cobertura geográfica limitada y la ausencia de monitoreos continuos dificultan la evaluación de su estado de contaminación y de su impacto en la salud humana y el funcionamiento de los ecosistemas [4].

El presente artículo se estructura en cuatro secciones. En la primera, se aborda la problemática de la contaminación por metales pesados en cangrejos del género *Ucides*. La segunda profundiza en los fundamentos teóricos pertinentes. La tercera describe la metodología empleada, basada en *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA); y finalmente, se presentan los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas del estudio.

II. DESARROLLO

La contaminación por metales pesados representa una amenaza constante para los ecosistemas costeros, especialmente los del manglar, donde especies bentónicas como los cangrejos del género *Ucides* habitan y desempeñan funciones ecológicas clave; estos organismos están expuestos a metales como cadmio, plomo, mercurio, cobre y zinc, que ingresan al ambiente por actividades humanas como la minería, el vertido de aguas residuales y la acumulación de sedimentos contaminados [5]. En particular, se ha reportado que ambas especies de *Ucides* son capaces de bioacumular metales pesados que llegan a ellos a través de sus alimentos y por el agua, lo que los convierte en potenciales biomonitores de estos contaminantes en el manglar [4].

Aunque algunos metales como el zinc y el cobre son esenciales para la fisiología de estos crustáceos, otros como el cadmio, el plomo y el mercurio son tóxicos incluso en bajas concentraciones, y pueden generar efectos genotóxicos, alteraciones en la reproducción y riesgo para la salud humana al ingresar en la cadena alimentaria [5]. En Brasil, donde *U. cordatus* es una especie ampliamente utilizada para el consumo humano directo, se han realizado estudios orientados a evaluar su seguridad alimentaria, que incluye la determinación de la presencia de metales pesados en dicha especie [6]. En Ecuador, *U. occidentalis* también forma parte de pesquerías artesanales, aunque los estudios sobre su contaminación por metales pesados son más escasos [4].

Diversas investigaciones han señalado que los cangrejos del género *Ucides* pueden acumular metales en niveles comparables a los reportados en peces y bivalvos, pero a diferencia de estos últimos, su rol como biomonitores ha sido poco explorado [4]; y posiblemente otras temáticas importantes no hayan sido abordadas, aspectos que sí han sido estudiados en otros cangrejos de importancia comercial como es el caso de *Scylla serrata* y *Eriocheir sinensis*, entre ellas las relacionadas con la bioacumulación ligada al sexo, el modelamiento del riesgo alimentario y de la transferencia trófica [7, 8, 9], lo que limitaría la comprensión integral del impacto de estos contaminantes en la salud humana y en los ecosistemas.

III. METODOLOGÍA

La revisión bibliográfica se realizó siguiendo la guía, publicada en el año 2020, de los *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). De acuerdo con esto, se realizó la búsqueda bibliográfica en cuatro bases de datos: *Web of Science*, *Scopus*, *ScienceDirect*, *PubMed* y el motor de búsqueda de Google Académico, usando la cadena de consulta: “mangrove” OR “mangrove swamp” OR “mangrove forest” OR “mangal” AND “heavy metal” OR “metal contamination” OR “metal pollution” OR “toxic metal” OR “trace metals” OR “cadmium” OR “lead” OR “mercury” AND “*Ucides*”, que fue adaptada a la sintaxis de cada buscador.

Se obtuvieron 389 registros, que fueron cargados en la aplicación en línea *Rayyan* para su análisis. Se detectaron y eliminaron 22 documentos duplicados. Los 367 documentos restantes fueron filtrados según los siguientes criterios de inclusión: documentos que reporten metales pesados en cangrejos de alguna de las dos especies del género *Ucides* (*U. cordatus* o *U. occidentalis*), incluyendo artículos científicos, tesis, libros e informes técnicos institucionales. Como criterio de exclusión, no se consideraron aquellos documentos que mencionaban a dicho género sin reportar datos, ni los que no reportaban metales pesados o lo hacían para otras especies, así como documentos retractados o en formato *preprint*. El proceso de filtrado se realizó en dos etapas: primero, evaluando su título y resumen; y posteriormente, el texto completo de los documentos (Figura 1). Como resultado, se seleccionaron 19 documentos.

