

Dime qué comes y te diré qué bioacumulas

Tell me what you eat and I'll tell you what you bioaccumulate

Irene Romero Nájera

Resumen

En la búsqueda de hábitos saludables, es crucial considerar los riesgos asociados a nuestros alimentos. A pesar de la mayor información nutricional disponible, muchos productos no revelan la presencia de plaguicidas o metales pesados, como el mercurio en el pescado, que se acumulan en los tejidos de los seres vivos. Este artículo explora el fenómeno de la bioacumulación, destacando cómo afecta tanto a la red alimentaria como a la salud humana. La bioacumulación ocurre cuando organismos como el pescado absorben y acumulan sustancias tóxicas a lo largo de su vida, poniendo en riesgo a quienes los consumen. Este proceso puede magnificarse a lo largo de la cadena alimentaria, aumentando la concentración de contaminantes a medida que se asciende en ella. Es fundamental que los consumidores estén informados sobre estos riesgos para tomar decisiones alimenticias más conscientes y saludables. A pesar de las etiquetas nutricionales y guías como el plato del buen comer, aún falta información crítica en muchos productos que consumimos diariamente. Con este conocimiento, podemos mitigar los riesgos para la salud y contribuir a un consumo alimenticio más seguro y sostenible.

Palabras clave: bioacumulación, alimentación saludable, metales pesados, contaminantes en alimentos, riesgos para la salud.

CÓMO CITAR ESTA COLABORACIÓN

Romero Nájera, Irene. (2024, julio-agosto). Dime qué comes y te diré qué bioacumulas. *Revista Digital Universitaria* (RDU), 25(4). <http://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2024.25.4.7>

Abstract

In the quest for healthy habits, it is crucial to consider the risks associated with our food. Despite the wealth of nutritional information available, many products do not disclose the presence of pesticides or heavy metals, such as mercury in fish, which accumulate in living tissues. This article explores the phenomenon of bioaccumulation, highlighting its impact on both, the food web and human health. Bioaccumulation occurs when organisms like fish absorb and accumulate toxic substances over their lifetimes, posing risks to those who consume them. This process can magnify along the food chain, increasing contaminant concentrations as they ascend it. It is essential for consumers to be informed about these risks to make more conscious and healthier dietary choices. Despite nutritional labels and guides like the eatwell plate, critical information is still lacking in many products we consume daily. With this knowledge, we can mitigate health risks and promote safer, more sustainable food consumption.

Keywords: bioaccumulation, healthy eating, heavy metals, food contaminants, health risks.

Irene Romero Nájera

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (UNAM)

Licenciada en Biología por la UNAM y tiene una Maestría en Ciencias Biológicas del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la UNAM, además de un Diplomado en Gestión del Medio Ambiente y los Recursos Naturales del Instituto Nacional de Administración Pública (INAP) de Alcalá de Henares, España. Ha presentado ponencias en congresos nacionales e internacionales de ciencias biológicas y del área editorial, y participa activamente en el Seminario Permanente de Editores de la UNAM. Es autora de dos artículos científicos y 69 artículos de divulgación científica en medios impresos y electrónicos. Como docente, ha impartido talleres en educación ambiental y cursos en ciencias biológicas y de la salud, incluyendo uno de posgrado sobre redacción de artículos científicos y su publicación. Desde 2014, es Editora Asistente de la *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* y desde 2017 de la revista *Atmósfera*, ambas del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la UNAM. En noviembre de 2020 fue contratada como Técnico Académico en la Sección Editorial del mismo Instituto.

