

Plumas, metales y colecciones científicas

RUTH PARTIDA-LARA



Ruth Partida-Lara, Jaime Rendón-von Osten, Paula L. Enríquez

Resumen: La contaminación ambiental por metales se liga en gran parte a la actividad industrial, la cual propicia que estos elementos se acumulen y biomagnifiquen en los organismos a través de las redes tróficas. Esta toxicidad se ha documentado a lo largo de la historia tanto en humanos como en la fauna silvestre. En las aves, los metales se transfieren a las plumas, de modo que acercarnos a las que se han conservado en colecciones científicas es una puerta para determinar cómo ha evolucionado la contaminación por metales, y qué políticas se han formulado, o pueden formularse, para su control.

Palabras clave: aves, políticas públicas, metales pesados, salud, colecciones científicas.

Maayat'aan (maya): K'u'uk'umel ch'iich'o'ob yéetel u xak'al ila'al u lóobil éek'il

Kóom ts'íibil meyaj: U yéek'kunta'al yóok'olkaab tumen metalo'obe' táasbilak tumen u meyajil indutria'o'ob, leti' méen-tik u múuch' p'áatal k'ak'aas ba'alo'ob yéetel u bin u jach ya'abtal tu wíinkilal u jeel ba'ax kuxa'ano'ob, ku paklan máansa'al le kéen u tsentuba'ob paak'alo'ob yéetel ba'alche'ob, ku ya'alal xan red trófica. Ts'o'ok u yúuchtal káajak u xak'al xoka'al bix u lóobiltik wíinik yéetel ba'alche'ob le ba'ax toxicoo'. Ti' le ch'iich'o'obe' le metalo'obo' ku k'uchul tak tu k'u'uk'umel, lebetik wa ka náats'ako'on k xak'alt le múuch k'u'uk'umel li'isa'an ti'al meyaj científicoe' ku béeytal u yila'al bix u bin u na'akal u loobil metalo'ob, bey xan ba'ax meeta'an ti'al u jets'a'al u meyaj jala'achil yéetel ku béeytal xan u jets'a'al ti'al ma' u bin u na'akal u loob.

Áantaj t'aano'ob: ch'iich'o'ob, meyaj jala'achil, metales pesados, toj óolal, colecciones científicas.

Bats'i k'op (tsotsil): Sk'uk'umal mutetik xchi'uk sk'elel k'u yelan chak' xchopolil k'a'epaltike

Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: K'a'epaltik oy ta lum, ta ik', ta vo', le'e tey ta xlok' talel ta snailal bu xich' meltsanel k'usitik pasbil ta tak'inetike, xchopolile ta stsob sba ta bek'talil ta skoj ti k'usitik xich' lajesele. Le' xa slikel xchanel talel k'u yelan chak' xchopolil ta jch'ieletik xchi'uk ta chonbolometike. Li xchopolil tak'inetike te ta stik' sba ochel ta sk'uk'ubal li mutetike, mi jk'eltik ta yilobil snailal bu k'ejajtik skotol k'usitik chanbil xa ta skuxlejal li chonbololetik xchi'uk li vomoletike, stak' ilel k'u to yelan jelem epajem talel xchopolil li tak'inetike, xchi'uk stak' yilel k'usi pasbil xa xchi'uk k'usi stak' to pasel sventa stuk'ulanel mu x-epaje.

Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun: mutetik, chapbil svunal sventa stuk'ulanel mu x-epaj, jchop tak'inetik oy yalal, kuxlejal, tsobbil ta jujuchop k'usitik kuxajtik.

La contaminación es un problema global que degrada el medio ambiente y daña a todos los seres vivos; es en este contexto que los metales pesados son causa de preocupación. Sin embargo, y por increíble que parezca, las plumas de las aves llegan para auxiliarnos, pues nos permiten reconstruir en el tiempo la contaminación antropogénica, y más datos importantes.

Metales y mecanismos de regulación ambiental

La presencia de metales en el ambiente se debe tanto a procesos naturales como a la actividad antropogénica. Las erupciones volcánicas y la meteorización son causas naturales mediante las que los metales quedan expuestos en la superficie terrestre, donde luego son movilizados por el agua y el viento. La meteorización se refiere a los procesos con los que las rocas se transforman en sedimento, por ejemplo, nevadas, oxidación o la acción de bacterias. Por su parte, la actividad antropogénica provoca que los metales se conviertan en contaminantes del aire, el agua, los organismos, el suelo y los sedimentos, de modo que entre las fuentes puntuales de contaminación por metales encontramos a las industrias

agrícola, metalúrgica, petroquímica, cosmética, electrónica, alimentaria y farmacéutica, entre otras.

