

Ensayo expositivo

El zooplancton y la basura plástica marina en la costa de Oaxaca, México

Zooplankton and marine plastic waste on the coast of Oaxaca, Mexico

María del Carmen Alejo-Plata^{1*}, Adrián Felipe González-Acosta², Jorge Eduardo Herrera-Galindo¹

¹Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel

²Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas
Instituto Politécnico Nacional

Autor de correspondencia:

*carmen_alejo@aulavirtual.umar.mx

Recibido:09-05-2022 Aceptado: 14-02-2025 (Artículo Arbitrado)

Resumen

La basura plástica marina es uno de los principales problemas de contaminación antropogénica en los océanos, que incluye desechos inorgánicos sólidos que provienen del continente. De la basura, debido a la fotodegradación y a la abrasión física provocada por la acción de las olas, se generan elementos microscópicos conocidos como microplásticos. Un problema ecológico mayor se presenta en el zooplancton, que ingiere microplásticos del tamaño similar al fitoplancton, su principal alimento; además, fibras de microplástico se pueden enredar en el cuerpo de los organismos del zooplancton. Estos microplásticos posteriormente son transferidos por las redes tróficas desde el zooplancton hasta los peces, muchos de ellos importantes para consumo humano. En Oaxaca existe un inadecuado manejo de residuos sólidos en vertederos situados a la intemperie, aunado a la falta de infraestructura para la deposición de las aguas grises generadas por las poblaciones locales y el turismo. También, se presentan bajas concentraciones de basura y microplásticos en la zona costera, esto debido a la posible dispersión por acción de las corrientes marinas influenciadas por los vientos del norte, localmente llamados "Tehuano" que son característicos de esta región.

Palabras clave: Contaminación marina, Fibras antropogénicas, Golfo de Tehuantepec, Microplásticos, Tehuanos.

Abstract

Marine plastic litter generated by inorganic solid waste from continental dumping represents one of the main anthropogenic pollution problems that marine ecosystems currently face. Specifically, microplastics are plastic particles that originate from the photodegradation and physical abrasion of plastic debris, due to the action of waves. Ecologically, zooplankton face a major problem due to the deliberate ingestion of microplastics, owing to their similar size to phytoplankton, which constitutes their main food. In addition, plastic microfibers can adhere or become entangled in the body of zooplanktonic organisms. In this way, microplastic particles are transferred to marine food webs via zooplankton to fish that are important for human consumption. Currently, in the state of Oaxaca there is no adequate management of solid waste in open-air landfills, due to the lack of the necessary infrastructure for the disposal of wastewater generated by local populations and tourism. The low concentrations of garbage and microplastics found in the coastal area may be due to the dispersion caused by the action of marine currents that occur under the influence of the northern winds locally called "Tehuano" that characterize the climate of this region.

Keywords: Gulf of Tehuantepec, Marine pollution, Microplastic, Plastic fibers, Tehuanos.

Introducción

La basura plástica marina ha sido considerada durante mucho tiempo uno de los principales problemas de contaminación antropogénica en los océanos, que incluye desechos inorgánicos sólidos que provienen del continente como botellas y bolsas de plástico, colillas de cigarrillos, envases de espuma para alimentos, textiles, vidrio y aquellos que derivan de la desintegración de artes o aparejos de pesca (ver la Figura 1). Por lo tanto, no resulta extraño el hecho

de encontrar cantidades considerables de desechos plásticos que son vertidos de forma indiscriminada en ríos, arroyos y lagunas, que posteriormente son transportados hacia los océanos durante la temporada de lluvias.

El problema se agrava porque los elementos de desechos de gran volumen se someten a un proceso lento de degradación y fragmentación; esto debido principalmente a la fotodegradación ocasionada por los

rayos UV y la abrasión física provocada por la acción de las olas (Song et al., 2014). Factores que en su conjunto dan como resultado la generación de elementos microscópicos, mejor conocidos como microplásticos y representan una fracción de alrededor del 80 % de total de basura acumulada en las costas (Song et al., 2014). Los microplásticos son partículas menores a 5 mm y hasta de tamaños tan pequeños que son imperceptibles a simple vista (Frias et al., 2014).



