



# LA GEOPOLÍTICA DE LOS MICROPLÁSTICOS EN LA ANTÁRTIDA: IMPLICACIONES AMBIENTALES, CIENTÍFICAS Y ESTRATÉGICAS EN UN CONTINENTE VULNERABLE

Recibido: 5 mayo, 2025 • Revisado: 14 de junio, 2025 • 27 de junio, 2025

José Vega-Baudrit,  
 Monserrat Vargas Solórzano,  
 Cynthia Cordero,  
 Allan Campos y Armando Rojas

## RESUMEN

La contaminación por microplásticos en la Antártida constituye no solo un desafío ambiental emergente, sino también un factor clave en las dinámicas geopolíticas globales. Este estudio analiza cómo la presencia de microplásticos en el continente antártico, lejos de ser un problema exclusivamente ecológico, incide en la cooperación y la competencia entre los países firmantes del Tratado Antártico. A partir de una revisión de literatura científica y política, se abordan las fuentes y la distribución de estos contaminantes en la región, sus implicaciones ambientales y su papel estratégico en la gobernanza internacional.

El estudio revela que la Antártida se ha convertido en un punto focal para la proyección de poder blando (soft-power), con países como China y Estados Unidos aumentando su presencia científica en la región, en parte bajo el argumento de investigar la contaminación plástica. Además, el problema de los microplásticos está generando nuevas tensiones en la administración del Tratado Antártico, particularmente en lo relativo a la responsabilidad de mitigación y financiamiento de estudios científicos.

**Palabras clave:** Microplásticos, Antártida, Geopolítica ambiental, Gobernanza internacional, Diplomacia científica.

## ABSTRACT

Microplastic pollution in Antarctica is an emerging environmental challenge and has become a key factor in global geopolitical dynamics. This study examines how the presence of microplastics on the Antarctic continent, far from being merely an ecological issue, influences both cooperation and competition among the signatory countries of the Antarctic Treaty. Based on a review of scientific and political literature, it explores the sources and distribution of microplastics in the region, their environmental implications, and their strategic relevance within international governance frameworks.

The analysis reveals that Antarctica has become a focal point for soft-power projection, with countries such as China and the United States expanding their scientific presence in the region, partly under the guise of plastic pollution research. In addition, the issue of microplastics is generating new tensions within the administration of the Antarctic Treaty, particularly concerning the responsibility for mitigation and the funding of scientific research.

**Keywords:** Microplastics, Antarctica, Environmental geopolitics, International governance, Science diplomacy.

José Vega Baudrit es Director del Laboratorio Nacional de Nanotecnología LANOTEC CENAT (Costa Rica). Es profesor de LEAD University y de la Universidad Nacional, Escuela de Química.

Monserrat Vargas Solórzano es Diplomática de la Dirección de Política Exterior, Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de Costa Rica.

Cynthia Cordero es investigador Fundación del Centro Nacional de Alta Tecnología FUNCENAT CENAT, CONARE, San José, Costa Rica.

Allan Campos es investigador del Área de Ambiente CENAT CONARE, San José, Costa Rica.

Armando Rojas es Coordinador del Observatorio de Diplomacia Científica del CeNAT/CONARE y profesor del curso Economía Política Internacional de la Escuela de Administración Pública de la UCR. Tiene un MBA de la Universidad de Ottawa y es egresado de Economía de la UCR.

## INTRODUCCIÓN

La Antártida ha sido históricamente percibida como un símbolo de pureza ecológica y aislamiento extremo. Sin embargo, investigaciones recientes han confirmado que ni siquiera este remoto continente está exento de la penetración global de la contaminación por plásticos (Figura 1).



Microplásticos –fragmentos menores a 5 mm derivados de fuentes primarias y secundarias (Frias y Nash, 2019; Thompson *et al.*, 2004)– han sido hallados en aguas superficiales, sedimentos, hielo marino y organismos clave como el kril y los pingüinos (Reed *et al.*, 2018; Bessa *et al.*, 2019), revelando una crisis silenciosa pero significativa.

Este artículo analiza la contaminación por microplásticos en la Antártida desde un enfoque multidisciplinario, integrando ciencia ambiental, diplomacia, gobernanza internacional y geopolítica polar. La evidencia disponible demuestra que esta problemática no puede entenderse únicamente desde una óptica ecológica: su dimensión política y estratégica se manifiesta en la creciente competencia científica por el control de la narrativa ambiental y la ocupación de espacios simbólicos dentro del sistema del Tratado Antártico (Chown y Brooks, 2019).

La naturaleza transnacional de los microplásticos –transportados por corrientes oceánicas, deposición atmosférica o actividades humanas en bases científicas (Figura 1)– subraya la urgencia de articular respuestas colectivas. Iniciativas como el programa NUTEC Plastics del OIEA (Nuclear Technology for Controlling Plastic Pollution, Organismo Internacional de Energía Atómica), que combina técnicas nucleares para el monitoreo marino con diplomacia científica internacional, revelan el interés de múltiples países por capitalizar el tema en espacios de gobernanza ambiental global (McDonald y Yusuf, 2024, OIEA).

A partir de una revisión exhaustiva de literatura científica y normativa internacional, este estudio propone que la Antártida representa un laboratorio geopolítico del siglo XXI, donde la lucha contra los microplásticos se ha convertido tanto en un imperativo ambiental como en una herramienta de proyección de poder blando. En este contexto, se analizan las fuentes y rutas de entrada de microplásticos en la región, su impacto en los ecosistemas y cadenas tróficas antárticas, las tensiones emergentes en el sistema del Tratado Antártico, y la reciente incorporación de actores no tradicionales –como Costa Rica– al régimen polar internacional. Este artículo tiene como objetivo analizar la contaminación por microplásticos en la Antártida desde una perspectiva multidisciplinaria, evaluando sus implicaciones ecológicas, políticas y estratégicas.

