



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGIAS

CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

Modalidad Articulo Académico

Tema

Determinación de microplásticos presentes en sedimentos de la zona intermareal de los esteros en Manta-2024.

Autor

Cedeño Molina Xavier Armando

Periodo 2024 - 2

Declaración de auditoría

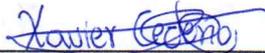
Yo **Xavier Armando Cedeño Molina** declaro que he contribuido a la realización del trabajo de titulación bajo la modalidad de artículo académico previo a la obtención del título de Biólogo, con tema: "**Determinación de microplásticos presentes en sedimentos de la zona intermareal de los esteros en Manta-2024**".

He revisado la versión final del manuscrito y apruebo su presentación para su publicación.

También garantizo que este trabajo es original, no ha sido publicado previamente y no está bajo consideración para su publicación en otro.

Además, declaro que no tengo conflictos de interés en relación con este trabajo.

Firma:



Xavier Cedeño Molina

C.I.: 1315245009

 Uleam <small>UNIVERSIDAD LAICA</small> <small>ELOY ALFARO DE MANABÍ</small>	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la carrera de Biología de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Cedeño Molina Xavier Armando, legalmente matriculado en la carrera de Biología, período académico 2024-2025, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es "Determinación de microplásticos presentes en sedimentos de la zona intermareal de los esteros en Manta-2024".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, Manta de 06 de enero de 2025.

Lo certifico,



Biól. Darío Olivio del Valle Calderón Mg. C.A.

Docente Tutor

Área: Ecología y medio ambiente.

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGIAS

CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

Modalidad Artículo Académico

Tema

Determinación de microplásticos presentes en sedimentos de la zona intermareal de los esteros en Manta-2024.

Autor

Cedeño Molina Xavier Armando

Dra. Dolores Muñoz Verduga PhD.

Presidente del tribunal de titulación

Blgo. Xavier Pico Lozano, PhD.

Miembro de tribunal de titulación

Blgo. Luis Zambrano Santana, Mg.

Miembro de tribunal de titulación

Miércoles 12 de febrero del 2025

Determinación de microplásticos presentes en sedimentos de la zona intermareal de los esteros en Manta-2024.

Xavier Armando Cedeño Molina ¹, del Valle Calderon Dario Olivio ¹

¹Carrera de Biología, Facultad de Ciencias de la vida y Tecnologías,
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Correo institucional: e1315245009@live.uleam.edu.ec

RESUMEN

La contaminación por plásticos en playas representa una amenaza para los ecosistemas marinos y costeros, estos plásticos al fragmentarse en partículas más pequeñas como mesoplásticos y microplásticos, ocasionan impactos en la fauna marina, interfiriendo con sus funciones alimenticias, motrices y reproductivas. En esta tesis se determina el tipo de plásticos en las cercanías de la desembocadura del Rio Manta en la playa Los Esteros, Manta, Ecuador. Estos plásticos se obtuvieron mediante separación por densidad y reducir materia orgánica con ácido nítrico e hipoclorito de sodio, luego caracterizado por estereoscopia. La abundancia de plásticos encontrados es de 0.34 plásticos/m², entre los 4 transectos no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$). El índice de costa limpia (CCI) demuestra que la playa se encuentra en un rango moderado de contaminación por plásticos, a excepción del transecto más cercano a la desembocadura la cual da valor de 11.2 siendo esta playa sucia.

Palabras clave: Plásticos, ácido nítrico, hipoclorito de sodio, fragmento, fibra, densidad, playa.

Determination of microplastics present in sediments of the intertidal zone of the estuaries in Manta-2024.**ABSTRACT**

Plastic pollution on beaches represents a threat to marine and coastal ecosystems. These plastics, when fragmented into smaller particles such as mesoplastics and microplastics, cause impacts on marine fauna, interfering with their feeding, motor and reproductive functions. In this thesis we determine the type of plastics in the vicinity of the mouth of the Manta River at Los Esteros beach, Manta, Ecuador. These plastics were obtained by density separation and reduction of organic matter with nitric acid and sodium hypochlorite, then characterized by stereoscopy. The abundance of plastics found is 0.34 plastics/m², between the 4 transects no significant differences were found ($p > 0.05$). The clean coast index (CCI) shows that the beach is in a moderate range of plastic contamination, with the exception of the transect closest to the mouth which gives a value of 11.2 being this beach dirty.

