

LOS MAMÍFEROS MARINOS Y LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS

José Ángel Ortega-Borchardt¹, Gisela Heckel¹ y Nancy Ramírez-Álvarez^{2,*}

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California, México. jangelortegab@gmail.com (JÁO-B), gheckel@cicese.mx (GH)

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas-Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México. nancy.ramirez@uabc.edu.mx (NR-Á).

*Autora de correspondencia

La evidencia creciente sobre contaminación por plásticos muestra efectos adversos en la megafauna marina. Entre los grupos más expuestos se encuentran los mamíferos marinos, cuyas interacciones con los residuos plásticos reflejan el estado crítico de los océanos.

Si navegáramos a varias islas de la costa oeste de la Península de Baja California, en México, podríamos encontrar colonias importantes de pinnípedos, un fascinante grupo de mamíferos marinos que incluye a las focas, los lobos marinos, los lobos finos y las morsas. Especies como la foca común o de puerto del Pacífico (*Phoca vitulina richardii*), el lobo marino de California (*Zalophus californianus*), el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) y el elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) coinciden en estos territorios insulares, donde aprovechan las playas y costas rocosas para etapas cruciales de su ciclo biológico, como la reproducción y la muda anual. En pleno verano, por ejemplo, la Isla San Jerónimo, un territorio del Pacífico mexicano ubicado a unos 17 km de la costa de El Rosario, Baja California, se convierte en un punto de concurrencia en el que el lobo marino de California atraviesa su temporada reproductiva, mientras que la foca de puerto y el elefante marino se encuentran en su periodo de muda. Para la investigación biológica y ecológica de estas especies, esta coincidencia estacional representa una oportunidad única para la obtención de datos para aquellos investigadores e investigadoras que se dedican al estudio de mamíferos marinos.

Sin embargo, el aparente aislamiento de estos ecosistemas marinos contrasta drásticamente con una problemática global que los afecta de manera creciente. Al acercarnos en una pequeña embarcación a las costas rocosas o playas de canto rodado de islas que albergan colonias de pinnípedos, como la Isla San Jerónimo, la presencia de desechos plásticos se revela de inmediato, incluyendo redes de pesca, boyas, botellas y otros residuos. El registro de estos contaminantes en territorios tan alejados de la costa plantea cuestionamientos fundamentales a investigadores e investigadoras sobre su origen, sus rutas de transporte y, de forma relevante, los efectos que la contaminación plástica ejerce sobre las poblaciones de pinnípedos y otros mamíferos marinos, no solo a nivel regional, sino también a escala global.

La contaminación por plásticos constituye uno de los problemas ambientales más graves de nuestra época. El plástico, debido a su bajo costo y alta durabilidad, se consolidó como un material de uso generalizado durante el siglo XX y hasta la actualidad; sin embargo, su inherente resistencia a la degradación lo ha convertido también en uno de los contaminantes más persistentes del planeta. Actualmente, representa uno de los desechos más comunes en todos los

ecosistemas del planeta. Sus polímeros sintéticos, formados por largas cadenas de moléculas derivadas principalmente de combustibles fósiles, pueden tardar décadas o incluso siglos en degradarse. Si este tipo de plástico hubiera existido cuando el ballenero y naturalista Charles M. Scammon navegó hacia la Laguna Ojo de Liebre, en Baja California Sur, México, en diciembre de 1857 para cazar ballenas grises (*Eschrichtius robustus*), y si el bergantín Boston, en el que viajaban, hubiera estado aprovisionado con agua embotellada y alimentos envueltos en plástico, es muy probable que los residuos generados en aquella expedición aún permanecieran en el mar, casi dos siglos después.

La contaminación por plásticos es un problema principalmente terrestre que se manifiesta en los ambientes marinos. El transporte de estos residuos hacia los océanos es facilitado tanto por procesos naturales, como la escorrentía, el viento y las corrientes marinas, como por actividades antropogénicas (es decir, causadas o influenciadas por los humanos), entre las que destacan las descargas urbanas y el manejo inadecuado de desechos. Aproximadamente el 80 % de estos residuos plásticos tiene su origen en actividades humanas en tierra, principalmente debido a deficiencias en la gestión de residuos. El 20 % restante se origina en fuentes marinas, predominantemente vinculado a las actividades pesqueras y a la acuicultura.