## ASPECTOS CIENTÍFICOS

Los métodos para detectar microplásticos en ambientes polares varían en su enfoque y precisión, desde técnicas de fluorescencia y espectroscopía Raman hasta métodos de infrarrojo y microscopía óptica. Cada técnica tiene sus ventajas y limitaciones, pero en conjunto, ofrecen un conjunto robusto de herramientas para la identificación y cuantificación de microplásticos en estos entornos complejos.

## DEFINICIÓN DE MICROPLÁSTICO

Los microplásticos son pequeñas partículas de plástico que se han convertido en un problema ambiental significativo debido a su ubicuidad y persistencia en diversos entornos (Figura 2). Aunque no existe una definición universalmente aceptada, generalmente se

consideran microplásticos a las partículas de plástico con un tamaño inferior a 5 mm (Frias y Nash, 2019; Elizalde-Velázquez y Gómez-Oliván, 2021; Padervand *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020, Thompson *et al.*, 2004). En la tabla 1 se observan algunos temas de interés vinculados al estudio de los microplásticos y nanoplásticos y su impacto en la sociedad.

FIGURA 2. MICROPLÁSTICO EN LA ARENA DE UNA PLAYA Y EN EL OCÉANO

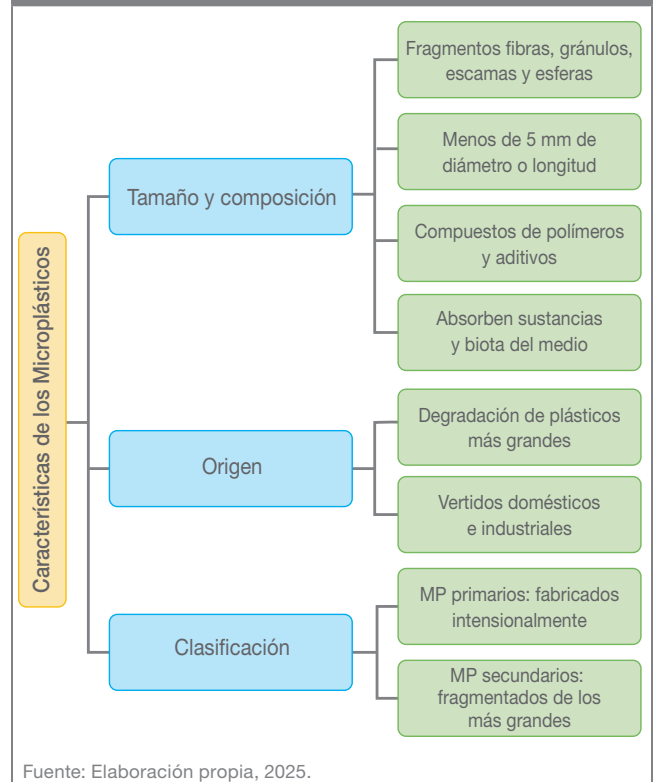


Fuente: Imagen propia IA.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROPLÁSTICOS

- **Tamaño y composición:** Los microplásticos son fragmentos, fibras, gránulos, escamas y esferas con un diámetro o longitud menor a 5 mm. Están compuestos por una variedad de polímeros y aditivos que pueden absorber sustancias del entorno (Elizalde-Velázquez y Gómez-Oliván, 2021; Padervand *et al.*, 2020; Andrady, 2017). En la figura 2 se muestra las principales características de los microplásticos.
- **Origen:** Se originan principalmente de la degradación de plásticos más grandes o a través de vertidos domésticos e industriales. Se clasifican en microplásticos primarios, que son fabricados intencionalmente en tamaños pequeños, y secundarios, que resultan de la fragmentación de plásticos más grandes (Issac & Kandasubramanian, 2021; Andrady, 2017). En la figura 3 se muestra las principales características de los microplásticos.

FIGURA 3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROPLÁSTICOS



Fuente: Elaboración propia, 2025.

