



Aquaciencia



**Pequeñas criaturas con diversas formas pertenecientes al zooplancton,
cuyos organismos flotan a merced de las corrientes marinas.
Fotografías y composición de Marco Violante**



**VOLUMEN 4, NÚMERO 2
Julio-Diciembre 2025**

<https://revistas.ues.edu.sv/index.php/aqc>
revista.aquaciencia@ues.edu.sv



Revista Aquaciencia

Revista de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática
Universidad de El Salvador

VOLUMEN 4, NÚMERO 2, JULIO-DICIEMBRE 2025

<https://revistas.ues.edu.sv/index.php/aqc>

revista.aquaciencia@ues.edu.sv

Final Avenida Mártires del 30 de julio de 1975, Ciudad Universitaria “Dr. Fabio Castillo
Figueroa”, San Salvador, El Salvador.



Licencia CC Reconocimiento-No Comercial-Compartir-Igual 4.0

Autoridades Universitarias

M.Sc. Juan Rosa Quintanilla
Rector

Dra. Evelyn Beatriz Farfán Mata
Vicerrector Académico

M. Sc. Roger Armando Arias Alvarado
Vicerrector Administrativo

Licdo. Pedro Rosalío Escobar Castaneda
Secretario General

Lic. Carlos Amilcar Serrano Rivera
Fiscal General

Licda. Ana Ruth Avelar Valladares
Defensora de los derechos Universitarios

M.Sc. Ángela Gudelia Portillo de Pérez
Decana Facultad de Ciencias Naturales y
Matemática

Dr. José Nery Funes Torres
Vice Decano Facultad de Ciencias Naturales y
Matemática

Equipo editorial

Olga Lidia Tejada de Pacheco
Editora
olga.tejada@ues.edu.sv
<https://orcid.org/0000-0003-4128-7944>

José D. Pablo-Cea
Editor adjunto
jose.pablo@ues.edu.sv
<https://orcid.org/0000-0001-5627-835X>

Fredy Ramón Pacheco
Corrector de texto
fredyrapacheco@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-7508-0919>

Daniel Enrique Rosales Rivera
Diagramación y maquetación
rr21003@ues.edu.sv
<https://orcid.org/0009-0008-3528-3510>

Baltimore Ulises Quintanilla Barrera
Soporte informático
baltimore.quintanilla@ues.edu.sv
<https://orcid.org/0009-0001-4666-7893>

Comité Científico

Sandra Lupe Loza Álvarez
Instituto de Ciencias del Mar - Cuba
slozaalvarez@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-0416-516X>

Gladys Margarita Lugioyo Gallardo
Instituto de Ciencias del Mar - Cuba
margarital54@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7517-8063>

Idalmi Martínez de Rincón
Facultad de Ciencias Naturales y Exactas,
Universidad Autónoma de Chiriquí - Panamá
idamar29@hotmail.com
<https://orcid.org/>

Fidel Angel Parada Santamaría
Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer - El
Salvador
fidel.parada05@liveusam.edu.sv
<https://orcid.org/0009-0004-2860-3978>

Oscar Armando Molina Lara
Consultor ambiental - El Salvador
oscar301ml@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0009-6399-9329>

Ana Jeannette Monterrosa Urías
Ministerio de Medio Ambiente y Recursos
Naturales - El Salvador
anaurias@yahoo.com
<https://orcid.org/0009-0002-6102-4412>

José Yader Ruiz
Universidad de El Salvador - El Salvador
jose.ruiz@ues.edu.sv
<https://orcid.org/0000-0003-4252-0488>

Roberto Amado Vásquez Díaz
Universidad de El Salvador - El Salvador
roberto.vasquez@ues.edu.sv
<https://orcid.org/0000-0002-7162-5337>

Zoila Virginia Guerrero Mendoza
Universidad de El Salvador - El Salvador
zoila.guerrero@ues.edu.sv
<https://orcid.org/0000-0003-3248-791X>

Sobre la Revista

Enfoque y alcance

AQUACIENCIA es la revista de la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador, que forma parte de un proyecto permanente de proyección social, en asocio con la Secretaría de Investigaciones Científicas, para divulgar información actualizada de ecosistemas marino costeros, cuerpos de agua continentales, biodiversidad en general, ecología, y educación ambiental.

Se publican notas de divulgación científica con un enfoque educativo que le permita a los lectores conocer procesos que ocurren en los distintos ecosistemas, a fin de generar valores de admiración y respeto hacia la naturaleza; orientando sus conductas para relacionarse de forma más empática con los recursos naturales.

La revista está a la disposición de los investigadores y estudiantes de la UES y de otras instituciones educativas nacionales o extranjeras.

La publicación es semestral, los manuscritos se someten a evaluación por pares en doble ciego. Para escribir la página editorial será invitado un investigador seleccionado por el Consejo Editorial.

Objetivo

Contribuir a la educación ambiental por medio de notas de divulgación científica.

Público

La revista va dirigida a docentes, estudiantes, investigadores y público en general interesado en acceder a una información veraz y actualizada del área biológica.

Periodicidad

La revista se publicará semestralmente con dos números correspondientes a los períodos de enero - junio y de julio - diciembre. Adicionalmente se podrán publicar números especiales en caso fueran solicitados por los miembros de la Comunidad Académica de la Universidad de El Salvador o externos a la UES.

Aclaratoria

Las ideas y opiniones contenidas son de responsabilidad exclusiva de los autores y no expresan necesariamente el punto de vista de la Universidad de El Salvador.



Misión

La Universidad de El Salvador es una institución pública y autónoma de educación superior, científica, crítica, participativa, democrática y comprometida con el desarrollo nacional integral, con la formación de profesionales de alta calidad humana, científica, tecnológica y con el medio ambiente y la vida, en todas sus formas y manifestaciones, así como con la producción y aplicación contextualizada del conocimiento, a través de la praxis integrada de la docencia, la investigación y la proyección social.

Visión

Ser una universidad transformadora de la educación superior y desempeñar un papel protagónico relevante, en la transformación de la conciencia crítica y prepositiva de la sociedad salvadoreña, con liderazgo en la innovación educativa y excelencia académica, a través de la integración de las funciones básicas de la universidad de El Salvador: la docencia la investigación y la proyección social.

Carta Editorial

Por: Gabriela Espinoza, Biología, docente y jefa de la unidad de investigación de la Universidad Nueva San Salvador.

Aquaciencia: forjando conciencia ambiental y escritores científicos

Desde su nacimiento en 2022, la revista Aquaciencia ha representado un valioso espacio de divulgación científica, convirtiéndose en una herramienta fundamental para fomentar la cultura ambiental en El Salvador. Tuve la oportunidad de formar parte del proyecto desde sus inicios, como autora, y desde entonces he sido testigo de su crecimiento y de su impacto positivo en la comunidad universitaria e inclusive fuera de las fronteras patrias.

El valor de Aquaciencia radica, ante todo, en su capacidad de acercar el conocimiento científico a un público amplio, alineándose con los esfuerzos nacionales e institucionales por democratizar la ciencia. Cada número logra traducir temas de relevancia ambiental, biológica y ecológica en un lenguaje accesible y atractivo, permitiendo que el público en general comprenda la importancia de proteger nuestros ecosistemas, valorar la biodiversidad y reconocer la ciencia como una herramienta clave para el desarrollo sostenible.

Asimismo, la revista se ha consolidado como un espacio de formación para los futuros profesionales de las ciencias naturales, especialmente para los estudiantes de Biología, quienes encuentran en Aquaciencia una plataforma que los motiva a escribir, reflexionar y publicar sus hallazgos. Este proceso fortalece su vocación científica y contribuye al desarrollo de una nueva generación de científicos salvadoreños más conscientes, críticos y comprometidos con el medio ambiente.

En un contexto donde la educación ambiental y la democratización del conocimiento científico son más necesarias que nunca, Aquaciencia cumple un papel fundamental al inspirar, educar y conectar, mostrando que la investigación no debe quedarse únicamente en los laboratorios o las aulas, sino que debe compartirse con todos los sectores de la sociedad.

Solo se puede cuidar lo que se ama, y solo se ama aquello que se conoce; por eso, Aquaciencia cumple una función esencial: despertar curiosidad, inspirar respeto por la naturaleza y fortalecer el vínculo entre la ciencia y la sociedad.

Que esta revista continúe siendo un faro para el conocimiento, la creatividad y la acción en favor de la protección de nuestro planeta.

Índice / Content

Charlas entre el viento y las olas

Talks between wind and waves

Laura Sanvicente-Añorve, Efraín Moreles.....9

La guerra de Troya en la era del plástico

The Trojan war in the Plastic Age

Mitzji Sánchez-Campos, Laura Sanvicente-Añorve, Guadalupe Ponce-Vélez19

Microplásticos, amenazas invisibles.

Microplastics, invisible threats.

Ada Marcela Ramos Martínez.....27

¿Pueden los dispositivos agregadores de peces o plantados dañar el ecosistema?

¿Can fish aggregating devices or FADs harm the ecosystem?.

Julio Guerra Sigüenza.....34

Esta página está dejada intencionalmente en blanco

Charlas entre el viento y las olas

Talks between wind and waves

Narrativa | Narrative



Resumen: A la par de dar a conocer fenómenos raros o intrigantes que ocurren en el océano, este relato da cuenta de los principales problemas ambientales que aquejan los mares del mundo: el cambio climático y la contaminación por plásticos. La narrativa es de forma atrayente y emula charlas entre el viento y las olas. La conclusión resalta los beneficios que el océano proporciona a la humanidad y ofrece recomendaciones para aminorar esos problemas y mejorar la salud de los océanos.

Palabras clave: Cambio climático, Contaminación por plásticos, Transporte de calor, Interacción océano-atmósfera, Cataratas submarinas

Abstract: Along with showing rare or intriguing phenomena occurring in the oceans, this story addresses the major environmental problems in the world's seas: climate change and plastic contamination. The narrative is engaging and emulates conversations between wind and waves. The conclusion highlights the ocean's benefits to humanity and provides recommendations to mitigate these problems and improve ocean health.

Keywords: Climate change, Plastic contamination, Heat transport, Ocean-atmosphere interaction, Underwater waterfalls

Autores:

Laura Sanvicente-Añorve^{1,2}

Efraín Moreles^{1,3}

Correspondencia

lesa@unam.mx

Presentado

31 de marzo de 2025

Aceptado

8 de noviembre de 2025

Afiliación:

1.Universidad Nacional Autónoma de México.

