

Microplásticos en agua superficial de la costa de El Salvador

Microplastics on surface water of El Salvador coast

José Enrique Barraza

Licenciado en Biología por la Universidad de El Salvador
Maestro en Ciencias por la Universidad de Texas A&M
Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Santiago de Compostela
Investigador asociado del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI),
de la Universidad Francisco Gavidia (UFG)
jebarraza@ufg.edu.sv
<https://orcid.org/0000-0001-6804-5617>

Verónica Esperanza Melara

Licenciada en Biología por la Universidad de El Salvador
Investigadora asociada del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI),
de la Universidad Francisco Gavidia (UFG)
vmelara@ufg.edu.sv
<https://orcid.org/0000-0002-2728-7393>

Rainer Christoph (†)

PhD en Física - Química de la Universidad de Bern en Suiza
Investigador del Laboratorio de Nanotecnología
del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI), de la Universidad Francisco Gavidia (UFG)

Ángel Alberto Hernández

Maestría en informática aplicada a redes por la Universidad Francisco Gavidia
Ingeniería en sistemas informáticos por la Universidad de El Salvador
Investigador del Laboratorio de Nanotecnología
del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI), de la Universidad Francisco Gavidia (UFG)
aahernandez@ufg.edu.sv

Romeo Muñoz

Ingeniería en sistemas informáticos por la Universidad de El Salvador
Investigador del Laboratorio de Nanotecnología
del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI), de la Universidad Francisco Gavidia (UFG)
rmunoz@ufg.edu.sv

Wolfgang Christian Büscher

Master in mechanical engineering, Technical University Munich, Germany
Investigador del Laboratorio de Nanotecnología
del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI), de la Universidad Francisco Gavidia (UFG)
wbuscher@ufg.edu.sv

Jonathan Stanley Ventura Luna

Ingeniería industrial, Universidad Francisco Gavidia
Investigador del Laboratorio de Nanotecnología
del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI), de la Universidad Francisco Gavidia (UFG)
jventura@ufg.edu.sv

James Edward Humberstone Morales

Maestría en informática aplicada a redes, por la Universidad Francisco Gavidia
Ingeniería en ciencias de la computación, por la Universidad Francisco Gavidia
Investigador del Laboratorio de Nanotecnología
del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI), de la Universidad Francisco Gavidia (UFG)
jhumberstone@ufg.edu.sv
<https://0000-0001-6782-5347>

Andoni Sanz Rodríguez

Matemático e informático por la Universidad degli Studi di Salerno
Investigador del Laboratorio de Nanotecnología
del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI), de la Universidad Francisco Gavidia (UFG)
andonisanz25@gmail.com

Fecha de recepción: 25 de enero de 2020

Fecha de aprobación: 7 de julio de 2020

DOI:



RESUMEN

Con el objetivo de determinar la densidad de microplásticos suspendidos en zonas costeras marinas de El Salvador y compararlas entre las épocas lluviosa y seca, 2018-2019, respectivamente, se realizaron muestreos utilizando un complejo *manta trawl* con red de 40 μm de poro, en transectos superficiales rectos frente las playas Mizata, El Pimental, ciudad costera La Libertad y en el golfo de Fonseca. Se preservó el material filtrado en etanol al 90 % V/V. Las densidades más altas ocurrieron en la cuarta área mencionada (0.07-0.22 partículas/ m^3), lo contrario ocurrió en la tercera (0.00-0.02 partículas/ m^3). Se determinó diferencia significativa ($p < 0.05$) al comparar el nivel de las cuatro zonas de muestreo, entre las estaciones lluviosa y seca, cuyos promedios totales de densidad fueron 0.08 ± 0.03 y 0.04 ± 0.07 partículas/ m^3 , respectivamente. El presente estudio preliminar pretende determinar información básica sobre la abundancia de microplásticos en agua superficial marina cercana a la orilla continental de El Salvador.

Palabras clave: densidad, microplásticos, zona costera, El Salvador.

ABSTRACT

With the purpose of determining densities of suspended microplastics on El Salvador marine coastal zones and compare them between 2018-2019, rainy and dry seasons, respectively, we performed samplings using a manta trawl complex with a 40- μm pore net on straight surface transects in front of El Pimental and Mizata beaches, La Libertad coastal city as well as gulf of Fonseca. The filtered material was preserved in ethanol 90 % V/V. Highest densities occurred in the last area (0.07-0.22 particles/ m^3), the contrary occurred in the third one (0.00-0.02 particles/ m^3). Comparison of microplastic densities from four sampling areas between rainy and dry seasons showed significant difference ($p < 0.05$), whose density averages were $0.08 + 0.06$ y $0.03 + 0.04$ particles/ m^3 , respectively. The current preliminary study aims to determine basic information about microplastics abundance on near shore marine surface water in El Salvador.

Keywords: density, microplastics, coastal zone, El Salvador.