**TABLA 1. ALGUNOS TEMAS DE INTERÉS VINCULADOS A LOS MICRO Y NANOPLÁSTICOS Y SUS RESPECTIVAS REFERENCIAS**

Referencias bibliográficas	Tema
Waller, C. L., Griffiths, H. J., Waluda, C. M., Thorpe, S. E., Loaiza, I., Moreno, B., Pacherras, C. O., & Hughes, K. A. (2017). Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research. <i>Science of The Total Environment</i> , 598, 220-27. <a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.283">https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.283</a>	Distribución y detección de microplásticos en el ecosistema antártico
Bergmann, M., Mützel, S., Primpke, S., Tekman, M. B., Trachsel, J., & Gerdts, G. (2019). White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. <i>Science advances</i> , 5(8), eaax1157. <a href="https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157">https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157</a>	Fuentes y rutas de transporte de microplásticos a regiones polares
Dawson, A. L., Kawaguchi, S., King, C. K., Townsend, K. A., King, R., Huston, W. M., & Bengtson Nash, S. M. (2018). Turning microplastics into nanoplastics through digestive fragmentation by Antarctic krill. <i>Nature Communications</i> , 9(1), 1-8. <a href="https://doi.org/10.1038/s41467-018-03465-9">https://doi.org/10.1038/s41467-018-03465-9</a>	Impacto de microplásticos en el kril antártico y la red trófica
Peeken, I., Primpke, S., Beyer, B., Gütermann, J., Katlein, C., Krumpfen, T., Bergmann, M., Hehemann, L., & Gerdts, G. (2018). Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. <i>Nature Communications</i> , 9(1), 1-12. <a href="https://doi.org/10.1038/s41467-018-03825-5">https://doi.org/10.1038/s41467-018-03825-5</a>	Función del hielo marino como reservorio temporal de microplásticos
Allen, S., Allen, D., Phoenix, V. R., Le Roux, G., Durantez Jiménez, P., Simonneau, A., Binet, S., & Galop, D. (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. <i>Nature Geoscience</i> , 12(5), 339-344. <a href="https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5">https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5</a>	Depósito atmosférico de microplásticos en la Antártida
Munari, C., Infantini, V., Scoponi, M., Rastelli, E., Corinaldesi, C., & Mistri, M. (2017). Microplastics in the sediments of Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). <i>Marine pollution bulletin</i> , 122(1-2), 161-165. <a href="https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.039">https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.039</a>	Acumulación de microplásticos en sedimentos antárticos
Chown, S. L., Clarke, A., Fraser, C. I., Cary, S. C., Moon, K. L., & McGeoch, M. A. (2015). The changing form of Antarctic biodiversity. <i>Nature</i> , 522(7557), 431-438. <a href="https://doi.org/10.1038/nature14505">https://doi.org/10.1038/nature14505</a>	Efectos de microplásticos en la biodiversidad marina antártica
Hughes, K. A., & Convey, P. (2020). Implications of the COVID-19 pandemic for Antarctica. <i>Antarctic Science</i> , 32(6), 426-439. <a href="https://doi.org/10.1017/S095410202000053X">https://doi.org/10.1017/S095410202000053X</a>	Geopolítica y ciencia ambiental en la Antártida
Obbard, R. W., Sadri, S., Wong, Y. Q., Khitun, A. A., Baker, I., & Thompson, R. C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. <i>Earth's Future</i> , 2(6), 315-320. <a href="https://doi.org/10.1002/2014EF000240">https://doi.org/10.1002/2014EF000240</a>	Microplásticos en el hielo marino antártico
Rintoul, S. R., Chown, S. L., DeConto, R. M., England, M. H., Fricker, H. A., Naish, T. R., Siegert, M. J., & Xavier, J. C. (2018). Choosing the future of Antarctica. <i>Nature</i> , 558(7709), 233-241. <a href="https://doi.org/10.1038/s41586-018-0173-4">https://doi.org/10.1038/s41586-018-0173-4</a>	Cambio climático y microplásticos en ecosistemas antárticos
Bessa, F., Ratcliffe, N., Otero, V., Sobral, P., Marques, J. C., Waluda, C. M., Trathan, P. N., & Xavier, J. C. (2019). Microplastics in gentoo penguins from the Antarctic region. <i>Scientific Reports</i> , 9(1), 1-7. <a href="https://doi.org/10.1038/s41598-019-50621-2">https://doi.org/10.1038/s41598-019-50621-2</a>	Impacto de microplásticos en pingüinos antárticos
Tin, T., Fleming, Z. L., Hughes, K. A., Ainley, D. G., Convey, P., Moreno, C. A., Pfeiffer, S., Scott, J., Snape, I. (2009). Impacts of local human activities on the Antarctic environment. <i>Antarctic Science</i> , 21(1), 3-33. <a href="https://doi.org/10.1017/S0954102009001722">https://doi.org/10.1017/S0954102009001722</a>	Investigación científica y políticas ambientales en la Antártida
Convey, P., Peck, L. (2019). Antarctic environmental change and biological responses. <i>Sci. Adv.</i> , 5, eaaz0888. <a href="https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz0888">https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz0888</a>	Revisión de fuentes, impactos y gobernanza de microplásticos
Brooks, C. M., Ainley, D. G., Abrams, P. A., Dayton, P. K., Hofman, R. J., Jacquet, J., & Siniiff, D. B. (2018). Antarctic fisheries: factor climate change into their management. <i>Nature</i> , 558(7709), 177-180. <a href="https://doi.org/10.1038/d41586-018-05372-x">https://doi.org/10.1038/d41586-018-05372-x</a>	Impacto en pesquerías de kril y disputas internacionales
Kennicutt, M. C., Chown, S. L., Cassano, J. J., Liggett, D., Peck, L. S., Massom, R., ... Sutherland, W. J. (2015). A roadmap for Antarctic and Southern Ocean science for the next two decades and beyond. <i>Antarctic Science</i> , 27(1), 3-18. <a href="https://doi.org/10.1017/S0954102014000674">https://doi.org/10.1017/S0954102014000674</a>	Estrategias de cooperación internacional para mitigar la contaminación
Ivar do Sul, J. A., & Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. <i>Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)</i> , 185, 352-364. <a href="https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036">https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036</a>	Perspectivas futuras sobre la contaminación por microplásticos.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

## IMPACTO AMBIENTAL Y EN LA SALUD

- **Distribución y persistencia:** Los microplásticos están presentes en ambientes marinos, de agua dulce, suelos y aire, y pueden ser transportados por el viento y el agua, afectando su distribución espacial (Elizalde-Velázquez y Gómez-Oliván, 2021).
- **Efectos tóxicos:** Pueden acumular contaminantes y actuar como vectores de transporte de sustancias tóxicas, afectando a organismos acuáticos y, a través de la cadena alimentaria, a los humanos (Ziani *et al.*, 2023; Guzzetti *et al.*, 2018; Padervand *et al.*, 2020). Un estudio solicitado en 2019 por la Organización Mundial de Conservación (WWF por sus siglas en inglés) y realizado por la Universidad de Newcastle, Australia, sugiere que las personas consumimos alrededor de 2.000 pequeñas piezas de plástico por semana, equivalente a 5 gramos –el peso aproximado de una tarjeta de crédito. Este hallazgo resulta preocupante, especialmente considerando que aún se desconocen sus efectos en la salud humana (WWF, 2019).