2.ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0951-4564>

3.ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3196-8896>



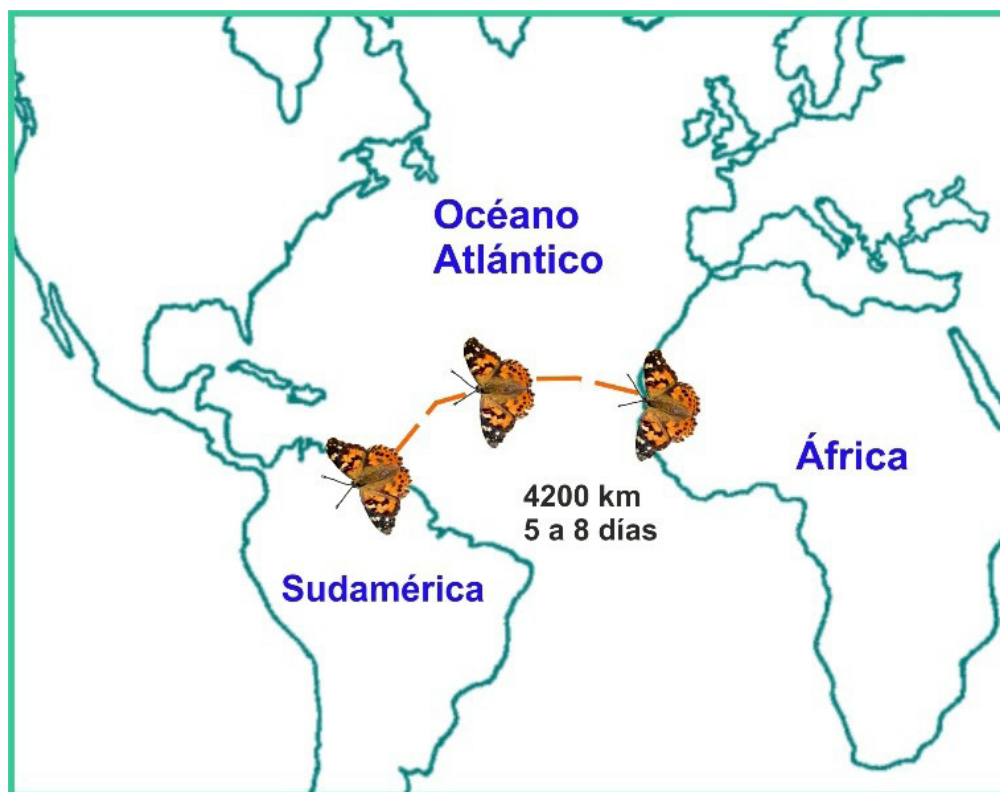
Desde la formación de los océanos, el viento y las olas han tenido una estrecha interacción. Juntos han experimentado innumerables sucesos con vitalidad y temperamento acoplados: un viento en calma apacigua las olas, su estabilidad provoca un vaivén rítmico en ellas, pero si el viento enfurece, las olas se levantan en enormes embestidas que azotan las costas. Inseparables amigos desde siempre, el viento y las olas han mantenido acaloradas y frecuentes conversaciones. Sus charlas giran en torno a temas antiguos y actuales, comentando eventos que jamás dejan de sorprenderlos.

El inesperado viaje transatlántico de la “dama pintada”

Sucedió un día en que las olas acariciaban las playas de la Guyana Francesa, en la costa atlántica de Sudamérica. Para las olas fue sorprendente ver a unas mariposas euroafricanas en la costa americana; se trataba de la llamada “dama pintada” (*Vanessa cardui*), una mariposa de unos cinco centímetros, de color naranja y negro con pintas blancas. En ausencia de una población conocida de “damas pintadas” en Sudamérica, la intriga de las olas crecía, ¿cómo llegaron hasta ahí esas mariposas? Las pequeñas damas aleteaban débilmente sobre la arena con sus rasgadas alas, indicio de un duro y largo viaje, sin descanso, desde el otro lado del Atlántico (Suchan et al., 2024). Las olas, intrigadas, preguntaron al viento cómo ese viaje, tan energéticamente costoso, pudo ser realizado por aquellas frágiles damas de tan sólo 150 mg. El viento silbó y con una gran sonrisa explicó a las olas que él mismo era el responsable de tal viaje; sin ayuda externa, a las mariposas les sería prácticamente imposible atravesar el océano Atlántico, –explicó el viento. Habitualmente las “damas pintadas” realizan grandes migraciones entre el norte de Europa y África, a través de múltiples generaciones (Stefanescu et al., 2017). Es muy probable que las damas varadas en las playas hayan sido accidentalmente atrapadas por los vientos alisios desde la costa occidental de África y transportadas al otro lado del Atlántico, recorriendo 4200 km en tan sólo 5 u 8 días (Suchan et al., 2024) (Figura 1), - agregó el viento. Desafortunadamente, el cambio climático causado fundamentalmente por acción del hombre hace que mi comportamiento pueda cambiar de manera inesperada provocando este tipo de sucesos cada vez con mayor frecuencia, –puntualizó el viento. Al ver a las agonizantes mariposas aletear sobre la arena, los amigos se lamentaban por ese infortunado accidente, causado, indirectamente, por el hombre.

Figura 1

Ilustración del viaje transatlántico de las “damas pintadas” *Vanessa cardui*.



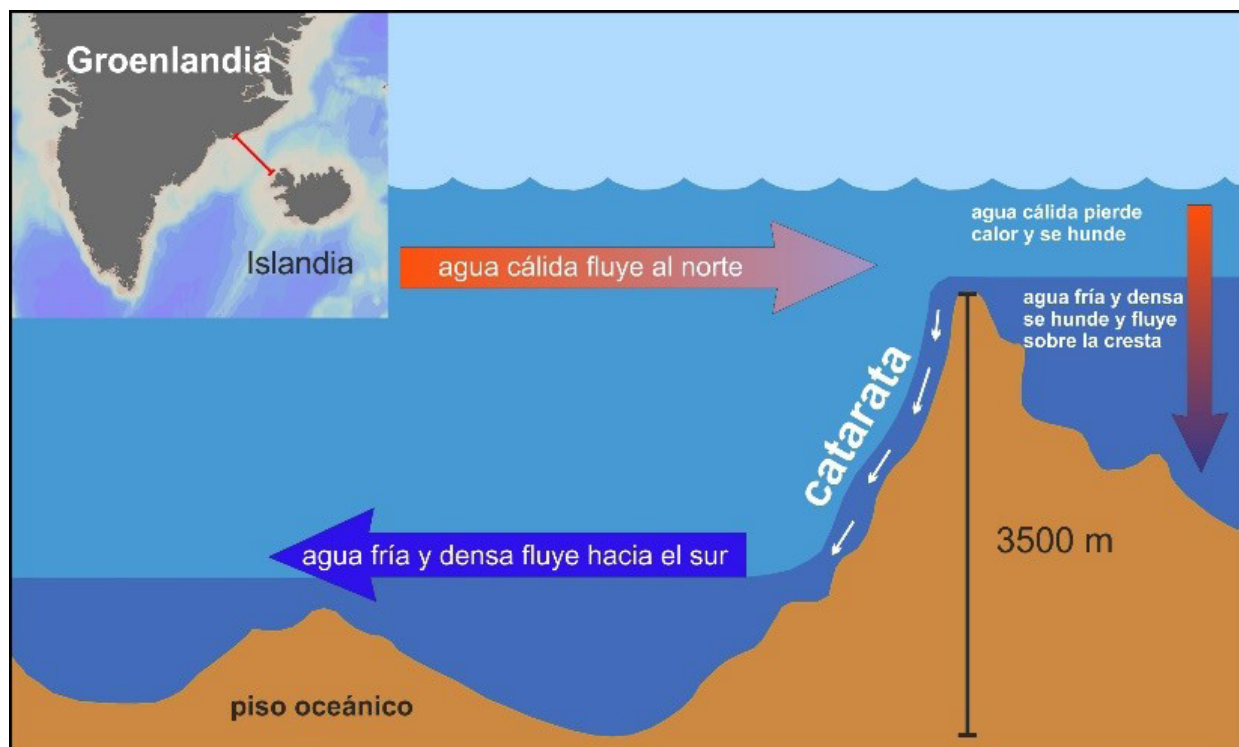
Nota. Las mariposas fueron accidentalmente atrapadas por los vientos alisios en África y llegaron vivas a América. Modificado de Suchan et al. (2024).

Las cataratas invisibles

Un día más, el viento narraba a las olas sobre las maravillas terrestres, como las grandes cataratas, a las cuales soplabla esparciendo infinidad de gotas de agua a su alrededor. El viento refería la gran altura del Salto del Ángel, de más de 800 m, o el gran caudal de las Cataratas del Niágara, con más de 2000 m^{3/s} (Hennings & Lynch, 2020). Las olas, atentas, relataron al viento sobre un fenómeno submarino paralelo. Bajo la superficie, en el Estrecho de Dinamarca, entre Groenlandia e Islandia, existe una gran catarata submarina de más de 3500 m de altura y 480 km de ancho, pero invisible desde la superficie. Se origina por diferencias de densidad: las aguas heladas provenientes del norte se encuentran con aguas más cálidas que vienen del sur, provocando el hundimiento de las primeras sobre una gran pendiente (NOAA, 2024) (Figura 2). Si bien parece un fenómeno local, prosiguieron las olas, la ocurrencia de esta catarata permite establecer un flujo de agua que recorre todo el océano Atlántico y ejerce un impacto significativo en la circulación oceánica del planeta y, por tanto, en la regulación del clima en la Tierra (Whitehead, 1989). En efecto, las olas tenían razón. La catarata forma parte de la Circulación de Vuelco Meridional del Atlántico (AMOC, por sus siglas en inglés) que consiste en el flujo superficial de agua cálida hacia altas latitudes, en donde pierde calor, se hace más densa, y se hunde; el agua profunda se mueve hacia el sur, viaja por el fondo del Atlántico y emerge en las cercanías de la Antártida por efecto del viento (Whitehead, 1989; National Geographic, 2025) (Figura 3).

Figura 2

Esquema sobre el origen de la catarata submarina en el Estrecho de Dinamarca.

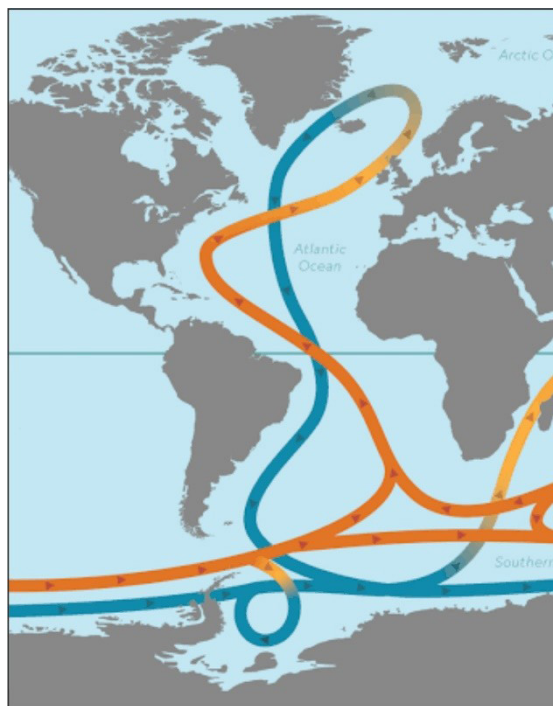


Nota. En el Estrecho de Dinamarca, el agua cálida procedente del sur pierde calor, se hace más densa, se hunde y desliza sobre una gran pendiente formando la catarata submarina. Redibujado de la NOAA website, <https://oceanservice.noaa.gov/facts/largest-waterfall.html>.

El viento dijo haber escuchado sobre el debilitamiento de la AMOC. Efectivamente –respondieron las olas– un gran aumento de la temperatura global provocaría deshielo polar; el agua circundante sería entonces menos salada y densa y, por tanto, la gran cascada submarina no existiría (Rahmstorf, 2024; Moreles, 2023). El calentamiento global podría atenuar la fuerza de la AMOC o hacer que “colapse”, –agregaron las olas. ¿Y qué consecuencias habría?, –preguntó el viento. Las olas advirtieron sobre cambios severos en el clima, nivel del mar, distribución de las especies y desaparición de algunas de ellas, como los arrecifes de coral. Por ejemplo, un colapso de la AMOC provocaría que el norte del Atlántico sea mucho más frío y el resto de la Tierra más caliente, habría cambios en el patrón de lluvias, redefiniendo la ocurrencia de sequías e inundaciones y afectando el rendimiento de cultivos (Rahmstorf, 2024; Moreles, 2023). Si bien hay mucha incertidumbre acerca de lo que podría ocurrir con la AMOC en un futuro cercano –indicaron las olas– es importante que la humanidad ejerza acciones para que dichas catástrofes no sucedan. Ambos amigos coincidieron en que la gran catarata submarina no sólo era bella, sino necesaria para el bienestar de la humanidad, al ser un engrane fundamental del funcionamiento de la AMOC.

