



# Arroyos de la bahía de Acapulco: principales acarreadores de metales pesados hacia el mar

Alejandro Hermelindo Ramírez-Guzmán\*

ORCID: 0000-0003-4446-0968

Giovanni Hernández-Flores\*

ORCID: 0000-0001-8464-832X

Jazmin Alaide López-Díaz\*

ORCID: 0000-0002-1557-8636

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.126.2>

\* Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo de los Bravo, México.  
Contacto: halessandro2@hotmail.com, ghernandez@conahcyt.mx

En la última década se ha despertado un especial interés por la posible contaminación con metales pesados (MP) de la bahía de Acapulco, un destino turístico internacional (Bahena-Román *et al.*, 2021). Los MP son un grupo de elementos químicos, tóxicos para plantas, animales, microorganismos y, por supuesto, los humanos. El consumo o una exposición constante a éstos se traduce en afectaciones directas a la salud pública. El abanico de enfermedades que pueden ocasionar es extenso y depende del MP que estemos hablando. Algunos males asociados con ellos son dermatitis, gingivitis, saturnismo, convulsiones, cefaleas, gota, osteoporosis, depresión, infertilidad, problemas en el embarazo, abortos, mutaciones genéticas, cáncer y muchas otras alteraciones fisiológicas (Martínez-Castrejón *et al.*, 2022).

Sin embargo, para sorpresa, varios MP nos acompañan en la vida diaria y los encontramos dentro de nuestro hogar en pinturas, cubiertos, computadoras, televisiones e incluso medicamentos. En algún momento, estos objetos serán desechados y si no son manejados adecuadamente se convertirán en una fuente de contaminación de suelo y agua. Asimismo, no debemos olvidar que los MP pertenecían a la estructura de las rocas del subsuelo –antes de ser extraídos por las actividades mineras– o de los riesgos sobre los cuales construimos ciudades; estos últimos susceptibles a una disgregación por acciones naturales con una rapidez imperceptible en el reloj biológico humano.

Entonces, esto significa que existen dos posibles orígenes de los MP estudiados y reportados en el puerto de Acapulco: antrópico por actividades humanas o natural a través de los procesos de desgaste de las piedras. Por una cuestión de reputación –bien ganada–, siempre que se habla de contaminación por MP o por cualquier otro agente, se asume que es por actividades industriales o domésticas, por lo que es necesario aclarar que no siempre es culpa de nosotros.



## ¿QUÉ DEBEMOS ENTENDER COMO CONTAMINACIÓN?

Si queremos hablar de contaminación, debemos tener claro el significado de la palabra. Supongamos que hay una hoja de papel, blanca en su totalidad, sin usarse. Luego, alguien con un bolígrafo negro o de color marca un punto sobre la superficie. Ésta ya no será completamente blanca, la tinta modificó la condición original. Otro escenario puede ser que alguien derrame refresco

o café sobre ella. Al principio se observará humedad, una vez seca quedará una mancha y quizá cristales de azúcar sobre la superficie y tal vez con el paso de los días aparezca moho.

Un escenario que también se puede considerar es dejar esta hoja expuesta a la intemperie por un par de días. Una capa de polvo se depositará o algunos insectos se colocarán sobre ella e incluso defecarán ahí. En estos ejemplos: la tinta, el refresco y el café son componentes externos. Originalmente no estaban en el papel y son una consecuencia de la actividad humana. Por otro lado, el polvo, los insectos y sus heces también lo son, en este caso ninguna persona tuvo la culpa, pero sí la naturaleza. Indistintamente del origen, ambos son considerados impurezas.

Es decir, contaminar ocurre cuando componentes externos son incorporados de manera natural o por acciones humanas a un lugar donde no pertenecen y modifican el estado original; se reconocen al menos tres grandes grupos de éstos: físicos, químicos y biológicos. Por lo tanto, es crucial diferenciar e identificar el origen de los elementos incorporados.



### TE CUENTO QUE... LAS ROCAS PONEN SU GRANITO DE ARENA

Así es, literalmente, las rocas se desintegran y algunas participan en el surgimiento de las arenas. Este fenómeno recibe diferentes nombres: intemperización, meteorización, disgregación, desgaste, descomposición, destrucción o transformación –como se le quiera llamar–. La interacción de los riesgos con el aire, variaciones de temperatura, animales, microorganismos, personas y, por supuesto, el agua, es un suceso diario responsable de la formación de suelos y de la composición química acuática, contribuyendo, en algunos casos, con la liberación de MP y generando contaminación natural en los sitios donde se descomponen (Krauskopf y Bird, 2003).



