



DOI: 10.5377/revminerva.v6i3.17351

Artículo Científico | Scientific Article

Monitoreo de microplásticos superficiales en el lago de Coatepeque, 2021-2022

Monitoring of superficial microplastics in Coatepeque lake, 2021-2022

José Enrique Barraza¹

Verónica Melara²

Correspondencia:
neanthesuccinea@gmail.com

Presentado: 9 de mayo de 2023

Aceptado: 26 de julio de 2023

1 Gerencia de Ecosistemas, Dirección de Ecosistemas y Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, neanthesuccinea@gmail.com, [Orcid.org/0000-0001-6804-5617](https://orcid.org/0000-0001-6804-5617)

1 Investigadora independiente., [Orcid.org/0000-0002-2728-7393](https://orcid.org/0000-0002-2728-7393)

RESUMEN

En El Salvador hay escasa investigación sobre micropartículas de plástico flotantes (< 5 mm) en ecosistemas lénticos continentales. Con el objetivo de determinar los niveles de ese material en el lago de Coatepeque, se realizaron muestreos mediante transectos entre febrero de 2021 a enero de 2022. Las concentraciones oscilaron entre 0.001 y 0.258 micropartículas/m³, también hubo algunos lugares donde este material estuvo ausente. Los valores más altos ocurrieron en las zonas norte, central y este del lago, lo que se puede asociar a actividades antropogénicas, dirección y velocidad del viento. La prueba de Kruskal-Wallis determinó diferencias significativas ($p < .05$) entre los niveles registrados en las épocas seca y lluviosa. Factores atmosféricos y actividades antropogénicas inciden en la distribución espacial de esta materia flotante en el cuerpo de agua.

Palabras clave: concentración, microplásticos superficiales, transectos, viento.

ABSTRACT

In El Salvador there is scarce research about floating plastic microparticles (< 5mm) in lentic continental ecosystems. With the purpose of determining the levels of such material at Coatepeque lake, samplings were carried out through transects between February 2021 to January 2022. Concentrations oscillated between 0.001 and 0.258 microparticles/m³, also there were some places where this material was absent. The highest values occurred in the north, central and east zones of the lake, which could be associated with anthropogenic activities, wind direction and speed. Kruskal-Wallis test determined significant differences ($p < .05$) between registered levels in dry and wet seasons. Atmospheric factors and anthropogenic activities have an impact on the concentration and spatial distribution of this floating matter in this waterbody.

Keywords: concentration, superficial microplastics, transects, wind.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la civilización humana fabrica y utiliza materiales plásticos debido a su bajo costo de producción, resistencia a la degradación, versatilidad, entre otras propiedades (Cole *et al.* 2011). Este material se fragmenta lentamente y crea pequeñas partículas denominadas microplásticos (< 5 mm) que han contaminado ecosistemas acuáticos y terrestres (Wagner y Lambert, 2018). Una estimación global reciente indica que anualmente se depositan entre 9 a 23 millones de toneladas métricas de residuos plásticos a ríos, lagos y océanos (Borelle *et al.*, 2020). Lo que ha causado importantes impactos ambientales, incluyendo la preocupación por la transferencia de contaminantes orgánicos en las cadenas alimenticias acuáticas (Hirai *et al.* 2011; Zarfl *et al.* 2011; Carbery *et al.* 2018; Rochman, 2018).

Las principales fuentes de contaminación por microplásticos en lagos provienen de escorrentías superficiales y ríos confluyentes. Se ha comprobado la ingestión de estos desechos sólidos por fauna de agua dulce como crustáceos, gasterópodos y peces, aunque los efectos toxicológicos son desconocidos. Además, estas partículas de menos de 5 mm de longitud pueden actuar como vectores de microbios patógenos asociados a las superficies plásticas, agregando otra amenaza a las comunidades acuáticas incluyendo humanos que accidentalmente ingieran este tipo de material (Wagner *et al.* 2014).