Introducción

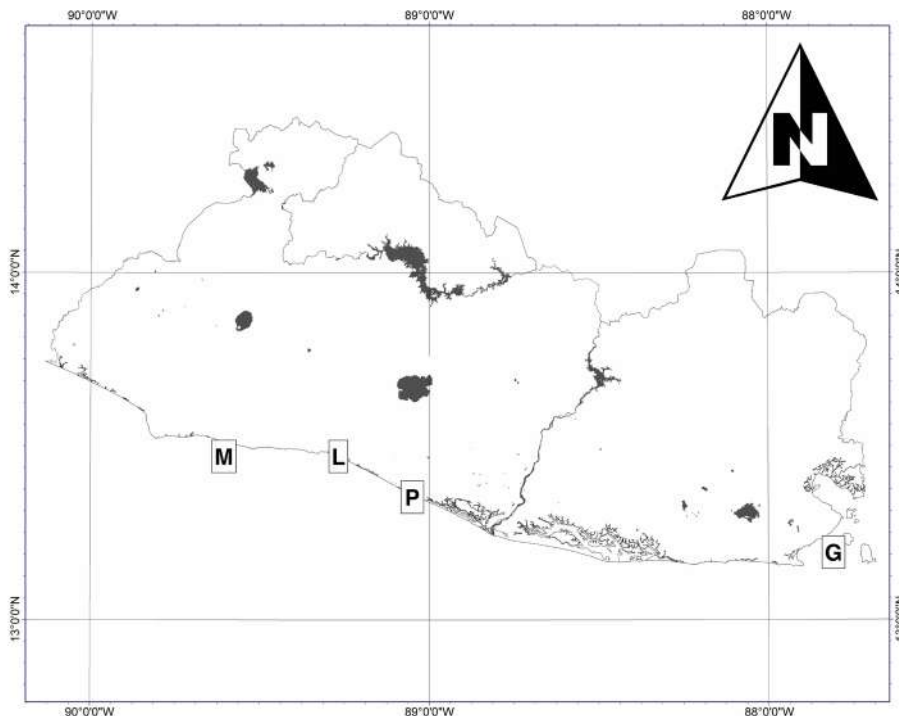
Los materiales plásticos abarcan una gran variedad de compuestos cuyas masas moleculares grandes forman polímeros orgánicos sintéticos, principalmente generados por hidrocarburos derivados de petróleo y gas natural, utilizados para una variedad de actividades humanas, incluyendo empaques de mercaderías que usualmente se disponen como desecho sólido (Rhodes, 2018). Este material útil a las actividades humanas modernas, en parte por su durabilidad, genera impactos ambientales negativos al desecharlo en forma inapropiada, ya que presenta una lenta degradación y se fragmenta en trozos pequeños que flotan o se acumulan, en el fondo de los cuerpos de agua marinos o continentales (Barnes *et al.*, 2009). Esos ecosistemas experimentan una serie de influencias antropogénicas como la contaminación por aguas residuales, desechos sólidos, agroquímicos, entre otros (Salazar-Vallejo, 1991; Clark, 2002; Sindermann, 2006). Estos sólidos, incluyendo plásticos, pueden ser arrastrados por lluvias y viento hacia corrientes continentales que confluyen con lagos u océanos, también son generados *in situ* por asentamientos humanos costeros (Cole *et al.*, 2011; Eriksen *et al.*, 2014; Anderson *et al.*, 2015; Jambeck *et al.*, 2015).

Investigaciones recientes sugieren que cuando los compuestos plásticos se encuentran en el océano, presentan propiedades para absorber o liberar contaminantes presentes en el agua (Zarfl *et al.*, 2011). En el momento que este material se fragmenta por la interacción de procesos físicos, químicos y biológicos (Christoph *et al.*, 2016), genera en parte microplásticos, considerados como las partículas menores a cinco milímetros (Lusher *et al.*, 2017; Barrows *et al.*, 2018; Rochman, 2018). Estas micropartículas pueden introducir los contaminantes asociados a las cadenas alimenticias (Sussarellu *et al.*, 2016; Hernández *et al.*, 2018), o incluso circular u obstruir los tractos digestivos de copépodos (Cole *et al.*, 2015), otros invertebrados (Mishra *et al.*, 2019) y vertebrados marinos (Van Franeker y Law, 2015), afectando a esta biodiversidad acuática. La costa de El Salvador presenta una longitud aproximada de 320 km en el océano Pacífico e incluye una diversidad de ecosistemas litorales como manglares, playas arenosas y rocosas, entre otros (Research Planning Inc, 1999; Barraza, 2017a). En la región del océano Pacífico centroamericano existe documentación de ocurrencia de microplásticos en Nicaragua (Díaz-Domínguez y Sarria-Sacasa, 2019). Recientemente se ha detectado la ocurrencia de microplásticos (MPs) en el Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano (Christoph *et al.*, 2015), en el área intermareal y bermas de las playas arenosas del país (Barraza, 2017b), y también en ecosistemas acuáticos continentales (Hernández *et al.*, 2018), así como en el contenido estomacal de *Profundulus kreiseri*, un pez de montaña de El Salvador (Barraza-Sandoval y Melara-Pérez, 2018). El objetivo de esta investigación es determinar y comparar densidades de MPs superficiales en aguas marinas litorales del país entre época lluviosa y seca. La primera ocurre entre los meses de mayo a octubre y la segunda de noviembre a abril. El presente documento pretende generar información preliminar sobre la presencia de contaminantes plásticos flotantes en el mar adyacente del país, dentro del marco del objetivo de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas número catorce que incluye la utilización sostenible de los océanos¹.

1 Objetivo 14, disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/oceans/>

Método

Los lugares de muestreo fueron áreas cercanas a la orilla, ubicadas frente a la ciudad costera de La Libertad, playas El Pimental y Mizata, así como el golfo de Fonseca, en el océano Pacífico (mapa 1). Todas estas áreas presentan ríos asociados cercanos: Chilama, Jiboa, Mizata y Goascorán, respectivamente, así como otros drenajes urbanos o naturales. La Libertad es una ciudad costera de aproximadamente 35,000 habitantes; se caracteriza por presentar una playa dominada por cantos rodados, los ríos Chilama y Danta confluyen al oeste y este respectivamente, también existe un muelle para uso de pescadores artesanales. El Pimental presenta asentamientos humanos de un máximo aproximado de 5,000 habitantes, se ubica en una barra de arena donde los procesos erosivos son intensos durante tormentas fuertes, existen dos ríos importantes que confluyen con el mar al este: Jiboa y Lempa. En el cantón Mizata viven unas 2,000 personas aproximadamente, la playa es arenosa y tiene partes rocosas asociadas a acantilados, la bocana del río presenta cantos rodados. El golfo de Fonseca es un estuario inverso en la época seca que experimenta corrientes intensas según las mareas y condiciones ambientales en algunas zonas (Valle-Levinson y Bosley, 2003); además, en sus orillas existen diferentes tipos de micro hábitats: cantos rodados, acantilados, playas arenosas, rocosas, bajos intermareales, manglares, islas y confluyen varios ríos como el Goascorán (Barraza, 2017a).