Juvenil de elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) en una playa de canto rodado en Isla Todos Santos sur, Baja California. A su lado, una botella de plástico que, posiblemente, llegó a la isla transportada por escorrentías y/o por las corrientes marinas.

Fotografía: José Ángel Ortega-Borchardt.

La acumulación de este material en los ecosistemas marinos ha alcanzado cifras alarmantes. Actualmente, se estima que entre 75 y 199 millones de toneladas de residuos plásticos flotan o se encuentran sumergidas en los océanos globales. Para dimensionar el ritmo de esta crisis, la tasa de descarga de plásticos al mar es equivalente a desechar un camión de basura lleno de plásticos por minuto. En términos diarios, esto representa el vertido de residuos plásticos de más de 1,400 camiones directamente en el ambiente oceánico.

La contaminación por plásticos está tan extendida en los ecosistemas marinos a escala global que ya existe una base sólida de evidencia sobre los daños confirmados, así como sobre los posibles efectos adversos que provoca en la vida silvestre. Entre los grupos más afectados por esta problemática se encuentra la megafauna marina, en particular los mamíferos marinos, que incluyen a los pinnípedos, cetáceos (ballenas, delfines y marsopas), sirenios (como los manatíes *Trichechus* y el dugongo *Dugong dugon*), dos especies de mustélidos (*Enhydra lutris* y *Lontra felina*) y al oso polar (*Ursus maritimus*). Estas especies desempeñan funciones ecológicas fundamentales y actúan como indicadores del estado de conservación de los ecosistemas marinos, además de poseer un alto valor cultural. No obstante, su vulnerabilidad se ve amplificada por las amenazas derivadas directamente de los residuos plásticos. Estas presiones, sumadas a la pérdida de hábitat y al cambio climático, han llevado a que una gran proporción de las especies de mamíferos marinos se encuentre actualmente clasificada en categorías que van desde “Casi Amenazada” hasta “En Peligro Crítico”, según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Uno de los problemas más graves por desechos plásticos que enfrentan los mamíferos marinos es la exposición al enmalle. Se ha documentado que estos organismos pueden quedar atrapados en redes o líneas de pesca que se enredan alrededor del cuello, la boca o las aletas, lo que genera efectos adversos en su salud y bienestar. En muchos casos, las víctimas quedan atrapadas en las llamadas “redes fantasma”, es decir, artes de pesca abandonadas, perdidas o desechadas que continúan operando de manera pasiva en el mar y capturan a cualquier especie que entra en contacto con ellas. Entre los objetos que con mayor frecuencia se encuentran enredados en los cuerpos de estos organismos se incluyen cuerdas o cabos, redes de enmalle, líneas de monofilamento (a veces con anzuelos) y bandas plásticas utilizadas para embalaje.



Hembra y cría de delfín nariz de botella o tonina (*Tursiops truncatus*) nadando cerca de pescadores en la Bahía de Ohuíra, en Topolobampo, Sinaloa. El uso y abandono de artes de pesca plásticas representan una de las principales fuentes de interacción negativa entre las pesquerías y los mamíferos marinos.
Fotografía: José Ángel Ortega-Borchardt.

Además, los mamíferos marinos también pueden enmallarse en redes de pesca activas, especialmente en la zona de la cabeza o la boca, lo que dificulta saber si las heridas que presentan se deben a residuos marinos o a interacciones directas con la pesca. Estas lesiones suelen ser graves: laceraciones profundas, infecciones, daño en tejidos, fracturas, estrangulamiento y problemas circulatorios. En muchos casos, el enmalle puede afectar su movilidad, aumentar la resistencia al nadar y disminuir su capacidad para buscar alimento, generando un esfuerzo adicional y un dolor constante que genera un alto nivel de estrés que puede alterar comportamientos importantes, como la reproducción o la evasión de depredadores. En los casos más severos, las consecuencias pueden ser fatales: desnutrición, debilidad extrema o ahogamiento. Paradójicamente, durante millones de años, estas especies desarrollaron adaptaciones al medio marino tras una transición evolutiva iniciada por sus ancestros terrestres en el Eoceno (hace aproximadamente 50 millones de años). Sin embargo, en menos de un siglo, el enmallamiento y, en general, la contaminación por plásticos han logrado lo que ni el tiempo ni la evolución pudieron: ser una de las amenazas más grandes para su supervivencia en los océanos.

