

Estudios recientes de metales pesados en peces: Una revisión bibliográfica con énfasis en Perú

Recent studies of heavy metals in fish: A literature review with emphasis on Peru

Estudos recentes sobre metais pesados em peixes: Uma revisão bibliográfica com ênfase no Peru

Eli Morales Rojas¹, Meliza del Pilar Bustos Chavez², Fátima de la Merced Pinglo Jurado¹ Edinson Cueva Vega³ Edwin Adolfo Díaz Ortiz⁴

RESUMEN

Los metales pesados causan efectos nocivos en la salud humana a través de la cadena alimentaria. En ese sentido el objetivo de esta investigación fue analizar los avances de la producción científica de metales pesados en peces en los países de Perú, Bolivia y Chile, mediante una revisión bibliográfica. La búsqueda se realizó en base de datos de Scopus durante el año 2000 a mayo del 2022, se realizó un análisis de los artículos seleccionados de acuerdo a lugar de estudio. También se utilizó el software VOSviewer (herramienta para construir y visualizar redes bibliométricas) con la finalidad de generar redes de coautoría. Los resultados indican que los estudios en metales pesados empezaron a sobresalir durante los años 2012, 2019. El autor que tuvo mayor participación fue Custodio. Finalmente se concluye que las investigaciones son escasas y se debe de abordar estos temas con mayor énfasis de acuerdo a cada estado, dado que en muchos casos los valores sobrepasan las normas establecidas.

Palabras claves: Contaminantes, metales pesados.

ABSTRACT

Heavy metals cause harmful effects on human health through the food chain. In this sense, the objective of this research was to analyze the advances in the scientific production of heavy metals in fish in the countries of Peru, Bolivia and Chile, by means of a bibliographic review. The search was carried out in the Scopus database from 2000 to May 2022, and an analysis was made of the selected articles according to the place of study. VOSviewer software (a tool for constructing and visualizing bibliometric networks) was also used to generate coauthorship networks. The results indicate that studies on heavy metals began to stand out during the years 2012, 2019. The author with the highest participation was Custodio. Finally, it is concluded that research is scarce and these topics should be addressed with greater emphasis according to each state, given that in many cases the values exceed the established norms.

Keywords: Contaminants, heavy metals.

DOI: <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v3i1.68>

¹ Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua, Amazonas, Perú; emorales@unibagu.edu.pe, fpinglo@unibagua.edu.pe

² Escuela Profesional de Ingeniería en Agronegocios, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Cd. 01001, Perú, melizabustoschavez@gmail.com

³ Instituto de Investigación de Economía y Desarrollo, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Perú, edinson.cueva@untrm.edu.pe

⁴ Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Jaén, Perú; edwin.diaz@unji.edu.pe

RESUMO

Os metais pesados causam efeitos nocivos à saúde humana através da cadeia alimentar. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi analisar os avanços na produção científica de metais pesados em peixes nos países do Peru, Bolívia e Chile, através de uma revisão bibliográfica. A pesquisa foi realizada no banco de dados Scopus de 2000 a maio de 2022, e foi feita uma análise dos artigos selecionados de acordo com o local de estudo. O software VOSviewer (uma ferramenta para construção e visualização de redes bibliométricas) também foi utilizado para gerar redes de co-autoria. Os resultados indicam que os estudos sobre metais pesados começaram a se destacar durante os anos de 2012, 2019. O autor com a maior participação foi Custodio. Finalmente, conclui-se que a pesquisa é escassa e que estas questões devem ser abordadas com maior ênfase de acordo com cada estado, dado que em muitos casos os valores excedem as normas estabelecidas

Palavras-chave: Poluentes, metais pesados.

INTRODUCCIÓN

Los problemas por contaminación ambiental a nivel mundial, generado por el abuso de sustancias químicas, mala disposición de aguas servidas, prácticas industriales y agrícolas inadecuadas (Vargas Licon & Marrugo Negrete, 2019). La contaminación ambiental ha repercutido directamente en la seguridad alimentaria (FAO, 2021). Los ecosistemas acuáticos son los más afectados por contaminación de metales (Valavanidis & Vlachogianni, 2010). El agua de los ríos suele arrastrar sedimentos con metales pesados y contaminar a los peces y a los que lo consumen (Ciazela et al., 2018).