Mapa 1. Ubicación de las zonas de muestreo = G: golfo de Fonseca, L: La Libertad, M: Mizata, P: El Pimental.
Fuente: elaboración propia.

Para los arrastres superficiales se utilizó una red tipo manta trawl (Anderson et al., 2015), cuyas dimensiones aproximadas son 2 m de longitud y una apertura anterior de 0.75 de ancho por 0.405 m de altura, en el extremo posterior, una malla de retención de 40 µm de poro, similar a la red utilizada por Hernández et al. (2018). La velocidad de arrastre presentó un rango entre 2.0 a 3.6 km/h, con un promedio de 2.8 km/h que permite realizar el arrastre sin peligro de romper la cuerda. Las tablas número 1 y 2, detallan la ubicación de los transectos de muestreo y las distancias recorridas en las épocas lluviosa de 2018 y seca de 2019, respectivamente.

FECHA/EM	INICIO						FINAL						D (m)
	N			O			N			O			
14-sep-18													
Golfo de Fonseca	G	M	S	G	M	S	G	M	S	G	M	S	
Isla Meanguera ES (ME)	13	10	5.1	87	41	25.5	13	10	35.1	87	41	22.3	931.7
Isla Meanguera ES (ME)	13	10	33.1	87	41	23.8	13	10	3.1	87	41	27.6	933.6
Isla Meanguera OE (MO)	13	10	34.2	87	43	44.2	13	10	7.4	87	43	44.7	828.0
Isla Meanguera OE (MO)	13	10	9.1	87	43	45.2	13	10	39.1	87	43	43.6	927.9
Isla Conchagua ES (NE)	13	14	10.4	87	44	57.6	13	13	40.4	87	44	56.6	927.1
Isla Conchagua ES (NE)	13	13	39.5	87	44	54.5	13	14	9.5	87	44	54.1	926.7
Punta Chiquirín (PC)	13	17	56.0	87	46	34.8	13	17	28.0	87	46	34.7	864.9
Punta Chiquirín (PC)	13	17	33.9	87	46	31.8	13	18	3.9	87	46	32.5	926.9
Bahía La Unión (LU)	13	20	35.6	87	50	15.9	13	21	5.6	87	50	14.6	927.5
Bahía La Unión (LU)	13	21	10.8	87	50	19.0	13	20	42.8	87	50	36.7	1015.4
4-oct-18													
Mizata													
Mizata ES (ZE)	13	30	22.9	89	35	14.6	13	30	7.9	89	34	30.0	1417.4
Mizata ES (ZE)	13	30	9.0	89	34	30.5	13	30	20.1	89	35	15.0	1379.8
Bocana río Mizata (BZ)	13	30	25.3	89	35	26.0	13	30	24.2	89	35	56.0	1204.8
Bocana río Mizata (BZ)	13	30	23.9	89	35	53.8	13	30	5.2	89	35	13.0	1354.8
5-oct-18													
El Pimental													
Pimental ES (IE)	13	21	31.3	89	4	21.3	13	21	12.2	89	3	50.0	1110.3
Pimental ES (IE)	13	21	14.5	89	3	54.6	13	21	26.8	89	4	24.6	978.3
Pimental CE (IC)	13	21	35.6	89	4	46.0	13	21	32.1	89	5	16.0	908.1
Pimental CE (IC)	13	21	53.2	89	5	18.3	13	21	47.2	89	4	48.3	920.5
Pimental OE (IO)	13	22	0.5	89	5	50.1	13	22	0.1	89	6	20.1	901.6
Pimental OE (IO)	13	22	14.8	89	6	22.0	13	22	11.4	89	5	52.0	907.6
13-oct-18													
La Libertad													
La Libertad ES (LE)	13	28	33.2	89	18	34.6	13	28	18.7	89	18	4.6	1006.3
La Libertad ES (LE)	13	28	18.2	89	18	4.6	13	28	32.0	89	18	34.6	996.8
La Libertad CE (LC)	13	28	37.1	89	19	6.1	13	28	38.3	89	19	36.1	901.8
La Libertad CE (LC)	13	28	37.4	89	19	35.2	13	28	37.1	89	19	5.2	901.1
La Libertad OE (LO)	13	28	34.5	89	19	53.1	13	28	44.2	89	20	25.2	1009.6
La Libertad OE (LO)	13	28	44.5	89	20	24.7	13	28	33.6	89	20	54.7	962.0

Tabla 1. Ubicación geográfica (sexagesimal) y códigos de los transectos de las diferentes áreas de estudio y durante la estación lluviosa de 2018. Notas = CE: al centro del área de muestreo, D: distancia del transecto, EM: estación de muestreo, ES: al este del área de muestreo, N: norte, O: oeste, OE: al oeste del área de muestreo. Fuente: elaboración propia.