Como parte del proceso de revisión sistemática, se examinó cada documento en busca de referencias explícitas a otros estudios relacionados directamente con la temática abordada; sin embargo, no se identificó ninguna. Adicionalmente, se consultaron cuatro asistentes de inteligencia artificial para localizar documentos sobre la temática que no figuraran en la lista de aquellos seleccionados originalmente. Mediante esta estrategia se obtuvieron ocho documentos adicionales, con lo que el *corpus* final considerado para la revisión bibliográfica estuvo conformado por 27 trabajos.

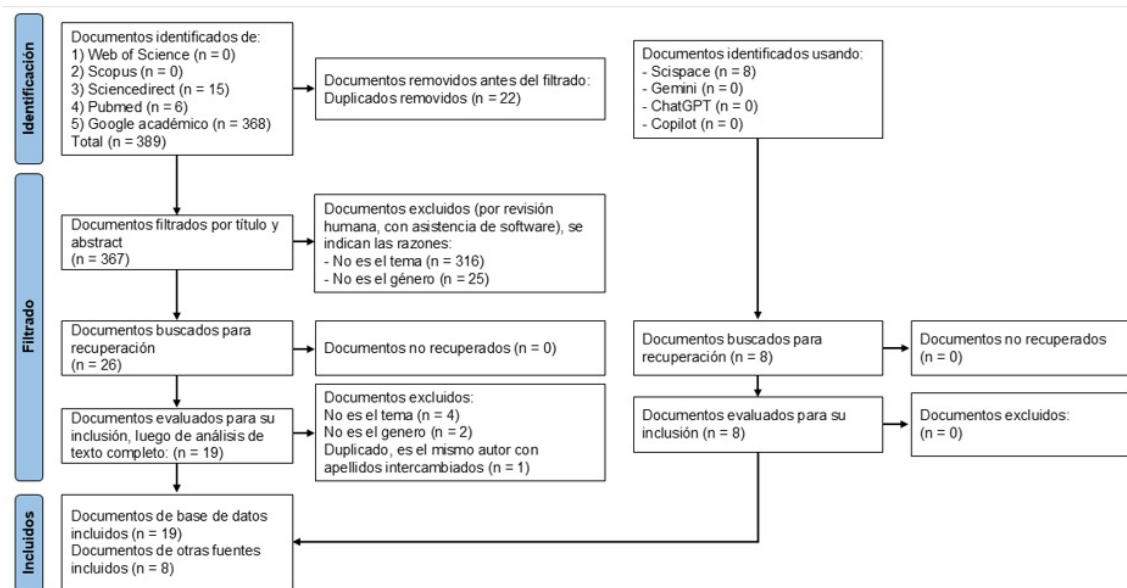


Fig. 1. Flujograma de PRISMA para la selección de los documentos.

Fuente: Elaboración propia con base en el modelo PRISMA.

Se realizó la clasificación de la producción científica por especie y por país, así como la identificación de las zonas geográficas con mayor número de documentos relacionados con la temática.

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran las características de los 27 documentos seleccionados para la revisión, las cuales se observan en la Tabla 1. En particular, se evidencia una predominancia de estudios relacionados con metales pesados en cangrejos *Ucides cordatus* en comparación con los de *U. occidentalis*. Además, la calidad de los estudios parece ser superior en el caso de *U. cordatus*, dado que 15 de los 21 estudios (71,4 %) corresponden a artículos científicos, mientras que en *U. occidentalis* solo

3 de 6 (50 %) lo fueron. Los estudios sobre *U. cordatus* no solo son más abundantes, sino que también se iniciaron siete años antes que los de *U. occidentalis*, lo que sugiere un mayor interés científico y una consolidación previa de las líneas de investigación relacionadas con esta especie.

Tabla 1. Características del corpus documentario.

Especie	Artículos científicos	Tesis	Capítulo de libro	Artículos en conferencia	Total	Rango de fechas
<i>Ucides cordatus</i>	15	4	1	1	21	2008–2024
<i>Ucides occidentalis</i>	3	2	1	0	6	2015–2021
Total	18	6	2	1	27	2008–2024

Fuente: Elaboración propia con base en los documentos seleccionados.