La ingestión de plásticos representa otro riesgo para los mamíferos marinos. Se ha señalado que puede provocar efectos significativos a nivel individual, entre ellos, daño del tejido, falsa sensación de saciedad, obstrucciones y lesiones internas. La ingestión de plástico depende del comportamiento alimentario de los organismos; puede producirse de forma directa (ingestión activa o pasiva) o indirecta (a través de la transferencia trófica). La ingestión activa, en la que los animales consumen objetos plásticos de manera intencional, es más frecuente en especies cuya estrategia alimentaria se basa en señales sensoriales, como estímulos visuales, olfativos o táctiles. Aunque se requiere más investigación para confirmar esta hipótesis, este comportamiento podría presentarse en las nutrias marinas. Por otro lado, la ingestión pasiva puede presentarse en especies con estrategias alimentarias no selectivas, como los mamíferos marinos que se alimentan por filtración o succión, por ejemplo, la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y el zifio de pico de ganso (*Ziphius cavirostris*), respectivamente.

La ingestión indirecta de plásticos, también conocida como transferencia trófica, ocurre cuando los depredadores consumen presas que ya contienen residuos plásticos. Si bien existe evidencia de este fenómeno en invertebrados y pequeños vertebrados, como crustáceos y peces, el número de estudios que confirman su ocurrencia en mamíferos marinos es limitado, centrándose la mayoría de las investigaciones hasta la fecha en los pinnípedos. Un ejemplo destacado es el hallazgo de microplásticos (partículas de tamaño menor a cinco milímetros) en heces de focas grises (*Halichoerus grypus*) mantenidas en cautiverio en el *Cornish Seal Sanctuary*, en el Reino Unido. Estos microplásticos fueron atribuidos al consumo de macarelas (*Scomber scombrus*) capturadas en vida silvestre que formaban parte de su hábito alimentario. Este registro subraya que no todas las amenazas asociadas al plástico son perceptibles a simple vista, destacando la preocupación por la invisible contaminación por microplásticos.

Los microplásticos constituyen un contaminante emergente de gran preocupación debido a los posibles efectos adversos que pueden ejercer sobre los mamíferos marinos. Están compuestos por diversos polímeros sintéticos y semisintéticos, además de otras sustancias químicas añadidas, ya sea de manera intencional o incidental. Pueden tener diferentes morfometrías, como fragmentos, fibras, microesferas, entre otras. Se clasifican en dos tipos principales: los microplásticos primarios, que son producidos directamente en tamaños diminutos, como los pellets industriales o las microesferas que se emplean en productos de higiene personal, y los microplásticos secundarios, que son los más abundantes y se originan a partir de la fragmentación progresiva de objetos

plásticos más grandes debido a mecanismos físicos (p. ej., la exposición a los rayos ultravioleta del sol), químicos (p. ej., solventes que estén presentes en el agua) o mecánicos (p. ej., el oleaje del mar). Gracias a sus características particulares, como el reducido tamaño y la variedad de densidades de las partículas, estas pueden encontrarse a lo largo de toda la columna de agua, desde los sedimentos costeros y las aguas someras hasta las fosas oceánicas más profundas e incluso en los hielos polares

Sin embargo, los estudios enfocados en partículas aún más pequeñas que los microplásticos, denominadas nanoplásticos, que presentan tamaños inferiores a un micrómetro, se vuelven cada vez más necesarios, ya que podrían tener implicaciones bioquímicas y fisiológicas que todavía no se comprenden del todo en estos organismos. Tanto los microplásticos como los nanoplásticos poseen una doble amenaza: por un lado, liberan los aditivos incorporados durante su fabricación (como los metales traza, los retardantes de flama o los colorantes); por otro, poseen la capacidad de adsorber, transportar y liberar contaminantes presentes en el medio, entre ellos los metales tóxicos, los compuestos orgánicos persistentes y las bacterias patógenas. Esta combinación incrementa su biodisponibilidad y prolonga su permanencia en el ambiente marino, potenciando los riesgos para la fauna que entra en contacto con ellos.