Keywords: Plastics, nitric acid, sodium hypochlorite, fragment, fiber, density, beach.

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de mesoplásticos y microplásticos se ha documentado en todos los nichos marinos investigados, desde zonas costeras hasta el océano abierto y las profundidades marinas, incluso se han encontrado altas concentraciones en lugares remotos, como el Ártico (Bakir et al., 2020).

La mayor parte del plástico que se encuentra en los océanos proviene de redes y aparejos de pesca, bolsas y botellas de plástico y utensilios de cocina de plástico, estos materiales no desaparecen completamente del medio ambiente, pero bajo la influencia de la luz, el calor, la radiación ultravioleta (UV), el desgaste mecánico y las corrientes oceánicas, se descomponen en fragmentos más pequeños, lo que conduce a la formación de nanoplasticos (<0.1 μm), microplásticos (0.1 μm – 5 mm) y mesoplásticos (5 – 25 mm) (Idowu et al., 2024). Dependiendo de que tan fragmentados estén pueden limitar el movimiento, provocar lesiones y evitar el consumo de alimentos de los organismos presentes (Marcharla et al., 2024).

La acumulación de plásticos en los sedimentos puede tener efectos nocivos en los organismos y ecosistemas acuáticos, generando posibles riesgos ecológicos, los plásticos generalmente se liberan al medio ambiente a través de vías accidentales o intencionales de diversas fuentes, lo que resulta en una contaminación plástica generalizada, se cree que el principal proceso de degradación es la fragmentación en partículas de plástico más pequeñas (Schütze et al., 2022).

La determinación de los tipos de plástico presentes en estos sedimentos es esencial para comprender las fuentes y el destino de la contaminación, diversos polímeros, como el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el tereftalato de polietileno (PET), el nailon (PA) y el cloruro de polivinilo (PVC), se utilizan ampliamente en diversas aplicaciones y llegan al medio ambiente a través de diversas vías (Vermeiren et al., 2020).

Los tipos de plásticos más frecuentes en sedimentos, suelos y lodos suelen ser PE, PP y PS (Dierkes et al., 2019), los ríos actúan como las principales rutas de transporte de microplásticos desde las zonas terrestres hasta los océanos y durante décadas la gente ha estado arrojando desechos plásticos al mar y a los ríos, lo que provoca la contaminación de playas y vías fluviales, por ejemplo, siendo el cambio climático un problema emergente que afectará surgir en un futuro cercano o mediano podría afectar la salud humana y la biodiversidad (Blettler et al., 2017).

La meiofauna se puede ver afectada por la presencia de contaminantes como los plásticos principalmente en forma de fibras y estos se pueden distribuir a lo largo de

la playa como en la zona intermareal, en el estudio de (Lagos et al., 2023) las áreas con mayor presencia de plásticos tenían menor abundancia de meiofauna.

Los estudios han demostrado que casi todo el plástico que ha ingresado al medio ambiente aún existe en alguna forma, ya sea como macroplásticos o como fragmentos más pequeños, incluyendo los mesoplásticos (Young & Elliott, 2016).

2. MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

En la provincia de Manabí, en el cantón Manta se encuentra el Rio Manta, este cause desemboca en la playa de Tarqui (Fig. 1A), este rio tiene un recorrido de 12 km aproximadamente, nace en el cantón Montecristi.

Los foraminíferos son protistas los cuales dependiendo de su tamaño pueden considerarse meiofauna, estos van desde 0.53 a 0.05 cm de longitud (Delgado et al., 2009). Según (Palma Macías & Quiroz Zamora, 2019) en su estudio de la calidad del sedimento en la zona costera de manta encontraron los siguientes foraminíferos:

- Acteocina
- Anachis
- Bela
- Boonea
- Buccinum
- Cadulus
- Caecum
- Conus
- Cylichna
- Donax
- Epitonium
- Eulima
- Entre otros.