Figura 3

Esquema simplificado de la Circulación de Vuelco Meridional del Atlántico (AMOC).



Nota. El color naranja indica un flujo superficial y el azul por el fondo marino. Tomado de la NatGeo website <https://education.nationalgeographic.org/resource/global-conveyor-belt/>.

Las islas de plástico

El viento y las olas gustaban de jugar sobre grandes extensiones del océano. Un diseño que ambos gozaban dibujar eran las llamadas “olas cuadradas”, un raro fenómeno con patrón uniforme, como si el mar estuviera cubierto por una extensa colcha. Esto ocurre cuando dos trenes de olas inducidas por el viento chocan en un ángulo oblicuo y ambas tratan de seguir su trayectoria (Wu et al., 2021) (Figura 4).

Figura 4

Formación de olas cuadradas en la superficie del mar.



Nota. Este raro fenómeno ocurre cuando dos trenes de olas inducidas por el viento chocan en ángulo oblicuo. Captura de pantalla de <https://www.youtube.com/watch?v=bhzwgUuZato>

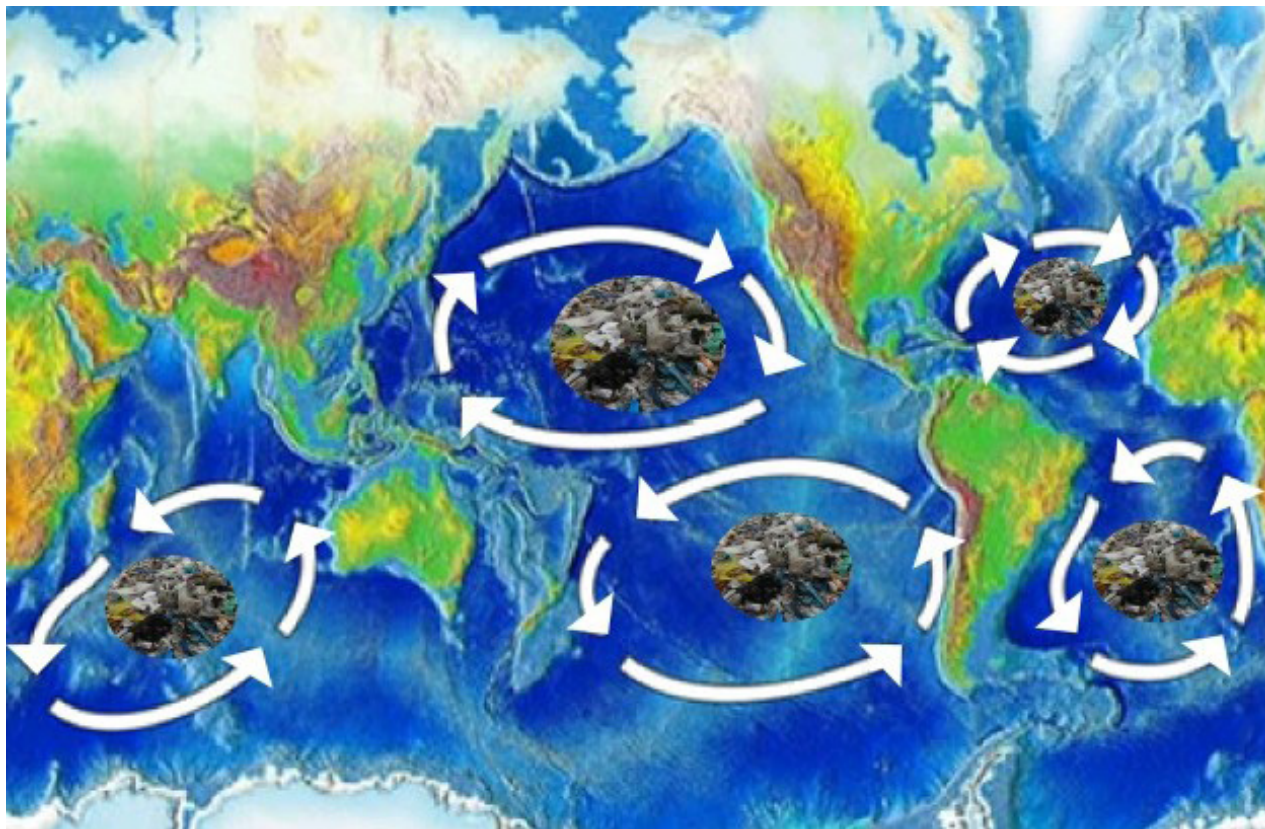
Un día, sus juegos y diseños fueron interrumpidos por una gran masa de residuos plásticos que flotaba en los mares; las olas lamentaron no poder fluir libremente. El sobrevuelo del viento sobre los grandes océanos le permitía observar el alarmante desarrollo de las “islas de plástico”. ¿Y por qué se forman estas grandes acumulaciones de basura?, –preguntaron las olas. Porque hay una mala gestión de residuos por parte de los hombres, –indicó el viento. Se estima que el 80 % de los plásticos vertidos al océano llega desde la tierra y el resto procede de las embarcaciones marinas; los ríos son la principal fuente de entrada, sólo el río Danubio arroja 4200 kg al día (Eriksen et al., 2016; Jambeck et al., 2015), –agregó el viento. Una vez en el mar, gran parte de la basura es atrapada por enormes corrientes oceánicas, como los grandes giros subtropicales; estos giros transportan y acumulan el plástico hacia el interior de estos, como si fuera un remolino, generando así las gigantescas y falsas islas flotantes. Existen cinco grandes “islas de plástico”, una en cada hemisferio de los océanos Pacífico y Atlántico, y otra más en el Índico (Eriksen et al., 2016) (Figura 5), –añadió el viento. Pues la cantidad de plástico debe ser enorme, porque ya no podemos jugar como antaño, –expresaron las olas. De hecho, se estima que la masa de plásticos flotantes en los océanos fluctúa entre 7000 y 35000 toneladas y ocupa no menos de siete millones de km² en superficie (Eriksen et al., 2016; Conopoima-Moreno, 2022), –respondió el viento.

Ambos amigos estaban conscientes de los daños que los plásticos causaban a la fauna marina, como el enredado de animales en las redes de pesca y su ingesta accidental por tortugas, aves u otros animales, causando lesiones, asfixia o falsa saciedad. Los plásticos se descomponen en partículas más pequeñas, menores a 5 mm, conocidas como microplásticos, que son diseminadas por todos los mares del mundo e ingeridas accidentalmente por animales más pequeños, como el zooplancton, con la posibilidad de transferirse a otros organismos a través de la cadena alimentaria, incluidos los humanos. Además de los efectos físicos, los plásticos liberan sustancias tóxicas causando un problema de salud a los ecosistemas (Sánchez-Campos et al., 2024).

Al continuar su camino, el viento y las olas se toparon con barcos de la fundación The Ocean Cleanup, una organización sin fines de lucro que trabaja para proteger el océano. Expectantes, los amigos observaban cómo las embarcaciones recolectaban el plástico mediante el arrastre de redes de manta. Una luz de esperanza les envolvió, aunque ambos entendían que, a la par de la recolección, los hombres debían frenar de inmediato la entrada de plásticos al mar.

Figura 5

Ilustración de “islas de plástico” en los grandes giros oceánicos.



Nota. Cuando el plástico llega al mar, es atrapado por las corrientes y llevado al interior de los grandes giros oceánicos. Modificado de la NOAA website

https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_currents/04currents3.html

El viento y las olas, amigos ¿y el hombre?

El viento y las olas no tenían ninguna duda sobre los grandes beneficios que los mares proporcionan al hombre, como la obtención de alimento, medicamentos y energía, extracción de metales y otras materias primas, además de proveer rutas de transporte y medios para actividades recreativas (NOAA, 2025; Müller & Sacco, 2023). Los hombres se divierten haciendo “surfing” conmigo, –dijeron las olas; y yo soplo sobre sus veleros, –agregó el viento. Pero hay más beneficios: los océanos absorben una gran parte del dióxido de carbono y del calor generado por las actividades humanas, con lo que se reducen los efectos del cambio climático; además, más de la mitad del oxígeno en la Tierra se produce en el mar (Müller & Sacco, 2023). En pocas palabras, sin los océanos, la vida humana no sería posible. La pregunta fundamental era entonces: ¿cuidan los hombres realmente los océanos? El viento instruyó a las olas sobre las acciones de conservación del ecosistema marino: el mayor esfuerzo para combatir los problemas ambientales de los océanos se hace a través de las Naciones Unidas, con acuerdos internacionales enfocados en reducir las presiones ejercidas por el hombre sobre los océanos (ONU, 2023). El viento también advirtió sobre la necesidad urgente de reducir las emisiones de dióxido de carbono para aminorar

los efectos del cambio climático, así como disminuir o eliminar la utilización de plásticos de un solo uso y hacer una gestión adecuada de los residuos (Müller & Sacco, 2023; Schmidt Koch & Barber, 2019). No obstante, para tener resultados efectivos, estas acciones deben ejecutarse a nivel mundial, regional e individual, ¿qué opinas de ello?, –preguntó el viento. Las olas no contestaron, su gran sonrisa había quedado congelada por efecto del viento frío. Sin darse cuenta, el viento y las olas recorrieron el mundo hasta llegar a tierras australes; las gotas de agua de las olas, al roce con un viento frío y fuerte, se congelaron dando la impresión de producir olas congeladas (National Geographic, 2024) (Figura 6).

Figura 6

Formación de “olas congeladas”.



Nota. El roce de un viento frío con gotas de agua de las olas produce este fenómeno. Tomado de NatGeo website. Autor Mersey Viking, atribución CC BY 2.0. https://static.nationalgeographicla.com/files/styles/image_3200/public/371866792_5b47c3dcdb_c.webp?w=760&h=570

El letargo de las olas hizo reflexionar al viento sobre los últimos acontecimientos juntos. Pensaba en la inútil agonía de las “damas pintadas”, en la importancia de las mariposas y otros insectos en la polinización de las plantas, en los corales y su relevancia en la protección de costas contra la erosión e inundaciones, en los peces contaminados: ¿cómo era posible que el hombre no hiciera conciencia de ello? Era inminente: el hombre debería redefinir su escala de valores y priorizar en ellos la conservación de la naturaleza. El tiempo transcurría, y las olas permanecían dormidas. No se sabe si las olas escarcharon su sonrisa por efecto del cambio climático; lo que sí se sabe es de la urgente necesidad de conocer y cuidar el planeta.