 [0009-0003-3825-6159](https://orcid.org/0009-0003-3825-6159)

 [@irene.romeronajera](https://www.facebook.com/irene.romeronajera)

 m-irene-romero-najera/

Introducción

Cuando se trata de alimentación, dietas y salud, es probable que hayamos escuchado que la carne más beneficiosa para el consumo humano es la de pescado. Es fácil de digerir, ligera, baja en grasa y no contiene hormonas, especialmente si proviene de su ambiente natural en lugar de granjas donde se reproducen de manera controlada para la venta y consumo. Sin embargo, el medio natural donde habitan estos organismos también está expuesto a contaminantes, que pueden llegar por la lluvia, descargas de drenaje a ríos, lagos, lagunas y mares, así como por otras fuentes directas de contaminación, como la basura arrojada en cuerpos de agua o en sitios donde los lixiviados (líquidos que se desprenden de la descomposición de materia orgánica) se filtran al agua subterránea.

En algunos casos, estos contaminantes pueden biodegradarse (descomponerse en formas más simples por organismos como bacterias y hongos) y no llegar hasta los cuerpos de agua. Sin embargo, hay otros que pueden ser potencialmente tóxicos para los seres vivos y que llegarán hasta los organismos acuáticos que posteriormente consumiremos. Entonces, resulta que lo que considerábamos la carne más beneficiosa no lo es tanto, ya que bioacumula elementos dañinos como el mercurio, el cual tiene efectos negativos en la salud.

El objetivo de este artículo es explicar qué es la bioacumulación, dar algunos ejemplos y mostrar cómo afecta a toda la red alimentaria para que intentemos modificar, en la medida de lo posible, los hábitos de alimentación que podrían poner en riesgo nuestra salud.

Pero, ¿qué es la bioacumulación?

La bioacumulación es la acumulación de sustancias o elementos químicos en el cuerpo de un organismo a través de diversas fuentes de exposición a lo largo del tiempo (Pittinger, 2007; GreenFacts, 2022). Estas fuentes pueden ser bióticas (como otros organismos) o abióticas (como agua, suelo o aire) (Pittinger, 2007; Pérez y Gardey, 2017; GreenFacts, 2022). Los elementos químicos se incorporan en los tejidos de los seres vivos a través de la respiración o la alimentación (Pérez y Gardey, 2017).

Es decir, que al ingerir el pez un elemento tóxico, como el mercurio u otros metales pesados, estos se integran a sus propios músculos y tejidos, donde se acumulan conforme el pez ingiere más del mismo elemento a lo largo de su vida. Cuanto más joven sea el pez, menos sustancias tóxicas bioacumulará en su cuerpo.

El problema se agrava cuando estos elementos tóxicos afectan a otros organismos que son consumidos a lo largo de la cadena alimentaria. En una cadena alimentaria, se transfieren sustancias nutritivas a través de los diferentes

eslabones que la componen: cada eslabón (formado por diferentes especies) se alimenta del eslabón inferior y sirve de alimento al eslabón superior. Una cadena alimentaria típica incluye al menos tres eslabones: las plantas (que producen su propio alimento), los herbívoros (que se alimentan de las plantas) y los carnívoros (que se alimentan de carne). Existen cadenas alimentarias más complejas que pueden incluir otros eslabones como los descomponedores (hongos y bacterias) o eslabones intermedios entre herbívoros y carnívoros, como los omnívoros (que consumen tanto plantas como carne).

Cuando la bioacumulación se extiende a toda la red alimentaria (conjunto de varias cadenas alimentarias), se le conoce como biomagnificación. Así, conforme se asciende en la cadena, aumentan las concentraciones de elementos tóxicos incorporados en los organismos (GreenFacts, 2022). Por ejemplo, un pescado pequeño (como el charal) tendrá una menor concentración de sustancias tóxicas que uno más grande (como el atún). Esto se debe a que los organismos pequeños son presa de los más grandes, y a mayor tamaño, mayor concentración del contaminante (ver Figura 1).