Los metales pesados en el cuerpo de los peces, podrían tener un impacto negativo en la salud humana a través del consumo de pescado (Safiur Rahman et al., 2019). Los metales pesados, por ejemplo, cromo (Cr), manganeso (Mn), cobre (Cu), arsénico (As), zinc (Zn) y fósforo (P) provienen de fuentes naturales y antropogénicas que ingresan al ambiente acuático y representan una grave amenaza para la salud humana y el ecosistema debido a su toxicidad, persistencia prolongada, bioacumulación (Rahman et al., 2013).

Los metales pesados causan toxicidad en los peces debido a sus propiedades no biodegradables y su larga persistencia en el medio ambiente (Taslina et al., 2022).

En ambientes acuáticos, el mercurio (Hg) se transforma principalmente a través de microorganismos en un compuesto orgánico lipofílico, esta característica lo hace más propenso a la biomagnificación en las cadenas alimenticias (Hsu-Kim et al., 2013).

Dentro del conjunto de metales pesados, el cadmio

es un elemento traza no esencial tóxico a bajas concentraciones para los organismos acuáticos (Merad et al., 2018), mientras que el cobre, en su forma oxidada induce genotoxicidad en los bivalvos (Jin et al., 2017).

Con base en lo mencionado, el objetivo de esta investigación fue analizar los avances de la producción científica de metales pesados en peces, mediante una revisión bibliográfica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó mediante la revisión de artículos en la base de datos de Scopus, por ser la fuente de citas y resúmenes de bibliografía revisada por pares con mayor impacto (Md Khudzari et al., 2018). La revisión se realizó desde el año 2000 a mayo del 2022. Se limitó la búsqueda a solo artículos en español e inglés mediante la técnica de operadores booleanos utilizando las palabras “metales pesados” y “peces”. Los países estudiados fueron Perú, Bolivia y Chile.

Términos de inclusión

Se realizó la búsqueda por temática y se consideró estudios relacionados a metales pesados en peces. Se encontraron 40 artículos y solo 21 artículos cumplieron los objetivos del estudio. Así mismo se adoptó la técnica de la revisión para cada artículo principalmente delimitado autor/año, principales resultados del estudio y número de citas y cuartil de las revistas.

Términos de exclusión

Se excluyeron los artículos que fueron en otro idioma diferente al español e inglés, también se excluyeron artículos que no fueron orientados de acuerdo a la temática, y aquellos que su área de estudio fue diferente a la delimitada, siendo un total de 19 artículos excluidos.

Análisis de datos

Los análisis descriptivos de los ítems asociados a evolución de publicaciones por países se realizaron con software Excel. Para los gráficos de análisis de coocurrencia de palabras clave, se construyeron Los resultados muestran que la mayor concentración de estudios se dio para los años, 2012 y 2019, durante el 2022 aún no se han reportado estudios

mapas de red utilizando el método de "recuento completo" del software VOSviewer v.1.6.17 (Silva et al., 2022).

RESULTADOS

(Figura 1). Figura 2, se evidencia la cantidad de artículos por países, donde Chile es el país que lidera con 12 artículos, seguido de Perú y Bolivia.