Hasta el momento, no se ha comprobado que la ingestión de microplásticos y nanoplásticos por mamíferos marinos pueda provocar una mortalidad directa o inmediata. La mayoría de los efectos pueden ser subletales y manifestarse de forma progresiva, incluyendo la disminución de la concentración de nutrientes en el alimento, lo que puede derivar en desnutrición, así como la aparición de enfermedades que deterioran gradualmente el estado general de salud. Otro efecto subletal puede ser la disbiosis intestinal, es decir, el desequilibrio de la microbiota del tracto digestivo, una condición potencialmente crónica que puede originarse por infecciones causadas por patógenos adheridos a las partículas plásticas o por la alteración del funcionamiento del sistema inmunológico del hospedador como consecuencia de una exposición prolongada a estos contaminantes.

Varios estudios experimentales *in vitro* (es decir, en un ambiente controlado de laboratorio) han demostrado que los microplásticos y nanoplásticos, junto con compuestos asociados como plastificantes, estabilizantes, colorantes y retardantes de flama, pueden atravesar la pared intestinal, ingresar al torrente sanguíneo y penetrar las membranas celulares en ciertos organismos marinos, en un proceso denominado traslocación. Una vez internalizados, algunos polímeros (como el polietileno), monómeros (como los estirenos) y aditivos plásticos pueden inducir estrés oxidativo, toxicidad, respuestas inmunológicas y disrupciones endocrinas, con el potencial de afectar la salud reproductiva y el bienestar de los organismos. Recientemente, un estudio que analizó muestras de tejidos de mamíferos marinos varados en los estados de Alaska, California y Carolina del Norte, en EE.UU., evidenció la traslocación y deposición de microplásticos en estos animales. Sin embargo, este tipo de análisis continúa representando un desafío considerable para muchos grupos de investigación, en parte debido a las dificultades logísticas y financieras que implica trabajar con especies grandes y de vida libre en el mar.

En el caso de los estudios en México sobre la contaminación por plásticos y su interacción con mamíferos marinos se han enfocado principalmente en registros de enmallamientos y captura incidental, ambas formas de impacto estrechamente vinculadas a las actividades pesqueras. En lo que respecta a la captura incidental, el ejemplo más crítico es el de la vaquita marina (*Phocoena sinus*), la marsopa endémica más pequeña y emblemática del país. Su población se encuentra al borde de la extinción debido al uso de redes ilegales empleadas para la pesca de totoaba (*Totoaba macdonaldi*), un pez en

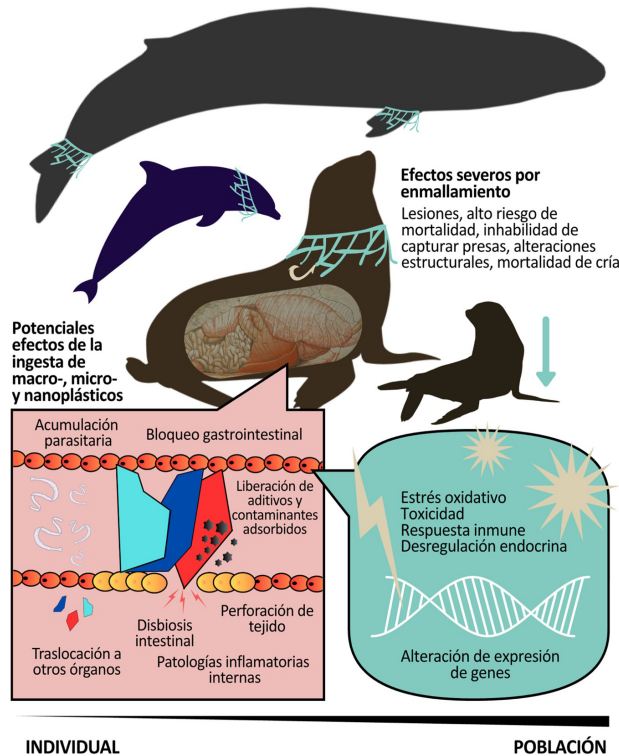
peligro de extinción cuya vejiga natatoria alcanza altísimos valores en el mercado asiático. Este fenómeno ha provocado un colapso demográfico severo: de una población estimada en 567 individuos en 1997, actualmente sobreviven menos de 15. Un análisis de riesgo posterior sugiere que, si la veda temporal sobre el uso de redes de enmalle se aplica de manera efectiva, la población podría recuperarse hasta los niveles registrados en 2008 (aproximadamente 245 individuos) hacia el año 2050. De no cumplirse esta condición, es probable que la especie se extinga en el transcurso de la próxima década.