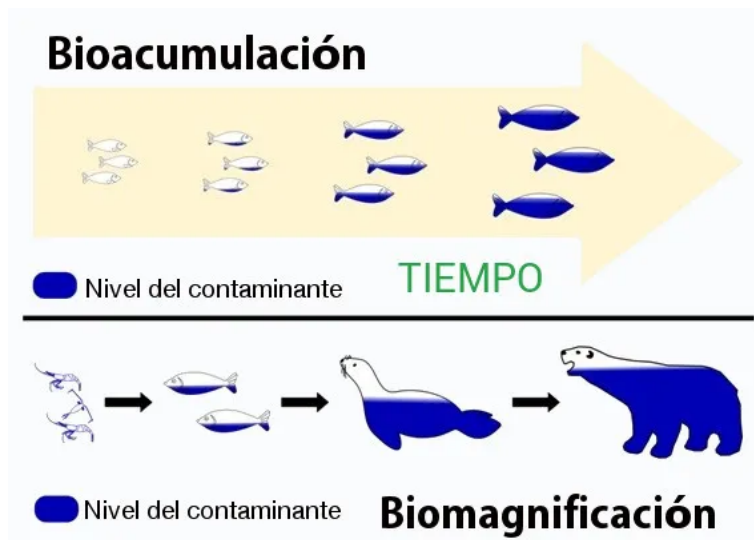


Figura 1. Nivel de contaminantes a lo largo del tiempo y de la cadena alimenticia. Crédito: Luna (2017).

¿Qué organismos pueden bioacumular sustancias tóxicas?

En general, todos los seres vivos son capaces de bioacumular contaminantes, aunque algunos serán más tóxicos que otros. Desde el nivel más bajo de una cadena alimentaria, como las plantas y las algas, hasta los niveles más altos, donde se encuentran los depredadores que se alimentan de carne, como osos, lobos, tiburones y seres humanos, entre otros, encontraremos organismos bioacumuladores.

Algunos ejemplos recientes que evidencian este fenómeno incluyen la bioacumulación de metales pesados en ostiones, plaguicidas en ajolotes, mercurio en manglares, nanopartículas atmosféricas en plantas, así como cobre,

zinc y plomo en musgos (Álvarez-Díaz et al., 2020; Hernández et al., 2013; Molina et al., 2019; Abrica-González y Gómez-Arroyo, 2022; Lara-Almazán et al., 2021). Dependiendo de la cantidad acumulada y la toxicidad de cada elemento, existe un riesgo toxicológico específico. Por ejemplo, en el caso de los ostiones, los niveles de metales pesados en dicho estudio, superan los límites permitidos por las normativas mexicanas, por lo cual se consideran un riesgo para la salud.

¿Qué es el riesgo toxicológico?

El riesgo toxicológico se define como la probabilidad de que ocurra un efecto en la salud después de que un organismo haya estado expuesto a una determinada cantidad de una sustancia o elemento químico (ATSDR, 2019). Incluso en dosis bajas, algunas sustancias pueden tener efectos negativos. La magnitud del riesgo depende de la cantidad, así como de la duración y frecuencia de la exposición al elemento. Además, hay rutas de exposición más susceptibles de causar efectos, como el contacto a través de la piel, inhalación, consumo o inyección (ATSDR, 2019).

Un estudio realizado por SEMARNAT (2009) resume que para identificar el peligro vinculado a la exposición de un compuesto químico con riesgo para la salud, se revisan datos del desarrollo de la enfermedad a través de dos tipos de estudios: experimentos de laboratorio y registros epidemiológicos.

En los experimentos de laboratorio, se utilizan organismos como ratas, expuestos a diferentes concentraciones y tipos de sustancias tóxicas. Estas pueden causar daños a diferentes órganos, especialmente al hígado y los riñones, que se encargan de limpiar la sangre y convertir las sustancias tóxicas en moléculas menos dañinas para ser expulsadas del cuerpo a través del sudor, la orina o el excremento. Este fenómeno se conoce como biotransformación.