Figura 1. Composición del plástico.
Fuente: Elaboración propia.

La basura marina interactúa con la biota de diversas formas, ahora se sabe que un número creciente de especies tienen a su alcance diferentes tamaños y diversos tipos de basura, provocando enredos, asfixia e interferencia con la absorción de alimentos y su digestión. A la fecha se conoce que cerca de 600 especies marinas se ven afectadas, incluyendo peces, moluscos, crustáceos, tortugas, aves y mamíferos (ballenas, delfines, focas, leones marinos, manatíes y nutrias de mar (Ozturk y Altinok, 2020).

Además, la basura plástica flotante es el sistema de transporte marítimo más común responsable de la distribución generalizada de muchos organismos. Muchos tipos de animales con distribución cosmopolita utilizan los plásticos como una casa móvil y también se favorece el transporte de especies invasoras (Barnes, 2009). Hasta ahora, solo una pequeña fracción de estas especies ha sido investigada en relación con los desechos marinos y sus redes tróficas (Setälä et al., 2018).

La presencia de microplásticos ha aumentado de forma abrumadora en los ecosistemas marinos, debido a su persistencia y resistencia a la degradación. Con la consecuente ingestión por parte de la fauna marina, ya que se ha observado su presencia en el tracto digestivo, branquias o enredadas en el cuerpo de diferentes organismos marinos de todos los niveles tróficos (Frias et al., 2014).

Zooplankton, microplásticos y redes tróficas

El zooplankton es una comunidad compuesta de diversos animales, se distinguen varios grupos taxonómicos, ya sea en estado larval, juvenil o adulto. La mayoría es de formas microscópicas y con tamaños que varían desde algunas micras (1 micra = 0.001 mm) hasta unos cuantos milímetros (ver la Figura 2). Por su abundancia sobresalen los foraminíferos, medusas, sifonóforos, copépodos y eufásidos, además de larvas de moluscos, cefalópodos y peces.

Muchos de los tipos de zooplankton nadan, por lo que su distribución vertical no es constante. Numerosas especies realizan migraciones verticales, las cuales consisten en que los individuos suben durante la noche desde aguas profundas hasta la superficie del océano.

Además, varios grupos de zooplankton en la base de la cadena alimentaria incorporan microplásticos en su dieta y cuerpo, lo que lleva a una transferencia

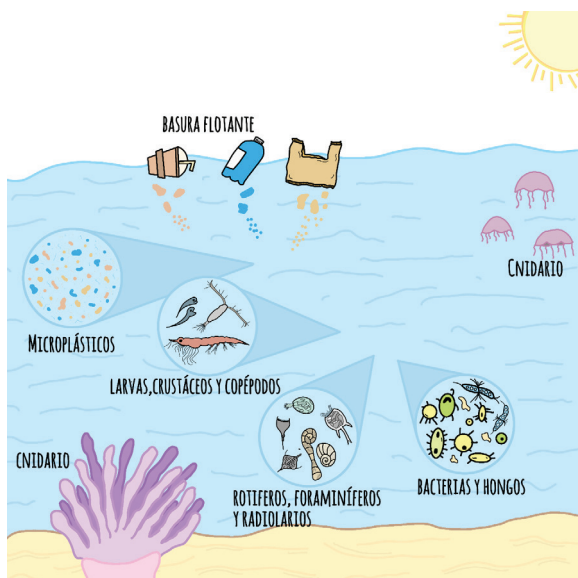


Figura 2. Representación de zooplancton, microplásticos y basura plástica flotante.

Fuente: Elaboración propia.

trófica de consecuencias desconocidas (Cole et al., 2013). Las especies marinas ingieren plástico de forma intencional, incidental o indirecta, al alimentarse de presas que ya han comido microplásticos. Por ejemplo, la preferencia de algunos peces por la ingesta de partículas azules, que podrían confundir con copépodos azules (Ory et al., 2017). Por su parte, las partículas transparentes pueden confundirse con presas gelatinosas como salpas y sifonóforos. Las salpas que son filtradoras, pueden retener perlas de plástico muy pequeñas (≤ 0.0025 mm de diámetro). También se han encontrado fibras adheridas a cuerpos de foraminíferos, en larvas de moluscos y paralarvas de cefalópodos (Choy y Drazen, 2013).