Por otra parte, el lobo marino de California es uno de los mamíferos marinos con mayor número de reportes de enmallamiento en México, probablemente debido a su abundancia, su curiosidad natural y la cercanía a zonas de intensa actividad pesquera. En la Isla San Jorge, por ejemplo, se ha documentado un número particularmente alto de casos, en su mayoría asociados a las operaciones pesqueras comerciales y artesanales, mientras que en menor medida se relacionan con la presencia de residuos plásticos a la deriva en la región. Sin embargo, no todo el riesgo es visible. En el caso de los microplásticos, una investigación analizó 48 muestras de heces de esta especie, recolectadas tanto en esta colonia como en otras ubicadas dentro del Golfo de California. Se identificaron 294 partículas, de las cuales 77 fueron clasificadas de origen plástico. Esto confirma que, además de los enmallamientos fácilmente detectables y documentados, el lobo marino de California y, con toda probabilidad, otros mamíferos marinos de México están expuestos a formas menos evidentes, pero igualmente preocupantes, de contaminación plástica, como la ingestión de microplásticos.



a) Macho subadulto de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) enmallado del cuello con una red grande en Isla Guadalupe, Baja California. b) Hembra de lobo marino de California (*Zalophus californianus*) con una profunda herida en el cuello causada por enmallamiento, registrada en Isla San Jorge, Sonora. c) Hembra de cachalote (*Physeter macrocephalus*) atrapada en una red agallera de monofilamento cerca de San Carlos, Sonora.
Fotografías: Juan Pablo Gallo-Reynoso, José Ángel Ortega-Borchardt y D. Repogle.

La contaminación por plásticos en los océanos de nuestro planeta no solo impacta a los mamíferos marinos como individuos, sino que tiene implicaciones ecológicas profundas que deberían preocuparnos a todos y a todas. Al ser depredadores tope, estos animales reflejan el estado de conservación del ecosistema marino: su exposición al plástico, ya sea por enmallamiento o por ingestión, es una señal clara del nivel de degradación que enfrentan los océanos. Además, los contaminantes históricos y emergentes asociados a los plásticos (como pesticidas o aditivos industriales) se pueden transferir entre niveles tróficos mediante procesos de bioacumulación (la acumulación progresiva en los tejidos de un organismo) y biomagnificación (el aumento de su concentración a lo largo de la cadena alimentaria). Estas dinámicas no solo afectan a especies marinas de importancia ecológica, sino también a aquellas que forman parte de nuestra dieta, como los mariscos. Así, lo que hoy potencialmente amenaza a los mamíferos marinos podría estar afectándonos también a nosotros, cerrando un ciclo en el que la integridad ecológica del océano y la salud humana están estrechamente conectadas.



INDIVIDUAL **POBLACIÓN**

Efectos adversos confirmados y potenciales impactos de los desechos plásticos en mamíferos marinos. El esquema muestra las dos principales vías de afectación: el enmallamiento y la ingesta. El conjunto de estos impactos a nivel individual puede escalar, en última instancia, hasta representar una amenaza a nivel poblacional. Esquema: José Ángel Ortega-Borchardt.

Frente a este problema creciente, es necesario actuar en múltiples ámbitos. Romper con la lógica de una cultura desechable requiere soluciones complejas, especialmente en un contexto donde el plástico sigue siendo el material dominante en la mayoría de los objetos que usamos. Aunque el desafío es considerable, se requiere educación, voluntad política, empresarial, social y personal, así como el desarrollo de alternativas sustentables que nos permitan avanzar hacia un océano con menos plástico. Cada acción, por pequeña que parezca, suma en la construcción de océanos más limpios y de un futuro en el que los mamíferos marinos y otras especies puedan prosperar sin la amenaza constante de la contaminación por plásticos.

La presencia generalizada de plásticos en los océanos constituye una de las cicatrices antropogénicas más evidentes y persistentes en los ecosistemas marinos. Ante esta realidad, el cuestionamiento es ineludible: ¿qué tipo de océano legaremos a las próximas generaciones? El futuro de los mamíferos marinos y el nuestro depende de las decisiones que tomemos hoy.