Por otro lado, los estudios de registros epidemiológicos se utilizan para evaluar el riesgo de una sustancia tóxica en la salud humana. Generalmente, se comparan grupos de humanos expuestos al elemento tóxico con grupos no expuestos y se observan durante un período de tiempo, documentando la aparición de síntomas y enfermedades en ambos grupos (SEMARNAT, 2009). Estos estudios ayudan a prevenir impactos negativos en la salud y el ambiente.

¿Qué tanto es tantito?

Diferentes especies reaccionan de manera distinta a la exposición de elementos tóxicos en el ambiente. Los estudios que evalúan la mortalidad de especies tras la exposición a elementos tóxicos se basan en la concentración que puede ser letal para ellos. Por ejemplo, en Campeche se registró la muerte de tiburones expuestos a zinc y cobre, siendo las hembras las más afectadas con mayores concentraciones de estos contaminantes en el hígado en comparación con los machos. A pesar de esto, no se excedieron los límites máximos permitidos por las normativas, por lo que el consumo de su carne no representa un riesgo para

la salud humana (Esparza-May et al., 2023). En la laguna Mandinga, Veracruz, se observó el efecto del cadmio en ostiones mediante un experimento de laboratorio donde los organismos perdieron peso y finalmente murieron al ser expuestos a altas concentraciones de este elemento tóxico (Barrera-Escorcia y Wong-Chang, 2010).

Hay varios contaminantes bien identificados cuyas dosis y rutas de exposición se sabe que causan efectos en la salud humana. Por ejemplo, el cadmio, utilizado en la elaboración de pilas, pinturas y cerámica, afecta diferentes sistemas del cuerpo, incluyendo el respiratorio, digestivo, urinario, reproductor, óseo y nervioso. Otro elemento tóxico bien estudiado es el mercurio, cuyas rutas de exposición pueden ser por consumo, inhalación y absorción. La exposición aguda al mercurio puede causar problemas respiratorios, renales, cardiovasculares, gastrointestinales, dermatológicos y neurológicos, mientras que la exposición crónica causa principalmente síntomas neurológicos, carcinogénicos, tiroideos, inmunológicos y reproductivos (SEMARNAT, 2009; Gaioli et al., 2012).

Entonces, el riesgo de consumir plantas o animales que bioacumulan sustancias tóxicas dependerá de factores determinados como la cantidad, la concentración y la ruta de exposición. No es lo mismo tocar una planta que consumirla. Si sólo la toco, probablemente tendré urticaria (ronchas y comezón en la piel), mientras que si la consumo puedo acabar en el hospital por intoxicación. No es lo mismo comer pescado una vez a la semana que consumirlo diariamente; cuanto menos organismos bioacumuladores ingiera, menor será el riesgo de afectar mi salud.

Figura 2. Reproducción descontrolada de lirios acuáticos en los canales de Xochimilco en la CDMX. Crédito: Psagency1990 (2015).



Importancia de los organismos bioacumuladores

La expansión de la bioacumulación de sustancias tóxicas en las redes alimenticias es fundamental para identificar lugares contaminados que pueden representar riesgos para la dinámica y el buen funcionamiento de los ecosistemas, así como para la salud humana (García et al., 2017). Estos organismos, conocidos como bioindicadores, responden a las alteraciones en su entorno de diversas maneras: pueden enfermar, cambiar de forma y color, modificar sus hábitos, desaparecer, colonizar nuevos sitios o bioacumular sustancias tóxicas (ver Figura 2; García et al., 2017).



Figura 3. Líquenes bioindicadores de la calidad del aire. La contaminación del aire afecta su supervivencia. Crédito: Green (2024).

Por ejemplo, el lirio acuático que prolifera en los canales de Xochimilco es un indicador claro de la presencia de contaminantes en el agua (Cardinalia, 2020). La presencia cada vez más frecuente de delfines, orcas y ballenas varados en las playas, como menciona Hobson (2021), también puede atribuirse a la presencia de contaminantes en su entorno marino. Estos animales, al enfermarse, suelen salir del mar para morir, siendo los contaminantes como el petróleo derramado o los microplásticos consumidos como basura, algunos de los motivos de estos varamientos.