Oaxaca

El estado de Oaxaca se localiza al suroeste de México, en el margen occidental del Golfo de Tehuantepec (ver la Figura 3A), cuenta con 10,523 localidades rurales y 200 urbanas, y es hogar de 4,132 millones de personas; la mitad de la población vive en áreas urbanas (Oaxaca, PED 2016).

Las cuencas hidrológicas costeras de Oaxaca (ver la Figura 3B) se extienden varios kilómetros al interior de su territorio continental, atravesando diferentes tipos de ambientes, altitudes y relieves. La región hidrológica costera de Oaxaca es una de las más activas para la actividad turística (Secretaría de Turismo Oaxaca, 2020).

La zona costera de Oaxaca presenta diversos problemas de contaminación principalmente por la deforestación, contaminación con basura y falta de infraestructura, mantenimiento y drenaje. Así como la expansión irregular y anárquica de los asentamientos humanos, cambio de uso de suelo, actividades agrícolas, un inadecuado manejo de residuos sólidos y vertederos a la intemperie (Oaxaca, PED 2016).

Además, la actividad turística es de las más importantes en el estado, lo que motiva su crecimiento socioeconómico, y al mismo tiempo demanda una mayor cantidad de agua. En consecuencia, un aumento en los niveles de contaminación (Secretaría de Turismo Oaxaca, 2020). Aunado a lo anterior, el mal funcionamiento y el número insuficiente de plantas de tratamiento (Oaxaca, PED 2016) agrava la contaminación por basura y microplásticos en la zona costera del estado.

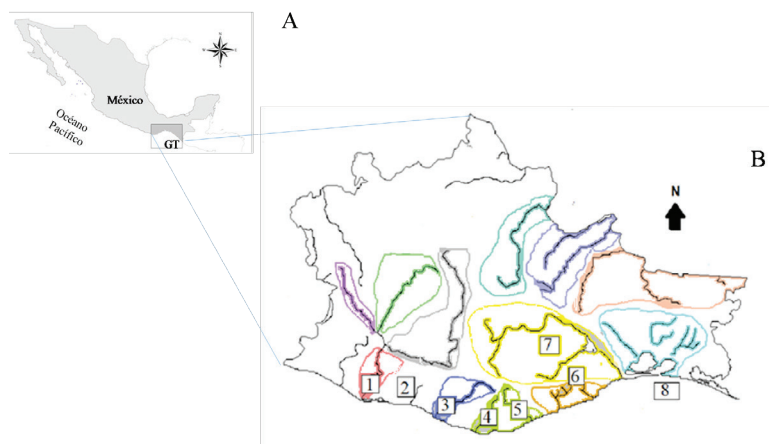


Figura 3. Localización de la costa de Oaxaca y su hidrología. (A) Localización costa de Oaxaca; (B) Ríos: (1) Verde, (2) Maniátepec, (3) Colotepec, (4) Tonameca, (5) Copalita, (6) Astata, (7) Tehuantepec, (8) Laguna Superior e Inferior; GT = Golfo de Tehuantepec.

Fuente: Mapa creado con ArcGIS Desktop versión 10.6.1 (ESRI 2019), con datos del Marco Geoestadístico, México (INEGI, 2020)