En este sentido, la industrialización iniciada a mediados del siglo XVIII incrementó con celeridad la exposición a metales alrededor del mundo. Por sus características, algunos pueden dispersarse ampliamente por el agua y volatilizarse en la atmósfera, alcanzando sitios tan distantes como los polos, es el caso del mercurio y el plomo. La evidencia de esta contaminación histórica se ha encontrado en las muestras analizadas de pieles de mamíferos, plumas de aves rapaces, dientes de humanos y mamíferos marinos conservados en colecciones científicas.

Tenemos, por otra parte, que hay metales esenciales y no esenciales. El cobre, hierro, manganeso y zinc, y metaloides como el selenio, son esenciales para el desarrollo de la vida porque intervienen en sus procesos metabólicos para la generación de energía y funcionamiento de las células. En cambio, el plomo, cadmio, mercurio y níquel, y metaloides como el arsénico y antimonio, son no esenciales para los humanos ni el ambiente, y por lo tanto, resultan tóxicos aún en bajas concentraciones. Por eso repre-

sentan una gran preocupación mundial: en primera porque están en todos los ambientes, son acumulables y algunos incrementan sus concentraciones a través de las redes tróficas, y en segunda porque pueden generar alteraciones bioquímicas, o bien, enfermedades crónico-degenerativas como el cáncer.

Sin embargo, dadas sus propias reacciones bioquímicas esenciales y no esenciales, todos estos elementos se vuelven tóxicos a corto, mediano y largo plazo cuando exceden las concentraciones que un organismo puede tolerar. Es así como al evaluar la toxicidad de cualquier elemento o sustancia química es necesario cuantificar la relación entre la dosis o concentración del contaminante y la respuesta celular del organismo, además del tiempo de exposición.

Esta contaminación histórica y actual de dichos elementos en el ambiente es la que ha afectado a la vida silvestre y al ser humano, y por ello se ha buscado regularla por medio de protocolos internacionales. En el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se han firmado convenios entre países para la reducción de la contaminación por metales y otras sustancias tóxicas, y para exigir

a las naciones participantes la generación y aplicación de políticas y estrategias que lleven a reducir la contaminación local que traspase las fronteras.

Las aves: organismos bioindicadores

Las aves son consideradas bioindicadores¹ de la calidad del ambiente. Esto se debe a que son altamente diversas, su distribución es amplia, son fáciles de observar y estudiar, tienen gran variedad de hábitos alimenticios y a que algunas son específicas de ciertos ambientes. Además, muestran diferentes grados de sensibilidad a las perturbaciones humanas, por lo que al analizar los metales en ellas nos dan indicio de sus concentraciones, frecuencia de exposición, biomagnificación² y, en algunos casos, su efecto adverso.

Como mecanismo de desintoxicación, las aves liberan elementos dañinos a través de las plumas, y cada vez que las mudan (polluelos, juveniles y adultos) es posible obtener información ambiental con análisis adecuados. Además, las plumas difícilmente se degradan porque están hechas de queratina, una proteína que, además de permitir la fácil adherencia de los metales pesados, forma estructuras en capas muy duras y resistentes que también encontramos en pelo, uñas y cuernos. Esa cualidad de la queratina es la que permite utilizar el plumaje de las aves como bioindicador de contaminación por metales.

Es así como el análisis de plumas resulta de gran utilidad, y más aún porque no es necesario sacrificar a los individuos. Mediante este método es posible estudiar los contaminantes en especies en peligro de extinción o que son vulnerables, y realizar investigación sobre tendencias temporales colectando plumas de los mismos individuos en repetidas ocasiones o en di-

¹ Llamamos bioindicadores a los organismos que responden ante la presencia de un contaminante y son utilizados para evaluar la calidad ambiental.

² Biomagnificación es el incremento de las concentraciones de un contaminante en los tejidos de los organismos a través de la red trófica.

ferentes individuos durante varios años. Si el objetivo es analizar los metales a escala local, es recomendable estudiar las aves residentes. Pero si la escala es global, será preciso estudiar a las especies migratorias

de larga distancia, lo cual ayudará a entender la distribución de los contaminantes rastreando las rutas de movilidad. Por ejemplo, hay indicios de que la quinta pluma de las alas o plumas de vuelo de las rapaces migratorias, como el halcón gerifalte (*Falco rusticolus*), el águila pigargo europeo (*Haliaeetus albicilla*) y el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), crece durante el verano en Groenlandia. El resto de las plumas las cambian en las áreas de migración e invernada, lo que permite el análisis a gran escala de la contaminación por agentes tóxicos de estas especies.

Una mirada al pasado de la contaminación por metales

En el siglo XV la colecta de animales y plantas era de carácter personal. Estas colecciones o "gabinetes de curiosidades o cuartos de maravillas", como se les conocía, pasaron a considerarse un bien común y se les asignó un valor científico durante el siglo XVI. Para finales del siglo XVIII se crearon los museos de historia natural y las colecciones científicas. En países de Europa y Asia, dichas colecciones se convirtieron en parte de las estrategias políticas de monitoreo ambiental a largo plazo, ya que permitían evaluar el origen y dispersión de enfermedades, la evolución histórica de contaminantes, el cambio climático, y la identificación de las fuentes de contaminación química y sitios críticos. También facilitaban la evaluación de riesgos, la formulación de políticas para el control y prohibición de contaminantes, y la determinación de la eficacia de las medidas para reducir la contaminación química.