## MÉTODOS DE DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN

Algunos de los métodos para la detección y caracterización de microplásticos incluyen la espectroscopía de infrarrojo y microraman, algunas técnicas avanzadas de cromatografía entre otras (Loder y Gerdts, 2015; Lusher *et al.*, 2015).

- **Fluorescencia:** Utiliza sondas de polaridad como el Nile Red y el pireno para detectar partículas de plástico de baja polaridad en superficies como la sal, sílice y arena. Este método permite la detección y cuantificación de partículas de microplásticos en el rango sub-ppm, aunque su selectividad es relativamente baja (Costa *et al.*, 2021; Maes *et al.*, 2017).
- **Espectroscopía de Infrarrojo por Láser Directo (LDIR):** Este método permite la preconcentración y cuantificación eficiente de microplásticos, determinando el tipo de polímero y tamaño de las partículas con una recuperación del 80-100% para tamaños de 200 a 500  $\mu\text{m}$  (Ourgaud *et al.*, 2022).

- **Espectroscopía Raman Mejorada en Superficie (SERS) y MicroRaman:** Facilita la detección de microplásticos y nanoplásticos, incluso en tamaños menores a 1  $\mu\text{m}$ , utilizando sustratos como Klarite que intensifican la señal Raman (Xu *et al.*, 2020; Lv *et al.*, 2020).
- **Microscopía de Luz Polarizada:** Utilizada para identificar microplásticos en muestras de aguas residuales, este método es sencillo y puede implementarse en cualquier laboratorio analítico. Sin embargo, tiene limitaciones para identificar polímeros no birrefringentes como el PVC (Sierra *et al.*, 2019).
- **Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR):** Un método automatizado que permite la identificación robusta de microplásticos en muestras ambientales, asignando correctamente más del 98% de los microplásticos (Cincinelli *et al.*, 2017; Renner *et al.*, 2019).

## DISTRIBUCIÓN Y FUENTES DE MICROPLÁSTICOS EN LA ANTÁRTIDA

Pese a su lejanía de los principales focos de actividad humana, la Antártida no es inmune a la llegada de microplásticos. Diversos estudios han detectado su presencia en múltiples matrices ambientales: aguas superficiales, sedimentos marinos, hielo marino e incluso en la biota antártica (Waller *et al.*, 2017; Kelly *et al.*, 2020; Obbard *et al.*, 2014). Las vías de ingreso se agrupan en dos grandes categorías: fuentes locales y fuentes remotas. Entre las primeras, se destacan las actividades turísticas, científicas y logísticas, incluyendo el tráfico de embarcaciones, operaciones de investigación y generación de residuos en bases permanentes (Tin *et al.*, 2009).

Las fuentes remotas, por su parte, son responsables de un volumen considerable de ingreso de microplásticos al continente. Estos provienen de regiones industrializadas a través de corrientes oceánicas, hielo a la deriva, y, en particular, la deposición atmosférica. Allen *et al.* (2019) demostraron que partículas plásticas pueden ser transportadas a través de la atmósfera y depositarse en zonas tan remotas como la Antártida, mientras que Bergmann *et al.* (2019) detectaron microplásticos en nieve polar, indicando su dispersión aérea a escala planetaria.

Los modelos de circulación del Océano Austral han revelado que las corrientes marinas transportan partículas desde latitudes medias hasta los márgenes del continente antártico, convirtiendo la región en un sumidero transitorio de estos contaminantes (Isobe *et al.*, 2017; Suaria *et al.*, 2020). A su vez, el hielo marino cumple una doble función: captura partículas durante su formación y las libera durante el deshielo estacional, aumentando así la exposición en ecosistemas marinos vulnerables (Peeken *et al.*, 2018).

En conjunto, estos hallazgos demuestran que la distribución de microplásticos en la Antártida responde a una compleja interacción entre procesos naturales y actividades humanas, tanto locales como globales. Esta dinámica refuerza la necesidad de un enfoque transnacional para su abordaje, reconociendo el carácter interconectado de los sistemas marinos y atmosféricos que convergen en el continente blanco.

## IMPACTOS AMBIENTALES Y CIENTÍFICOS

La presencia de microplásticos en la Antártida no solo representa una amenaza ambiental, sino que plantea también desafíos significativos a nivel diplomático, estratégico y de gobernanza internacional. El sistema del Tratado Antártico, que establece el uso pacífico del continente y promueve la cooperación científica (Secretariat of the Antarctic Treaty, 1959), se enfrenta a nuevas tensiones derivadas del aumento de intereses nacionales, especialmente en torno a los recursos naturales y a la influencia científica regional.

La investigación científica en la Antártida se ha convertido en una herramienta de poder blando. Potencias como China y Estados Unidos utilizan sus programas científicos para justificar su presencia permanente y expandir su capacidad de influencia en las deliberaciones sobre gobernanza polar (Haward *et al.*, 2020). Ambas naciones mantienen al menos cinco estaciones de investigación cada una en el continente, lo cual ilustra su interés estratégico más allá del ámbito puramente académico.

Esta proyección científica está acompañada por una competencia por los recursos vivos, en particular el kril antártico, cuyo valor comercial se ha disparado en la última década. La sobreexplotación, combinada con la contaminación por microplásticos y el cambio climático, amenaza la sostenibilidad de estas

poblaciones y podría detonar disputas entre Estados que dependen de este recurso (Jones-Williams *et al.*, 2020; FAO, 2022). Empresas como Aker BioMarine, que controla aproximadamente el 65% de la producción global de kril, operan desde centros logísticos como Montevideo, lo que evidencia el alcance geoeconómico de estas actividades.