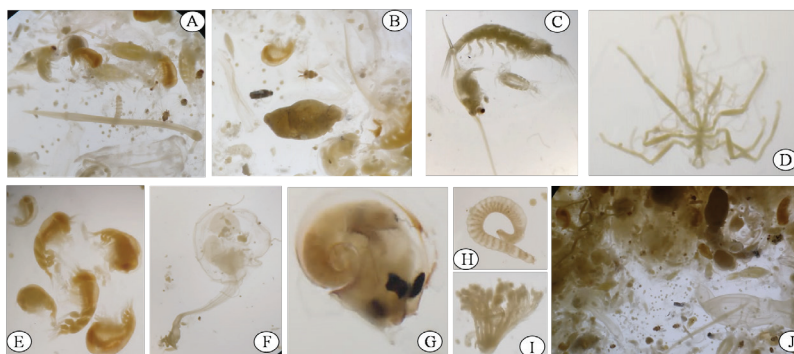


Figura 4. Fotografías de diferentes grupos del zooplancton encontrados en la costa de Oaxaca. A. crustáceos (copépodos y ostrácodos) y larvas de peces; B. moluscos; C. Copépodos; D. Insectos; E. Ostrácodos; F. Medusas; G. Terópodos, moluscos holoplanctónicos; H. Poliquetos; I. Medusas; J. Diferentes grupos del zooplancton.
Fuente: Elaboración propia.

Zooplancton y basura plástica en la costa de Oaxaca

En un estudio publicado en agosto del 2021, se analizaron muestras de zooplancton recolectadas en Puerto Escondido, Puerto Ángel, Huatulco y Salina Cruz, abordando de un crucero de investigación (Alejo-Plata et al., 2021). Los autores reportaron una abundancia de 50 organismos/1000 m³ y presencia de 10 grupos del zooplancton (ver la Figura 4).

Junto con el zooplancton se menciona la presencia de microplástico en el 70 % de las muestras analizadas. Las microfibras fueron las más abundantes, predominando aquellas de color azul, rojo y transparentes (ver la Figura 5A), cuyo tamaño fue variable de 0.5 a 5.0 mm (ver las Figuras 5B y 6A-C).

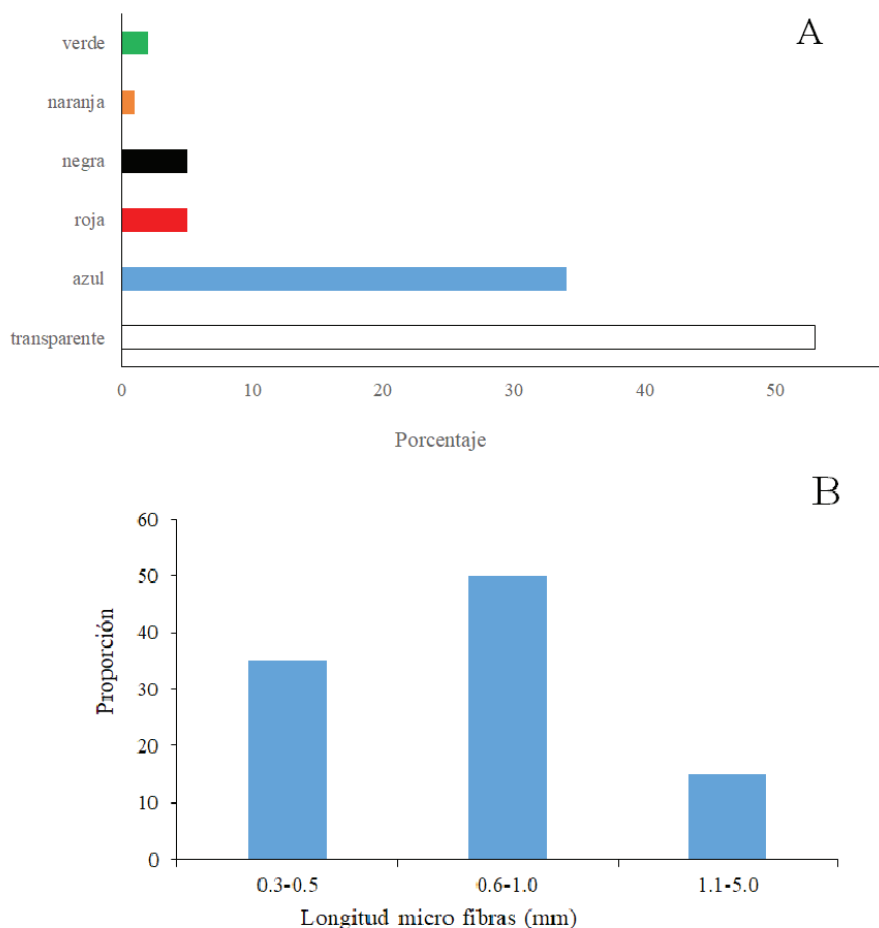


Figura 5. Porcentaje de microfibras plásticas por color encontradas en muestras de zooplancton (N = 39). A. Composición por color; B. Composición por tamaño.