Otros ejemplos de organismos bioindicadores incluyen a los líquenes (ver Figura 3), cuya ausencia o escasa presencia indica baja calidad del aire que respiramos, posiblemente debido a contaminantes emitidos por vehículos o parques industriales (Lijteroff et al., 2010). En el caso de la calidad del agua, además de las plantas como el lirio mencionado anteriormente, la presencia de ciertas especies de algas, corales, erizos y caracoles también puede indicar contaminación (García et al.,

2017). Algunas especies de hongos funcionan como bioindicadores de radiactividad y, al ser consumidos por otros seres, como los roedores, la radiactividad puede biomagnificarse en eslabones posteriores de la cadena alimentaria (Valenzuela et al., 2010).

Conclusiones

Si bien sería ideal evitar por completo los alimentos con sustancias tóxicas, especialmente en entornos urbanos donde es difícil acceder a opciones completamente orgánicas o cultivar nuestros propios alimentos, podemos adoptar medidas realistas. Moderar el consumo de alimentos procesados y dar preferencia a opciones naturales, revisar etiquetas nutricionales para elegir productos con menos ingredientes perjudiciales como grasas trans y conservadores artificiales, es un primer paso importante.

En México, los sellos informativos en el etiquetado de alimentos nos ayudan a identificar aquellos con excesos de ingredientes críticos para la salud, orientándonos hacia elecciones más saludables. Sin embargo, aún con estas herramientas, la información y la conciencia del consumidor son fundamentales. Es crucial mantenernos informados a través de fuentes confiables para entender los riesgos asociados a nuestra alimentación.

El estudio de la bioacumulación y el uso de bioindicadores en la evaluación de calidad ambiental nos permiten comprender cómo los contaminantes ingresan en la red alimentaria y afectan la transferencia de nutrientes entre sus componentes. Esto es valioso para identificar zonas vulnerables y riesgos para la salud humana derivados del consumo de organismos que acumulan toxinas. Como parte integral de esta red, nuestras decisiones alimentarias impactan no sólo nuestra salud, sino también el equilibrio ambiental y la biodiversidad global.

Referencias

- ❖ Abrica-González, P., y Gómez-Arroyo, S. (2022). Efectos y caracterización de nanopartículas atmosféricas (NP-CuO, ZnO) en plantas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 38, 145-164. <https://doi.org/10.20937/RICA.54303>
- ❖ Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR]. (2019). *Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades*. Recuperado de <https://www.atsdr.cdc.gov/es/index.html>
- ❖ Álvarez-Díaz, J., Brito-Manzano, N. P., Vargas-Falcón, P. M., y Gómez-Vázquez, A. (2020). Metales pesados en el ostión *Crassostrea virginica* de la laguna Mecoacán, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 8(1), 11-13. <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/view/120/109>
- ❖ Barrera-Escorcia, G., y Wong-Chang, I. (2010). Concentración corporal letal media de cadmio en *Crassostrea virginica* de una laguna costera tropical mexicana. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 21(2), 55-62. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/22561>
- ❖ Cardinalia. (2020, 27 de junio). *Pese a la pandemia desalojan miles de toneladas del perjudicial lirio acuático en canales de Xochimilco*. WordPress.com. <https://revistacardinalia.wordpress.com/2020/06/26/pese-a-la-pandemia-desalojan-miles-de-toneladas-del-perjudicial-lirio-acuatico-en-canales-de-xochimilco/>
- ❖ Esparza-May, T., Bérges-Tiznado, M. E., Bojórquez-Sánchez, C., Torres-Rojas, Y. E., y Páez-Osuna, F. (2023). Primer registro de concentración de zinc y cobre en *Sphyrna tiburo*: bioindicador de la salud de la costa de Campeche, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 39, 583-594. <https://doi.org/10.20937/RICA.54635>
- ❖ Gaioli, M., Amoedo, D., y González, D. (2012). Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 110(3), 259-264. <https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2012/v110n3a18.pdf>
- ❖ García, J. M., Sarmiento, L. F., Salvador, M., y Porras, L. S. (2017). Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. *Revista UG Ciencia*, 23, 47-62. <https://doi.org/10.18634/ugcj.23v.0i.659>
- ❖ Green, T. (2024, 22 de marzo). *Liquen* [fotografía]. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lichen_Flickr_22_March_2024.jpg