La abundancia de investigaciones sobre *U. cordatus* se concentra en Brasil, donde además existe un alto consumo alimenticio de esta especie [10]. En el caso de *U. occidentalis*, si bien su producción científica es menor, ello se vincula a que esta especie es consumida masivamente en Ecuador, donde representa una fuente económica importante para la población costera [4], en comparación con otros países de su rango de distribución.

La producción científica a nivel geográfico se muestra en la Figura 2. Aunque estas especies se distribuyen en 29 países de América (siete en Sudamérica, siete en Centroamérica, dos en Norteamérica y trece en el Caribe), la publicación académica se concentra casi exclusivamente en dos países: Brasil, que aporta 20 de las 21 publicaciones sobre *U. cordatus* (95,2%), y Ecuador, con 6 publicaciones sobre *U. occidentalis*.



Fig. 2. Producción científica (número de documentos) en países dentro del rango de distribución del género *Ucides*.

Fuente: Elaboración propia con base en los estudios revisados.

Dentro de cada uno de estos países, determinadas zonas presentan un mayor número de publicaciones. En Ecuador destacan la provincia de El Oro, donde se practica la minería artesanal que introduce metales pesados en los ecosistemas acuáticos de la zona, y la provincia del Guayas, afectada por actividades mineras, agrícolas e industriales [11].

En el caso de Brasil, se observa una tendencia similar: en el estado de São Paulo, el área de manglar de Cubatão presenta contaminación debido a la presencia de fábricas petroquímicas y de fertilizantes, así como por las aguas residuales [12]. En el estado de Bahía, particularmente en la Bahía de Todos

los Santos, se han realizado tres estudios; esta zona se encuentra afectada por actividades industriales, portuarias y urbanas, derivadas en parte de la presencia de la gran zona metropolitana de Salvador de Bahía.

En el estado de Pará, los manglares de Bragança presentan contaminación por aguas servidas urbanas y efluentes agrícolas, y han sido objeto de tres estudios relacionados. La revisión permitió identificar vacíos temáticos y geográficos en el estudio de metales pesados en cangrejos del género *Ucides*, lo que limita su consolidación como bioindicadores integrales en ecosistemas de manglar.

Se recomienda orientar futuras investigaciones hacia líneas como la histopatología muscular, el modelado de transferencia trófica, el análisis por sexo y la evaluación del riesgo alimentario, especialmente en *Ucides occidentalis*. Además, se sugiere establecer protocolos regionales de monitoreo ambiental que integren variables bioquímicas, genéticas y ecotoxicológicas, con el fin de fortalecer la trazabilidad de contaminantes en zonas de alta presión antrópica. La incorporación de estas especies en programas de vigilancia ambiental y gestión pesquera puede contribuir a la protección de la salud humana y a la conservación de humedales costeros estratégicos [3].

La Tabla 2 resume los rangos de concentración de metales pesados detectados en *Ucides cordatus* en diferentes zonas de Brasil. Se especifican los tejidos analizados, las condiciones ambientales de cada área y las observaciones relevantes sobre la bioacumulación de metales, incluyendo casos donde se superaron los límites máximos permisibles (LMP). Esta información permite visualizar la variabilidad geográfica de la contaminación y su posible impacto en la salud ambiental y humana.

Tabla 2. Contaminación por metales pesados en cangrejos del género *Ucides*.