Recolección de muestra

Para la recolección de microplásticos se usaron varios lineamientos de Alvarez Zeferino y demás en 2020 en la cual, se trazaron líneas de 100 metros a lo largo de la línea de marea alta (Fig. 1a), esto es causado por la subida de la marea. A lo largo de este transecto se recogen de 10 a 12 muestras aleatorias a unos 0.25m de la cuerda. Ya que el peso de la arena cambia si esta se encuentra mojada o seca, se procede a usar un tubo de PVC el cual tiene un diámetro de 10.5 cm y 5 cm de altura,

logrando así una homogeneidad en la profundidad y dimensiones constantes. Se revisa el cilindro para evitar que este contamine las muestras, también se usa un martillo de goma que no dañe los bordes del cilindro y se retira la arena de los lados para mejorar la toma de la muestra (Fig. 1b).

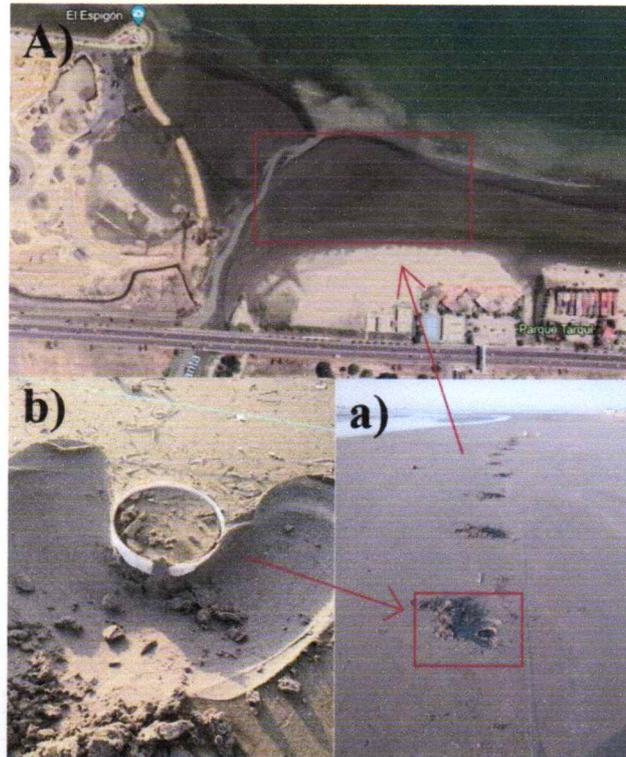


Fig 1. A) Vista superior del área de estudio (Google Earth), a) Transecto de 100m a lo largo de la línea de marea alta, b) Método de extracción de la muestra

Índice de limpieza

Se utilizó el índice de costa limpia (CCI) de (Alkalay et al., 2007) para evaluar la limpieza de la playa de Tarqui, usando la siguiente fórmula:

$$CCI = \frac{\text{Total de plasticos}}{\text{Area}(m^2)} \times K$$

La variable K es un coeficiente que equivale a 20. Este índice clasifica como playas muy limpias a valores de 0 a 2, limpia de 2 a 5, moderada de 5 a 10, sucia de 10 a 20 y extremadamente sucia superiores a 20.

Tamizado de muestra

Las muestras húmedas son tamizadas con ayuda de agua, la cual fue previamente filtrada con el mismo tamiz con apertura de ~1mm, evitando así que microplásticos

externos entren en la muestra. Estas muestras superiores a 1mm son aisladas en papel de aluminio y bolsas de plástico para ser analizadas en el laboratorio de la facultad. En todo momento se evitó el uso de hornos ya que a temperaturas superiores a los 60 °C pueden desnaturalizar ciertos polímeros como el nailon (Gao et al., 2022).

Aislamiento de microplásticos mediante separación por densidad

Se prepara una solución de cloruro de zinc ($ZnCl_2$) (grado AR/ACS con una pureza del 98%) con una densidad de 1.7 g/cm^3 , en la cual se disuelven 140g de $ZnCl_2$ en 100 ml de agua destilada en un vaso de precipitación siguiendo los pasos de Konechnaya y demás en 2020, las muestras ya tamizadas se vierten en la solución de $ZnCl_2$ donde se agitan con una varilla de vidrio durante un minuto y se deja reposar por diez minutos y con ayuda de una pipeta se transporta a una caja Petri con hipoclorito de sodio (NaClO) al 5% para reducir la presencia de materia orgánica en la muestra durante un día (Bottone et al., 2022), se agrega Ácido nítrico (HNO_3) al 55% (Al-Azzawi et al., 2020) para eliminar toda presencia de carbonatos y restos de materia no disuelta por el hipoclorito de sodio, luego ser filtrada y quedar solo con el microplástico.