AGRADECIMIENTOS

El autor y las autoras agradecen al revisor o revisora asignada por sus comentarios y sugerencias, así como a I. D. Barba-Acuña por sus revisiones pertinentes en este manuscrito. También agradecemos al Dr. J. P. Gallo-Reynoso por la autorización para incluir sus fotografías en este manuscrito. El primer autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) el apoyo económico otorgado durante sus estudios de posgrado. Este trabajo se realizó en el marco del proyecto de Ciencia Básica y de Frontera financiado por SECIHTI (CBF-2025-G-750).

LITERATURA CONSULTADA

- Arias-Del-Razo, A., G. Heckel, Y. Schramm, y A. Sáenz-Arroyo. 2020. Fishermen and pinniped interactions: The perception of fishermen in Baja California, Mexico. *Aquatic Mammals* 46:609-622.
- Bossart, G. D. 2011. Marine mammals as sentinel species for oceans and human health. *Veterinary Pathology* 48:676-690.
- Caro-Martínez, D. M., *et al.* 2025. The state of microplastic pollution in México: A review and evolving perspectives. *Science of The Total Environment* 988:179772.
- Castellini, M. A. 2023. Sharing Earth's oceans. Pp. 321-332 in *Physiology of Marine Mammals* (Castellini, M. A. y J. Mellish, eds.). CRC Press. Boca Raton, FL, EE. UU.
- Gallo-Reynoso, J. P. 2003. Mortandad de mamíferos marinos en el área de Guaymas debido a la interacción con las pesquerías. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Guaymas. Guaymas, México.
- Hale, R. C., *et al.* 2020. A global perspective on microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 125:1-40.
- Li, Y., *et al.* 2023. Potential health impact of microplastics: A review of environmental distribution, human exposure, and toxic effects. *Environment & Health* 1:249-257.
- Masper, A., J. P. Gallo-Reynoso, M. Á. Cisneros-Mata, y J. García-Hernández. 2019. Review of California sea lion (*Zalophus californianus*) abundance and population dynamics in the Gulf of California. *Revista de Biología Tropical* 67:833-849.
- Merrill, G. B., L. Hermabessiere, C. M. Rochman, y D. P. Nowacek. 2023. Microplastics in marine mammal blubber, melon, & other tissues: Evidence of translocation. *Environmental Pollution* 335:122252.
- Nelms, S. E., *et al.* 2018. Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental Pollution* 238:999-1007.
- Nelms, S. E., *et al.* 2023. Plastic pollution and marine megafauna: Recent advances and future directions. Pp. 97-138 in *Plastic Pollution in the Global Ocean* (A. A. Horton, ed.). World Scientific Connect. Singapore.
- Ortega-Borchardt, J. Á., *et al.* 2023. Detection of microplastic particles in scats from different colonies of California sea lions (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California, Mexico: A preliminary study. *Marine Pollution Bulletin* 186:114433.
- Pimiento, C., *et al.* 2020. Functional diversity of marine megafauna in the Anthropocene. *Science Advances* 6:eay7650.
- Reeves, R. R., B. S. Stewart, P. J. Clapham, y J. A. Powell. 2002. Guide to the marine mammals of the world. Alfred A. Knopf, Inc. Nueva York, EE. UU.
- Taylor, B. L., *et al.* 2017. Extinction is imminent for Mexico's endemic porpoise unless fishery bycatch is eliminated. *Conservation Letters* 10:588-595.
- Thompson, R. C., *et al.* 2024. Twenty years of microplastic pollution research—what have we learned? *Science* 386:ead12746.
- Weis, J. S., y J. J. Alava. 2023. (Micro)Plastics Are Toxic Pollutants. *Toxics* 11:935.
- Zavala-González, A., y E. Mellink. 1997. Entanglement of California sea lions, *Zalophus californianus californianus*, in fishing gear in the central-northern part of the Gulf of California, Mexico. *Fishery Bulletin* 95:180-184.

Sometido: 02/oct/2025.

Revisado: 24/oct/2025.

Aceptado: 10/nov/2025.

Publicado: 14/nov/2025.

Editor asociado: Dr. Juan Pablo Ramírez-Silva.