FECHA/EM	INICIO						FINAL						D (m)
	N			O			N			O			
	G	M	S	G	M	S	G	M	S	G	M	S	
6-feb-19													
Mizata													
Mizata ES (ZE)	13	30	18.4	89	35	39.6	13	30	9.2	89	34	57.5	1296.0
Mizata ES (ZE)	13	30	9.0	89	34	55.6	13	30	24.2	89	35	28.1	1083.1
Bocana río Mizata (BZ)	13	30	11.3	89	35	50.4	13	30	27.6	89	36	29.9	1288.7
Bocana río Mizata (BZ)	13	30	28.1	89	36	21.7	13	30	19.1	89	35	47.5	1064.1
8-mar-19													
El Pimental													
Pimental ES (IE)	13	21	35.1	89	4	9.9	13	21	16.6	89	3	50.0	827.1
Pimental ES (IE)	13	21	19.7	89	3	56.6	13	21	39.9	89	4	13.5	804.5
Pimental CE (IC)	13	21	34.9	89	4	45.7	13	21	33	89	5	15	882.5
Pimental CE (IC)	13	22	23.6	89	5	4.1	13	22	16.5	89	4	41.1	725.1
Pimental OE (IO)	13	22	34.4	89	5	7.4	13	22	51.8	89	5	31.2	894.6
Pimental OE (IO)	13	22	53.2	89	5	30.3	13	22	42.3	89	5	16.3	538.8
25-abr-19													
La Libertad													
La Libertad ES (LE)	13	28	33.1	89	18	35.7	13	28	19	89	18	4.2	1041.6
La Libertad ES (LE)	13	28	18.2	89	18	4.6	13	28	32	89	18	34.9	1005.0
La Libertad CE (LC)	13	28	36.9	89	19	6.0	13	28	38.1	89	19	36.0	901.9
La Libertad CE (LC)	13	28	37.5	89	19	35.0	13	28	36.9	89	19	5.0	901.3
La Libertad OE (LO)	13	28	34.2	89	19	55.0	13	28	44	89	20	25.0	950.6
La Libertad OE (LO)	13	28	44.1	89	20	23.9	13	28	33.1	89	20	55.0	994.0
3-may-19													
Golfo de Fonseca													
Isla Meanguera ES (ME)	13	10	24.8	87	41	23.9	13	11	3.9	87	41	35.5	1257.1
Isla Meanguera ES (ME)	13	11	5.8	87	41	37.0	13	10	34.3	87	41	32.1	984.1
Isla Meanguera OE (MO)	13	11	4.6	87	43	48.0	13	10	38.0	87	43	42.1	840.6
Isla Meanguera OE (MO)	13	10	41.0	87	43	49.1	13	11	23.6	87	44	3.4	1384.3
Isla Conchagua ES (NE)	13	14	30.5	87	45	16.0	13	14	12.5	87	45	3.1	677.9
Isla Conchagua ES (NE)	13	14	17.5	87	45	1.5	13	14	35.5	87	45	11.6	633.5
Punta Chiquirín (PC)	13	18	5.4	87	46	47.6	13	17	42.5	87	46	34.4	811.0
Punta Chiquirín (PC)	13	17	47.0	87	46	33.1	13	18	10.4	87	46	44.9	1224.9
Bahía La Unión (LU)	13	20	24.5	87	50	25.0	13	20	44.5	87	50	23.2	620.1
Bahía La Unión (LU)	13	20	44.9	87	50	25.0	13	20	37.8	87	50	41.2	534.0

Tabla 2. Ubicación geográfica (sexagesimal) y códigos de los transectos de las diferentes áreas de estudio y durante la estación seca de 2019. Notas = CE: al centro del área de muestreo, D: distancia del transecto, EM: estación de muestreo, ES: al este del área de muestreo, N: norte, O: oeste, OE: al oeste del área de muestreo. Fuente: elaboración propia.

Después de cada arrastre se removió la red posterior y se extrajo el material tamizado en la red de 40 µm de poro, incluyendo los MPs, mediante un chorro a presión con etanol al 90 % V/V, utilizando un frasco lavador. Las muestras se conservaron en la solución antes mencionada en frascos plásticos lavados dos veces con agua de mar filtrada (40 µm), cuyo contenido se colocó paulatinamente en una caja de Petri, previamente lavada dos veces con agua del grifo filtrada (40 µm), para el conteo

respectivo mediante un microscopio estereoscópico MEIJI EMZ-5. También este material se clasificó en filamentos u otro material plástico. No se pudo clasificar el material según su naturaleza química por carecer de equipo de espectroscopia respectivo. El total de micropartículas menores a cinco milímetros determinado para cada muestra se multiplicó por la longitud de cada transecto, el ancho y altura de la red *manta trawl*: 0.75 y 0.405 m, respectivamente (tabla 3).

TRANSECTO	ÉPOCA LLUVIOSA			ÉPOCA SECA		
	D (m)	Partículas	Partículas/m ³	D (m)	Partículas	Partículas/m ³
ME	931.7	5	0.02	1257.1	5	0.01
ME	933.6	61	0.22	984.1	7	0.02
MO	828.0	22	0.09	840.6	8	0.03
MO	927.9	10	0.04	1384.3	5	0.01
NE	927.1	23	0.08	677.9	7	0.03
NE	926.7	35	0.12	633.5	2	0.01
PC	864.9	60	0.23	811.0	5	0.02
PC	926.9	35	0.12	1224.9	11	0.03
LU	927.5	21	0.07	620.1	4	0.02
LU	1015.4	30	0.10	534.0	5	0.03
ZE	1417.4	30	0.07	1296.0	10	0.03
ZE	1379.8	12	0.03	1083.1	5	0.02
BZ	1204.8	13	0.04	1288.7	11	0.03
BZ	1354.8	10	0.02	1064.1	4	0.01
IE	1110.3	25	0.07	827.1	50	0.20
IE	978.3	11	0.04	804.5	20	0.08
IC	908.1	15	0.05	882.5	10	0.04
IC	920.5	53	0.19	725.1	15	0.07
IO	901.6	15	0.05	894.6	14	0.05
IO	907.6	13	0.05	538.8	9	0.05
LE	1006.3	15	0.05	1041.6	7	0.02
LE	996.8	20	0.07	1005.0	2	0.01
LC	901.8	32	0.12	901.9	2	0.01
LC	901.1	10	0.04	901.3	0	0.00
LO	1009.6	20	0.07	950.6	0	0.00
LO	962.0	25	0.09	994.0	2	0.01