El uso de NaClO al 5%, puede reducir la interferencia de la materia orgánica en la separación de micro plásticos en suelos ricos en materia orgánica (Bottone et al., 2022).

Selección de microplásticos con estereoscopio

Se visualiza las muestras filtradas con un aumento de 1.5x - 3.5x usando el estereoscopio Luxeo 4D digital LM-4145000, la muestra se las clasifica por su tipo de color (Tabla. 1) y morfología, esta puede ser fibra, fragmento, película o espuma.

<i>Sustancia sintética</i>	<i>Color</i>	<i>Producto precursor</i>	<i>Densidad (g/cm³)</i>
<i>Poliuretano (PU)</i>	Beige	Espuma PUR	0.25
<i>Policloruro de vinilo (PVC)</i>	Naranja	Tubo de PVC	1.16–1.3
<i>Poliéster (PS)</i>	Rojo/amarillo	Caja documentos	de 1.04–1.09
<i>Poliamida (PA) (Nailon 6)</i>	Rosa	Cuchara cocina	de 1.13–1.15
<i>Tereftalato de polietileno (PET)</i>	Azul	Cuello de botella	1.34–1.39
<i>Polipropileno (PP)</i>	Negro	Tapas botellas	de 0.9–0.92
<i>Polietileno (PE)</i>	Verde	Tapas botellas	de 0.91–0.95
<i>Polimetilmetacrilato (PMMA)</i>	Blanco	reflectores	1.19

Tabla 1. Color y origen de microplástico (Konechnaya et al., 2020)

3. RESULTADOS

Índice de costa limpia

En el transecto 1 el cual es el más cercano a la desembocadura del Rio Manta nos da un valor de CCI de 11.2 lo que nos indica un área sucia, ya para los siguientes transectos este valor refleja un área moderada.

Caracterización del plástico

Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos obtenidos en los diferentes muestreos a lo largo de los 400 metros de la playa de Tarqui desde la desembocadura del Rio Manta, ya que se trabajó con muestras pequeñas ($n < 50$).

Dado que los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk indicaron que los datos no seguían una distribución normal ($P < 0.05$) (Fig. 2), se optó por el uso de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar las medianas entre los distintos grupos de transecto.

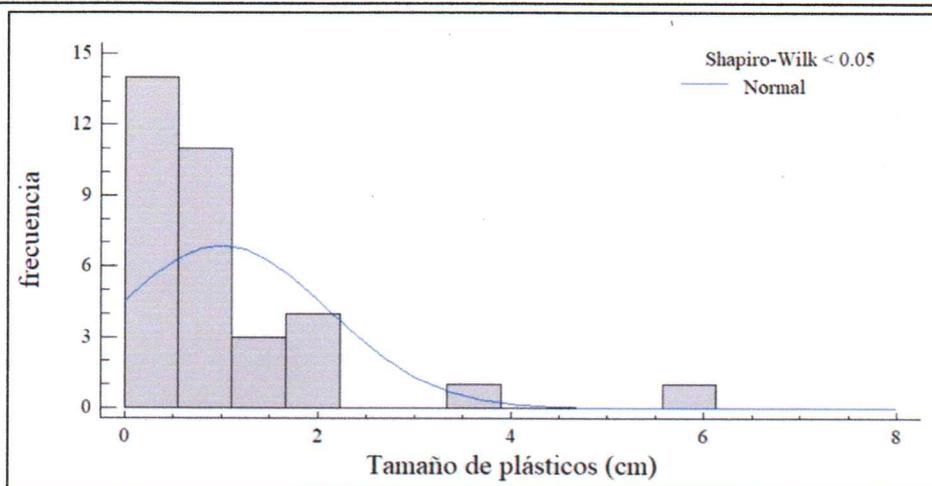


Fig 2. Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor a 0,05, se puede rechazar la idea de que Tamaño de plástico (cm) proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Los resultados obtenidos en la estadística descriptiva (Tabla 2) arrojan que el tamaño máximo fue de 5.646 cm (macroplásticos) encontrado en el transecto 3 y el plástico de menor tamaño fue de 0.111cm (microplásticos) encontrado en el transecto 1, el valor del intervalo de confianza nos indica que donde se encontró mayor dispersión de la longitud de plásticos es en el transecto 4 y el que menor dispersión tiene es el transecto 1, esto se puede apreciar mejor en la Fig. 3, la cual muestra que tan dispersos se encuentran estos datos.