- ❖ GreenFacts. (2022). *Bioacumulación*. Recuperado de <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/bioacumulacion-bioacumular.htm>
- ❖ Hernández Quiroz, M., Hernández Soto, J., Rojo Callejas, F., Robles Mendoza, C., Vanegas Pérez, C., y Ponce de León Hill, C. (2013). Extracción asistida por microondas y limpieza en fase sólida como método de análisis para la determinación de plaguicidas organofosforados en *Ambystoma mexicanum*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(2), 189-200. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/32054>
- ❖ Hobson, M. (2021). ¿Por qué ocurren los varamientos de ballenas? El accionar humano entre las causas. *National Geographic*. <https://n9.cl/51ax5>
- ❖ Lara-Almazán, N., Zarazúa-Ortega, G., García-Chávez, M. de los Ángeles, Gómez-Hinojos, A. M., Barrera-Díaz, C. E., y Ávila-Pérez, P. (2021). Biomonitorio activo con *Leskea angustata* en la zona metropolitana del valle de Toluca. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 37, 293-306. <https://doi.org/10.20937/RICA.53860>
- ❖ Lijteroff, R., Lima, L., y Prieri, B. (2010). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(2), 111-120. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/21588>
- ❖ Luna, E. (2017). Los plaguicidas: armas silenciosas. *Estudios Planeteando*. <https://planeteando.org/2017/11/03/los-plaguicidas-armas-silenciosas/>
- ❖ Molina, E., Marín Medina, A., Lapo Calderón, B., González, V. H., y Lemus, M. (2019). Mercurio en raíces aéreas y absorbentes de *Rhizophora mangle* localizada en el litoral costero de la provincia de el oro, Ecuador. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 807-814. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.03>
- ❖ Morón, G. D. (Ed.). (2019). *Guía de actuación y diagnóstico de enfermedades profesionales. Exposición a cadmio y sus compuestos*. Superintendencia de Riesgos del Trabajo-Ministerio de Producción y Trabajo, Presidencia de la Nación. Buenos Aires, Argentina. <https://n9.cl/4asvn>
- ❖ Pérez Porto, J., y Gardey, A. (2016). *Definición de bioacumulación - Qué es, Significado y Concepto*. <https://definicion.de/bioacumulacion/>
- ❖ Pittinger, C. A. (2007). Evaluación de riesgos ambientales de sustancias químicas: introducción y visión panorámica. En Cristán Frías, A., *Seminario sobre gestión ambiental racional de las sustancias químicas desde la Perspectiva de la industria* (1.ª. Ed. pp. 32-52). Instituto Nacional de Ecología. http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/gestion_ambiental_racional_sustancias.pdf
- ❖ Psagency1990. (2015, 22 de septiembre). *Lirio acuático* [fotografía]. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lirio_acuatico.JPG
- ❖ Ramírez, A. (2002). Toxicología del cadmio: conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 63(1). https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63_n1/toxicologia.htm

- ❖ Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología [SEMARNAT]. (2009). *Introducción al análisis de riesgos ambientales*. Primera edición (2003). Ciudad de México, México. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/400.pdf>
- ❖ Valenzuela, V. H., Herrera, T., Gaso, M. I., Pérez Silva, E., y Quintero, E. (2010). Acumulación de radiactividad en hongos y su relación con roedores en el bosque del centro nuclear de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20(4), 141-146. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/22597>