Fuente: Modificado de Alejo-Plata et al. (2021).

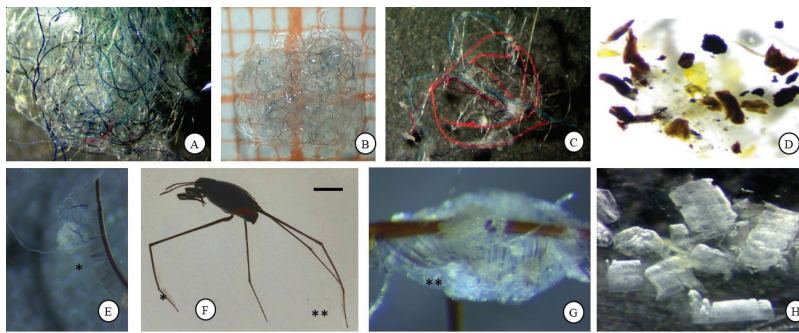


Figura 6. Fotografías de microplásticos y fibras de microplástico encontradas en muestras de zooplancton. A-C. fibras microplástico; D. fragmentos de microplástico; E. Insecto patinador *Halobates sobrinus*; F. piernas medias usadas como paletas; F. patas traseras utilizadas para la dirección, ambas con fragmentos y fibras de microplástico enredadas. Escala 1 mm.

Fuente: Elaboración propia.

También se reporta la presencia de insectos marinos de la especie *Halobates sobrinus* conocidos como “patinadores”. Estos insectos viven sobre la superficie de agua, se observan con fragmentos y fibras enredadas con sus apéndices (ver la Figura 6E-G). Estos patinadores utilizan desechos plásticos flotantes en el océano en ausencia de sustratos duros, como superficies potenciales para la puesta de sus huevos, que después pueden ser ingeridos junto con los plásticos por aves marinas (Cheng y Pittmann, 2002).

La abundancia de basura aumenta de modo significativo durante la temporada de lluvias, cuando los ríos locales aportan los mayores volúmenes de agua hacia el mar (ver la Figura 3B; Tabla 1); o derivados de los afluentes municipales, incluyendo las descargas de lavadoras domésticas e industriales, que son esparcidas hacia las bahías y mar adyacente, a partir de la descarga de aguas residuales de hoteles y restaurantes (Retama et al., 2016).

En los polos turísticos de Huatulco y Puerto Escondido la basura se incrementa en temporada de vacaciones de semana santa y fiestas decembrinas, sobresalen los desechos de plástico. Otra fuente de basura plástica es la pesca artesanal, que constituye una actividad económica local importante en Puerto Escondido y Puerto Ángel. Únicamente en la localidad de Salina Cruz, la pesca es industrial y contribuye en el vertimiento de residuos hacia el mar (ver la Figura 7).

Tabla 1. Principales cuencas hidrológicas en Oaxaca, México.

Cuenca	Área (km ²)	Escoorrentia media anual (millones m ³)
Río Verde	18812	5250
Río Tehuantepec	13963.37	950
Costa del sur (incluye 19 ríos)	10672	5669.87
Río Colotepec	2022.79	1950.32
Río Copalita	1536.10	1763.81
Río Tonameca	811.98	533.80
Río Manialtepec	929.71	71.32

Fuente: Elaboración propia con información de: DOF 2007.

Por otro lado, en Salina Cruz, la abundancia y distribución de basura plástica se encuentra en estrecha relación con la entrada de la descarga fluvial de los ríos Tehuantepec y Los Perros, las cuales contribuyen como fuente de fragmentos plásticos hacia el ambiente marino (Tabla 1). Además, esta región es un importante centro de refinación de petróleo, que sustenta a una población relativamente grande (Tabla 2), pero que carece de un adecuado plan de protección ambiental municipal (Oaxaca, PED 2016). Es por esto, que la presencia de basura en esta zona podría deberse al transporte de residuos municipales que se encuentran al aire libre, provocado por el viento, además de aquellos que son arrastrados hacia el mar por los drenajes causados por las lluvias y tormentas tropicales.