Zona	Rangos de metales (mg/kg)	Tejidos analizados	Observaciones	Ref.
<i>Ucides cordatus</i> (Brasil)				
São Paulo	Cd: 0,00–0,123; Cu: 0,00–11,46; Cr: 0,00–0,38; Mn: 0,00–12,49; Hg: 0,00; Pb: 0,00	Hepatopáncreas, músculo	Zona altamente industrializada (Cubatão, Santos). Contaminación por petroquímicas, metalurgia y aguas residuales. Pb, Cd y As superan LMP en sedimento. Evidencia de genotoxicidad y alteraciones reproductivas.	[12], [13]
Bahía	Cd: 0,00–0,36; Cu: 129,4–670; Cr: 4,20; Ni: 2,16–9,10; Pb: 3,16; Zn: 180,3–299,1	Branquias, gónadas, hepatopáncreas, músculo	Manglares de la Bahía de Todos os Santos afectados por escorrentía urbana, lixiviados agrícolas y tráfico marítimo. Cu y Pb bioacumulados en tejidos blandos. Cd supera LMP en algunos sitios.	[3], [14]
Pará	As: 0,44; Cd: 0,08–0,19; Cr: 0,82; Cu: 16,54–97,20; Hg: 0,08–31,70; Pb: 0,52–3,20; Sn: 2,01; Zn: 209,9	Músculo, hepatopáncreas, sedimentos	Zona amazónica con influencia minera y urbana. Transferencia de metales en cadena trófica (sedimento–vegetación–cangrejo–humano). Hg y Pb superan LMP. Riesgo alimentario documentado.	[1], [6], [15], [16]
Otros estados (Espírito Santo, Paraíba, Río de Janeiro)	Cd: 0,19–3,70; Cu: 5,30–16,54; Hg: 2,3–6,0; Pb: 0,52–1,00; Sn: 2,90	Branquias, hepatopáncreas, músculo	Contaminación moderada por fuentes urbanas y portuarias. Cd, Hg y Pb superan LMP en algunos tejidos. Se observa variabilidad estacional en la bioacumulación.	[16], [17], [18]

Fuente: Elaboración propia con base en los documentos seleccionados.

La Tabla 3 presenta los niveles de metales pesados detectados en *Ucides occidentalis* en dos provincias costeras del Ecuador: El Oro y Guayas. Se detallan los rangos de concentración en diferentes tejidos del cangrejo, junto con las fuentes de contaminación predominantes en cada zona. Estos datos evidencian la magnitud de la presión ambiental sobre los manglares ecuatorianos y refuerzan la necesidad de fortalecer el monitoreo y control en estas áreas sensibles.

En *U. occidentalis* en Ecuador, se ha detectado presencia de metales pesados en el músculo, con niveles que exceden los límites máximos permisibles (LMP) para plomo (Pb) y cadmio (Cd), e incluso de arsénico (As) en Guayas. Según De Cock et al. [4], el consumo de más de ocho cangrejos al mes podría suponer un riesgo para la salud del consumidor adulto. Además, Navarrete-Forero et al. [11] y De Cock et al. [4] evidenciaron contaminación multimetálica en el estuario de Guayas, atribuida a actividades industriales, portuarias y mineras. Según estos autores, los cangrejos recolectados en zonas como Puerto

Tabla 3. Contaminación por metales pesados en *Ucides occidentalis* (Ecuador).

Zona	Rangos de metales (mg/kg)	Tejidos analizados	Observaciones	Ref.
<i>Ucides occidentalis</i> (Ecuador)				
El Oro	As: 33,59; Cd: 1,41; Cr: 8,84; Hg: 1,22-142,54; Pb: 1,67-13,50	Hepatopáncreas, quelípodo	Zona contaminada por aguas residuales, escorrentía agrícola y minería artesanal. Todos los elementos analizados superaron los LMP.	[19], [20]
Guayas	As: 0,2; Cd: 0,0008-3,32; Cr: 0,03; Hg: 0,01-71,88; Pb: 0,1-56,45; Zn: 60,0	Hepatopáncreas, quelípodo, tejido blando	Alta contaminación por fuentes industriales, portuarias y mineras (zona sur del estuario). Pb, Cd y As superan LMP. Cu y Zn dentro de rangos aceptables, pero reflejan presión ambiental.	[4], [5], [11]

Fuente: Elaboración propia con base en los documentos seleccionados.

Marítimo, Isla Puná y Puerto Salinas presentaron niveles de Hg y As hasta 1000 veces superiores al criterio de calidad ambiental, lo que pone en alerta sobre la necesidad de monitorear constantemente estos recursos pesqueros.