A pesar de que la Antártida está protegida por acuerdos como el Protocolo de Madrid (1991), menos del 5% del continente está clasificado como área marina protegida. Las iniciativas para ampliar esta cobertura han sido bloqueadas por países con intereses pesqueros, como China, Rusia y Noruega, lo que ilustra la fragilidad del consenso multilateral (El País, 2018; BBC, 2025). Esta situación refleja la tensión entre la retórica de conservación y las prioridades extractivas de ciertos Estados.

La contaminación por microplásticos agrava este escenario al introducir un elemento adicional de disputa: la responsabilidad compartida pero diferenciada en la generación, transporte y mitigación de estos contaminantes. Mientras que algunos países promueven tratados globales vinculantes sobre plásticos -como la resolución UNEP/EA.5/Res.14 de la ONU-, otros han mostrado resistencia a asumir compromisos financieros o legales concretos. En este contexto, la Antártida emerge como un termómetro de la voluntad política global frente a la crisis ambiental (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2022).

En síntesis, los microplásticos no solo contaminan los ecosistemas antárticos, sino que contaminan también el delicado equilibrio diplomático entre los Estados Parte. Su presencia obliga a repensar los mecanismos de gobernanza existentes y plantea la necesidad de nuevos instrumentos que integren ciencia, equidad y responsabilidad internacional.

## IMPLICACIONES GEOPOLÍTICAS

La magnitud y complejidad de la contaminación por microplásticos en la Antártida requiere respuestas colectivas que trasciendan las capacidades individuales de los Estados Parte del Tratado Antártico. La cooperación internacional es no solo deseable, sino indispensable para enfrentar los múltiples frentes del problema: desde el monitoreo ambiental hasta la generación de acuerdos normativos vinculantes.

El Protocolo de Madrid de 1991, anexo al Tratado Antártico, designa a la Antártida como una reserva natural consagrada a la paz y a la ciencia. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos crecientes, particularmente en materia de fiscalización y mitigación de impactos acumulativos como los derivados de los residuos plásticos (Reed *et al.*, 2018). Actualmente, el sistema no dispone de mecanismos de sanción eficaces frente a la contaminación transfronteriza ni establece parámetros claros sobre la gestión de desechos plásticos generados por bases científicas, operadores turísticos o embarcaciones pesqueras.

La cooperación técnica también enfrenta limitaciones. Aunque se han desarrollado técnicas sofisticadas de detección de microplásticos, como la espectroscopía FTIR automatizada o la fluorescencia con Nile Red (Renner *et al.*, 2019; Maes *et al.*, 2017), su aplicación en ambientes extremos como la Antártida es aún limitada. La falta de protocolos estandarizados para muestreo y análisis impide la comparabilidad de datos entre países, obstaculizando así una evaluación global precisa del problema.

En el plano diplomático, la lucha contra la contaminación plástica ha ganado tracción dentro de foros internacionales. La Resolución UNEP/EA.5/Res.14, adoptada por la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 2022, establece el mandato para negociar un tratado internacional jurídicamente vinculante sobre plásticos, incluyendo aquellos presentes en ambientes marinos. No obstante, su aplicación al contexto antártico está sujeta a debates sobre jurisdicción, responsabilidades y capacidades diferenciadas entre los Estados Parte (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2022).

Frente a estos vacíos, han surgido propuestas para fortalecer la gobernanza polar mediante la creación de mecanismos adicionales de cooperación científica, financiamiento de proyectos multilaterales y expansión de las áreas marinas protegidas. Asimismo, el papel de la ciencia ciudadana, las tecnologías de monitoreo remoto y la inteligencia artificial están siendo explorados como herramientas complementarias para el seguimiento continuo de la contaminación plástica.

En este escenario, es urgente repensar la arquitectura institucional del Tratado Antártico para integrar explícitamente la problemática de los microplásticos en sus agendas consultivas. Esto implicaría fortalecer la

cooperación científica multilateral, estandarizar metodologías de evaluación ambiental, e incluir indicadores de contaminación plástica en las auditorías ambientales periódicas.

Finalmente, la cooperación debe contemplar una dimensión inclusiva. Países sin bases permanentes, pero con compromisos ambientales sólidos, como Costa Rica, pueden jugar un rol catalizador en las discusiones internacionales, promoviendo principios de equidad, ciencia abierta y protección de bienes comunes globales. Este enfoque permitiría democratizar la gobernanza polar y posicionar la lucha contra los microplásticos como un esfuerzo colectivo que refleja el compromiso ético con las futuras generaciones y con la integridad del planeta.

## EL TRATADO ANTÁRTICO: MARCO LEGAL Y LA PARTICIPACIÓN DE COSTA RICA

El 1 de diciembre de 1959 en Washington, D.C., doce países, con intereses activos en la Antártica, firmaron el tratado que entró en vigor el 23 de junio de 1961, como el acuerdo internacional que regula las actividades en esta zona y establece un marco legal para la cooperación entre naciones en este continente. Como se indicó, el tratado ha evolucionado hasta convertirse en uno de los instrumentos más significativos para la diplomacia y la protección ambiental a nivel mundial, con la adhesión de 56 países a la fecha (Secretariat of the Antarctic Treaty, 1959).