Tabla 3. Registro de la cantidad de MPs suspendidos en agua superficial recolectados en los diferentes transectos en épocas lluviosa de 2018 y seca de 2019.

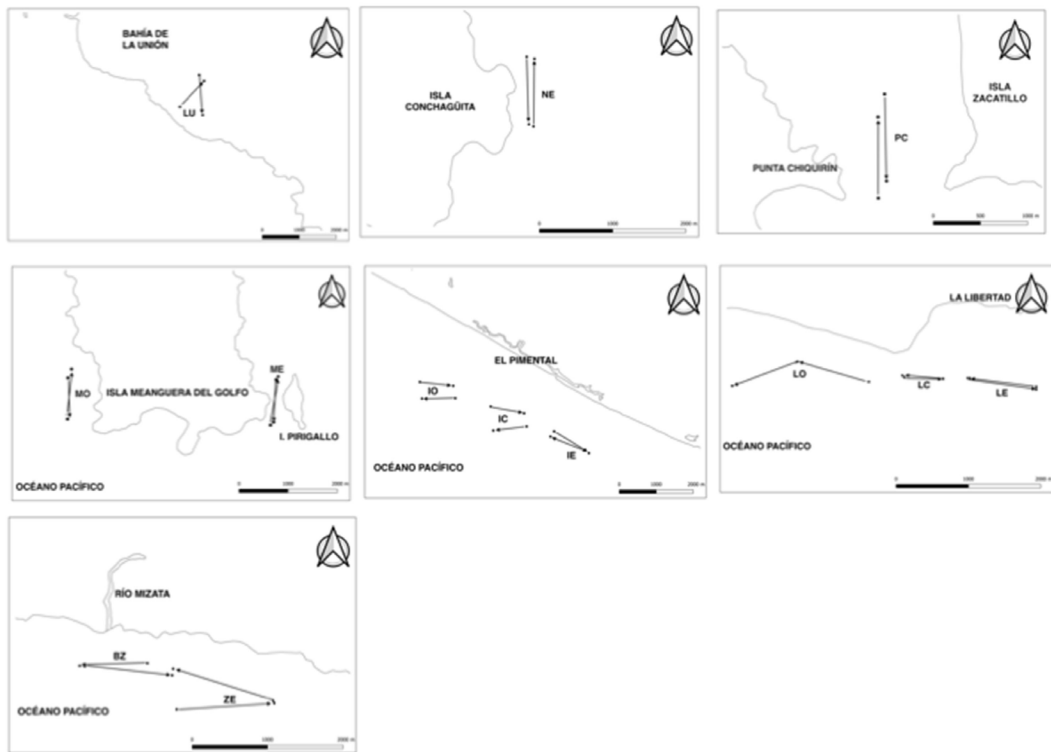
Notas:

- D: longitud del transecto.
- Acrónimos de los transectos: golfo de Fonseca (LU: bahía de la Unión, ME: isla de Meanguera este, MO: isla de Meanguera oeste, N: Conchaguüta este, PC: punta Chiquirín); El Pimental (IC: Centro, IE: este, IO: oeste); La Libertad (LC: centro, LE: este, LO: oeste); Mizata (BZ: frente a bocana, ZE: este).

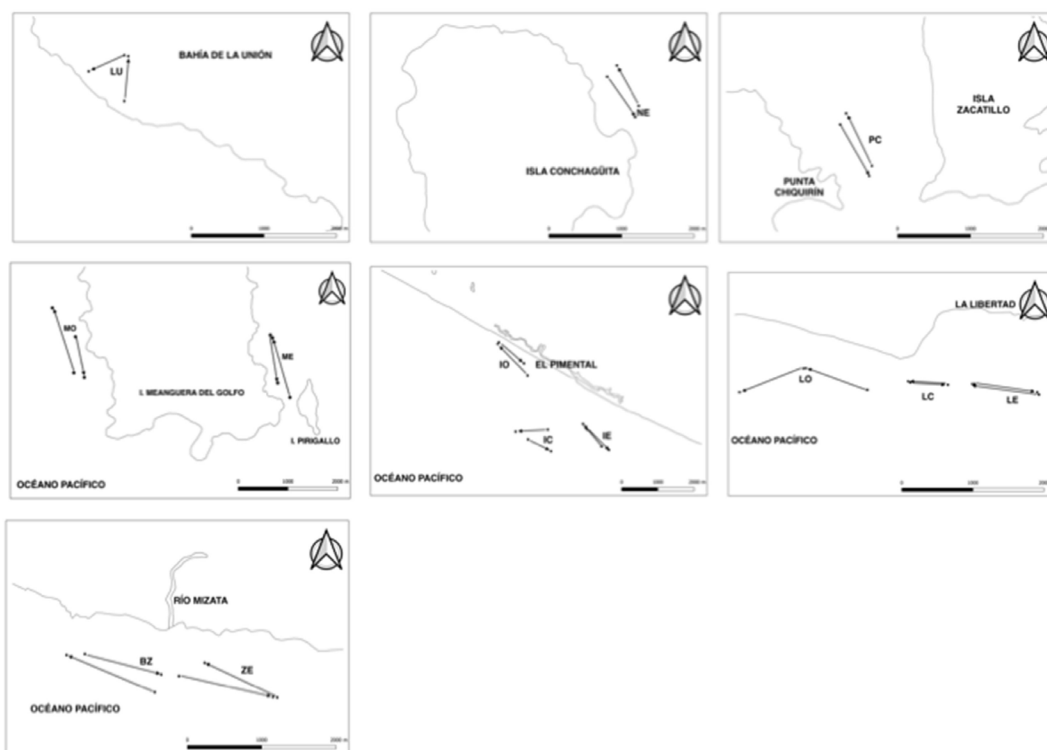
Fuente: elaboración propia.