Además, Pernía et al. [5] señalan que los manglares ecuatorianos están sometidos a presiones antrópicas crecientes, incluyendo descargas urbanas, escorrentía agrícola y residuos sólidos, lo que contribuye a la acumulación de metales en organismos bentónicos como *Ucides occidentalis*. Las investigaciones mencionadas indican que el cangrejo *U. occidentalis* puede actuar como un bioindicador efectivo de contaminación en ecosistemas de manglar, y que su consumo debe ser regulado en zonas afectadas.

Los resultados muestran diferencias entre ambas especies. En *U. occidentalis*, los estudios se refieren principalmente a la bioacumulación de metales como mercurio, plomo y cadmio en tejidos comestibles [4, 5]. Sin embargo, presentan una limitada diversidad temática, con poca o nula investigación en biomarcadores, genotoxicidad ni evaluación de riesgo toxicológico para el consumo humano.

En contraste, *U. cordatus* ha sido objeto de investigaciones más amplias y sistemáticas que incluyen estudios sobre biomarcadores gonadales [6], genotoxicidad y diversidad genética [13], y detoxificación de metales durante la muda [18]. Además, se han integrado análisis químicos con respuestas bioquímicas y morfológicas [6], lo que posiciona a *U. cordatus* como una especie centinela más consolidada para estudios ecotoxicológicos.

En la revisión se ha observado que algunas temáticas no se han desarrollado, como ocurre en otros cangrejos de importancia comercial, por ejemplo *Scylla serrata* y *Eriocheir sinensis*, que han sido objeto de estudios más diversos y profundos que las especies del género *Ucides*. En *Scylla serrata* se han documentado estudios sobre bioacumulación en músculo y alteraciones histopatológicas (necrosis focal y edema muscular) asociadas a exposición a cadmio, cromo y plomo [7]. También se ha explorado la variación por sexo en la acumulación de arsénico, plomo, mercurio y zinc, y se ha cuestionado la utilidad del índice de condición de Fulton como indicador de estrés [8]. Por su parte, en *Eriocheir sinensis* se han realizado estudios de evaluación del riesgo toxicológico en humanos mediante modelado de exposición, así como la acumulación diferencial de metales pesados según sexo [9].

En contraste, *Ucides cordatus* ha sido abordada principalmente en estudios de bioacumulación básica, biomarcadores fisiológicos y genotoxicidad, mientras que *Ucides occidentalis* presenta una mayor limitación temática, restringiéndose a estudios de concentración en tejidos y contexto pesquero [4, 5]. No se han identificado estudios sobre histopatología muscular, variación por sexo, modelado trófico ni evaluación de riesgo alimentario en *U. occidentalis*, y solo parcialmente en *U. cordatus*.

Estos hallazgos evidencian vacíos temáticos en *Ucides*, especialmente en líneas como la evaluación de riesgo alimentario para consumidores locales, los estudios histopatológicos en tejidos comestibles, los modelos de transferencia trófica y biomagnificación, y el análisis por sexo. La incorporación de estas temáticas permitirá que las especies de *Ucides* sean consideradas como centinelas en ecosistemas de manglar, con aplicaciones en salud pública, conservación y gestión pesquera.

CONCLUSIONES

La revisión permitió identificar vacíos temáticos y geográficos en el estudio de metales pesados en cangrejos del género *Ucides*, lo que limita su consolidación como bioindicadores integrales en ecosistemas de manglar. Se recomienda orientar futuras investigaciones hacia líneas como histopatología muscular, modelado de transferencia trófica, análisis por sexo y evaluación de riesgo alimentario, especialmente en *Ucides occidentalis*. Además, se sugiere establecer protocolos regionales de monitoreo ambiental que integren variables bioquímicas, genéticas y ecotoxicológicas, con el fin de fortalecer la trazabilidad de contaminantes en zonas de alta presión antrópica. La incorporación de estas especies en programas de vigilancia ambiental y gestión pesquera puede contribuir a la protección de la salud humana y a la conservación de humedales costeros estratégicos.