Figura 7. Artes de pesca. A. Red utilizada en la pesca artesanal de Puerto Ángel; B, C. Pesca Industrial Salina Cruz.

Fuente: Modificado de Alejo-Plata et al. (2021).

¿Los Tehuanos dispersan la basura plástica marina?

El Golfo de Tehuantepec abarca los estados de Oaxaca y Chiapas, se caracteriza por presentar una temporada lluviosa de mayo a octubre y una temporada de estiaje durante el periodo de noviembre a abril. Pero es durante mayo y junio que se activa la formación de tormentas tropicales y huracanes, la cual se puede extender hasta noviembre (Trasviña y Barton, 2008). De octubre a abril, un fenómeno exclusivo de esta región es el arribo de vientos de invierno o nortes, localmente llamados “Tehuanos”.

Durante un “Tehuano”, el agua superficial es arrastrada hacia el sur, como consecuencia tiene lugar la formación de un afloramiento o surgencia de agua superficial, y de un dipolo (un giro ciclónico y uno anticiclónico). Los giros anticiclónicos tienden a “atrapar” partículas (e.g. larvas, plancton, nutrientes, contaminantes, micropartículas, microplásticos) en su centro y a hundirlas (Monreal-Gómez y Salas de León, 1998).

Esto es posible por la dispersión de estos elementos, debida a la acción de las corrientes marinas influenciadas por los “Tehuanos”. Por otra parte, se ha podido corroborar que algunos procesos físicos como las surgencias eólicas, pueden influir en la dispersión de la basura y de los microplásticos a lo largo de la costa de Oaxaca (Alejo-Plata et al., 2021), por lo que su distribución, está en estrecha relación con la dinámica de las corrientes superficiales que predominan en esta región del Golfo de Tehuantepec.

Islas de basura

Actualmente, se tiene el registro de seis “islas de basura” oceánicas: dos en el Océano Atlántico, dos en el Océano Pacífico, una en el Océano Índico; la sexta

se ha registrado en el Mar Mediterráneo (ONU, 2018). Estos cúmulos de basura compuestos principalmente por desechos plásticos, conocidos como “islas de plásticos”, cuya propiedad de flotabilidad provoca que se encuentran en constante movimiento bajo la influencia de la dinámica de las corrientes oceánicas. Se forman debido a la acción de los giros subtropicales oceánicos, que provocan la acumulación durante un largo tiempo de este tipo de basura.

Discusión

Las muestras de zooplancton pueden evidenciar la presencia y abundancia de microplásticos y otras micropartículas antropogénicas (Frías et al. 2014). Se sabe que los microplásticos se transfieren por las redes tróficas desde el zooplancton hasta los peces de niveles tróficos altos, muchos de ellos importantes para consumo humano. Así, la transferencia trófica de basura antropogénica a través de las redes alimentarias marinas se ha rastreado hasta el consumo humano (Carbery et al., 2018). Se han detectado microplásticos en la placenta ahora llamada plasticenta (Regusa et al., 2021), en el pulmón de pacientes con cáncer (Jenner et al., 2022), vasos sanguíneos y médula ósea (Leslie et al., 2022), e incluso son capaces de entrar en el cerebro desde el torrente sanguíneo (Nihart et al., 2025).

En el contexto actual, derivado de la pandemia ocasionada por el SAR COVID-19, el uso de cubre bocas, protectores faciales, guantes, toallitas desinfectantes y empaques de comida, entre otros, ha incrementado drásticamente la contaminación por plásticos (Rodrigues de Souza et al., 2021). Dichos elementos pueden degradarse en microplásticos y agravar el problema en los ecosistemas marinos.

Tabla 2. Características de las localidades cercanas al área de estudio.