En la actualidad el estudio de microplásticos, en ecosistemas acuáticos continentales, en Latinoamérica es reducido, posiblemente asociado a una mayor tendencia al estudio de este material en ambientes marinos (Orona-Návar *et al.* 2022). Algunas investigaciones sobre la presencia de microplásticos en ecosistemas acuáticos continentales en Centroamérica

incluyen la determinación de microplásticos en agua superficial en el lago Petén Itzá (Mejía-Sáenz de Tejada, 2019) y en tracto digestivo de especímenes de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) recolectados en el lago Amatitlán (Oliva-Hernández *et al.* 2021), ambos casos en Guatemala. También, se han encontrado fibras sintéticas en el contenido estomacal del pez *Profundulus kreiseri* Matamoros, Schaefer, Hernández & Chakrabarty 2012 recolectado en el río Sumpul (Barraza-Sandoval, 2018).

El objetivo de esta investigación es registrar la concentración y distribución espacial de microplásticos en agua superficial del lago de Coatepeque por un período de 11 meses entre 2021 y 2022.

MATERIALES Y MÉTODO

Sitio

El lago de Coatepeque (13° 51' 48.0" N, -89° 32' 45.9" W) abarca 25.3 km² de superficie acuática y su origen está asociado al colapso de un antiguo volcán (Cabassi *et al.*, 2019). La cuenca de este cuerpo de agua es endorreica (Quiñonez-Basagoitia, 2019) y se ubica entre los departamentos de Sonsonate y Santa Ana en la zona oeste del país, aproximadamente a 740 metros sobre el nivel del mar. Presenta importante desarrollo de diferente tipo de infraestructura en casi toda la orilla (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

Muestreo

La captura de partículas flotantes de plástico en la superficie de lago se realizó mediante el uso de una red manta trawl (75, 40.5 y 200 cm de ancho, alto y longitud, respectivamente) con un tamiz de retención de 40 µm de poro. La velocidad de la embarcación fue entre 1.8 a 2.3 km/h y el tiempo de arrastre de 8-10 minutos. La Figura 1 y Tabla 1 presenta la ubicación y distancia de los transectos de muestreo entre febrero de 2021 y enero de 2022, con

Figura 1

Ubicación aproximada de las estaciones de muestreo (transectos) en el lago de Coatepeque. Centro (C), este (E), norte (N), oeste (O), sur (S). Mapa de El Salvador en recuadro pequeño.