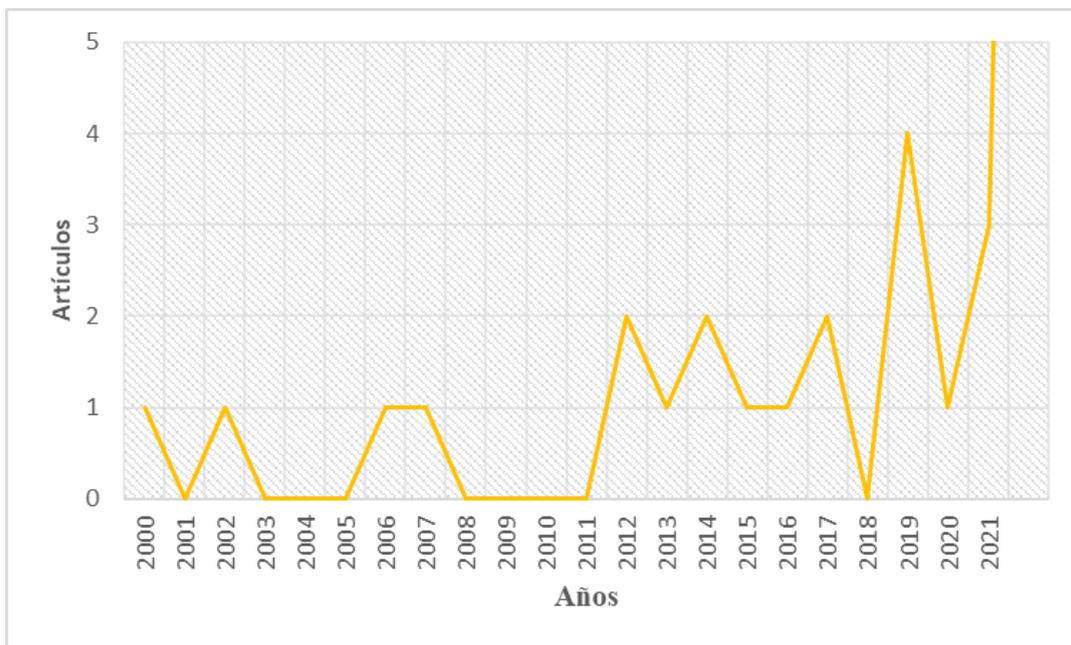


Figura 1. Evolución de artículos por año

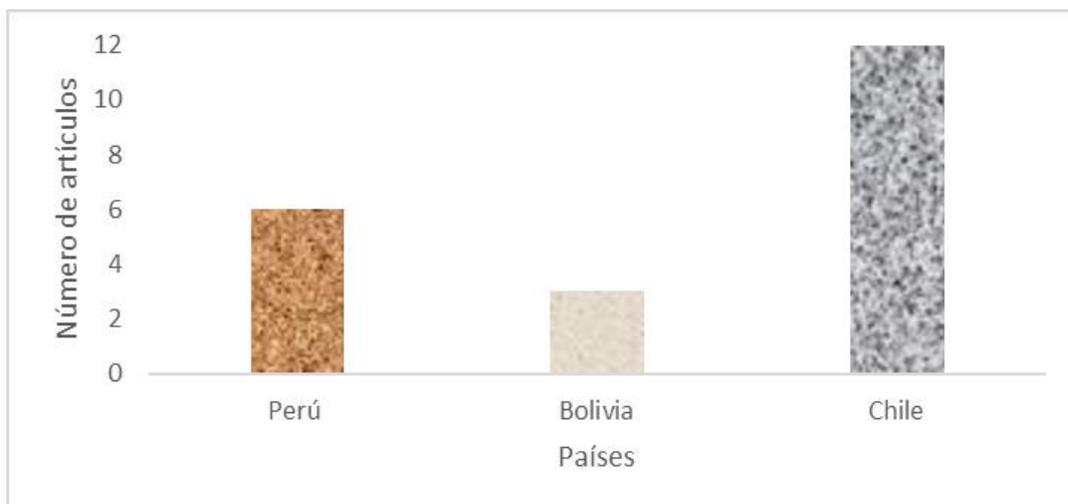


Figura 2. Número de artículos por países

Tabla 1, se muestra los resultados de los 21 artículos seleccionados donde se evidencia que en los estudios realizados han evaluado la relación del contenido de metales pesados y la calidad de agua. Así como se ha podido observar que en la mayoría de estudios, la concentración de metales pesados no sobrepasa los límites permisibles de la Organización de las

Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Con respecto al número de citas se ha podido notar que a mayor cuartil mayor es el número de citas. Chile es el país que lidera en investigaciones relacionadas a los metales pesados en peses.