	Salina Cruz	Huatulco	Puerto Escondido
Superficie (km ²)	11355	512	326.25
Número de viviendas	84438	7409	25902
Costa del sur (incluye 19 ríos)	Rural, casa, apartamento, edificios.	Rural, casa, apartamento, edificios.	Rural, casa, apartamento, edificios.
Actividades económicas	Refinería ^a , Puerto Comercial, Comercio, Plazas comerciales, Pesca, Agricultura, Ganadería, Turismo, Corredor Interoceánico ^b .	Turismo, Pesca deportiva, Ecoturismo, Pesca.	Turismo, Pesca, Agricultura, Comercio, Ganadería.
Número de plantas de tratamiento de aguas residuales	9 (30 % en operación).	5	2
Planta de tratamiento de residuos sólidos	1, no funciona.	1	0

^a Ing. Antonio Dovalí Jaime

^b Proyecto creado en 2019

Fuente: Elaboración propia con información de: INEGI (2020), Plan Estatal de Desarrollo (2016-2022), Secretaría de Turismo Oaxaca (2020).

Sin embargo, el mayor peligro está en el plástico que no vemos. Desde hace 40 años se han venido utilizando fibras sintéticas para la fabricación de ropa y microplásticos de los denominados primarios, para elaborar diversos productos cosméticos, pasta dental y detergentes. Además, la basura marina y en particular los microplásticos podrían representar una amenaza para los hábitats marinos por su capacidad de adsorber contaminantes orgánicos persistentes (Martins y Sobral, 2011).

¿Y entonces, cuáles son las alternativas?

- Tratamiento de las aguas residuales, con esto se podría eliminar hasta 90 % de los microplásticos presentes. Por tanto, es imperativo la construcción de plantas de tratamiento en las localidades donde no existen y dar mantenimiento constante a aquellas que no se encuentran funcionando.
- Controlar los vertederos de basura..
- Reciclar no es suficiente, se deben proponer e impulsar cambios en los hábitos de consumo de la población local y el turismo.
- Diseñar e implementar programas de educación ambiental para niños y jóvenes, esto es un tema prioritario que le compete tanto a las escuelas, a las autoridades municipales y a la academia.

Conclusiones

La zona costera del estado de Oaxaca, presenta diversos problemas de contaminación por basura de origen orgánico e inorgánico y por la falta de infraestructura necesaria para el manejo de los desechos generados por las poblaciones locales y el turismo, carencia de una red de drenaje acorde al desarrollo de las zonas habitadas y mal funcionamiento de las plantas de tratamiento cuando las hay. Además de la constante e irregular expansión de los asentamientos humanos, el cambio de uso de suelo, las actividades agrícolas y el inadecuado manejo de residuos sólidos en vertederos situados a la intemperie.

Aunado a su dispersión debida a la acción de las corrientes marinas influenciadas por los vientos “Te-huanos” característicos de esta región. En este sentido, la investigación sobre basura marina con énfasis en los microplásticos y su posible influencia en las redes tróficas y salud de las personas es un tema de gran relevancia en el suroeste de México.

Con tasas de fabricación en aumento acelerado y largos tiempos de degradación, es de esperarse que

la basura plástica marina sea un problema creciente para las próximas décadas. La creciente evidencia sugiere que debemos considerar a la contaminación por microplásticos como un contaminante de gran preocupación tanto ambiental, para la salud de las personas y económica. Por lo que se hace urgente trabajar hacia una economía circular y en la prevención para disminuir la basura que llega al mar.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los revisores anónimos por sus útiles comentarios que mejoran este manuscrito. A Diana González por elaborar las figuras 1 y 2. MCAP y AFAG agradecen al SIN-CONACYT. Este estudio fue apoyado por el proyecto UMAR 21R2203A.