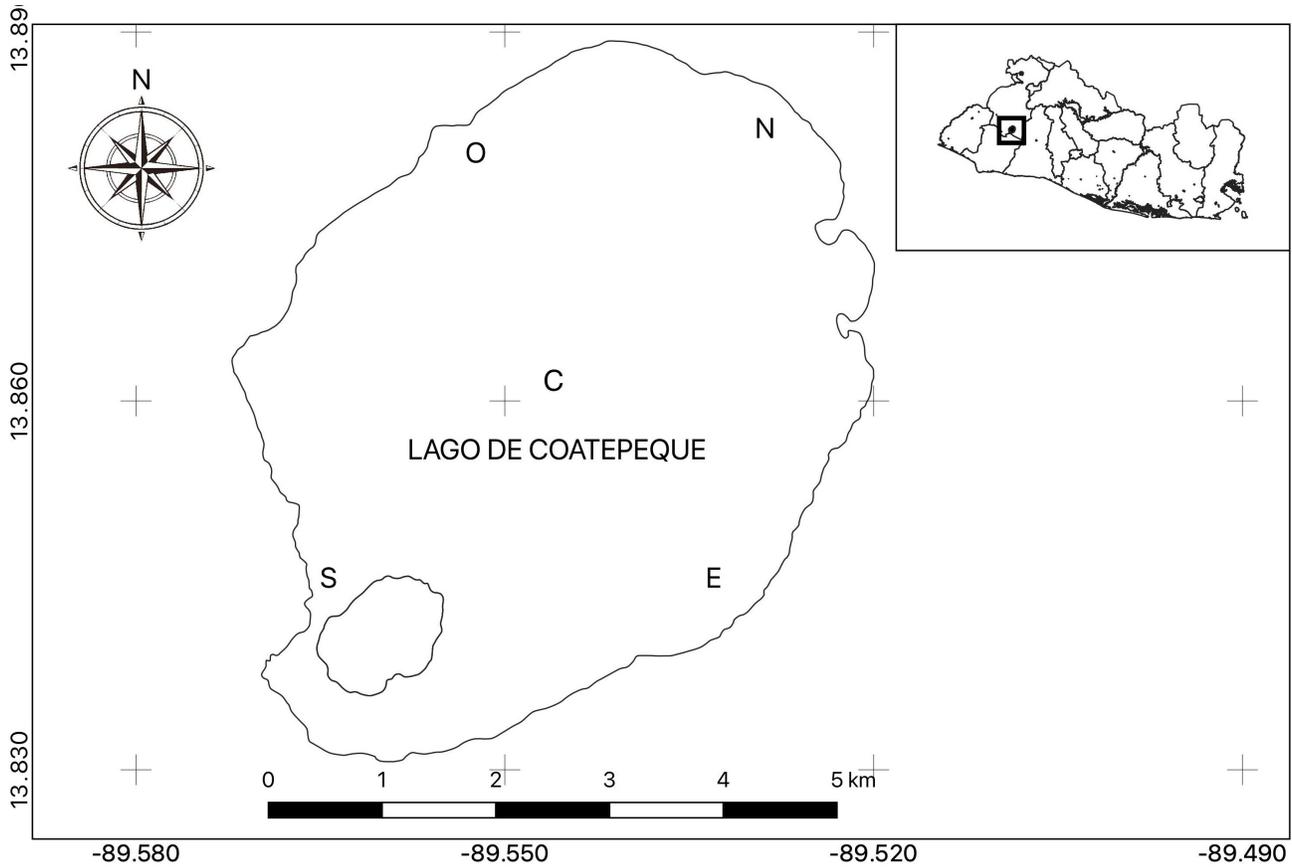


Tabla 1

Coordenadas geográficas aproximadas de los transectos utilizados para muestreo de micropartículas flotantes superficiales en el lago de Coatepeque. Febrero 2021 – enero 2022. Norte (N), oeste (O).

LUGARES	INICIO						FIN					
	N			O			N			O		
NORTE 1	13	52	44.2	-89	31	32.1	13	53	10	-89	31	45.5
NORTE 2	13	53	10.5	-89	31	45.5	13	52	51.5	-89	31	35.5
ESTE 1	13	51	34.5	-89	31	37.5	13	51	13.5	-89	31	40.0
ESTE 2	13	51	21	-89	31	39.5	13	51	28.9	-89	31	33.2
CENTRO 1	13	51	30.9	-89	32	24.9	13	51	35.3	-89	32	50.9
CENTRO 2	13	51	37.6	-89	32	52.5	13	51	28.3	-89	32	40.8
SUR 1	13	50	52	-89	33	56.0	13	50	33.2	-89	34	1.3
SUR 2	13	50	34.2	-89	34	1.8	13	50	54.4	-89	33	58.5
OESTE 1	13	52	54	-89	33	30.9	13	53	10.2	-89	33	12.5
OESTE 2	13	53	10.4	-89	33	12.5	13	53	0.0	-89	33	25.9

excepción de noviembre, mes en que no se realizó recolecta de micropartículas. La Tabla 2 presenta las distancias recorridas y cantidad de microplásticos recolectados en los diferentes lugares y meses de muestreo.

Análisis

El material retenido en un tamiz de 40 µm se drenó en *beakers* lavados previamente con agua destilada filtrada. Debido a que las muestras presentaron materia orgánica (plancton), se agregaron 10 ml de peróxido de hidrógeno (30 % V/V) en *beakers* de 250-600 ml y se mantuvieron en placa caliente (60 °C) por 24 horas aproximadamente. El material retenido y filtrado (10-30 ml aproximados) se trasladó a una caja de Petri sellada con cinta aislante para prevenir cualquier contaminación exterior. Posteriormente se removió la placa superior y se realizaron los recuentos de fibras y fragmentos de plástico de manera visual a través de un microscopio estereoscópico MEIJI EMZ (7X – 45X). Las primeras se consideraron como filamentos de 5 mm o menos de longitud y 0.1 mm de grosor aproximadamente, los fragmentos a cualquier tipo de estructura

poliédrica o poligonal entre alrededor de 0.1 a 5 mm de diámetro. Además, se comprobó mediante contacto físico, con agujas metálicas calientes (60 °C), que el material considerado plástico presentara deformaciones o movimientos (Marine and Environmental Research Institute, 2012)