Tabla 1. Características de los estudios seleccionados durante la revisión

Primer autor/año	Método	Resultados del estudio/Limitaciones	Numero de citas/Cuartil de la revista	Área de estudio/País
Bernd Sures,2000	Espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente	<i>M. hirudinaceus</i> contenía niveles de plomo 85, 85, 56 y 24 veces más altos en comparación con los músculos.	33 citas/Q1	La Paz, Bolivia
Smolders,2002	Espectrofotometría de emisión de plasma de acoplamiento inductivo (ICP) y Espectrometría de Absorción Atómica (AAS).	El plomo, el cadmio, el cobre y el zinc, es bajo en el agua de río	45 citas /Q2	Río Pilcomayo, Bolivia
Gammons,2006	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) utilizando material de vidrio dedicado al análisis de mercurio	Encontraron mercurio en el tejido muscular de varias variedades de peces del lago Titicaca, incluido el pejerrey el carachi y 2 tipos de bagres autóctonos.	57 citas/Q1	Río Ramis-lago Titicaca, Perú
Salazar,2007	Espectrofotometría de absorción atómica	El estiércol de salmónidos tenía bajos contenidos de metales pesados (Mn, Cr,As, Cd, Ni, Pb, Zn)	27 citas/Q1	Lagos del Sur, Chile
Montenegro,2012	Espectrofotómetro de absorción atómica de llama (modelo Shimadzu AA-6300).	Las lesiones registradas en los peces capturados en bahía San Jorge, y especialmente en los peces, podrían estar asociadas con contaminación por metales pesados	30 Citas/Q4	Bahía San Jorge,Chile
Tapia, 2012	Espectroscopía de absorción atómica	Se encontró que los niveles de Cd, Pb, Mn y Zn en pes Micropogonias manni se encuentran dentro de los rangos publicados por otros autores	41 citas/Q2	Región de la Araucanía, Chile
Lopez,2013	Espectrofotómetro de absorción atómica Shimadzu AA-6200 (AAS).	Las concentraciones de metales reportadas constituyen un riesgo para la salud humana, principalmente por los altos aportes de plomo en tejidos de <i>P. glauca</i> e <i>I. oxyrinchus</i> .	38 citas/Q2	Chile
Swinkels,2014	Acidificación con ácido nítrico concentrado (1 ml por 100 ml de agua)	Es poco probable que la mortandad de peces sea causada por la toxicidad de metales pesados.	14 citas/Q1	Pilcomayo, Bolivia
Olivares,2014	Espectrofotometría de absorción atómica acoplado a horno de grafito	En branquias, el zinc fue el metal que se encontró en mayor concentración en ambas especies. El plomo fue más alto en <i>M. cephalus</i> en el río Maipo, en tanto, el cobre fue más alto en la misma especie en el río Aconcagua.	2 citas/Q4	Aguas costeras de Chile central

Vega,2015	APHA-AWWA-WPCF, 1992)	8 h de exposición a una concentración tóxica de aluminio los piscicultores deberían asegurar en el agua de cultivo una dosis superior a 10 mg Ca L-1 y un pH >6 como medida remedial para reducir el efecto de intoxicación aguda causada por aluminio.	1 cita/Q3	Araucanía, Chile
Copaja,2016	Espectrofotómetro de absorción atómica (AAS, Shimadzu 6800).	Los resultados mostraron la presencia de Al, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn en los órganos de los peces.	6 citas/Q3	Embalse Rapel, Chile.
Zapata,2017	Espectrofotometría de absorción atómica	La concentración de Cu, Zn, Fe y Pb en hígado, riñones y músculos superó los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea para la carne de pescado.	4 citas/Q3	Yauli, Perú
Copaja,2017	Espectrofotómetro de absorción atómica (AAS) (Shimadzu Spectrophotometer 6800, ASC-6100 auto sampler y horno de grafito gfa-ex7).	No todos los metales (Cu, Cr, Mo y Zn) tienen el mismo patrón de acumulación; algunos metales tienden a acumularse más fácilmente en el bage, probablemente debido a su hábito béntico, y en el hígado y el tejido branquial, probablemente como resultado de la acumulación de las fuentes de alimento y la espiración.	19 citas/Q3	Chile
Custodio,2019	Espectrofotometría de absorción atómica, según la metodología recomendada por la FAO.	En los siete ríos evaluados, la concentración promedio de Pb, Fe y Cu superó los estándares de calidad del agua continental del Perú para la extracción y cultivo de especies hidrobiológicas y los estándares de la USEPA	0 citas/Q3	Cuenca del río Mantaro, Perú
Lobos, 2019	Espectrometría de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES; Perkin-Elmer)	El Cd y Pb tuvieron las concentraciones más bajas, mientras que Zn la concentración más alta, seguido por Cu, Fe y Mn. Cu y Fe	2 citas/Q3	Lagos del sur de Chile
Espejo,2019	Espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS, Elan 6000, Perkin Elmer-Sciex)	Pb indicaron que la bioacumulación de Pb en organismos marinos proviene de diferentes fuentes antropogénicas.	9 citas/Q1	Patagonia occidental, Chile
Barrientos,2019	Espectroscopía de absorción atómica con llama aire/acetileno para Cu, Mn, Fe, Zn, Cd y Pb (Espectrofotómetro Solar mod. 989)	El hígado tenía una mayor capacidad para acumular Cu, Mn, Fe y Zn en comparación con el tejido muscular.	7 citas/Q1	Araucanía, Chile
Panduro,2020	Espectrometría de fluorescencia atómica	El nivel de exposición era extremadamente alto y el peligro medio. La dosis máxima permitida de metilmercurio (MeHg) por semana según la OMS es de 1,6 µg MeHg/kg/semana.	0 citas/Q3	Amazonas, Perú
Condor,2021	Espectrofotometría de absorción atómica de llama	Las concentraciones de As y Pb en el agua, y Cu, As y Zn en el sedimento influyen significativamente en la concentración de estos elementos en el músculo de <i>O. mykiss</i> .	1 cita/Q3	Andes centrales del Perú
Fierro,2021	Espectrofotometría de absorción atómica de llama.	Las concentraciones de Cu, Zn, Pb, Mn y Cd fueron significativamente más altas en los puyes que en los pejerreyes.	3 citas/Q3	Río Valdivia, Chile
Chui,2021	Espectrofotometría, técnica de plasma de acoplamiento inductivo.	Encontraron concentración de metales pesados en los músculos de las truchas colectadas de la provincia de Puno fue: Zn > Fe > Cd > Mn > Pb > Cu > Hg y en la provincia de Huancané fue: Zn > Fe > Mn > Cu > Pb > Cd > Hg.	0 citas/Q3	Titicaca, Perú