Referencias

- Suchan, T., Bataille, C. P., Reich, M. S., Toro-Delgado, E., Vila, R., Pierce, N. E., & Talavera, G. (2024). A trans-oceanic flight of over 4,200 km by painted lady butterflies. *Nature Communications*, 15(1), 5205. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-49079-2>
- Stefanescu, C., Puig-Montserrat, X., Samraoui, B., Izquierdo, R., Ubach, A., & Arrizabalaga, A. (2017). Back to Africa: Autumn migration of the painted lady butterfly *Vanessa cardui* is timed to coincide with an increase in resource availability. *Ecological Entomology*, 42(6), 737–747. <https://doi.org/10.1111/een.12444>
- Hennings, J., & Lynch, H. (2020). *Wondrous waterfalls* [Audio podcast episode]. *EarthDate*. Bureau of Economic Geology. <https://www.earthdate.org>
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2024). Where is Earth's largest waterfall? *NOAA National Ocean Service*. <https://oceanservice.noaa.gov/facts/largest-waterfall.html>
- Whitehead, J. A. (1989). Giant ocean cataracts. *Scientific American*, 260(2), 50–59. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0289-50>
- National Geographic. (2025). *The global conveyor belt*. *National Geographic Education*. <https://education.nationalgeographic.org/resource/global-conveyor-belt/>
- Rahmstorf, S. (2024). Is the Atlantic overturning circulation approaching a tipping point? *Oceanography*, 37(3), 16–29. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2024.501>
- Moreles, E. (2023). La circulación oceánica del Atlántico podría colapsar. *Gaceta UNAM*, 5(404), 16–17.
- Wu, Y., Liu, L., Wang, L., Ma, Y., & Zhang, Z. (2021). Analysis of square wave characteristic based on viscous flow CFD. In *Proceedings of the International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering* (Vol. 85185, p. V008T08A034). American Society of Mechanical Engineers. <https://doi.org/10.1115/OMAE2021-62345>
- Eriksen, M., Thiel, M., & Lebreton, L. (2016). Nature of plastic marine pollution in the subtropical gyres. In H. Takada & H. K. Karapanagioti (Eds.), *Hazardous chemicals associated with plastics in the environment*. Springer. https://doi.org/10.1007/698_2016_123
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Conopoima-Moreno, Y. C. (2022). Las islas de plástico: su vinculación ambiental en el Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 5(2), 96–103. <https://orcid.org/0000-0001-9998-3681>
- Sánchez-Campos, M., Ponce-Vélez, G., Sanvicente-Añorve, L., & Alatorre-Mendieta, M. (2024). Microplastic contamination in three environmental compartments of a coastal lagoon in the southern Gulf of Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(11), 1012. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13156-2>
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2025). Why should we care about the ocean? *NOAA National Ocean Service*. <https://oceanservice.noaa.gov/facts/why-care-about-ocean.html>
- Müller, M., & Sacco, D. (2023). *El océano: un pilar esencial de la vida en nuestro planeta*. Deutsche Bank, Chief Investment Office. <https://www.deutschewealth.com>

Organización de las Naciones Unidas. (2023). *Informe de los objetivos de desarrollo sostenible 2023*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (DAES). <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023>

Schmidt Koch, B., & Barber, M. M. (2019). Basuras marinas: impacto, actualidad y las acciones para mitigar sus consecuencias. *Revista de Marina*, 968, 30–39. <https://revistamarina.cl/revistas/2019/6/schmidt.pdf>

National Geographic. (2024). ¿Pueden congelarse las olas del mar a causa del frío intenso? *National Geographic* en Español. <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente>

Esta página está dejada intencionalmente en blanco

La guerra de Troya en la era del plástico

The Trojan war in the Plastic Age

Narrativas y Notas cortas para la educación ambiental | Narratives and Short Notes for Environmental Education.



Resumen

Los microplásticos son diminutas partículas en cuya superficie pueden adherirse contaminantes químicos del agua y microorganismos patógenos, actuando como verdaderos vehículos de sustancias tóxicas. Al ser ingeridos por la fauna, estas sustancias pueden liberarse y causar daños fisiológicos en los organismos, causando un “efecto de caballo de Troya”. A través de una historia ficticia, este relato expone las principales consecuencias de la ingesta de microplásticos en los animales marinos. Se concluye con una serie de recomendaciones para mitigar el problema y mejorar la salud de los ecosistemas.

Palabras clave: Efecto caballo de Troya, Contaminación, Microplásticos, Zooplankton, Bentos.

Abstract

Microplastics are tiny particles whose surface chemical contaminants in water and pathogenic microorganisms can adhere, acting as vehicles for toxic substances. When ingested by organisms, these substances can be released and cause physiological damage, triggering a “Trojan horse effect.” Through a fictional story, this narrative exposes the main consequences of microplastic ingestion in marine animals. It concludes with a series of recommendations to mitigate the problem and improve ecosystem health.

Keywords: Trojan horse effect, Contamination, Microplastics, Zooplankton, Benthos.

Autores:

Mitzi Sánchez Campos^{1,2}
Laura Sanvicente Añorve^{1,3}
Guadalupe Ponce Vélez^{1,4}

Correspondencia:

mitzi_27@ciencias.unam.mx

Presentado:

31 de marzo de 2025

Aceptado:

8 de noviembre de 2025

Afiliación:

1. Universidad Nacional Autónoma de México.
2. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2479-424X>
3. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0951-4564>
4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-0838>



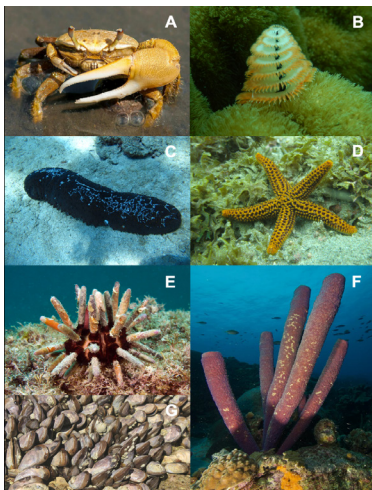
Pugna entre dos reinos marinos

Hace mucho tiempo, dos reinos vivían pacíficamente en el océano. Por un lado, estaba el Reino del Bentos, animales guardianes del fondo oceánico, reconocidos por su fuerza y astucia. Por otro, existía el Reino del Pelágos, un cedinario de tipo medusa (escifozoo), constituido principalmente por organismos del zooplancton, mejor conocidos como ‘vagabundos errantes’, habitantes de la columna de agua, célebres por su inteligencia y velocidad. Un día, el guardián del Reino del bentos, un corpulento cangrejo con poderosas pinzas asimétricas que siempre estaba de mal humor, fue en busca de la bella reina Elenaconcha; ella era un molusco bivalvo de tonos marrones que solía disfrutar de sus baños de lodo. Para sorpresa del cangrejo, Elenaconcha había desaparecido. Preocupado, el cangrejo interrogó a los lacayos de la reina, un par de gusanos poliquetos, quienes informaron que Elenaconcha había sido raptada por Paris, el príncipe del pelágos, un cnidario del tipo medusa, bien parecido, viajero de las olas y famoso en los todos los mares por sus encantos. Ante esta noticia, el guardián mandó reunir a las tropas del reino para ir al rescate de la bella reina.

El ejército del bentos estaba conformado principalmente por esponjas, criaturas con estructuras rígidas denominadas espículas; cangrejos cubiertos por un exoesqueleto de quitina; moluscos protegidos por una concha calcárea y estrellas de mar y erizos, con un endoesqueleto compuesto de calcio que les otorgaba rigidez y protección (Figura 1); con estas características, el bentos confiaba en que rescataría a su reina. Por otro lado, el zooplancton estaba conformado en su mayoría por diminutas criaturas que superaban en número y rapidez al ejército bentónico y se desplazaban con las corrientes marinas, lo que dificultaba su captura (Figura 2). En un primer encuentro, el bentos tomó por sorpresa al zooplancton y casi rescata a la bella Elenaconcha, pero ella se negó a regresar con los suyos. En realidad, la reina no había sido raptada, sino que había sucumbido a los encantos del príncipe Paris y huido por su propia voluntad. Enfurecido y herido en su honor, el gran cangrejo decidió retirar las tropas y, una vez en su reino, convocó al Consejo Real para idear un plan de ataque contra el zooplancton.

Figura 1

Vida en el fondo marino.



Nota. Animales bentónicos. A) Cangrejo, fotografía de Pixabay para Pexels.com. B) Poliqueto, fotografía de Vivianne Solís. C) Pepino de mar, fotografía de Francisco Solís. D) Estrella de mar, fotografía de Francisco Solís. E) Erizo de mar, fotografía de Francisco Solís. F) Esponjas marinas, fotografía de Pascal Ingelrest para Pexels.com. G) Ostras, fotografía de Shadiyah Becker para Pexels.com.

Figura 2

Vida en la columna de agua.



Nota. Pequeñas criaturas con diversas formas pertenecientes al zooplancton, cuyos organismos flotan a merced de las corrientes marinas. Fotografías y composición de Marco Violante.

El arma secreta

Dentro del Consejo Real se encontraba un malicioso pepino de mar. En busca de ideas para el rescate de Elenaconcha, el pepino acudió a la biblioteca del reino en donde se encontró con la *Ilíada*. Esta obra narraba la guerra entre los griegos y los troyanos, en la que los griegos sitiaron la antigua ciudad de Troya, amurallada por fortificaciones magníficas e impenetrables. Los griegos idearon un astuto plan: construir un enorme caballo de madera, en cuyo interior se escondía un grupo de guerreros, y dejarlo como ofrenda a orillas del mar, pretendiendo que se habían rendido ante los troyanos. Los troyanos, ingenuos, llevaron el caballo dentro de las murallas de la ciudad. Por la noche, los griegos salieron del caballo e invadieron Troya, logrando la victoria.

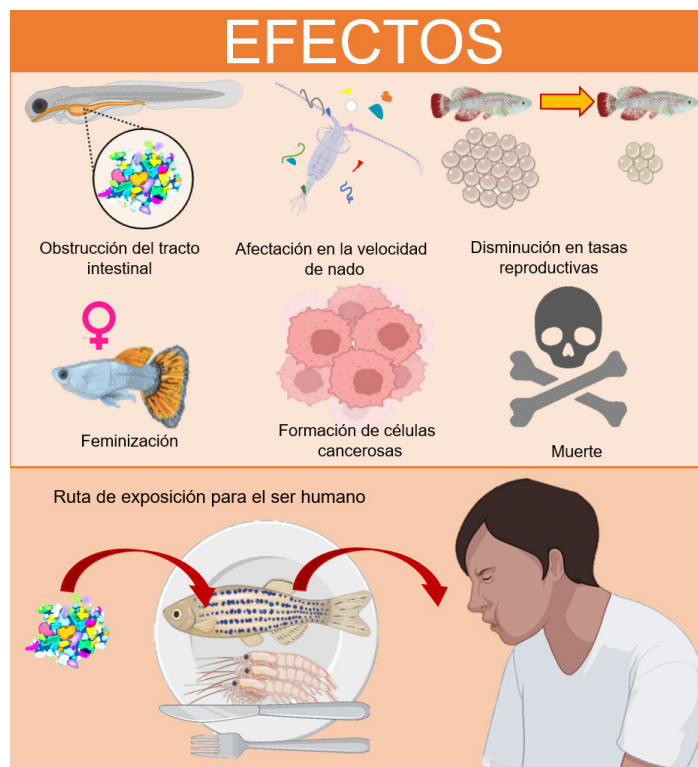
El malicioso pepino propuso al guardián del reino aplicar la misma estrategia utilizada por los griegos, a lo que el cangrejo solicitó mayor explicación. Esta es una guerra moderna donde ya no usaremos caballos de madera, sino de plástico. ¿Cómo? –preguntó el cangrejo. En señal de buena voluntad, citaremos a los organismos del bentos al abrigo de una de las grandes “islas de plástico” que flotan sobre los mares; al fragmentarse, los plásticos eventualmente alcanzarán tallas menores a 5 mm, llamados microplásticos, que servirán como señuelos de un gran banquete, –añadió el pepino. La gran variedad de formas, colores y tamaños de los microplásticos, aunado a su gran abundancia y amplia distribución, simularán apetitosas viandas que podrían ser confundidas con las presas habituales de los organismos del zooplancton, –dijo el pepino. Atento, el gran cangrejo seguía sin comprender el símil de este plan con el caballo de Troya. El pepino explicó que, durante la fabricación del plástico, se adicionan sustancias químicas que los hacen más resistentes y duraderos, pero tóxicas para la biota y, además, en su superficie se pueden adherir ciertos contaminantes del agua (metales pesados, pesticidas e hidrocarburos) y microorganismos patógenos. De esta forma, los microplásticos actuarán como un vehículo de sustancias tóxicas, las cuales serán liberadas una vez que la partícula plástica sea ingerida por los animales del zooplancton, causando un “efecto de caballo de Troya”, –expuso el pepino.