Se determinaron medidas de tendencia central como promedio, mediana y desviación estándar de los valores de microplásticos por unidad de volumen de agua (MP/m³). Para comparar las cantidades de MP/m³ entre época seca y lluviosa se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, considerando que la prueba de homogeneidad de varianza no se cumplió mediante la prueba de Levine ($p = .057$, $n = 143$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ubicación de las coordenadas de inicio y final de cada transecto, se presentan en la Tabla 1. La distancia de cada tramo de muestreo y cantidad de micropartículas encontradas por metro cúbico de agua superficial, se presentan en la Tabla 2. El total de micropartículas

Tabla 2

Longitud de los transectos y cantidad de microplásticos recolectados en cada lugar de muestreo durante el período de estudio (febrero 2021 – enero 2022). Lugares de muestreo (L) centro (C), este (E), norte (N), oeste (O), sur (S), distancia metros (D), cantidad de micropásticos (P).

L	FE		MR		AB		MY		JN		JL		AG		SE		OC		DI		EN	
	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P
N1	819	0	819	3	893	4	706	3	558	2	610	7	521	8	426	4	505	5	799	10	655	57
N2	659	1	659	9	645	1	345	9	452	6	506	2	454	4	524	2	432	5	375	5	645	13
E1	681	3	681	0	653	0	642	0	397	13	577	8	520	1	578	22	433	10	604	3	849	40
E2	735	6	735	5	712	3	464	5	450	0	404	2	491	0	500	2	345	3	821	3	540	24
C1	792	5	792	5	792	1	869	5	560	7	546	10	576	6	489	4	411	4	674	2	857	43
C2	454	1	454	1	457	0	650	1	271	6	422	2	484	0	580	1	538	18	551	1	973	10
S1	602	9	602	8	549	0	527	8	505	4	583	0	568	4	428	14	292	4	710	2	695	10
S2	632	8	632	0	632	2	696	0	520	1	458	4	615	2	560	3	681	10	656	1	678	9
O1	745	4	745	5	707	0	513	5	486	1	519	7	575	3	510	4	554	2	602	15	509	3
O2	514	5	514	5	514	0	625	5	499	1	472	5	613	1	492	0	521	19	492	2	596	4

(fibras y fragmentos) encontrado en lago de Coatepeque fue 645. La Figura 2 presenta dos fibras recolectadas de muestras de agua.

Figura 2

Microfibras de material plástico. Longitud de un lado de la imagen: 1.5 mm.



El promedio, desviación estándar y mediana que se obtuvo para el conjunto de datos, de 11 meses, fueron: 0.028 ± 0.039 y 0.014 MP/m³ respectivamente. La Tabla 3 presenta estadísticos de tendencia central obtenidos para el período de muestreo divididos en época seca y lluviosa. Sobresale la alta dispersión de datos de la época seca, causada principalmente por un dato elevado de la zona norte del lago de Coatepeque y otros picos menos elevados en las zonas este y centro (Tabla 2, Figura 3). También, en esta época se recolectaron 351 partículas en cinco meses, cantidad mayor a los 294, que se registraron en el período lluvioso de seis meses. Este dato elevado del mes de enero coincide con el período de mayor intensidad de vientos del norte en el país (Mancuso-Figueroa y Valencia-Azahar, 2017), que pudo causar movimiento de MP desde tierra al agua y suspensión de ese material en sedimentos de la orilla del lago como se observó en el lago Bolsena, Italia (Fischer et al. 2016). Además,

Kye et al. (2023) consideraron que el desarrollo urbano, tamaño y morfología del cuerpo de agua, así como la hidrodinámica local inciden en la abundancia y distribución de MP, lo que coincide con los altos niveles observados en la zona de muestreo norte, donde existe una concentración importante de infraestructura dedicada al turismo. También se ha asociado a las actividades agrícolas y conductas de turistas con la contaminación por MP en lagos (Henny et al., 2022). Posiblemente los vientos están asociados a la dispersión espacial y abundancia de MP al centro y al este del lago de Coatepeque en el mes de enero (Figura 1), aunque su origen no se pudo documentar.