	Recuento	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Intervalo de confianza
Transecto 1	14	0.111	2.064	0.690	0.620	0.358
Transecto 2	11	0.271	3.721	1.153	1.010	0.679
Transecto 3	4	0.300	5.646	1.831	2.557	4.069
Transecto 4	5	0.546	1.508	0.910	0.471	0.585

Tabla 2. Estadística descriptiva del tamaño de los plásticos en los diferentes sitios de muestreo.

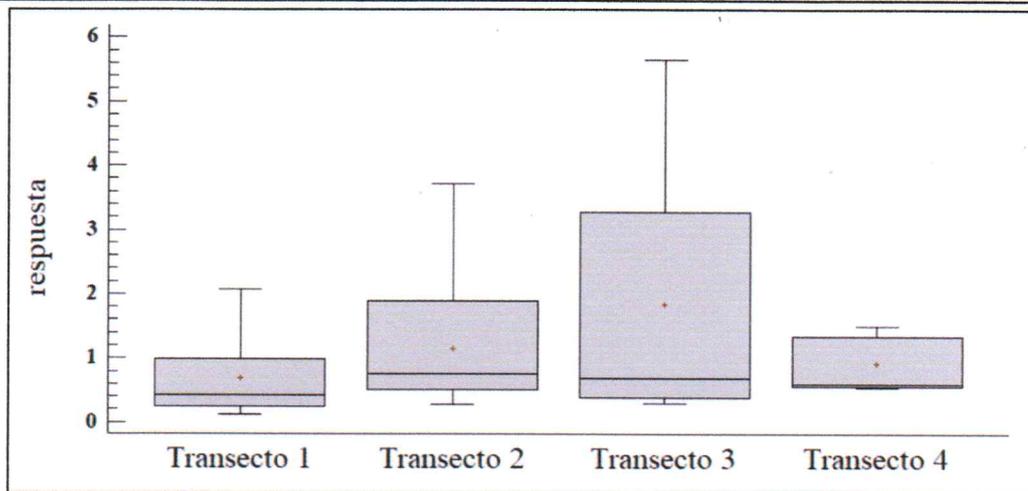


Fig 3. Grafica de cajas y bigotes donde se comparan la longitud de los plásticos encontrados en los diferentes transectos.

Abundancia de los desechos plásticos

En términos de cantidad de plásticos en el primer transecto de 100m más cercano a la desembocadura del río manta se encontró el mayor porcentaje 41,18%, seguido del segundo transecto con un 32.35%, el tercero fue el cuarto transecto con un 14.71% y el ultimo siendo el transecto 4 con un 11.76% (Fig. 4).

Como indican sus porcentajes la cantidad de plásticos (Tabla 3) por metro de playa es proporcional a este, siendo el transecto 1 el que tenía el mayor número de plásticos por metro de playa el cual es 0.14 plástico/metro de playa, el transecto 2; 0.11 plástico/metro de playa, el transecto 4; 0.05 plástico/metro de playa y el ultimo con menor cantidad es el transecto 3; 0.04 plástico/metro de playa.