El banquete engañoso

La idea cautivó a aquel cangrejo y decidió poner en marcha el plan. El cangrejo anunció el ofrecimiento de un banquete al reino del pélagos en señal de paz. Una vez llegado el día, se presentó un pulpo, uno de los animales más sabios del océano y viejo amigo de ambos reinos, quien sólo observaba la llegada de los invitados. En primer lugar, llegó Paris junto con Elenaconcha, seguidos por varios grupos animales: pequeños crustáceos como copépodos y luciféridos, quetognatos, mejor conocidos como gusanos flecha, larvas de peces y muchos otros seres (Ver Figura 2). Todos se maravillaron ante la abundancia del festín y comenzaron a devorar cuanto a su paso encontraron, filtrando o atrapando a sus supuestas presas. Sin embargo, una vez que ingirieron las partículas plásticas, el ambiente comenzó a percibirse hostil. El pulpo, quien deseaba la paz entre ambos reinos, intentó hablar con el cangrejo, –¿Sabes lo que está ocurriendo? Sí, estamos a punto de ganar la guerra, –respondió el cangrejo. El pulpo intentó persuadir al cangrejo de suspender el ataque, evidenciando el sufrimiento de algunos animales que presentaban obstrucción del tracto intestinal; incluso los más jóvenes, las larvas, parecían especialmente vulnerables y propensas a morir. Al escuchar este diálogo, un quetognato preguntó al pulpo: señor pulpo, todos los que hemos comido de este banquete, ¿tendremos un destino trágico? No todos sufrirán un daño inmediato, pero podrían tener efectos graduales, –contestó el pulpo. Algunos comenzarán a notar una disminución en sus tasas reproductivas, otros tendrán efectos más extraños, como la feminización o la formación de células cancerosas. De repente, algo distrajo su atención: un gran número copépodos que nadaba con pesadez y lentitud. El pulpo explicó que había microplásticos adheridos en las antenas y patas de estos pequeños crustáceos, afectando su velocidad de nado (Figura 3). Ante este escenario, el pulpo y el quetognato intentaron advertir de los peligros inminentes de los microplásticos a los animales del zooplancton, pero para muchos ya era demasiado tarde.

Figura 3

Efectos de los microplásticos en animales marinos y ruta de ingreso en el ser humano



Nota. Representación de las alteraciones de los microplásticos en organismos marinos y transferencia al ser humano mediante el consumo de mariscos contaminados. Infografía de autoría propia con imágenes tomadas de Biorender.com.

Unificación de los reinos

Desde el fondo del mar, el cangrejo, el pepino, las esponjas y otros animales celebraban la victoria del reino del bentos, sin percatarse que, poco a poco, los microplásticos también podían hundirse y diseminarse por todo el océano; nadie escapaba de su alcance, ni la bella Elenaconcha. La reina filtraba grandes cantidades de agua al tiempo que se desvanecía en el lodo y sus valvas se cerraban para siempre; Paris intentó reavivarla con sus tentáculos sin éxito alguno. Fue entonces cuando el cangrejo comprendió que el verdadero enemigo de la vida marina eran los microplásticos; ambos bandos deberían unir sus fuerzas para combatir esta amenaza, en memoria de la bella Elenaconcha. La reina no fue la única ostra que había caído en la trampa de aquel banquete, muchas otras también habían ingerido microplásticos y el problema escaló hasta una población humana costera. Los pobladores de una villa de pescadores ingirieron las ostras contaminadas y, al poco tiempo, comenzaron a sentir fuertes dolores estomacales y alergias; era un llamado de la naturaleza a mantener limpio el océano, pues cualquier presión ejercida sobre él, tarde o temprano regresará al hombre.

Mientras tanto, en el océano, Paris, el cangrejo y el pulpo, se reunieron en busca de respuestas. Con tono serio y solemne, el pulpo advirtió a sus colegas sobre el peligro de haber olvidado su historia. El pulpo recordó al cangrejo que, en su etapa larvaria, él y otros animales del bentos habían formado parte del zooplancton, por lo que atacarles era atentar contra ellos mismos. El cangrejo lamentó lo ocurrido, pero se cuestionaba: ¿qué podría hacer un simple cangrejo? Señalando a la villa de pescadores afectados, el pulpo indicó que el llamado a los hombres estaba hecho: era imperativo un cambio en sus hábitos. Los

humanos podrían no utilizar los plásticos de un solo uso, como los empaques y utensilios de comida, evitar el agua embotellada y las bolsas plásticas y no optar por ropa hecha con fibras sintéticas; también podrían reemplazar exfoliantes con microesferas por exfoliantes naturales, –dijo el pulpo. Entiendo que estas acciones son individuales, ¿pero en conjunto qué más podrían hacer?, –intervino Paris. Los hombres deben tener un mejor manejo de residuos, impulsar el reciclaje y realizar campañas de limpieza en playas para evitar que los desechos terminen en nuestros reinos, –agregó el pulpo. ¿Y qué pasa con sus gobernantes?, –preguntó el cangrejo. El pulpo refirió sobre la creación de políticas públicas para enfrentar la problemática y generar alianzas con las industrias para que adopten prácticas sostenibles (Figura 4).

El cangrejo y Paris intercambiaron miradas, conscientes de que, si bien cada acción individual era importante, solo a través de un esfuerzo colectivo podrían enfrentar este desafío para un bien común.

Figura 4

Soluciones para combatir la contaminación plástica.



Nota. Representación gráfica de diversas estrategias para prevenir y reducir la contaminación plástica desde un enfoque individual, colectivo, industrial y gubernamental. Infografía de autoría propia con imágenes tomadas de Pexels.com.

Conclusión y reflexión

“Tan diminutos como nocivos”, fue el consenso general de los involucrados en esta historia sobre los microplásticos. Su pequeño tamaño hacía más fácil su diseminación en el medio marino con potencial afectación a toda la fauna, escalando en la red alimentaria, llegando incluso a los hombres, los propios fabricantes de plásticos. Los microplásticos eran causantes de daños físicos, pero, más nocivo aún, era su “efecto de caballo de Troya”, en que actuaban como vehículos de contaminantes y organismos patógenos con severas implicaciones fisiológicas.

Dar una solución era imperativo: los hombres deberían actuar desde diferentes perspectivas e impulsar una participación conjunta de la sociedad para reducir la fabricación y uso de plásticos y mejorar el manejo de residuos. Es importante que los humanos hagan conciencia de que la salud de los ecosistemas representa también su propia salud.

Referencias

- Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2003). Invertebrates (Vol. 347). Basingstoke.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2015). The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod *Calanus helgolandicus*. *Environmental Science & Technology*, 49, 1130-1137. <https://doi.org/10.1021/es504525u>
- Heindler, F. M., Alajmi, F., Huerlimann, R., Zeng, C., Newman, S. J., Vamvounis G., & van Herwerden, L. (2017). Toxic effects of polyethylene terephthalate microparticles and Di(2-ethylhexyl) phthalate on the calanoid copepod, *Parvocalanus crassirostris*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 141, 298-305. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.03.029>
- Lee, K. W., Shim, W. J., Kwon, O. Y., & Kang, J. H. (2013). Size-dependent effects of micro polystyrene particles in the marine copepod *Tigriopus japonicus*. *Environmental Science & Technology*, 47, 11278-11283. <https://doi.org/10.1021/es401932b>
- Lee, Y., Cho, J., Sohn, J., & Kim, C. (2023). Health effects of microplastic exposures: current issues and perspectives in South Korea. *Yonsei Medical Journal*, 64(5), 301. <https://doi.org/10.3349/ymj.2023.0048>
- Ryan, P. G. (2014). Litter survey detects the South Atlantic 'garbage patch'. *Marine Pollution Bulletin*, 79(1-2), 220-224. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.010>
- Samaei, S. H. A., Mojahednia, P., Chen, J., Li, Z., Jaszczyszyn, K., Kiedrzyńska, E., & Xue, J. (2025). What does the "Trojan Horse" carry? The pollutants associated with microplastics/nanoplastics in water environments. *ACS ES&T Water*. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1845531>
- Sánchez-Campos, M., Ponce-Vélez, G., Sanvicente-Añorve, L., & Alatorre-Mendieta, M. (2024). Microplastic contamination in three environmental compartments of a coastal lagoon in the southern Gulf of Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(11), 1012. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13156-2>
- Sendra, M., Sparaventi, E., Novoa, B., & Figueras, A. (2021). An overview of the internalization and effects of microplastics and nanoplastics as pollutants of emerging concern in bivalves. *Science of the Total Environment*, 753, 142024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142024>
- Strauss, B. (2022). La guerra de Troya. Edhasa.
- Syberg, K., Khan, F. R., Selck, H., Palmqvist, A., Banta, G. T., Daley, et al. (2015). Microplastics: addressing ecological risk through lessons learned. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 34(5), 945-953. <https://doi.org/10.1002/etc.2914>
- von Cosel, R., & Olu, K. (2009). Large Vesicomidae (Mollusca: Bivalvia) from cold seeps in the Gulf of Guinea off the coasts of Gabon, Congo and northern Angola. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 56(23), 2350-2379. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2009.04.016>
- Yu, S. P. Y., Cole, M. C., & Chan, B. K. (2020). Effects of microplastic on zooplankton survival and sublethal responses. In S. J., Hawkins, A. L. Allcock, A. E. Bates, A. J. Evans, L. B. Firth, C. D. McQuaid et al. (Eds.), *Oceanography and marine biology* (1st ed., 351-393). CRC Press, London.
- Zhang, Z., Lau, E. S. W., & Ge, W. (2020). Genetic evidence for estrogenicity of bisphenol A in zebrafish gonadal differentiation and its signalling mechanism. *Journal of Hazardous Materials*, 386, 121886. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121886>

Zhao, B., Chen, F., Yao, Q., Lin, M., Zhou, K., Mi, S., et al. (2024). Toxicity effects and mechanism of micro/nanoplastics and loaded conventional pollutants on zooplankton: An overview. *Marine Environmental Research*, 106547. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106547>

Esta página está dejada intencionalmente en blanco

Microplásticos, amenazas invisibles

Microplastics, invisible threats

Nota de divulgación Científica | Scientific Dissemination Note



Resumen

Los microplásticos son fragmentos de plástico del tamaño de 5 milímetros o menos. Debido a su diminuto tamaño son capaces de encontrarse en los diferentes compartimentos ambientales y actualmente son una de las mayores problemáticas medioambientales a nivel mundial, ya que permanecen en el medio ambiente durante cientos de años. Se consideran amenazas a la salud porque su ingesta e inhalación pueden provocar desórdenes de comportamiento, enfermedades y trastornos alimenticios a los humanos y a todos los organismos. Por lo que reducir el uso de plásticos y utilizar alternativas orgánicas puede mejorar la calidad de vida de todos los seres vivos del planeta, por lo que es de vital importancia tomar acciones en pro del bienestar de todos.

Palabras clave: Fragmentos plásticos, polímeros, desechos plásticos, contaminantes.