Figura 3, se muestra el mapa de red de co-autorías de los artículos relacionado a metales pesados. El tamaño del círculo representa la cantidad de co-autorías. Cuanto menor es la distancia entre los círculos, mayor es el número de co-autorías. El autor

Custodio es el que lidera con una mayor cantidad de coautoría. También se evidencia un crecimiento (expresado en el color amarillo) desde el 2010 hasta el 2020.

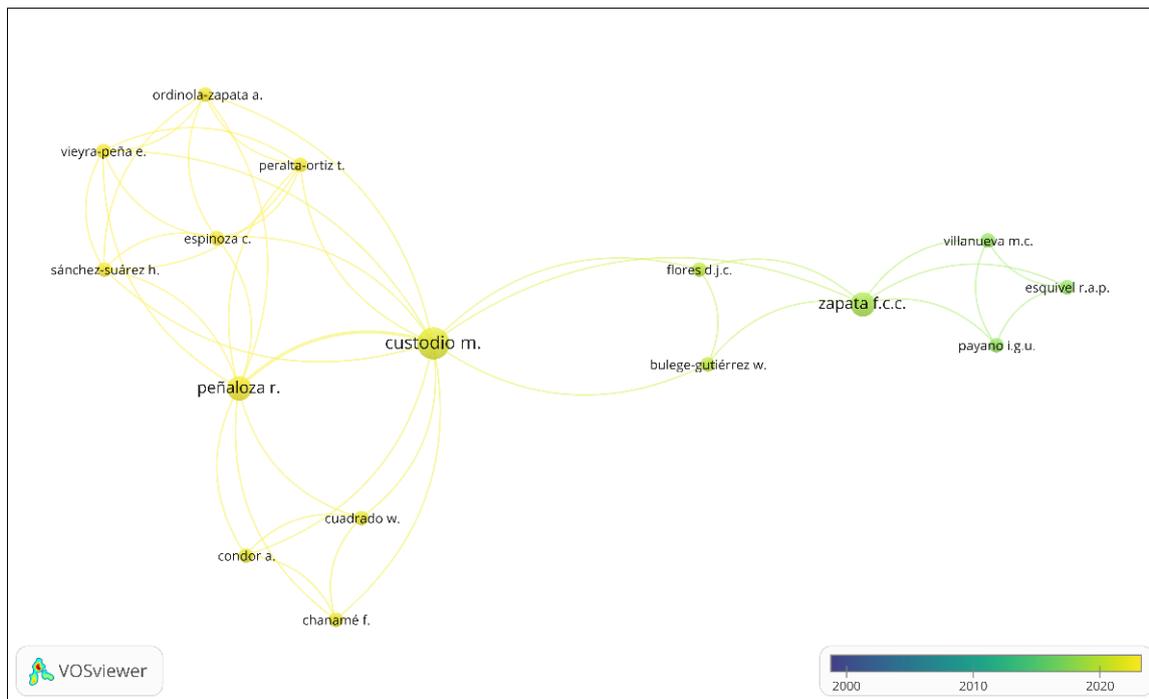


Figura 3. Red de coautoría durante el 2000- mayo 2022

DISCUSIÓN

Del análisis de la literatura se evidenció que la producción científica para los países evaluados se está incrementando durante los años 2012 al 2022. Así mismo Perú se encuentra en segundo lugar después de Chile en investigaciones relacionadas a metales pesados. Los artículos ejecutados en Perú abordaron la temática de la influencia de los metales pesados en la salud y peces de agua dulce. Se encontró que la concentración de Cu, Zn, Fe y Pb en hígado, riñones y músculos superó los límites máximos. En ese sentido es importante la caracterización del agua y los recursos hidrobiológicos para asegurar la calidad de los mismos (Juan Rondón et al., 2020).

La calidad de agua de los ríos evaluados, resulto

superar la concentración promedio de Pb, Fe y Cu, estando por encima de los estándares de calidad del agua continental del Perú para la extracción y cultivo de especies hidrobiológicas y los estándares de la USEPA. En ese sentido es importante el análisis de la calidad del agua de estos sistemas mediante métodos confiables que ayuden a determinar la calidad fisicoquímica como biológica (Meneses-Campo et al., 2019).

Las concentraciones de As y Pb en el agua, y Cu, As y Zn en el sedimento influyen significativamente en la concentración de estos elementos en el músculo de *O. mykiss*. Los metales pesados están relacionados con la calidad de agua y estas influyen en la calidad de carne de los peses, así mismo es importante para el crecimiento económico de los países (Villena Chávez, 2018).

En Chile encontraron que las lesiones registradas en los peces capturados, podrían estar asociadas con contaminación por metales pesados, generadas por diferentes actividades antrópicas, entre ellas la actividad minera y constituye un riesgo para la salud humana (Bianchini, Flaviano; Grassi, 2018).

También en Chile determinaron que el zinc fue el metal que se encontró en mayor concentración en las branquias. Así como la concentración de Cu, Zn, Fe y Pb en hígado, riñones y músculos superó los límites máximos permisibles