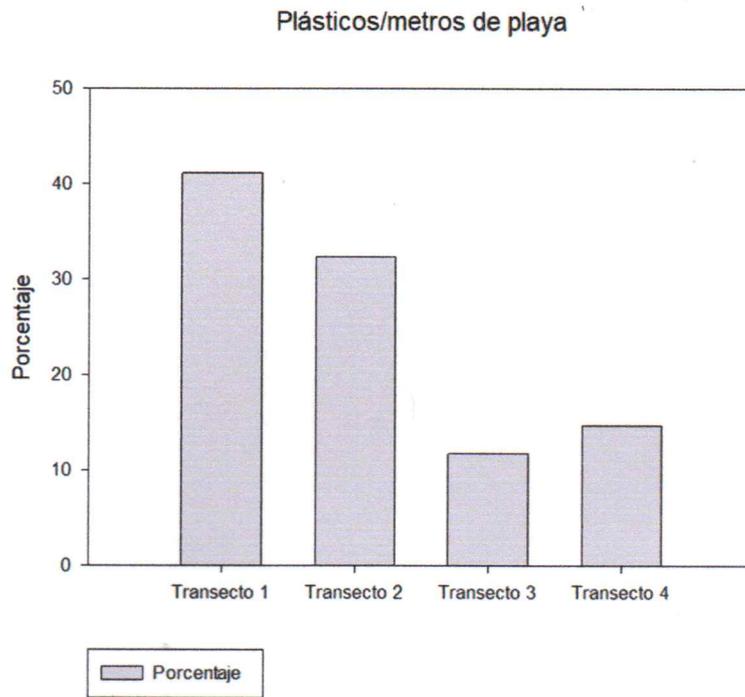


Fig 4. Porcentaje de plásticos por cada 100 metros de playa.

Zona	Cantidad por metro de playa	Porcentaje
Transecto 1	0.14	41.18%
Transecto 2	0.11	32.35%
Transecto 3	0.04	11.76%
Transecto 4	0.05	14.71%

Tabla 3. Números de mesoplásticos por metro de playa junto con su porcentaje.

Los mesoplásticos recolectados se los clasifíco por forma como se muestra en la Fig. 5 y Fig. 6., dieron las siguientes cantidades, los mesoplásticos en forma de fragmento con una abundancia de 18 y con colores que variaron desde verde, negro, rojo, transparente, café, azul., seguido de las fibras con menor abundancia siendo esta 10 y colores como blanco, verde, azul, amarillo y transparente., ocupando el tercer lugar se tiene a las espículas con una abundancia de 5 y con solo dos colores, el blanco y

el azul., por último la espuma la cuales solo se encontraron 2 una de color amarillo y otra roja.

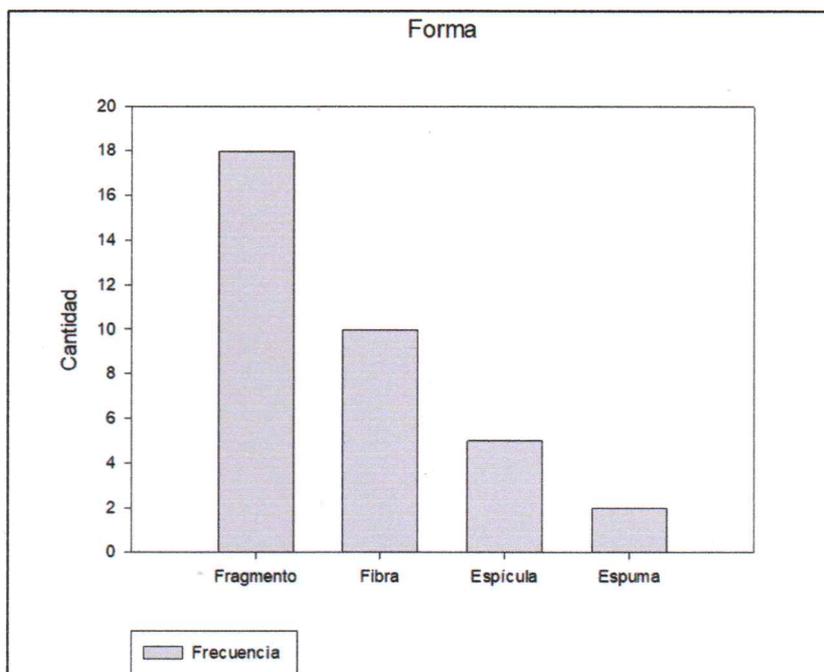


Fig 5. Distribución por forma de mesoplásticos encontrados en 400 metros de playa