## PRINCIPALES DISPOSICIONES DEL TRATADO ANTÁRTICO

El Tratado Antártico establece que la Antártida debe utilizarse exclusivamente con fines pacíficos, prohibiendo expresamente la realización de actividades militares, pruebas de armas y el establecimiento de bases con fines militares. Su propósito central es garantizar que el continente permanezca como un espacio de cooperación internacional dedicado a la ciencia y la investigación (Secretariat of the Antarctic Treaty, 1959).

Entre sus disposiciones clave se encuentran:

- **Libre investigación científica (art. 2 y 3):** Se fomenta el intercambio de información y la colaboración en proyectos de investigación de interés global, asegurando que los avances científicos sean compartidos con la comunidad internacional.

- **Suspensión de reclamaciones territoriales (art. 4):** El tratado congela todas las reclamaciones de soberanía territorial en la Antártida, previniendo disputas internacionales y garantizando un uso compartido del continente.
- **Prohibición de explosiones nucleares y eliminación de desechos radiactivos (art. 5):** Se restringen actividades que puedan afectar la estabilidad del ecosistema antártico.
- **Protección del medio ambiente:** A lo largo de los años, el Tratado Antártico ha sido complementado por acuerdos adicionales, como el **Protocolo de Madrid (1991)**, que establece medidas estrictas para la conservación del ecosistema y restringe la explotación de recursos naturales.

## COSTA RICA Y SU ADHESIÓN AL TRATADO ANTÁRTICO

Costa Rica se adhirió al Tratado Antártico el 11 de agosto de 2022, convirtiéndose en el 55° país miembro. Esta adhesión es un reflejo del compromiso del país con la cooperación internacional, la ciencia y la protección del medio ambiente, valores que han caracterizado su política exterior (Secretariat of the Antarctic Treaty, 2022; Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de Costa Rica, 2022).

Si bien Costa Rica no posee territorio en la Antártida ni estaciones de investigación propias en el continente, su incorporación al tratado le otorga la posibilidad de participar activamente en proyectos científicos de relevancia global, en especial en temas relacionados con el cambio climático, la biodiversidad marina y la conservación de los ecosistemas polares. Estos temas son de especial interés para el país, dada su experiencia en la protección de ecosistemas tropicales y marinos.

## COSTA RICA COMO MIEMBRO CONSULTIVO DEL TRATADO

A diferencia de otros países que son solo miembros adherentes, Costa Rica es un miembro consultivo, lo que significa que tiene derecho a participar en las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico (RCTA). Estas reuniones, realizadas anualmente, permiten a los estados miembros discutir y tomar decisiones sobre el manejo del continente antártico, asegurando su

protección y regulando las actividades humanas en la región (Secretariat of the Antarctic Treaty, 2022).

Con esta posición, Costa Rica puede incidir en la formulación de políticas y regulaciones sobre la gestión de la Antártida, asegurando que los principios de sostenibilidad y conservación ambiental sean una prioridad en la gobernanza del continente.

## COMPROMISO CON LA CIENCIA Y LA CONSERVACIÓN

Costa Rica ha manifestado su interés en contribuir a proyectos de investigación en la Antártida mediante colaboraciones con universidades y centros de investigación internacionales. Dada su experiencia en temas de biología marina, protección de áreas naturales y políticas de cambio climático, el país puede aportar significativamente al estudio de los efectos del calentamiento global en los ecosistemas polares y su interconexión con otras regiones del planeta.

Por otro lado, la adhesión de Costa Rica refuerza su imagen internacional como un país comprometido con la conservación y el desarrollo sostenible. Su participación en el Tratado Antártico le permite formar parte de un selecto grupo de naciones que tienen un papel activo en la gobernanza del último continente prístino del planeta.

## CONCLUSIONES

La presencia de microplásticos en la Antártida desmonta el mito de un continente intacto y pone en evidencia las fallas de un sistema de gobernanza ambiental global aún insuficiente. Estos contaminantes actúan como agentes físicos, químicos y simbólicos de una crisis planetaria que ya no respeta fronteras.

Su impacto ecológico sobre especies clave compromete la biodiversidad y la estabilidad del ecosistema marino antártico. A nivel político, revela tensiones crecientes dentro del sistema del Tratado Antártico, donde el uso estratégico de la ciencia y las disputas por recursos contradicen los principios de conservación.

La solución no puede ser unilateral. La cooperación internacional –ampliada e inclusiva– es esencial. La participación de nuevos actores como Costa Rica aporta legitimidad, diversidad y nuevas perspectivas al debate polar.