### PERO ¿QUÉ SON LOS FAMOSOS METALES PESADOS?

Los MP son un grupo de elementos químicos que encontramos en la tabla periódica. Su primera característica es que son metales y, por lo tanto, conducen la electricidad. Entre los integrantes de este grupo se encuentran: cobre (Cu), hierro (Fe), aluminio (Al), bario (Ba), cobalto (Co), níquel (Ni), cromo (Cr), vanadio (V), plomo (Pb), mercurio (Hg), manganeso (Mn), magnesio (Mg), cadmio (Cd), zinc (Zn), estroncio (Sr), estaño (Sn), oro (Au), plata (Ag), arsénico (As), selenio (Se) y antimonio (Sb). En el caso de As, Se y Sb, ¡son, pero no son!, estos elementos son clasificados como metaloides, no obstante, por sus características químicas son aceptados en el grupo de los MP.

Ahora, cuando hablamos de MP, los metales a los que nos referimos tienen el adjetivo pesado, que los diferencia de los demás que no pertenecen a este grupo, por ejemplo, sodio (Na), potasio (K) y calcio (Ca). El adjetivo calificativo pesado tiene que ver con su densidad ( $\rho$ ), es decir, la relación que existe entre su masa y su volumen. Para pertenecer al grupo de MP no sólo tienen que ser metales, además deben tener una  $\rho \geq 5 \text{ g/cm}^3$ , un valor cinco veces superior al del agua pura,  $1 \text{ g/cm}^3$  (Mathuriya y Yakhmi, 2014).

En la forma sólida, como comúnmente conocemos a los MP, no son peligrosos y muchos están presentes en nuestra vida diaria. Sin embargo, se hacen invisibles cuando se disuelven en agua. Así aumenta el riesgo de ingerirlos y causarnos toxicidad o problemas de salud si no son parte de nuestros requerimientos alimenticios. En el caso de aquellos elementos que sí necesitamos: Fe, Zn, Mo, Mn, Cu y Co, también pueden causar toxicidad si excedemos la dosis diaria necesaria.



## FINALMENTE, ¿CÓMO SE MOVILIZAN LOS METALES PÉSADOS EN ACAPULCO?

Retomando el tema de Acapulco, en esta importante ciudad se llevó a cabo un estudio sobre la química del agua de los principales arroyos que desembocan en la bahía. El objetivo fue identificar la presencia de MP y determinar su origen mediante el uso de isótopos de estroncio (Sr). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Geoquímica de la Universidad Autónoma de Guerrero. Los cationes totales y solubles se determinaron mediante espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) utilizando un equipo Perkin Elmer Optima 3200 DV.

En la verificación de la calidad de los datos se utilizaron estándares certificados de alta pureza para la calibración del ICP-AES. Además, las conclusiones también se basan en las relaciones isotópicas de Sr que se midieron por espectrometría en un instrumento VGA de la Universidad de Arizona. Los resultados indican que el líquido que corre en estos arroyos es principalmente de lluvia. No obstante, en todos los caudales se determinó una cantidad de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) superior a los 10 mg/L, concentración que excede la NOM-127-SSA1-2021 (norma que establece los límites máximos permisibles en el agua de uso y consumo humano en México). Dicho hallazgo sugiere la presencia de aguas negras incorporadas al cauce de los arroyos. Además, se encontró que la concentración de Fe, Mn, Cr, As y Al supera los niveles máximos permitidos por la NOM-127-SSA1-2021. De esta manera, el análisis isotópico demostró que dichos MP presentan la misma firma que las rocas graníticas que afloran en la bahía. Esto indica que los MP encontrados en el agua de los arroyos pertenecían a los peñascos autóctonos y que su presencia se debe a un proceso de descomposición por acción de la lluvia.

Este descubrimiento es relevante porque sugiere que la concentración y origen de tales MP son principalmente consecuencia de procesos naturales y no por actividades humanas. Sin embargo, se debe tener precaución al utilizar el término contaminación en este contexto. Las montañas que rodean la bahía de Acapulco son de granito y la formación que sustenta la famosa

isla de La Roqueta también. Aquí, los MP a los que nos referimos pertenecían a la composición rocosa y sólo se están desplazando de un lugar a otro por una acción de intemperización. Las corrientes de los arroyos mueven elementos que se desprenden de las piedras hacia sitios diferentes, desde áreas más elevadas a zonas más bajas (figura 1).