Al respecto, citaremos un caso que ocurrió en 1950, cuando se registró la mortalidad de aves rapaces en Suecia. Un análisis histórico de plumas de pieles del águila ratonera (*Buteo buteo*), el azor común (*Accipiter gentilis*) y la lechuza común (*Tyto alba*), entre otras, reveló que durante casi un siglo (1830-1940) las concentraciones de mercurio habían sido de 2µg/g (microgramos o milmillonésima parte



RUTH PARTIDA-LARA

Especie indicadora de la biomagnificación de metales.

de un kilogramo por gramo de peso de las aves). Pero después, desde 1940 y hasta 1960, esas concentraciones se incrementaron de 9 a 20 veces. La causa era la introducción del compuesto alquilmérgurio para combatir los hongos en semillas agrícolas. Las semillas eran consumidas por los roedores presa de las aves rapaces, lo que las expuso al mercurio. Con la información obtenida se gestionaron políticas para eliminar ese compuesto en la agricultura; un análisis de sus concentraciones en plumas reveló la disminución del mercurio en 1966.

Otro estudio con plumas del búho cárabo común (*Strix aluco*) en Noruega mostró que en 1986 las concentraciones de plomo eran de 0.381 $\mu\text{g/g}$, y después de casi 20 años (2005), disminuyeron a 0.024 $\mu\text{g/g}$. Este decremento fue debido a las políticas



JÓSE RAÚL VÁZQUEZ PÉREZ

establecidas en ese país para la eliminación del plomo como aditivo de la gasolina durante la década de 1980.

De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) en registros de 2020, en México existen alrededor de 813 colecciones científicas, de las cuales 37 tienen pieles de aves y nueve de ellas se encuentran en el sur de México. Hasta donde se sabe, no se han realizado estudios sobre contaminantes en estos ejemplares, aunque esas colecciones han sido repositorios de la diversidad biológica del país que han permitido estudios taxonómicos, filogenéticos y ecológicos.

Estas colecciones son acervos que tienen potencial para estudios ecotoxicológicos históricos para los Programas Nacionales Estratégicos (PRONACES) que, a cargo del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), buscan impulsar la investigación humanística, científica y tecnológica, así como brindar soluciones viables ante problemas por agentes tóxicos y procesos contaminantes, para beneficio social, cuidado ambiental y la conservación del patrimonio cultural de México. Para que esto sea posible se requiere estudiar la contaminación en suelos, sedimentos, alimentos que consumimos, alimentos procesados, en la población humana y la fauna silvestre. Es importante entender la evolución histórica de las concentraciones de estos metales para mejorar la salud humana y ambiental.

Por ello es necesario fomentar y apoyar la colecta de plumas, sangre y excretas a través de protocolos estandarizados, a fin de que este tipo de estudios sean per-



RUTH PARTIDA-LARA

Plumas limpias de contaminantes externos.

manentes, sobre todo en sitios muy contaminados, y disponer así de información temporal a largo plazo, lo cual incrementaría el valor de la colección y permitirá establecer programas para evitar o manejar adecuadamente los contaminantes.

La dualidad de algunos metales respecto a que por una parte son esenciales pero se vuelven dañinos en determinadas concentraciones, demanda un arduo trabajo entre la comunidad científica y la clase política. Mas como se describe en este artículo, en las tareas del monitoreo de ese peligro para la salud humana y medioambiental, las aves, admiradas por su belleza visual y melódica, son nuestras aliadas.

Bibliografía

- Dietz, R., Outridge, P. M., y Hobson, K. A. (2009). Anthropogenic contributions to mercury levels in present-day Arctic animals - A review. *Science of The Total Environment*, 407(24), 6120-6131.
- Odsjö, T. (2006). The environmental specimen bank, Swedish Museum of Natural History - A base for contaminant monitoring and environmental research. *Journal of Environmental Monitoring*, 8(8), 791-794.
- Suarez A. V., y Tsutsui, N. D. (2004). The Value of Museum Collections for Research and Society, *BioScience*, 54(1), 66-74.

Ruth Partida-Lara es posdoctorante en la Universidad Autónoma de Campeche (San Francisco de Campeche, Campeche, México) | rpartida@uacam.mx | <https://orcid.org/0000-0003-3012-4760>

Jaime Rendón-von Osten es profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Campeche (San Francisco de Campeche, Campeche, México) | jarendon@uacam.mx | <https://orcid.org/0000-0002-3585-0211>

Paula L. Enríquez es investigadora en El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal (San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México) | penrique@ecosur.mx | <https://orcid.org/0000-0002-8195-1363>