La lucha contra los microplásticos en la Antártida debe convertirse en un símbolo de corresponsabilidad global. Proteger el continente blanco es, hoy, una prueba de voluntad política, visión científica y ética intergeneracional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, S., Allen, D., Phoenix, V. R., Le Roux, G., Durántez Jiménez, P., Simonneau, A., Binet, S., y Galop, D. (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience*, 12(5), 339-344. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5>
- Andrady, A. (2017). *The plastic in microplastics: A review*. *Marine pollution bulletin*, 119 1, 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
- BBC News Mundo. (2025). *China y Rusia bloquean áreas marinas protegidas en la Antártida*. <https://www.bbc.com/mundo/articulos/cgrwen0kjgpo>
- Bergmann, M., Mützel, S., Pimpke, S., Tekman, M. B., Trachsel, J., y Gerdts, G. (2019). White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Science advances*, 5(8), eaax1157. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157>
- Bessa, F., Ratcliffe, N., Otero, V., Sobral, P., Marques, J. C., Waluda, C. M., Trathan, P. N., y Xavier, J. C. (2019). Microplastics in gentoo penguins from the Antarctic region. *Scientific Reports*, 9(1), 1-7. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50621-2>
- Brooks, C. M., Ainley, D. G., Abrams, P. A., Dayton, P. K., Hofman, R. J., Jacquet, J., y Siniff, D. B. (2018). Antarctic fisheries: factor climate change into their management. *Nature*, 558(7709), 177-180. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-05372-x>
- Chown, S. L., y Brooks, C. M. (2019). *The state and future of Antarctic environments in a global context*. *Annual Review of Environment and Resources*, 44, 1-30. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033236>
- Chown, S. L., Clarke, A., Fraser, C. I., Cary, S. C., Moon, K. L., y McGeoch, M. A. (2015). The changing form of Antarctic biodiversity. *Nature*, 522(7557), 431-438. <https://doi.org/10.1038/nature14505>
- Cincinelli, A., Scopetani, C., Chelazzi, D., Lombardini, E., Martellini, T., Katsoyiannis, A., Fossi, M. C., y Corsolini, S. (2017). *Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): Occurrence, distribution and characterization by FTIR*. *Chemosphere*, 175, 391-400. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.024>
- Convey, P., Peck, L. (2019). *Antarctic environmental change and biological responses*. *Sci. Adv.*, 5, eaaz0888. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz0888>
- Costa, C., Cruz, J., Martins, J., Teodósio, M., Jockusch, S., Ramamurthy, V., y Da Silva, J. (2021). Fluorescence sensing of microplastics on surfaces. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 1797-1802. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01136-0>
- Dawson, A. L., Kawaguchi, S., King, C. K., Townsend, K. A., King, R., Huston, W. M., y Bengtson Nash, S. M. (2018). Turning microplastics into nanoplastics through digestive fragmentation by Antarctic krill. *Nature Communications*, 9(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03465-9>
- Elizalde-Velázquez, G., y Gómez-Oliván, L. (2021). Microplastics in aquatic environments: A review on occurrence, distribution, toxic effects, and implications for human health. *The Science of the total environment*, 780, 146551. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146551>
- El País. (2018, 2 de noviembre). *Fracasa el intento de crear nuevas áreas protegidas en la Antártida*. [https://elpais.com/sociedad/2018/11/02/actualidad/1541166822\\_491341.html](https://elpais.com/sociedad/2018/11/02/actualidad/1541166822_491341.html)
- FAO. (2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/cc0461es/cc0461es.pdf>
- Frias, J., y Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine pollution bulletin*, 138, 145-147. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>
- Guzzetti, E., Sureda, A., Tejada, S., y Faggio, C. (2018). Microplastic in marine organism: Environmental and toxicological effects. *Environmental toxicology and pharmacology*, 64, 164-171. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.10.009>
- Haward, M., Vince, J., y Komyakova, V. (2020). Primary microplastics in the marine environment: scale of the issue, sources, pathways and current policy. *Informe para el National Environmental Science Program*, Marine Biodiversity Hub, Universidad de Tasmania. [https://figshare.utas.edu.au/articles/report/Primary\\_microplastics\\_in\\_the\\_marine\\_environment\\_scale\\_of\\_the\\_issue\\_sources\\_pathways\\_and\\_current\\_policy/23170745](https://figshare.utas.edu.au/articles/report/Primary_microplastics_in_the_marine_environment_scale_of_the_issue_sources_pathways_and_current_policy/23170745)
- Hughes, K. A., y Convey, P. (2020). Implications of the COVID-19 pandemic for Antarctica. *Antarctic Science*, 32(6), 426-439. <https://doi.org/10.1017/S095410202000053X>
- Isobe, A., Uchiyama-Matsumoto, K., Uchida, K., y Tokai, T. (2017). Microplastics in the Southern Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 623-626. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.037>