Estas concentraciones presentan un rango mínimo de $1.68 \times 10^3 - 1.16 \times 10^5$ MP/km² (equivalente a $0.001 - 0.258$ MP/m³, respectivamente) que es menor en comparación al lago Peten Itzá en Guatemala ($3.1 \times 10^4 - 8.2 \times 10^5$ MP/km²) (Mejía-Saenz de Tejada, 2019). Una revisión reciente sobre las cantidades de microplásticos en 98 lagos del planeta reflejó que oscilaron entre 0.27 a 3.4×10^4 MP/m³. (Dusaucy et al., 2021), ubica los resultados de este estudio en un nivel (Figura 1 y Tabla 3) que coincide parcialmente con los valores mínimos, indicando contaminación importante en otros lagos del planeta.

Al comparar los niveles de MP/m³ entre la época seca (febrero-abril 2022, diciembre 2022-enero

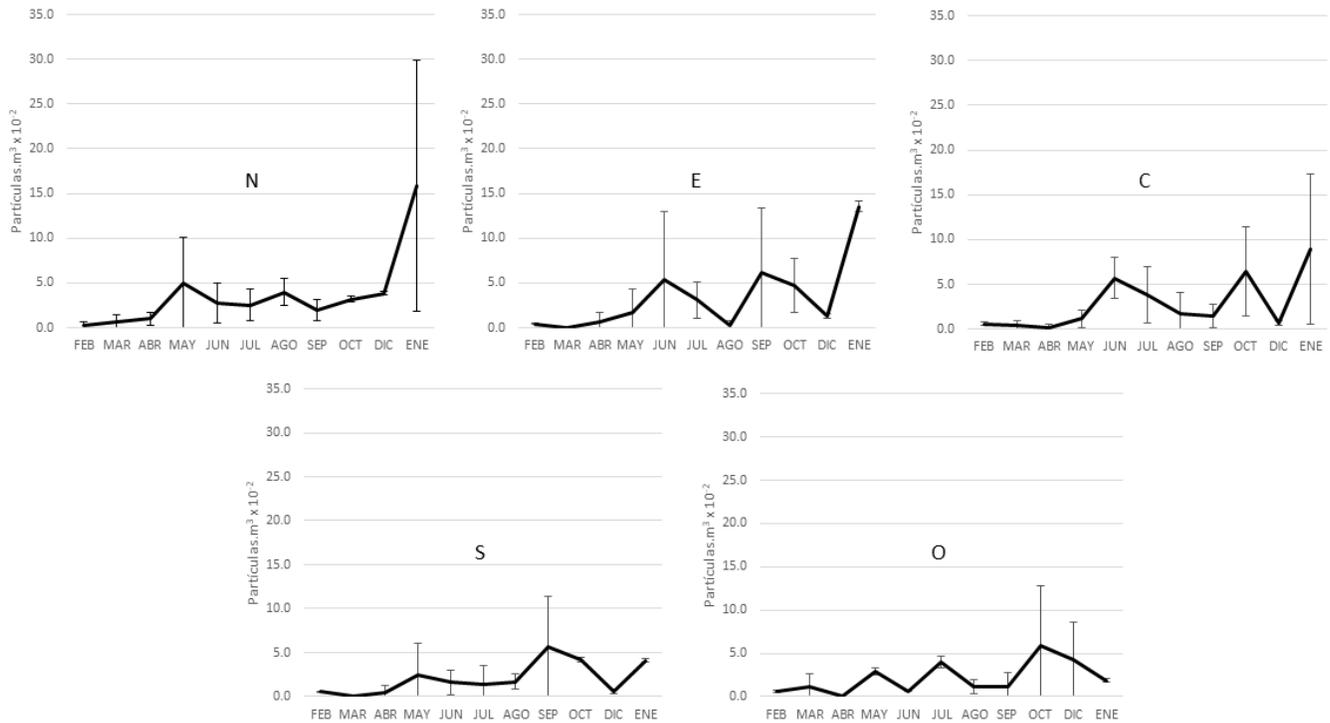
Tabla 3

Estadísticos de tendencia central de la cantidad de MP/m³ obtenidos durante los muestreos de febrero 2021 a enero 2022 (noviembre no se realizó). Promedio (A), desviación estándar (DST), máximo (MAX), mediana (MED) mínimo (MIN) cantidad de fibras o fragmentos (P).