Se calcularon estadísticos de tendencia central. Luego para determinar diferencias significativas entre la densidad de MPs entre la época lluviosa y seca, se utilizó la prueba de rangos de Wilcoxon debido a la heterogeneidad de los datos detectada mediante la prueba de Levene ($p > 0.05$), asumiendo que las muestras son dependientes porque se recolectaron en las mismas áreas.

Los mapas 2 y 3, presentan las ubicaciones y rumbos de los transectos de arrastre superficial con la red *manta trawl* en la época lluviosa y seca, respectivamente, en las diferentes áreas de muestreo en el océano Pacífico.



Mapa 2. Ubicación de los transectos de arrastre con la *manta trawl* para muestreo de MPs en golfo de Fonseca (bahía de La Unión, isla Conchagüita, isla de Meanguera, punta Chiquirín), Mizata, El Pimental y La Libertad, durante la estación lluviosa de 2018. Las flechas indican los rumbos de los transectos. Los acrónimos se detallan en las tablas uno y dos.
Fuente: elaboración propia.



Mapa 3. Ubicación de los transectos de arrastre con el manta trawl para muestreo de MPs en golfo de Fonseca (bahía de La Unión, isla Conchagüita, isla de Meanguera, punta Chiquirín), Mizata, El Pimental y La Libertad, durante la estación seca del primer semestre de 2019. Las flechas indican los rumbos de los transectos. Los acrónimos se detallan en las tablas uno y dos. Fuente: elaboración propia.

Resultados

Se recolectaron un total de 906 partículas de plástico de las cuales el 85 % correspondió a filamentos color negro, azul y transparente; el 15 % restante a fragmentos. La cantidad y densidad de MPs suspendidos en el agua, particularmente filamentos, en cada transecto realizado en época seca y lluviosa, se refleja en la tabla 3, donde sobresalen los elevados niveles que se registraron en el golfo de Fonseca durante la época lluviosa (0.07 a 0.23 partículas/m³), en comparación a los menores (0.00 a 0.02 partículas/m³), que se observaron en La Libertad en el período seco.

El promedio de densidad, desviación estándar, mediana y moda de MPs para ambas épocas fueron: 0.08 ± 0.03 , 0.07, 0.07, así como, 0.03 ± 0.04 , 0.02 y 0.01 partículas/m³, respectivamente.

El gráfico 1 presenta los promedios totales y las respectivas desviaciones estándar de la densidad de microplástico observada en este estudio, donde sobresalen los niveles del golfo de Fonseca en la época

lluviosa y frente a playa El Pimental en ambas estaciones (tabla 3), indicando mayor abundancia de estas partículas en esas áreas costeras durante el período de lluvias.

La comparación de las densidades de MPs entre ambas épocas (tabla 3), mediante la prueba de rangos de Wilcoxon determinó diferencias significativas ($z=-2.3269$, $p<0.05$, $N=16$) entre las densidades correspondientes a la épocas lluviosa y seca.

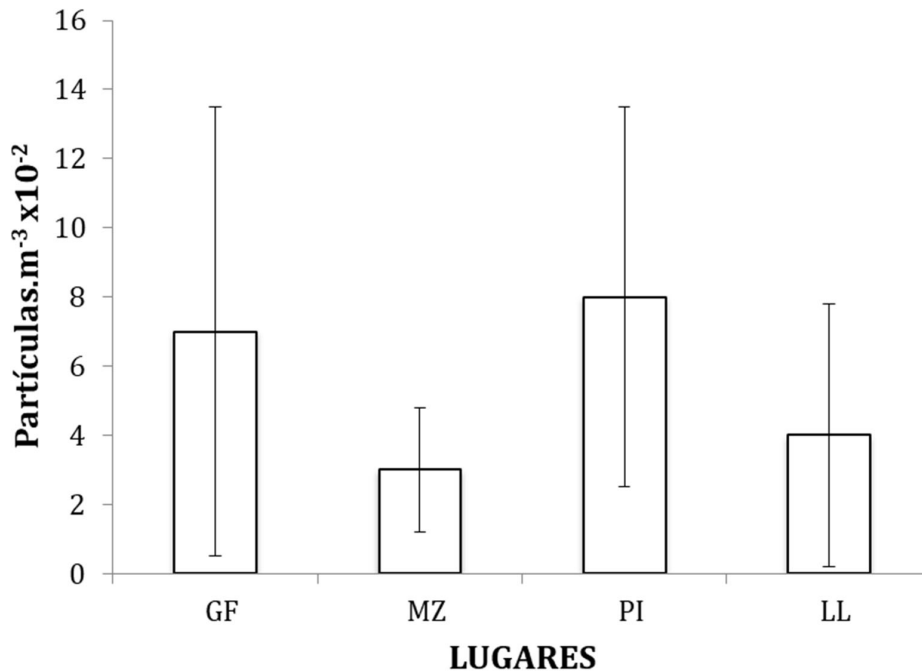


Gráfico 1. Densidades promedio totales de microplásticos en agua superficial costera en las diferentes áreas de muestreo con sus respectivas desviaciones estándar.