- Issac, M., y Kandasubramanian, B. (2021). Effect of microplastics in water and aquatic systems. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28, 19544-19562. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13184-2>
- Ivar do Sul, J. A., y Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental pollution* (Barking, Essex: 1987), 185, 352-364. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036>
- Jones-Williams, K., Galloway, T., Cole, M., Stowasser, G., Waluda, C., y Manno, C. (2020). Close encounters: Microplastic availability to pelagic amphipods in sub-Antarctic and Antarctic surface waters. *Environment International*, 140, 105792. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105792>
- Kelly, A., Lannuzel, D., Rodemann, T., Meiners, K. M., y Auman, H. J. (2020). Microplastic contamination in east Antarctic sea ice. *Marine Pollution Bulletin*, 154, 111130. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111130>
- Kennicutt, M. C., Chown, S. L., Cassano, J. J., Liggett, D., Peck, L. S., Massom, R., ... Sutherland, W. J. (2015). A roadmap for Antarctic and Southern Ocean science for the next two decades and beyond. *Antarctic Science*, 27(1), 3-18. <https://doi.org/10.1017/S0954102014000674>
- Löder, M. G. J., y Gerdtts, G. (2015). Methodology used for the detection and identification of microplastics—A critical appraisal. In M. Bergmann, L. Gutow, y M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 201-227). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_8)
- Lusher, A. L., Tirelli, V., O'Connor, I., y Officer, R. (2015). Microplastics in Arctic polar waters: The first reported values of particles in surface and sub-surface samples. *Scientific Reports*, 5(1), 14947. <https://doi.org/10.1038/srep14947>
- Lv, L., He, L., Jiang, S., Chen, J., Zhou, C., Qu, J., Lu, Y., Hong, P., Sun, S., y Li, C. (2020). In situ surface-enhanced Raman spectroscopy for detecting microplastics and nanoplastics in aquatic environments. *The Science of the total environment*, 728, 138449. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138449>
- Maes, T., Jessop, R., Wellner, N., Haupt, K., y Mayes, A. (2017). A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. *Scientific Reports*, 7. <https://doi.org/10.1038/srep44501>
- Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de Costa Rica. (2022). *Costa Rica se adhiere al Tratado Antártico*. <https://www.rree.go.cr>
- McDonald, E., y Yusuf, O. (2024). *Expertos del OIEA confirman la presencia de microplásticos contaminantes en la Antártida*. Boletín del OIEA. <https://www.iaea.org/es/bulletin/expertos-del-oiea-confirman-la-presencia-de-microplasticos-contaminantes-en-la-antartida>
- Munari, C., Infantini, V., Scoponi, M., Rastelli, E., Corinaldesi, C., y Mistri, M. (2017). Microplastics in the sediments of Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Marine pollution bulletin*, 122(1-2), 161-165. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.039>
- Obbard, R. W., Sadri, S., Wong, Y. Q., Khitun, A. A., Baker, I., y Thompson, R. C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future*, 2(6), 315-320. <https://doi.org/10.1002/2014EF000240>
- OIEA-Organsmo Internacional de Energía Atómica. (s.f.). *NUTEC Plastics*. <https://www.iaea.org/services/key-programmes/nutec-plastics>
- Ourgaud, M., Phuong, N., Papillon, L., Panagiotopoulos, C., Galgani, F., Schmidt, N., Fauvelle, V., Brach-Papa, C., y Sempéré, R. (2022). *Identification and Quantification of Microplastics in the Marine Environment Using the Laser Direct Infrared (LDIR) Technique*. Environmental science & technology. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c08870>
- Padervand, M., Lichtfouse, E., Robert, D., y Wang, C. (2020). Removal of microplastics from the environment. *A review. Environmental Chemistry Letters*, 18, 807-828. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-00983-1>
- Peeken, I., Primpke, S., Beyer, B., Gütermann, J., Katlein, C., Krumpfen, T., Bergmann, M., Hehemann, L., y Gerdtts, G. (2018). Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. *Nature Communications*, 9(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03825-5>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2022). *Fin de la contaminación por plásticos: Hacia un instrumento internacional jurídicamente vinculante* (UNEP/EA.5/Res.14). Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, Quinta sesión. <https://digitallibrary.un.org/record/3999257>
- Reed, S., Clark, M., Thompson, R., y Hughes, K. A. (2018). Microplastics in marine sediments near Rothera Research Station, Antarctica. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 460-463. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.068>
- Renner, G., Sauerbier, P., Schmidt, T., y Schram, J. (2019). *Robust Automatic Identification of Microplastics in Environmental Samples using FTIR Microscopy*. Analytical chemistry. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b01095>

- Rintoul, S. R., Chown, S. L., DeConto, R. M., England, M. H., Fricker, H. A., Naish, T. R., Siebert, M. J., y Xavier, J. C. (2018). Choosing the future of Antarctica. *Nature*, 558(7709), 233-241. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0173-4>
- Secretariat of the Antarctic Treaty. (1959). The Antarctic Treaty. <https://www.ats.aq/e/antarctictreaty.html>
- Secretariat of the Antarctic Treaty. (2022). Costa Rica becomes the 55th Antarctic Treaty Consultative Party. Recuperado de <https://www.ats.aq>
- Sierra, I., Chialanza, M., Faccio, R., Carrizo, D., Fornaro, L., y Pérez-Parada, A. (2019). Identification of microplastics in wastewater samples by means of polarized light optical microscopy. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 7409-7419. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07011-y>
- Suaría, G., Perold, V., Lee, J. R., Lebouard, F., Aliani, S., y Ryan, P. G. (2020). Floating macro- and microplastics around the Southern Ocean: Results from the Antarctic Circumnavigation Expedition. *Environment International*, 136, 105494. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105494>
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., ... y Russell, A. E. (2004). *Lost at sea: Where is all the plastic?* *Science*, 304(5672), 838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>
- Tin, T., Fleming, Z. L., Hughes, K. A., Ainley, D. G., Convey, P., Moreno, C. A., Pfeiffer, S., Scott, J., y Snape, I. (2009). Impacts of local human activities on the Antarctic environment. *Antarctic Science*, 21(1), 3-33. <https://doi.org/10.1017/S0954102009001722>
- Waller, C. L., Griffiths, H. J., Waluda, C. M., Thorpe, S. E., Loaiza, I., Moreno, B., Pacherres, C. O., y Hughes, K. A. (2017). Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research. *Science of The Total Environment*, 598, 220-27. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.283>
- Wang, C., Zhao, J., y Xing, B. (2020). Environmental source, fate, and toxicity of microplastics. *Journal of hazardous materials*, 124357. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124357>
- WWF, World Wide Fund for Nature. (2019). *Estudio sobre la ingestión de microplásticos: Análisis del impacto del plástico en los seres humanos*. WWF. [https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/analsis\\_de\\_estudio\\_de\\_ingestion.pdf](https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/analsis_de_estudio_de_ingestion.pdf)
- Xu, G., Cheng, H., Jones, R., Feng, Y., Gong, K., Li, K., Fang, X., Tahir, M., Valev, V., y Zhang, L. (2020). Surface-Enhanced Raman Spectroscopy Facilitates the Detection of Microplastics <1 µm in the Environment. *Environmental science & technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02317>
- Ziani, K., Ioniță-Mîndrican, C., Mititelu, M., Neacșu, S., Negrei, C., Moroșan, E., Drăgănescu, D., y Preda, O. (2023). Microplastics: A Real Global Threat for Environment and Food Safety: A State-of-the-Art Review. *Nutrients*, 15. <https://doi.org/10.3390/nu15030617>