Referencias

- Alejo-Plata, M.C., Hernández, C.R., Sempoal, M.A.A. González-Acosta, A., Herrera-Galindo J.E. (2021). Anthropogenic Microparticles: Coastal Distribution in the Southern Mexican Pacific Coast. *Thalassas*, 37, 917-926. doi.org/10.1007/s41208-021-00325-0.
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Science*, 364 (1526), 1985-1998.
- Carbery, M., O'Connor, W., Thavamani, P. (2018). Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environmental International*, 114, 400-409.
- Cheng L, Pitman R (2002). Mass oviposition and egg development of the ocean-skater *Halobates sobrinus* (Heteroptera: Gerridae). *Pacific Science*, 56 (4), 441-445.
- Choy, C.A., Drazen, J.C. (2013). Plastic for dinner? Observations of frequent debris ingestion by pelagic predatory fishes from the central North Pacific. *Marine Ecology Progress Serie*, 485, 155-163.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., Galloway, T.S. (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science Technology*, 47, 6646-6655.
- DOF (2007) Consultado el 14 de mayo de 2021, de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4990050&fecha=08/06/2007
- Frias, J.P., Otero, V., Sobral, P. (2014). Evidence of microplastic in samples of zooplankton from Portuguese coastal waters. *Marine Environmental Research*, 95, 89-95.
- Inegi (2020). Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020. Consultado el 25 de octubre de 2022, de <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>.
- Leslie, H.A. Leslie, van Velzen, M.J.M., Brandsma, S.H., Dick Vethaak, A., Garcia-Vallejo, J.J., Lamoree, M.H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, 163
- Jenner, L.C., Rotchell, M., Bennett, R.T., Cowen, M., Tentzeris, V., Sadosky, L.R. (2022). Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy. *Science of The Total Environment*, 831.

- Krebs, C.J. (1985). Ecología. Estudio de la distribución y abundancia. Harla: México.
- Martins, J., Sobral, P. (2011). Plastic marine debris on the Portuguese coastline: a matter of size? *Marine Pollution Bulletin*, 62 (12), 2649-2653.
- Monreal Gómez, M.A., Salas de León, D.A. (1998). Dinámica y estructura termohalina. En: Tapia-García, M. (Ed.). *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*, Universidad Autónoma Metropolitana, 13-26.
- Nihart, A.J., García, M.A., El Hayek, E. et al. (2025). Bioaccumulation of microplastics in decedent human brains. *Nature Medicine*, doi.org/10.1038/s41591-024-03453-1.
- Oaxaca: Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022, Gobierno del Estado. (2016). Consultado el 21 de octubre de 2022, de https://www.finanzasooaxaca.gob.mx/pdf/planes/Plan_Estatal_de_Desarrollo_2016-2022.pdf
- ONU (2018). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. PLÁSTICOS DE UN SOLO USO. *Una hoja de ruta para la sostenibilidad*. Recuperado de https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_SP.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Ory, N.C., Sobral, P., Ferreira, J.L., Thiel, M. (2017). Amberstripe scad *Decapterus muroadsi* (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre. *Science Total Environment*, 586, 430-437.
- Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., Papa, F., Rongioletti, M., Baiocco, F., Draghi, S., D'Amore, E., Rinaldo, D., Matta, M. Giorgini, E. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 146.
- Rodrigues de Souza, T., Paixao, S., Gomes, A.P. (2022). Municipal solid waste management decision making during Covid 19. *Research, society and development*, 11(1), e19411124673.
- Ozturk, C.R., Altinok, I. (2020). Interaction of Plastics with Marine Species. *Turkish Journal Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(8), doi.org/10.4194/1303-2712-v20_8_07.
- Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., Lehtiniemi, M. (2014). Ingestion and transfer of microplastic in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, 185, 77-83.
- Retama, I., Jonathan, M.P., Shruti, V.C., Velumani, S., Sakar, S.K. (2016). Microplastics in tourist beaches of Huatulco Bay, Pacific coast of southern Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 113, 530-535.
- Secretaría de Turismo Oaxaca (2020). Indicadores de la actividad turística, consultado el 14 de febrero de 2025, de <https://www.oaxaca.gob.mx/sectur/wp-content/uploads/sites/65/2021/02/indicadores-actividad-turistica-2020.pdf>
- Song, Y.K., Hong, S.H., Jang, M., Kang, J.H., Kwon, O.Y., Han, G.M., Shim, W.J. (2014). Large accumulation of micro-sized synthetic polymer particles in the sea surface microlayer. *Environment Science Technology*, 48, 9014-9021.
- Trasviña, A., Barton, E.D. (2008). Summer circulation in the Mexican tropical Pacific. *Deep-Sea Research*, P.1 55, 587-607.