Notas = GF: golfo de Fonseca, MZ: Mizata, PI: El Pimental, LL: La Libertad.

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Los resultados obtenidos coinciden con algunos estudios regionales o globales, por ejemplo, la abundancia de fibras o filamentos flotantes en este estudio presentó una dominancia del 85% y otras formas el 15 %, lo que coincide con las tendencias globales de 91 % y 9 %, respectivamente (Barrows *et al.*, 2018). Debido a que en este estudio no se caracterizó la naturaleza química de estas fibras, se asume que posiblemente provinieron de fragmentación de plásticos como redes de pesca, botellas, gránulos, lavado de ropa, así como de manejo inapropiado de desechos sólidos (Mishra *et al.*, 2019).

Uno de los elementos más importantes para explicar estas diferencias se encuentra en la metodología, ya que el tamaño de poro de red utilizada en otras investigaciones osciló entre 180 a 333 μm y el usado en este estudio es 40 μm . En comparación, en el Mar del Norte se han detectado entre 0.04 a 0.05 fibras de material plástico/ m^3 (Anderson *et al.*, 2015), similar a lo registrado en la presente investigación (tabla 3). Por el contrario, en el océano Atlántico Oeste del Norte se registran densidades más elevadas que alcanzan las 14.1 partículas/ m^3 (Carpenter *et al.*, 1972 citado por Anderson *et al.*, 2015); también se han encontrado áreas del Pacífico Norte que superan las 300,000 partículas/ km^2 (Moore *et al.*, 2001; Pan, 2019). Se considera que la metodología y zonas geográficas diferentes, posiblemente incidieron en la disimilitud de 4.4 ± 0.7 partículas por litro (4400 ± 700 partículas/ m^3), detectada en el Pacífico de Centroamérica (Barrows *et al.*, 2018), en comparación a los resultados reflejados por esta investigación. Además en el Pacífico centroamericano existen otras influencias ambientales que pueden afectar la distribución de microplásticos, como corrientes, giros, vientos (Barnes *et al.*, 2009).

Los altos niveles de partículas plásticas en el golfo de Fonseca en la época lluviosa y frente a playa El Pimental, en ambas temporadas (tabla 3 y gráfico 1), posiblemente están influenciados por los factores ambientales mencionados anteriormente, incluyendo las confluencias con el océano Pacífico de los ríos Goascorán y Jiboa, en cuyas cuencas existen asentamientos humanos (Fundación Nacional para el Desarrollo, 2015; Maier *et al.*, 2016, respectivamente). Además, se consideró que la morfología semicerrada del golfo de Fonseca incidió en la elevada presencia de MPs, debido a que retiene este tipo de partículas dentro de su espejo de agua, coincidiendo con los hallazgos de Barnes *et al.* (2009), para el hemisferio norte.

Al comparar las densidades de MPs de las cuatro zonas de muestreo entre la época lluviosa y seca, se determinó una diferencia significativa ($p < 0.05$, prueba de rangos de Wilcoxon). Lo anterior se puede asociar a que las lluvias intensas arrastran una gran cantidad de residuos sólidos, incluyendo MPs en los ríos aledaños (Shahul-Hamid *et al.*, 2018), y drenajes naturales o urbanos que confluyen con el océano en áreas cercanas a los transectos de muestreo.

Conclusiones

El 85 % de los MPs recolectados fueron filamentos, reflejando una posible importante influencia de las microfibras de diverso origen. El 15 % restante estaba compuesto por fragmentos.

Existe diferencia significativa al comparar la densidad de MPs registrados en la época lluviosa con la época seca.

Es necesario profundizar en estudios que reflejen mayor detalle sobre la presencia, abundancia, distribución, tipos de MPs que se encuentran en los ecosistemas acuáticos del país.

Referencias bibliográficas

- Anderson, A., Andrady, A., Arthur, C., Baker, J., Bouwman, H., Gall, S., Hildalgo-Ruz, V., Köhler, A., Lavender-Law, K., Leslie, H.A., Kershaw, P., Pahl, S., Potemra, J., Ryan, P., Joon Shim, W., Thompson, R., Takada, H., Turra, A., Vethaak, A.D. y Wyles, K. (2015) *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment*. Reports and Studies GESAMP (90). Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C. y Barlaz, M. (2009) Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical transactions of the Royal Society*, 364(1526), 1985-1998. Disponible en: <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Barraza, J.E. (2017a) *La sensibilidad ambiental de los ecosistemas costeros de El Salvador ante derrames de hidrocarburos*. El Salvador: Universidad Francisco Gavidia. 29 pp. Disponible en: http://www.ufg.edu.sv/icti/doc/Sensibilidad_ambiental.pdf
- Barraza, J.E. (2017b) Medición de la cantidad de residuos plásticos pequeñas en algunas playas de El Salvador. *Realidad y reflexión*, 45, 45-54. Disponible en: <https://doi.org/10.5377/ryr.v0i45.4421>
- Barraza-Sandoval, J.E. y Melara-Pérez, V.E. (2018) *Hábitos alimentarios del bute, Profundulus kreiseri Matamoros, Schaefer, Hernández y Cakrabarty, 2012 en cuerpos fluviales de El Salvador*. XVI Congreso Nacional de Ictiología, VII Simposio Latinoamericano de Ictiología. Mérida, México.
- Barrows, P.P.W., Cathey, S.E. y Petersen, C.W. (2018) Marine environment microfiber contamination: Global patterns and the diversity of microparticle origins. *Environmental pollution*, 237, 275-284. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.062>
- Carpenter, E.J., Anderson, S.J., Harvey, G.R., Miklas, H.P. y Peck, B.B. (1972) Polystyrene spherules in coastal waters. *Science*, 178, 749-750. Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/178/4062/749>
- Christoph, R., Hernández, A., Muñoz, R., Picardo, A. y Picardo, O. (2015) Microplásticos en El Salvador. *Nanotecnia*: Febrero. Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación. Universidad Francisco Gavidia. Disponible en: <http://nanotecnialab.ufg.edu.sv/uploads/newsletters/2016-02-01.pdf>
- Christoph, R., Muñoz, R., Hernández, A. y Ventura, J. (2016) Aspectos nano de los desechos de plástico. *Momento revista de Física*, 51E, 65-76. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/momento/article/view/55990>