ÉPOCA	A(MP/m ³)	DST	MED	MIN	MAX	P
SECA	0.025	0.048	0.007	0.000	0.258	351
LLUVIOSA	0.031	0.029	0.026	0.000	0.113	294

Figura 3

Promedios mensuales de la cantidad de MP/m³ superficial con sus respectivas desviaciones estándar (barras verticales) entre febrero de 2021 a febrero de 2022 con excepción de noviembre. Estaciones de muestreo: norte (N), este (E), centro (C), sur (S), oeste (O).



2023) y lluviosa (mayo-octubre 2022) (Figura 3), mediante la prueba de Kruskal-Wallis se detectaron diferencias significativas ($H = 16.767, p = .004 (1, N = 143) \alpha = .05$), reflejando que las concentraciones de esas partículas fueron más elevadas en la época seca. Esta distribución espacial de MP está asociada principalmente a factores atmosféricos como dirección e intensidad de los vientos, como se ha comprobado en lagos de Kenya e Irán (Migwi et al. 2020; Akhbarizadeh et al. 2021, respectivamente).

Los resultados de este estudio reflejan que factores ambientales como actividades antropogénicas, corrientes acuáticas, intensidad y dirección del viento y corrientes pueden incidir en la cantidad y distribución

de microplásticos flotantes en ecosistemas acuáticos continentales.

CONCLUSIONES

Los valores de partículas plásticas superficiales en el lago de Coatepeque oscilaron entre 0.001 a 0.258 MP/m³ en el período de muestreo de febrero de 2021 a enero de 2022.

El área con mayor concentración de microplásticos flotantes fue la zona norte, también la parte este y central en el mes de enero de 2022, reflejando influencia de los vientos de componente norte.

Se detectó diferencia significativa entre los niveles de MP/m³ de la época seca y lluviosa.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Fundación Coatepeque por proporcionar el transporte acuático y apoyo con personal durante los muestreos. Se reconoce el soporte con equipo y logística terrestre facilitados por la Universidad Francisco Gavidia. La información y respaldo técnico por parte del MARN fue clave para elaborar este manuscrito, particularmente el apoyo de Marco Antonio Córdova en asuntos informáticos.

REFERENCIAS

- Akhbarizadeh, R., Dobaradaran, S., Torkmahalleh, M. A., Saeedi, R., Aibaghi, R., & Ghasemi, F. F. (2021). Suspended fine particulate matter (PM_{2.5}), microplastics (MPs), and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air: their possible relationships and health implications. *Environmental Research*, 192, 110339. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110339>
- Barraza-Sandoval, J.E. (2018). Hábitos alimentarios del bute *Proundulus kreiseri* Matamoros, Schaefer, Hernández & Chakrabarty 2012 en cuerpos fluviales de El Salvador. VII Simposio Latinamericano de Ictiología. Universidad de Mérida.
- Basagoitia, J. C. Q. (2019). Water Quality in the Americas: El Salvador. *Water Quality in the Americas. Risks and Opportunities*. Inter-American Network of Academies of Sciences. 325 pp.
- Borrelle, S.B., Ringma, J., Lavender Law, K., Monnhahan, C.C., Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G.H., Hilleary, M.A., Eriksen, Possingham, H.P., De Frond, H., Gerber, L.R., Polidoro, B., Tahir, A., Bernard, M., Mallos, N., Barnes, M., Rochman, C.M. (2020). Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science* 369(6510):1515-1518. <https://doi.org/10.1126/science.aba3656>
- Cabassi, J., Capechciacci, Magi, F., Vaselli, O., Tassi, F., Montalvo, F., Esquivel, I., Grassa, F., Caprai, A. (2019). Water and dissolved gas geochemistry at Coatepeque, Ilopango and Chanmico volcanic lakes (El Salvador, Central America). *Journal of Vulcanology and Geothermal Research* 318: 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2019.04.009>
- Carbery, M., O'Connor, W., Thavamani, P. (2018). Transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environment International* 115: 400-409. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.007>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin* 62(12): 2588-2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Dusaucy, J., Gateuille, D., Perrette, Y., Naffrechoux, E. (2021). Microplastic pollution of worldwide lakes. *Env. Poll.* 284, 117075. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117075>
- Fischer, E. K., Paglialonga, L., Czech, E., & Tamminga, M. (2016). Microplastic pollution in lakes and lake shoreline sediments—a case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). *Environmental pollution*, 213, 648-657. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.03.012>
- Henny, C., Rohaningsih, D., Suryono, T., Santoso, A. B., & Waluyo, A. (2022). Microplastic pollution in the surface water of Lake Singkarak, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1118, No. 1,