Además de su importancia ecológica y comercial, los cangrejos del género *Ucides* representan una oportunidad estratégica para desarrollar modelos regionales de evaluación de calidad ambiental, especialmente en zonas con alta actividad antrópica. Su capacidad para bioacumular metales pesados, su distribución amplia en América y su rol en la cadena alimentaria los posicionan como organismos centinela ideales. En este contexto, fortalecer los marcos normativos y de vigilancia pesquera en torno a estas especies podría contribuir significativamente al diseño de políticas públicas ambientales que integren salud, economía y conservación.

Por otro lado, la evidente concentración geográfica de estudios en Brasil y Ecuador señala un sesgo investigativo que debe ser subsanado mediante la promoción de estudios en otros países dentro del rango de distribución del género *Ucides*. Este sesgo no solo limita la generalización de resultados, sino que impide el desarrollo de una visión integral del riesgo ambiental en ecosistemas de manglar a nivel continental. Incentivar la colaboración científica regional, estandarizar los métodos de monitoreo y fomentar la publicación de literatura científica en revistas de alto impacto puede ser clave para cerrar las brechas de conocimiento detectadas en esta revisión.

RECONOCIMIENTO

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

REFERENCIAS

- [1] B. Silva, G. Morales, A. Gutjahr, K. Freitas Faial, and B. Carneiro, "Bioaccumulation of trace elements in the crab *ucides cordatus* (linnaeus, 1763) from the macrotidal mangrove coast region of the brazilian amazon," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 190, no. 4, p. 214, apr 2018.
- [2] A. Ordinola-Zapata, E. G. Vieyra-Peña, B. E. Ramírez-Segura, and K. Y. Saavedra-Olivos, "Diversidad genética y estructura poblacional del cangrejo del manglar (*ucides occidentalis*) en tumbes, Perú," *Revista Veterinaria*, vol. 31, no. 1, pp. 33–37, jan 2020.
- [3] M. Ramos *et al.*, "Soil contamination and biomarkers in *ucides cordatus* in mangroves from baía de todos os santos, bahia, brazil," *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 235, no. 4, p. 218, apr 2024.
- [4] A. De Cock *et al.*, "From mangrove to fork: metal presence in the guayas estuary (ecuador) and commercial mangrove crabs," *Foods*, vol. 10, no. 8, p. 1880, aug 2021.
- [5] B. Pernía, M. Mero, X. Cornejo, and J. Zambrano, "Impactos de la contaminación sobre los manglares de ecuador," in *Manglares del Ecuador*, 1st ed. Guayaquil, Ecuador: Universidad Espíritu Santo, oct 2019, pp. 447–490.