Autor:

Ada Marcela Ramos Martínez

Correspondencia:

rm20020@ues.edu.sv

Presentado:

31 de marzo de 2025

Aceptado:

8 de noviembre de 2025

Afiliación:

Escuela de Biología, Universidad de El Salvador.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3205-498X>



Abstract

Microplastics are plastic fragments measuring 5 millimeters or less. Due to their tiny size, they can be found in different environmental compartments and are currently one of the biggest environmental problems worldwide, as they remain in the environment for hundreds of years. They are considered health threats because their ingestion and inhalation can cause behavioral disorders, diseases, and eating disorders in humans and all organisms. Therefore, reducing plastic use and using organic alternatives can improve the quality of life for all living beings on the planet, making it vitally important to take action for the well-being of all.

Keywords: Plastic fragments, polymers, plastic waste, contaminants.

Has pensado alguna vez en ¿Cómo sería la vida si no existieran los plásticos? seguramente nunca nos hemos planteado la idea de vivir sin ellos y es que realmente son de mucha utilidad; sin embargo, debemos reconocer que a medida que la población crece, la demanda de plásticos también se hace mayor, sobre todo, de aquellos plásticos que son de un solo uso. En la mayoría de casos no prestamos atención a nuestros desechos plásticos; una vez depositados en un basurero los olvidamos por completo, pero... ¿Qué te parece si hablamos ahora de lo que sucede con los plásticos una vez que los desechamos? ¿Qué pensarías si te dijera que una vez elaborado el plástico nunca desaparece? Y que, por el contrario, eso que desechas vuelve e invade todo lo que nos rodea como una amenaza prácticamente invisible, porque los plásticos fragmentados en partículas diminutas son hoy por hoy uno de los más grandes contaminantes a nivel mundial. Nos referimos a los problemas que están causando los microplásticos.

Los plásticos son materiales poliméricos, llamados así por las muchas moléculas sencillas que los conforman (polímeros) (López y Franco, 2021). Pueden ser de origen natural como derivados de plantas o sustancias minerales, o artificiales, a partir de derivados del petróleo (Posada, 2012). Desde su invención en 1907, el plástico ha estado presente en nuestras vidas; cada vez más su uso se fue popularizando hasta llegar a producir millones de toneladas (Chia et al., 2021). Sin lugar a dudas, el plástico es uno de los materiales mundialmente más producidos y más utilizados por la humanidad (Bellasi et al., 2020), esto, debido a características como su versatilidad, durabilidad y resistencia (Munín & Trunk, 2022).

Los materiales plásticos son muy resistentes en el medio ambiente y se necesitan siglos para que puedan descomponerse. El mayor problema de los plásticos se da cuando terminan su vida útil, ya que pueden ser depositados en vertederos, ser sometidos a combustión o ser reciclados (aunque no todos pueden ser reciclados por su composición química). En caso de no utilizar ninguna de estas alternativas, tienen como destino final la naturaleza y principalmente el océano a donde llegan directamente o de forma indirecta a través de los ríos o de la escorrentía terrestre cuando ocurren tormentas (Figura 1) (López y Franco, 2021).

Una vez el plástico es desechado comienza a degradarse, dicha degradación puede ser térmica, por radiación, mecánica, química o biológica (Posada, 2012).

- La degradación térmica consiste en la descomposición de las moléculas, dando origen a fragmentos más pequeños por efecto del calor.
- La degradación también puede ser provocada por radiaciones de alta energía, ya que son capaces de romper los enlaces que unen las moléculas que conforman a los plásticos. Por otra parte, la radiación ultravioleta de la luz solar produce reacciones que debilitan a los plásticos y los decoloran.
- La degradación mecánica es causada por el efecto de fuerzas que los fracturan, desgastan o los deforman, produciendo fracciones macroscópicas, por ejemplo, la fuerza del oleaje en el mar.
- La degradación química son los cambios ocasionados por acción de sustancias de composición química, por ejemplo, las enzimas y el agua.
- La degradación biológica o biodegradación es realizada por seres vivos, como hongos y bacterias (López y Franco, 2021).

Diversos factores se encargan de degradarlo, sin embargo, los resultados de la degradación siguen siendo polímeros (moléculas conformadas por otras más pequeñas) (Bajt, 2021), estos polímeros o pequeñas partículas de cinco milímetros son los llamados microplásticos (Gibbens, 2018), debido a esto es que decimos que el plástico nunca desaparece, solamente se fragmenta.

Figura 1

Degradación del plástico en el mar, generando microplásticos.

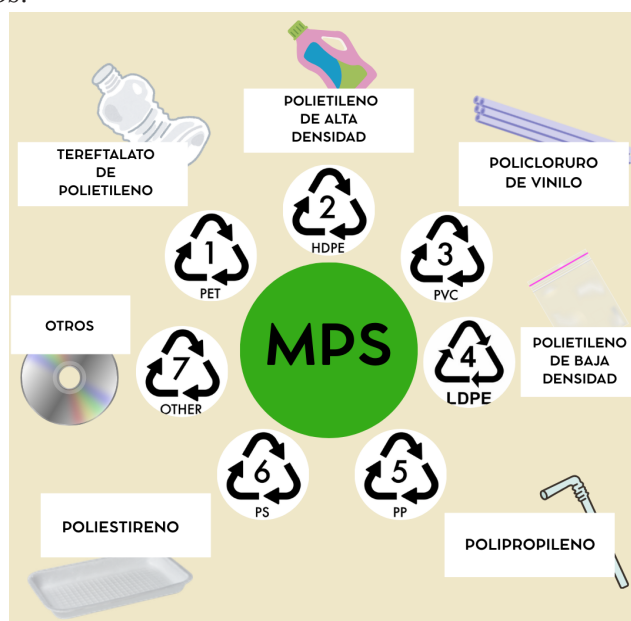


Nota. En la ilustración se muestra la degradación lenta de residuos plásticos en el océano generando microplásticos y siendo posteriormente ingeridos por los organismos marinos. Imagen de elaboración propia.

Generalmente, los microplásticos son combinaciones de al menos 7 tipos de polímeros (Figura 2) y de ellos existen muchas formas y colores. La forma en algunos casos puede ser utilizada para clasificarlos en grupos según el origen, por ejemplo, fibras, esferas, latidos, fragmentos, pellets o gránulos, entre otros (Chia et al., 2021). Principalmente los microplásticos se clasifican en dos categorías: primarios y secundarios. Los primarios son los que se fabrican en el rango de tamaño micrométrico, mientras que los secundarios son producto de la fragmentación de la basura plástica de mayor tamaño (Bellasi et al., 2020).

Figura 2

Tipos de polímeros plásticos.



Nota. Los microplásticos (MPS) están generalmente compuestos de 7 tipos de polímeros plásticos. Los números indican su clasificación. Infografía de elaboración propia.

Al desechar irresponsablemente los plásticos en el medio ambiente, a medida que pasa el tiempo, éstos se descomponen en microplásticos. El problema ambiental entonces radica en la gran cantidad de este tipo de residuos y la alta resistencia de los materiales que los constituyen (Chia et al., 2021).

Como ya hemos explicado, debido a su persistencia, a través de los años los microplásticos se han ido acumulando en el medio ambiente, por lo que están presentes en todos los lugares que nos rodean (Bellasi et al., 2020). Desde 2016 algunos estudios han buscado demostrar los efectos y la importancia de conocer las concentraciones reales de microplásticos en el entorno (De Ruijter et al., 2025). Gracias a esos estudios, ahora se tiene evidencia de la acumulación de grandes cantidades de microplásticos en las profundidades del océano (Gibbens, 2018), en la arena de las playas, en el suelo, en los tejidos de algunos vegetales, en el agua potable y aguas subterráneas (Chia et al., 2021).

Pero, ¿Por qué son tan perjudiciales? ¿La preocupación es solo debido a la gran cantidad de partículas presentes en el ambiente? En realidad, el problema no es solo la invasión del medio, sino que los microplásticos contienen sustancias tóxicas como estirenos, ftalatos, bisfenoles, plastificantes y metales pesados como mercurio y plomo, los cuales tienen efectos tóxicos sobre la salud humana como la alteración de la función sexual y la fertilidad; causar cáncer y provocar mutaciones genéticas (Wright y Kelly, 2017).

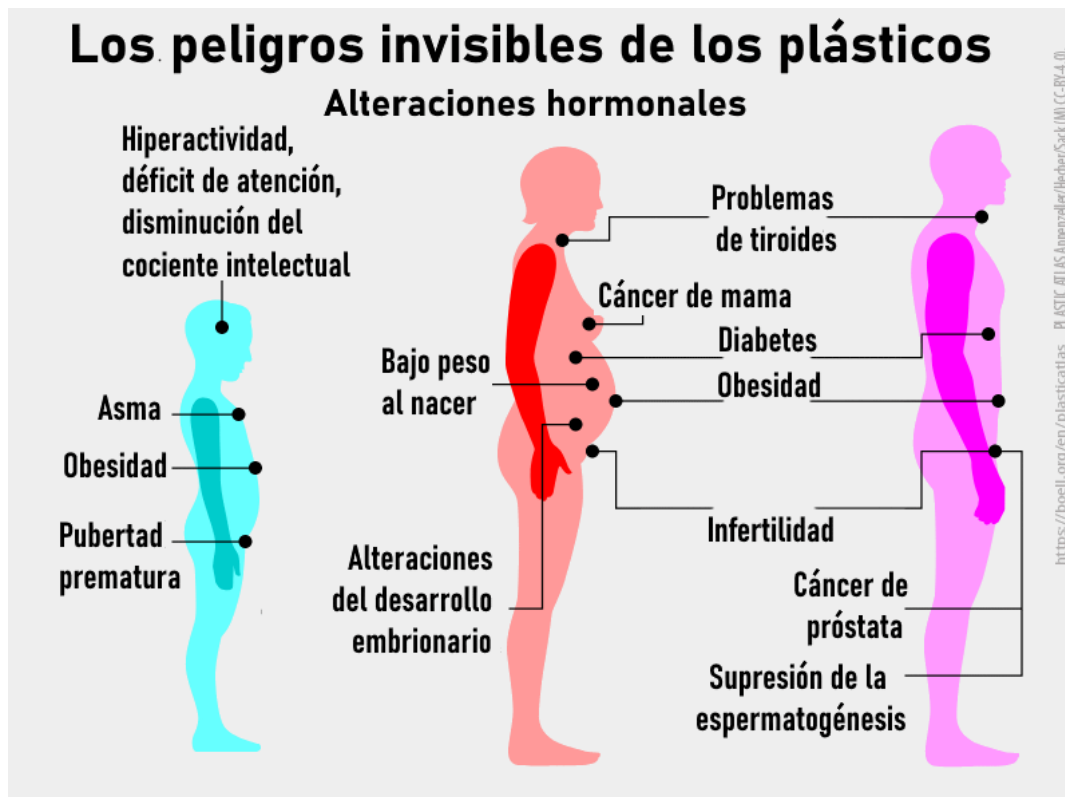
Los microplásticos son perjudiciales para todos los organismos. En los animales la ingesta causa cambios en el comportamiento alimenticio y reproductivo (Bajt, 2021). En el caso de los animales marinos, pueden sufrir enredos físicos o bloqueos en su tracto digestivo al ingerirlos (Montano et al., 2020) debido a que estos los confunden con el plancton y los comen, consecuentemente las micropartículas se alojan en los tejidos de estos animales, que a su vez sirven de alimento a otros, lo que los lleva también a acumularlas (Gibbens, 2018), y de esta manera los microplásticos pueden pasar de un eslabón a otro en la cadena alimenticia, hasta llegar a los humanos poco a poco.