establecidos por la Unión Europea para la carne de pescado. En otros estudios, tales como los encontrados por Javier et al., (2015), no sobrepasan las normas. En Bolivia *M. hirudinaceus* contenía niveles de plomo 85, 85, 56 y 24 veces más altos en comparación con los músculos. Y determinaron que es poco probable que la mortandad de peces sea causada por la toxicidad de metales pesados. Con respecto a la red coautorías se demuestra que el autor Custodio lidera con mayor cantidad de estudios, al ser el nodo de mayor tamaño (Romani, 2021).

CONCLUSIONES

Las investigaciones en metales pesados están siendo de utilidad para la población, sin embargo, en el Perú faltan investigaciones que puedan llenar el vacío de conocimiento respecto a los factores que puede ocasionar los metales pesados en la población, por el consumo de estos alimentos. Chile es el país que está liderando en investigaciones relacionadas a la calidad de agua en peces, así como diferentes estudios en pescados de agua dulce. Sin embargo, se destaca la cantidad de investigaciones realizadas durante el 2019. En Bolivia se evidenció pocas investigaciones, pero es rescatable Smolders por contar con 45 citas desde el 2002 a la actualidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bianchini, Flaviano; Grassi, L. (2018). Biomonitorio de Metales en Niños y Niñas del Centro Poblado de Paragsha Cerro de Pasco - Perú. 31. <http://www.laborpasco Peru.org.pe/images/adjuntos/Estudios Cerro de Pasco.pdf>
- Ciazela, J., Siepak, M., & Wojtowicz, P. (2018). Tracking heavy metal contamination in a complex river-oxbow lake system: Middle Odra Valley, Germany/Poland. *Science of the Total Environment*, 616–617, 996–1006. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.219>
- FAO. (2021). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021. In *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021*. <https://doi.org/10.4060/cb4474es>
- Hsu-Kim, H., Kucharzyk, K. H., Zhang, T., & Deshusses, M. A. (2013). Mechanisms regulating mercury bioavailability for methylating microorganisms in the aquatic environment: A critical review. *Environmental Science and Technology*, 47(6), 2441–2456. <https://doi.org/10.1021/es304370g>
- Javier, E., Estupiñán, V., Emilio, P., & Africano, R. (2015). Presencia de mercurio ,plomo y cobre en tejidos de *Oreochromis*. *Producción + Limpia*, 10(2), 114–126.
- Jin, Y., Liu, B., Li, J., & Chen, X. (2017). Identification of three common *Loliginidae* squid species in the South China Sea by analyzing hard tissues with geometric outline method. *Journal of Ocean University of China*, 16(5), 840–846. <https://doi.org/10.1007/s11802-017-3218-7>