Clark, R.B. (2002) *Marine pollution*. Oxford: Oxford University Press.

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. y Galloway, T.S. (2011) Microplastics as contaminants in the marine environment: A Review. *Marine pollution bulletin*, 62, 2588-2597. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>

Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C. y Galloway, T.S. (2015) The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod *Calanus helgolandicus*. *Environmental Science & Technology*, 49(2), 1130-1137. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/es504525u>

Díaz-Domínguez, J.M. y Sarria-Sacasa, K.C. (2019) Microplásticos en las costas del Pacífico de Nicaragua. *Compromiso social*, 2, 51-60.

Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borrero, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G. y Reisser, J. (2014) Plastic pollution in the world oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS One*, 9(12), e111913. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>

Fundación Nacional para el Desarrollo. (2015) *Lineamientos para una estrategia de desarrollo integral y atención de la vulnerabilidad en el valle del Jiboa –El Salvador–*. Disponible en: <http://www.repo.funde.org/992/1/EstratJiboa-15.pdf>

Hernández, A., Ventura, J., Muñoz, R., Humberstone, J., Christoph, R., Barraza, E. y Melara, V. (2018) Estudio de contaminación por microplásticos en el lago de Coatepeque, Santa Ana, El Salvador. *El Salvador Ciencia y Tecnología*, 23(36), 28-34. Disponible en: https://issuu.com/nuevoconacyt/docs/revista_escyt_articulos_2018_6

Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Adrady, A., Narayan, R. y Law, K.L. (2015) Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347, 768-771. Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/347/6223/768>

Lusher, A.L., Hollman, P.C.H. y Mendoza-Hill, J.J. (2017) *Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implication for aquatic organisms and food safety*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper (615). Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i7677e.pdf>

Maier, L., Porras, N., Córdoba, R., MacQuarrie, P. y Welling, R. (2016) *La cuenca del río Goascorán: Honduras y El Salvador*. San José, Costa Rica: UICN. Disponible en: https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/bridge_goascoran.pdf

Moore, C.J., Moore, S.L., Leecaster, M.K. y Weisberg, S.B. (2001) A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Marine pollution bulletin*, 42, 1297-1300. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00114-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00114-X)

Mishra, S., Rath, C.C. y Das, A.P. (2019) Marine microfiber pollution: a review on present status and future. *Marine pollution bulletin*, 140, 188-197. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.039>

Pan, Z., Guo, H., Chen, H., Wang, S., Sun, X., Zou, Q., Zhang, Y., Lin, H., Cai, S. y Huan, J. (2019) Microplastics in the Northwestern Pacific: abundance, distribution, and characteristics. *Science of the total environment*, 650, 1913-1922. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.244>

Research Planning Inc -RPI- (1999) *Levantamiento y mapeo de índices de sensibilidad ambiental de la línea costero-marina entre las desembocaduras de los ríos Paz y Lempa de El Salvador* (1). El Salvador: Fondo de Iniciativa de las Américas.

Rhodes, C. J. (2018) Plastic pollution and potential solutions. *Science progress*, 101(3), 207-260. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3184/003685018X15294876706211>

Rochman, C.S. (2018) Microplastics research—from sink to source. *Science*, 360(6384), 28-29. Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/360/6384/28>

Salazar-Vallejo, S.I. (1991) *Contaminación marina: métodos de evaluación biológica*. México: Centro de Investigaciones de Quintana Roo.

Shahul-Hamid, F., Bhatti, M. S., Anuar, N., Anuar, N., Mohan, P. y Periyathamby, A. (2018) Worldwide distribution and abundance of microplastic: how dire is the situation? *Waste management & research*, 36(10), 873-897. Disponible en: <https://doi.org/10.1177%2F0734242X18785730>

Sindermann, C.J. (2006) *Coastal pollution. Effects on living resources and humans*. Taylor & Francis Group. Boca Raton, Florida.

Sussarellu, R., Suqueto M., Thomas Y., Lambert C., Fabius, C., Pernet, M.E.J., Le Goic, N., Quillien, V., Mingant, C., Epelboin, Y., Corporeau, C., Guyomarch, J., Robbens, H., Paul-Pont, I., Soudant, P. y Huvet, A. (2016) Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113, 2430-2435. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1519019113>

Valle-Levinson, A. y Bosley, K.T. (2003) Reversing circulation patterns in a tropical estuary. *Journal of Geophysical Research: oceans*, 108(C10). Disponible en: <https://doi.org/10.1029/2003JC001786>

Van Franeker, J. y Law, K.L. (2015) Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution. *Environmental pollution*, 203, 89-96. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.02.034>

Zarfl, C., Fleet, D., Fries, E. y Matthies, M. (2011) Microplastics in oceans. *Marine pollution bulletin*, 62, 1589-1591.