En el ser humano, los estudios han demostrado que por inhalación las partículas pueden llegar a los pulmones e introducirse en los bronquios y en la región alveolar, provocando enfermedades inflamatorias como asma, atelectasia, bronquitis y cáncer de pulmón (Munín & Trunk, 2022). La ingestión por alimentos contaminados puede dañar el riñón, el hígado y el intestino junto con sus microorganismos (Park et al, 2023) dependiendo del tamaño de las partículas. Los microplásticos también pueden entrar al cuerpo humano por la piel a través de heridas, glándulas del sudor y los folículos pilosos (Munín & Trunk, 2022).

Las sustancias tóxicas de los microplásticos pueden afectar a diferentes sistemas, provocando trastornos como déficit de atención, hiperactividad, autismo, trastornos hormonales como cáncer de tiroides, trastornos cardiovasculares, diabetes tipo 2, obesidad, disminución de la respuesta de anticuerpos a las vacunas, síndrome de ovario poliquístico, endometriosis, infertilidad, calidad baja de esperma, retrasos en el embarazo, restricción del crecimiento fetal, entre otros (Figura 3) (Munín & Trunk, 2022).

Figura 3

Trastornos causados por las sustancias tóxicas de los microplásticos.



Nota. Se ilustran algunos de los trastornos y enfermedades causadas en los seres humanos por los microplásticos ingeridos, inhalados o introducidos al cuerpo. Fuente: Wikimedia commons.

En vista de la problemática global, la preocupación a nivel internacional ha ido en aumento, lo que ha generado distintos esfuerzos para reducir el uso de plásticos, principalmente los de un solo uso. Organismos como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) dirigen campañas para reducir el uso de plásticos y eliminar microplásticos, también propone estrategias y recomendaciones para reducirlos a nivel de países y existen también iniciativas para lograr acuerdos que establezcan medidas concretas para reducir su producción. En algunos países existen leyes que los regulan y se busca implementar una economía circular, la cual busca generar menos residuos y reutilizar materiales.

Es evidente que los plásticos, aunque son de mucha utilidad, originan una de las más grandes problemáticas mundiales casi invisibles. Los microplásticos, son una amenaza potencial para los humanos y para todos los seres vivos que habitamos el planeta, puesto que su diminuto tamaño les facilita contaminar todos los compartimentos ambientales, por lo que siendo los causantes de este problema debemos ser responsables y tomar acción buscando alternativas orgánicas, evitando utilizar plásticos de un solo uso como las pajillas, bolsas, cubiertos y productos desechables, así como trabajar en la concientización y educación de la población sobre los impactos negativos de los plásticos, buscando promover cambios en los hábitos de consumo para disminuir la cantidad de plástico que desechamos y así reducir la cantidad de microplásticos que puedan ser liberados al ambiente protegiendo nuestra salud y la del planeta. ¡Juntos podemos hacerlo!

Referencias.

- Bajt, O. (2021). From plastics to microplastics and organisms. *FEBS Open Bio*, 11(4), 954-966. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.13120>
- Bellasi, A., Binda, G., Pozzi, A., Galafassi, S., Volta, P., & Bettinetti, R. (2020). Microplastic Contamination in Freshwater *Environments: A Review*, Focusing on Interactions with Sediments and Benthic Organisms. *Environments*, 7(4), 1-30. <https://doi.org/10.3390/environments7040030>
- Chia, R. W., Lee, J.-Y., Kim, H., & Jang, J. (2021). Microplastic pollution in soil and groundwater: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(6), 4211-4224. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01297-6>
- De Ruijter, V., Redondo, P. E. & Koelmans, A. (2025). A brief history of microplastics impact testing: Guidance and prospect. *Environmental pollution*, 368 (2025), 125711. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.125711>
- Gibbens S., (2018). National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/microplastic-pollution-is-found-in-deep-sea>
- Lamiot (2025) Hormonal dangers of daily contact with plastic. Wikimedia commons. https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Dangers_hormonaux_du_contact_quotidien_avec_le_plastique-es.png#mw-jump-to-license
- López-Fernández, M. D. M., & Franco-Mariscal, A. J. (2021). Inquiry into plastic degradation with high school students. *Chemical Education*, 32(2), 21. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.2.76553>
- Montano, S., Seveso, D., Maggioni, D., Galli, P., Corsarini, S., & Saliu, F. (2020). Spatial variability of phthalates contamination in the reef-building corals *Porites lutea*, *Pocillopora verrucosa* and *Pavona varians*. *Marine Pollution Bulletin*, 155, 111117. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111117>
- Munín, L. N., & Trunk, M. T. (2022). PROBLEMS OF MICROPLASTICS IN LIVING BEINGS.. <http://hdl.handle.net/10347/29764>
- Park, JH, Hong, S., Kim, OH. et al, (2023). Polypropylene microplastics promote metastatic features in human breast cancer. *Sci Rep* 13, 6252. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33393-8>
- Posada, B. (2012). The degradation of plastics. *Revista Universidad EAFIT*, 30(94), 67-86. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.2.76553>
- Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and human health: a micro problem?. *Environmental science & technology*, 51(12), 6634–6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>

Esta página está dejada intencionalmente en blanco

¿Pueden los dispositivos agregadores de peces o plantados dañar el ecosistema?

Can fish aggregating devices or FADs harm the ecosystem?

Nota de divulgación Científica | Scientific Dissemination

Resumen

El océano ha sido un lugar rebosante de vida y bajo su superficie, encontramos a miles de peces que han sido una fuente sostenible de alimento. La tecnología avanzó y se crearon los dispositivos agregadores de peces, por sus siglas en inglés (FAD). La CIAT define a los FAD como “plantados” para diferenciarlos de las estructuras naturales. En la industria pesquera son utilizados dos tipos: FAD anclados y FAD de deriva (dFAD). Incrementaron la eficiencia pesquera, permitiendo a los barcos pescar en áreas remotas y reducir viajes infructuosos, pero al ser productos derivados del petróleo como: plásticos, PVC y redes de nylon. Estos materiales se degradan muy lentamente contribuyendo a la contaminación marina. La CIAT junto a otras organizaciones crearon medidas para mitigar estos impactos limitando el número de FAD por embarcación, así como la aplicación de medidas de gestión pesquera para evitar la sobre explotación, como establece el Código de Conducta para la Pesca Responsable. Y la investigación de la utilización de materiales biodegradables para la construcción de los dFAD para disminuir el porcentaje de basura marina que se acumula año con año.



Autor:

Julio Guerra Sigüenza

Correspondencia:

gs10021@ues.edu.sv

Presentado:

31 de marzo de 2025

Aceptado:

8 de noviembre de 2025

Afiliación:

Escuela de Biología, Universidad de El Salvador.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1077-7292>



Palabras clave: plantados, biodegradable, redes fantasmas, plantados de deriva, ecosistema, peces

Abstract

The ocean has been a place teeming with life and beneath its surface, we find thousands of fish that have been a sustainable source of food. Technology advanced and fish aggregating devices (FADs) were created. The IATTC defines FADs as “planted” to differentiate them from natural structures. Two types are used in the fishing industry: anchored FADs and drifting FADs (dFADs). They have increased fishing efficiency, allowing vessels to fish in remote areas and reduce unsuccessful trips, but as they are petroleum-based products such as plastics, PVC and nylon nets. These materials degrade very slowly, contributing to marine pollution. The IATTC together with other organizations created measures to mitigate these impacts by limiting the number of FADs per vessel as well as the application of fisheries management measures to avoid overfishing, as established in the Code of Conduct for Responsible Fisheries. And research into the use of biodegradable materials for the construction of dFADs to reduce the percentage of marine debris that accumulates year after year.

Keywords: FAD, biodegradable, ghost fishing, dFAD, ecosystem, fish

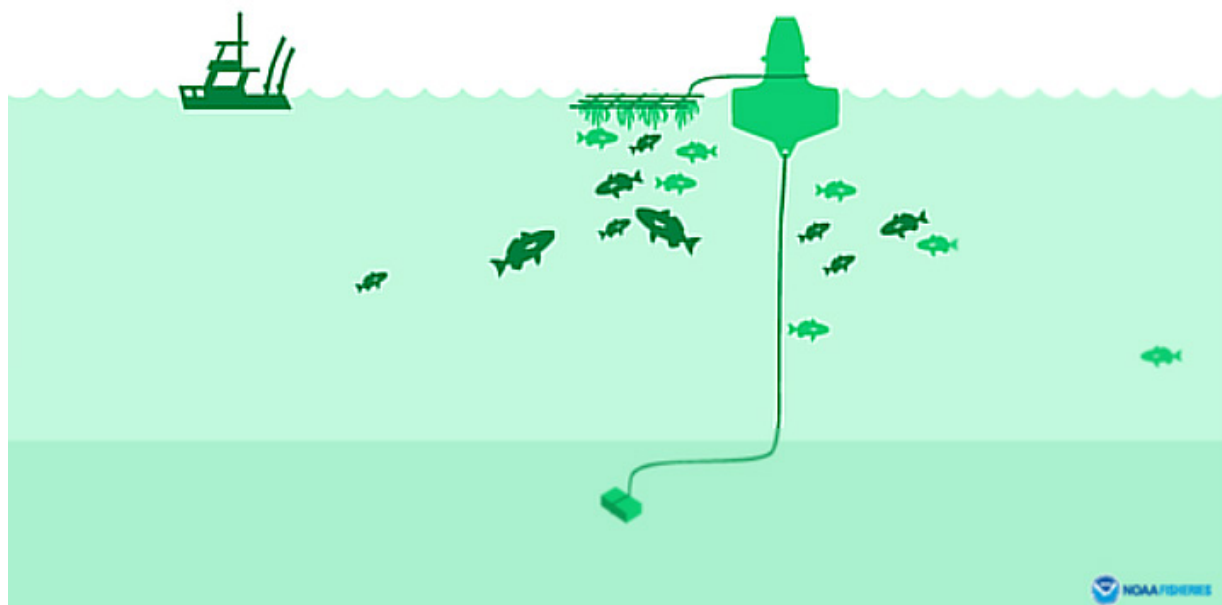
“El mar no recompensa a los que están demasiado ansiosos, demasiado codiciosos o demasiado impacientes.” (Anne Morrow Lindberg).

El océano es un lugar increíble, lleno de vida. Bajo su superficie, podemos encontrar a miles de peces nadando en busca de alimento, refugio y nuevos lugares para crecer o reproducirse. Aunque no podemos verlos a simple vista, los peces siguen rutas muy especiales que les permiten ir de un lugar a otro de manera segura. Desde la antigüedad, el ser humano ha buscado beneficiarse con las riquezas que el océano puede ofrecer y una de las principales ha sido como fuente sostenible de alimento. Alguna vez te has preguntado ¿Cómo podemos obtener alimento de manera segura y sostenible sin afectar con el ciclo de reproducción de los peces?

Los dispositivos agregadores de peces por sus siglas en inglés (FAD) Fish Aggregating Devices, que también son llamados como plantados, boyas agregadoras o baliza operativa que son utilizados para atraer peces y especies afines (atún) a lugares que ayuden a facilitar su captura (FAO, 2023). La fundación Internacional para la Sostenibilidad de los Productos del Mar (ISSF) define a los FAD como un dispositivo artificial que está diseñado para concentrar peces en el mar, que puede ser anclado en el fondo marino o dejarse a la deriva; utilizado por la industria pesquera para facilitar la captura de atún. La Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), define los FAD como “plantados” para diferenciarlos de los dispositivos naturales que también atraen a los peces como los troncos a la deriva o las algas marinas. (ISSF, 2025) Entre los plantados, hay dos tipos que son muy usados por las industrias pesqueras; estos son: FAD de fondo o anclados (Figura 1) y FAD de superficie o a la deriva.