- Juan Rondón, E., Daphne Ramos, D., Miguel Vilca, L., Eduardo Salazar, S., YamiliMendoza, Q., & Rosa González, V. (2020). Sanitary characterization and identification of microbial contamination points in the fishing marketing chain in the port of Pucallpa, Ucayali, Peru. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 31(1), 1–13. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17539>
- Md Khudzari, J., Kurian, J., Tartakovsky, B., & Raghavan, G. S. V. (2018). Bibliometric analysis of global research trends on microbial fuel cells using Scopus database. *Biochemical Engineering Journal*, 136, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2018.05.002>
- Meneses-Campo, Y., Castro-Rebolledo, M. I., & Jaramillo-Londoño, A. M. (2019). Comparison of water quality between two andean rivers by using the BMWP/COL and ABI Indices. *Acta Biologica Colombiana*, 24(2), 299–310. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>
- Merad, I., Bellenger, S., Hichami, A., Khan, N. A., & Soltani, N. (2018). Effect of cadmium exposure on essential omega-3 fatty acids in the edible bivalve *Donax trunculus*. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(19), 18242–18250. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9031-4>
- Rahman, M. M., Asaduzzaman, M., & Naidu, R. (2013). Consumption of arsenic and other elements from vegetables and drinking water from an arsenic-contaminated area of Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials*, 262, 1056–1063. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.06.045>
- Romani, F. (2021). REDES DE COAUTORÍA EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS ORIGINALES DEL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD , ANÁLISIS DEL PERIODO 1998-2018 Institute , analysis of the period 1998-2018.
- Safiur Rahman, M., Solaiman Hossain, M., Ahmed, M. K., Akther, S., Jolly, Y. N., Akhter, S., Jamiul Kabir, M., & Choudhury, T. R. (2019). Assessment of heavy metals contamination in selected tropical marine fish species in Bangladesh and their impact on human health. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 11(December 2018). <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2019.100210>
- Silva, R., Rocha, R. S., Ramos, G. L. P. A., Xavier-Santos, D., Pimentel, T. C., Lorenzo, J. M., Henrique Campelo, P., Cristina Silva, M., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., & Cruz, A. G. (2022). What are the challenges for ohmic heating in the food industry? Insights of a bibliometric analysis. *Food Research International*, 157(March). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111272>
- Taslina, K., Al-Emran, M., Rahman, M. S., Hasan, J., Ferdous, Z., Rohani, M. F., & Shahjahan, M. (2022). Impacts of heavy metals on early development, growth and reproduction of fish – a review. *Toxicology Reports*, 9(January), 858–868. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2022.04.013>
- Valavanidis, A., & Vlachogianni, T. (2010). Metal pollution in ecosystems. *Ecotoxicology studies and risk assessment in the marine environment*. Department of Chemistry, University of Athens, University Campus Zografou, Athens, Greece. Researchgate.Net, February 2014. <https://www.researchgate.net/profile/Athanasios>

Vargas Licona, S. P., & Marrugo Negrete, J. L. (2019). Mercury, methylmercury and other heavy metals in fish in Colombia: Risk from Ingestion. *Acta Biologica Colombiana*, 24(2), 232–242.
<https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.74128>

Villena Chávez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