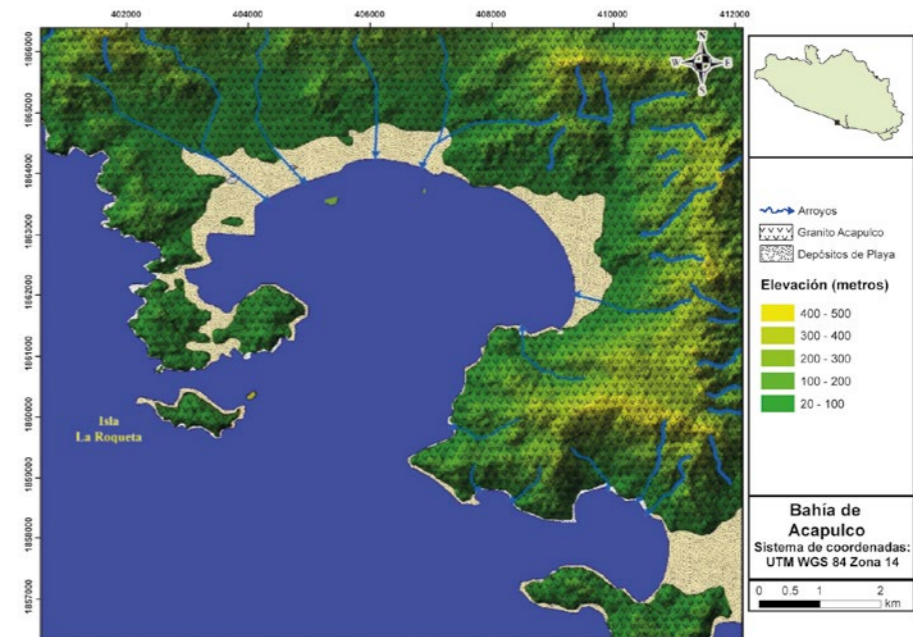


Figura 1. Niveles de altura, flujos de los arroyos y constitución rocosa sobre la que se encuentra asentada la bahía de Acapulco.

En resumen, se destaca el papel esencial de los arroyos y ríos como actores clave para la movilización de contaminantes tipo MP (Ramírez-Javier *et al.*, 2023). Por otro lado, en un estudio realizado por Bahena-Román *et al.* (2021) se evidenció la presencia de MP en el sedimento marino (arenas) de la bahía de Acapulco. Sus resultados coinciden con los de este estudio en que los MP encontrados en las arenas tienen su principal fuente de origen en las rocas de granito de Acapulco.

Estos hallazgos permiten atar cabos. Los MP originados por la interacción del agua de lluvia con las formaciones de granito vecinas, son conducidos hacia el mar a través de los arroyos. En el mar, afortunadamente, por las condiciones fisicoquímicas, los MP precipitan y pasan a formar parte de la constitución de las arenas y disminuyen su posibilidad de generar un efecto adverso a la salud pública. Esto confirma que los océanos son el destino final tanto de MP y de otros agentes de origen natural y antrópico (Bahena-Román *et al.*, 2021).

Es importante enfatizar que, en el presente estudio se observa un fenómeno de movilización de los MP desde su origen hasta un destino final con características similares. Dicho razonamiento nos impide hablar propiamente de un proceso de contaminación por MP en la bahía de Acapulco.



## CONCLUSIÓN

Los arroyos de la bahía de Acapulco transportan principalmente agua de lluvia, pero hay evidencia de desechos de drenaje. En la que fluye desde las áreas de mayor elevación hasta la zona más baja se detectó la presencia de MP como Fe, Mn, Cr, As y Al, superando los valores establecidos por la normatividad mexicana aplicable al agua de uso y consumo humano. Éstos tienen su origen y liberación a partir de la interacción de las precipitaciones con las rocas de granito circundantes y son transportados hacia la playa donde la composición rocosa es la misma que en la zona de mayor elevación. Es decir, en la bahía se observa un fenómeno de movilidad de MP no necesariamente de origen antrópico. Además, en el mar se presenta de dilución y precipitación de los MP disminuyendo su concentración o eliminándolos de la fase acuosa. Esto significa que, hasta el día de hoy, el aporte de MP hacia la bahía de Acapulco no representa un riesgo para la salud pública.



## REFERENCIAS

- Bahena-Román, M.S., Talavera-Mendoza, O., García-Ibáñez, S., *et al.* (2021). Source of detritus and toxic elements of seabed sediments from Acapulco Bay (southern Mexico) and their ecological risk. *Marine Pollution Bulletin*, 172, 112797.
- Diario Oficial de la Federación. (2021). *Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua Para Uso y Consumo Humano. Límites Permisibles de la Calidad del Agua*, Secretaría de Salud, Diario Oficial de la Federación: Ciudad de México, México, 2022.
- Krauskopf, K.B., Bird D.K. (2003). *Introduction to geochemistry*, New York, McGraw-Hill.
- Martínez-Castrejón, M., Ramírez-Nava, J., López-Díaz, J.A., *et al.* (2022). Acid mine drainage treatment using chicken eggshell waste, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 38, 411-427, <https://doi.org/10.20937/RICA.54409>
- Mathuriya, A.S., y Yakhmi, J.V. (2014). Microbial fuel cells to recover heavy metals. *Environmental Chemical Letters*, 12, 483-494, <https://doi.org/10.1007/s10311-014-0474-2>
- Ramírez-Javier, J. C., Ramírez-Guzmán, A. H., Hernández-Flores, G., Hernández, M. A., Talavera-Mendoza, O., Salgado Souto, S. A., *et al.*, A. (2023). Heavy Metal Dispersion in a Hydrological Sub-Basin as Consequence of Mining Activity in Taxco, Guerrero (Southern Mexico), *Water*, 15, 1950, <https://doi.org/10.3390/w15101950>

Recibido: 04/12/2023  
Aceptado: 14/03/2024

Descarga aquí nuestra versión digital.