- p. 012050). IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1118/1/012050>
- Hirai, H., Takada, H., Ogata, Y., Yamashita, R., Mizukawa, K., Saha, M., Kwan, C., Moore, C., Grat, H., Laursen, D., Zettler, E.R., Farrington, J.W., Reddy, C.M., Peacock, E.E., Ward, M.W. (2011). Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban areas. *Marine Pollution Bulletin* 62: 1863-1692. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.004>
- Migwi, F. K., Ogunah, J. A., & Kiratu, J. M. (2020). Occurrence and spatial distribution of microplastics in the surface waters of Lake Naivasha, Kenya. *Environmental toxicology and chemistry*, 39(4), 765-774. <https://doi.org/10.1002/etc.4677>
- Kye, H., Kim, J., Ju, S., Lee, J., Lim, C., & Yoon, Y. (2023). Microplastics in water systems: A review of their impacts on the environment and their potential hazards. *Heliyon* e14359. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14359>
- Mancuso-Figueroa, V.D., Valencia-Azahar, R.Y. (2017). Análisis de reducción **áreal** de lluvias intensas en El Salvador. Tesis de ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador. 255 pp. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13348/1/Análisis%20de%20reducción%20áreal%20de%20lluvias%20intensas%20en%20El%20Salvador.pdf>
- Mejía-Saenz de Tejada, A. (2019). Contaminación por microplásticos en un lago endorreico de tierras bajas: El caso de Petén Itzá. Informe de Tesis. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 82 pp. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/B295.pdf>
- Marine and Environmental Research Institute. (2012). Guide to Microplastic Identification.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). Inventario Nacional de Humedales. 96 pp. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/inventario-nacional-de-humedales-el-salvador/>
- Oliva-Hernández, B. E., Santos-Ruiz, F. M., Muñoz-Wug, M. A., & Pérez-Sabino, J. F. (2021). Microplastics in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) from Lake Amatitlán. *Revista Ambiente & Agua*, 16. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2754>
- Orona-Návar, C., García-Morales, R., Loge, F. J., Mahlkecht, J., Aguilar-Hernández, I., & Ornelas-Soto, N. (2022). Microplastics in Latin America and the Caribbean: A review on current status and perspectives. *Journal of Environmental Management*, 309, 114698. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114698>
- Rochman, C.M. (2018). Microplastics research—from sink to source. *Science* 360: 28-29. <https://doi.org/10.1126/science.aar7734>
- Wagner, M., Lambert, S. (Ed). (2018). Freshwater microplastics. Emerging Environmental Contaminants? The Handbook of Environmental Chemistry 58. Springer Open. 309 pp.
- Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Muñoz, D., Brennhotl, N., Bourrain, X., Buchinger, S., Fries, E., Grosbois, C., Klasmaier, J., Marti, T., Rodriguez-Mozaz, S., Urbatzka, R., Vethaak, A.D., Winther-Nielsen, M., Reifferscheid, G. (2014). Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and we need to know. *Environmental Sciences Europe* 26: 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12302-014-0012-7>

Zarfl, C., Fleet, D., Fries, E., Mathies, M. (2011).
Microplastics in oceans. *Marine Pollution
Bulletin* 62: 1589-1591. [https://doi.
org/10.1016/j.marpolbul.2011.02.040](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.02.040)