Figura 1.

FAD de fondo. Fotografía tomada de (NOAA Fisheries, 2017)



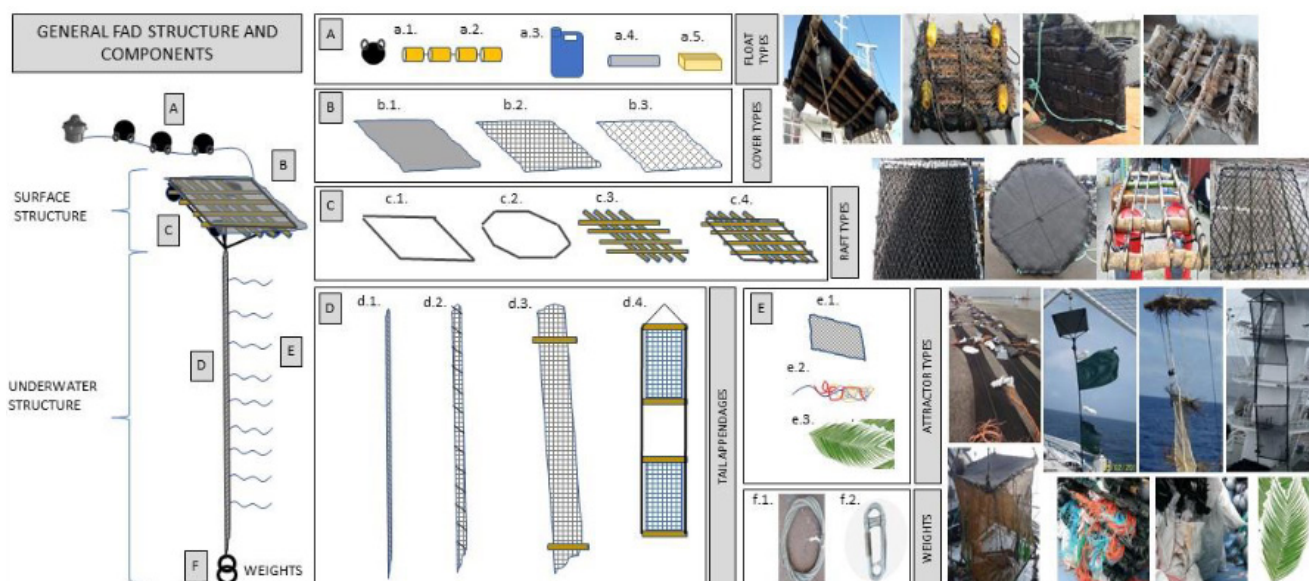
Nota. Visualización de cómo funciona un plantado anclado en el suelo marino.

Muchas especies de peces se concentran en FAD naturales en mar abierto como los troncos, algas y cocos. Los plantados artificiales son contruidos de materiales diversos y se conectan sondas o boyas satelitales que permite a los buques pesqueros conectarse de forma remota y obtener información de cuántos peces hay y a qué profundidad en un área determinada. Los plantados son más eficientes cuando se busca atraer a depredadores adultos (peces de gran tamaño) al ser desplegados en aguas de más de 400 metros (1300 pies) de profundidad. (NOAA Fisheries, 2017)

Los FAD de superficie o a la deriva (Figura 2) son objetos artificiales hechos por el hombre que pueden incluir balsas de bambú con ramas y hojas de palma, que cuelgan por los lados y tienden a ser más utilizados en el Océano Pacífico e Índico. En el mar Mediterráneo en cambio, se utilizan ramas de árboles que son fijadas a piezas de madera y corcho para crear las estructuras flotantes (Figura 3). Se ha estimado que, en el Océano Índico, la mitad de los buques pesqueros prefieren pescar cerca de objetos flotantes naturales que sobre los plantados artificiales. (Morgan, 2011)

Figura 2

FAD de superficie o a la deriva. Fotografía tomada de (Maufroy et al., 2015)



Nota. La imagen muestra la estructura general de los dFAD, sus componentes y los materiales utilizados en su construcción.

Los dispositivos agregadores de peces (FAD) suelen ser desplegados a diferentes distancias dependiendo de su propósito y de las especies que se desean atraer. De 1 a 5 millas náuticas, se suelen colocar FADs en aguas poco profundas para atraer especies costeras; de 5 a 20 millas náuticas, usualmente se despliegan la mayoría de FADs para atraer especies pelágicas como atún y dorados; Y finalmente, de 20 a 50 millas náuticas, se despliegan FADs para atraer especies que habitan en aguas más profundas como el atún de aleta amarilla (FAO, 2025). Con el avance de la tecnología se procura mejorar la eficiencia de los plantados en términos de tiempo de búsqueda y capturas exitosas; por esta razón, se han comenzado a utilizar nuevos materiales más durables, por ejemplo, materiales sintéticos, principalmente de derivados de petróleo (Moreno et al., 2019).

El despliegue y el uso de los FAD ha permitido a los capitanes pescar en áreas remotas donde antes los bancos de atún no eran muy abundantes o no eran de fácil acceso, haciendo que puedan planificar viajes con mayor certeza y eficiencia, disminuyendo menos “lances skunk” (lances donde el banco de atún escapa) y poder capturar más atún listado (el atún productivo y abundante) (ISSF, 2025). Lo anterior ha derivado a la alarmante producción de basura marina, alterando ecosistemas importantes como los arrecifes de coral, los manglares y las playas. Cuando se utilizan materiales que son potencialmente enredantes como las redes de gran tamaño (>7cm) aunado a una mala configuración de los plantados, se generan trampas en las que se llegan a enredar especies sensibles como tortugas y tiburones (Maufroy et al., 2015). Así mismo, cuando no se retiran los plantados del agua, pueden llegar a convertirse en “redes fantasmas”, es decir, redes abandonadas que siguen atrapando animales marinos, provocando su muerte de forma continua (Vega, 2022). Las redes, cuerdas y sedales viejos que se utilizan para construir los FAD enredan a las tortugas y tiburones que entran en contacto con ellas. Si una tortuga se enreda con un FAD es probable que muera debido a la inmersión prolongada. También pueden ser objeto de capturas incidentales por otras actividades pesqueras (NOAA Fisheries, 2017). En el código de conducta para la pesca responsable se ha reconocido que el exceso en la capacidad de pesca es una amenaza potencial para los recursos pesqueros mundiales así como a su capacidad de ofrecer capturas y beneficios sostenibles a los pescadores como a sus consumidores. En el artículo 6.3 de este código se establece que: “Los Estados deberían evitar la sobreexplotación, y el exceso de capacidad de pesca y deberían aplicar medidas de ordenación con el fin de asegurar que el esfuerzo de pesca sea proporcional a la capacidad de producción de los recursos pesqueros y el aprovechamiento sostenible de los mismos” (Agüero, 2007). Organizaciones como la CIAT están desarrollando estrategias para mejorar el manejo de los plantados. Estas estrategias podrían incluir el uso de materiales más sostenibles, que generen menos basura marina además de la implementación del límite de FADs que puede poseer cada buque pesquero por tamaño de flota (World Wildlife Fund (WWF), 2023). Otra forma de mitigar esta problemática propuesta ha sido implementar el uso de materiales más sostenibles, es decir, utilizar materiales biodegradables para la construcción de los plantados y de esta manera tener un mínimo riesgo para los animales y su entorno marino. Hoy en día existen iniciativas para que los buques pesqueros utilicen FAD con materiales biodegradables como cuerdas de algodón, yute, sisal, fibra de cáscara de coco, entre otros (Maufroy et al., 2018). Uno de los retos para este tipo de medidas es aumentar su vida útil entre 6 y 12 meses dependiendo de su región. Aunque muchos pescadores de mar abierto se están uniendo a la iniciativa de utilizar materiales biodegradables, aún hay muchos que siguen utilizando los FAD convencionales (Pons et al., 2023).

¡Cuidado con el uso excesivo de los plantados!

El uso excesivo de los dispositivos agregadores de peces (FAD) o plantados, afecta la calidad de vida de las criaturas marinas y su ecosistema. Solo imaginemos un océano desequilibrado, con aumento de muertes por enredo y ecosistemas colapsando. Es urgente que se comiencen a implementar a nivel mundial medidas de uso sostenible, que sean eficientes para los pescadores y que no pongan en riesgo la vida marina ni su entorno.

Referencias.

- Agüero, M. (Ed.). (2007). Capacidad excesiva del esfuerzo pesquero en el sistema estuarino-costero del sur de Brasil: Efectos y perspectivas para su gestión. *En Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina y el Caribe* (pp. 276-277). FAO.
- FAO.(2023). FAOSTAT, Estadísticas de la FAO. FAOSTAT. https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL?regions=5000>&elements=2510&items=1182&years=2022&output_type=table&file_type=csv&submit=true
- FAO. (2025). Technology Fact Sheets. In: *Fisheries and Aquaculture*. Fish Aggregating Device (FAD). <https://www.fao.org/fishery/en/equipment/fad/en>
- ISSF. (2025). *Fish aggregating devices*. International Seafood Sustainability Foundation. <https://www.iss-foundation.org/glossary/fish-aggregating-devices/>
- Maufroy, A., Chassot, E., Joo, R., & Kaplan, D. M. (2015). Towards the use of non-entangling and biodegradable dFADs: Actions to mitigate their negative effects in the ecosystem. *PLOS ONE*, 10(5), e0128023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128023>
- Maufroy, A., Chassot, E., Joo, R., & Kaplan, D. M. (2018). Moving away from synthetic materials used at fads: evaluating biodegradable ropes' degradation. *PLOS ONE*, 10(5), e0128023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128023>
- Moreno, G., Crochet, T., Murua, H., & Restrepo, V. (2019). A novel FAD tracking device tested in the Pacific Ocean. 1.
- Morgan, A. C. (2011). *Fish Aggregating Devices and Tuna: Impacts and Management Options*. (1). Ocean Science Division, Pew Environment Group. <https://www.pewtrusts.org/~media/legacy/uploadedfiles/peg/publications/report/PEGOSDFADsSpanishFinalpdf.pdf>
- NOAA Fisheries. (2017, noviembre 30). *Fishing Gear: Fish Aggregating Devices* | NOAA Fisheries (National). NOAA. <https://www.fisheries.noaa.gov/national/bycatch/fishing-gear-fish-aggregating-devices>
- Pons, M., Kaplan, D., Moreno, G., Escalle, L., Abascal, F., Hall, M., Restrepo, V., & Hilborn, R. (2023). Benefits, concerns, and solutions of fishing for tunas with drifting fish aggregation devices. *Fish and Fisheries*, 24(6), 979-1002. <https://doi.org/10.1111/faf.12780>
- Vega, F. (2022). Así operan los dispositivos agregadores de peces o plantados en el mar [Informativa]. *Bitácora Ambiental*. <https://www.bitacoraec.com/post/así-operan-los-dispositivos-agregadores-de-peces-o-plantados-en-el-mar>
- World Wildlife Fund (WWF). (2023). *Declaración de la posición de wwf para la 101a reunión de la comisión interamericana del atún tropical*. 5. [https://www.iattc.org/GetAttachment/84931185-e64b-4f6a-8570-83674e17c7d9/IATTC-101-MISC_World-Wide-Fund-\(WWF\)---declaración-de-posición.pdf](https://www.iattc.org/GetAttachment/84931185-e64b-4f6a-8570-83674e17c7d9/IATTC-101-MISC_World-Wide-Fund-(WWF)---declaración-de-posición.pdf)



Aquaciencia