- [6] M. Silva, K. Faial, Á. C. Freitas, and M. Fernandes, "Use of the gonadal structures of the mangrove crab *ucides cordatus* as a biomarker for environmental contamination by metals," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 198, p. 115862, jan 2024.
- [7] E. Williams, V. Priya, and L. Karim, "Bioaccumulation of heavy metals in edible tissue of crab (*scylla serrata*) from an estuarine ramsar site in kerala, south india," *WEE*, vol. 4, pp. 59–65, jun 2022.
- [8] J. Harris, P. Vinobaba, R. Kularatne, and C. Kankanamge, "Heavy metal bioaccumulation and fulton's k condition indices in *scylla serrata* (forskål) in relation to sex," *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 16, no. 1, pp. 201–210, jan 2019.
- [9] Q. Wang *et al.*, "Occurrence and health risk assessment of residual heavy metals in the chinese mitten crab (*eriocheir sinensis*)," *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 97, p. 103787, apr 2021.
- [10] H. S. Soares *et al.*, "Biological characteristics of the uçá crab, *ucides cordatus* (crustacea: Decapoda) in a mangrove forest in the cururupu extractive reserve (resex), maranhão," *Revista DELOS*, vol. 17, no. 60, p. e2437, oct 2024.
- [11] G. Navarrete-Forero, L. Morales, L. Dominguez-Granda, J. Ponton, and J. Marin Jarrin, "Heavy metals contamination in the gulf of guayaquil: Even limited data reflects environmental impacts from anthropogenic activity," *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 35, no. 3, pp. 731–755, aug 2019.
- [12] M. Pinheiro, P. Silva, L. Duarte, A. Almeida, and F. Zanotto, "Accumulation of six metals in the mangrove crab *ucides cordatus* (crustacea: Ucididae) and its food source, the red mangrove *rhizophora mangle* (angiosperma: Rhizophoraceae)," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 81, pp. 114–121, jul 2012.
- [13] K. Banci, G. Mori, M. de Oliveira, F. Paganelli, M. Pereira, and M. Pinheiro, "Can environmental pollution by metals change genetic diversity? *ucides cordatus* (linnaeus, 1763) as a study case in southeastern brazilian mangroves," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 116, no. 1–2, pp. 440–447, mar 2017.
- [14] M. Vasconcelos, "Avaliação preliminar dos teores de metais traço em peixes e crustáceos provenientes da porção norte da baía de todos os santos, bahia, brasil," Master's thesis, UFRB, Cruz das Almas, Brasil, 2012.
- [15] M. Vilhena, M. Costa, and J. Berredo, "Accumulation and transfer of hg, as, se, and other metals in the sediment-vegetation-crab-human food chain in the coastal zone of the northern brazilian state of pará (amazonia)," *Environmental Geochemistry and Health*, vol. 35, no. 4, pp. 477–494, aug 2013.
- [16] C. Pedrosa, "Mercúrio e composição isotópica de caranguejos em manguezais brasileiros: Relação entre hábitos alimentares, nível trófico e biomagnificação," Ph.D. dissertation, UENF, Campos dos Goytacazes, Brasil, 2019.
- [17] R. Ramos and G. Leite, "Disposition of trace elements in the mangrove ecosystem and their effects on *ucides cordatus* (linnaeus, 1763) (crustacea, decapoda)," *Biometals*, vol. 35, no. 5, pp. 853–873, oct 2022.
- [18] R. Ramos, C. Tadokoro, L. de Carvalho, and G. Leite, "Efficiency in heavy metal purge in crustaceans during the ecdysis," *Environment, Development and Sustainability*, vol. 23, no. 10, pp. 14 878–14 907, oct 2021.

- [19] H. Ayala, J. Perez, C. Quezada, A. Silva, and L. Cortez, "Cuantificación de metales pesados (hg, as, pb y cr) en organismos acuáticos: cangrejo rojo (*ucides occidentalis*)," *CU*, vol. 8, no. 16, pp. 54–60, dec 2015.
- [20] L. A. Chuquimarca, "Contenido de metales pesados (hg, pb, cd), en el tejido blando del quelípedo y hepatopáncreas del cangrejo rojo (*ucides occidentalis*), en tres localidades del perfil costero de la provincia de el oro, 2014," Master's thesis, UTMACH, Machala, Ecuador, 2015.

AUTORES



Mg. Alduvar López-Celi es Ingeniero Químico y Magíster en Ingeniería Ambiental. Se desempeña como Docente Principal en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes (UNTUMBES). Participa activamente en proyectos de investigación ambiental financiados con fondos universitarios, enfocados en el desarrollo sostenible y la gestión ambiental.



Dra. Tessy Peralta-Ortiz es Ingeniera Pesquera, Maestra en Acuicultura y Gestión Ambiental, y Doctora en Educación. Se desempeña como Docente Principal en el Departamento de Acuicultura de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes. Su labor investigativa se centra en la acuicultura, biodiversidad y patología, aplicando herramientas de biología molecular.



Dr. Marco Zapata-Cruz es Ingeniero Pesquero y Doctor en Ciencias Ambientales. Se desempeña como Profesor Investigador en la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes (UNTUMBES). Lidera y colabora en investigaciones sobre biodiversidad acuática y contaminación ambiental.



Mg. Wagner Paúl Campaña-Maza es Ingeniero Industrial Pesquero y Magíster en Ciencias con mención en Gestión Ambiental. Actualmente se desempeña en el Laboratorio de Tecnología Pesquera y colabora en proyectos de investigación de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes (UNTUMBES).



Dr. Auberto Hidalgo Mogollón es Docente Principal del Departamento de Acuicultura de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes (UNTUMBES). Es Magíster en Nutrición Animal y Doctor en Ciencias Ambientales. Su labor investigativa se centra en la acuicultura, biodiversidad y biorremediación, utilizando herramientas de biología molecular.