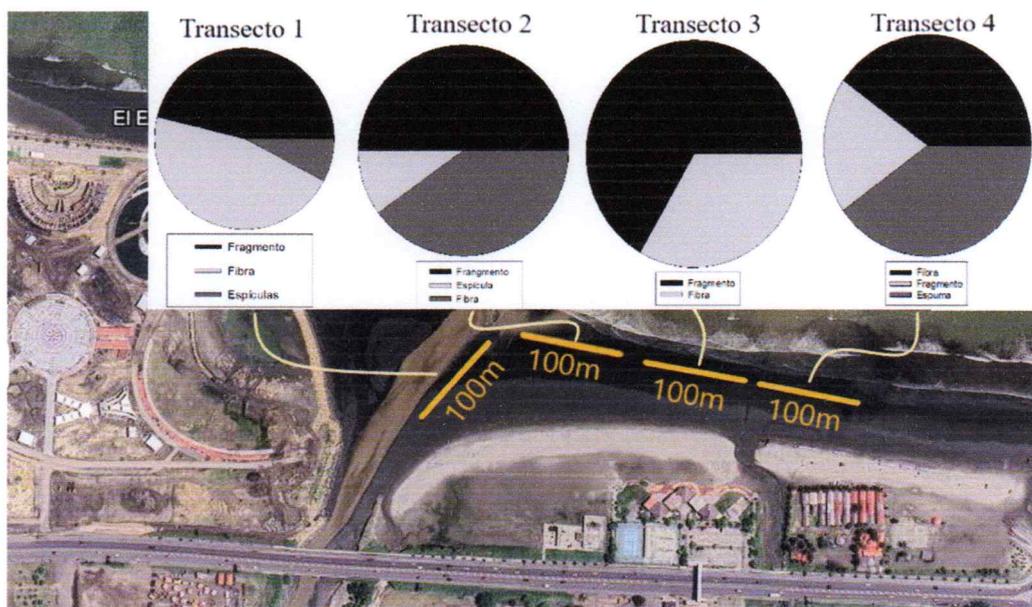


Fig 6. Distribución de forma de mesoplásticos por cada 100 metros de muestreo

Análisis estadístico inferencial

La concentración de mesoplásticos varió según la zona de muestreo, sin embargo, al realizar un análisis de varianza (Kruskal-Wallis) para determinar si existían diferencias significativas entre las medias de las distintas áreas, los resultados indicaron que no se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de mesoplásticos en los distintos transectos ($p > 0.05$). Esto sugiere que, a pesar de la variabilidad observada en la distribución espacial de los mesoplásticos, las fluctuaciones en las concentraciones no son lo suficientemente grandes como para ser consideradas estadísticamente significativas.

En cuanto al tamaño de los mesoplásticos, al realizar el análisis estadístico correspondiente, tampoco se observó una diferencia significativa entre los distintos transectos ($p > 0.05$). Esto sugiere que, independientemente de la ubicación, los tamaños de las partículas de mesoplásticos recolectados se distribuyeron de manera similar. La ausencia de diferencias significativas indica que la fragmentación y las fuentes de los plásticos en la zona de estudio probablemente son homogéneas, o bien que los procesos de transporte y degradación afectan los tamaños de las partículas de manera uniforme en las distintas áreas muestreadas.

También se evaluaron las diferencias en la forma y el color de los mesoplásticos mediante el análisis de varianza de Kruskal-Wallis. Para la variable "forma", el resultado fue ($K-W = 4.22$; $p > 0.05$), lo que indica que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes formas de mesoplásticos. De manera similar, para la variable "color", se obtuvo un resultado de ($K-W = 9.80$; $p > 0.05$), sugiriendo la ausencia de diferencias significativas entre los colores de los mesoplásticos analizados.

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio muestran una densidad promedio de 0.34 plásticos/m², lo que refleja una baja concentración de residuos plásticos en comparación con otros estudios realizados a nivel regional y global. Por ejemplo, (Pinchi Villanueva & Karin Rossly, 2022) reportó concentraciones de 1.18 y 1.04 plástico/m², respectivamente, en playas de la misma región, lo que sugiere que, si bien las condiciones locales varían, otras áreas tienden a tener niveles más altos de contaminación plástica. Este menor valor en nuestras playas podría estar influenciado por un menor flujo de residuos, probablemente debido a diferencias en las actividades humanas o en la gestión local de residuos.

En comparación con estudios como el de (Lucas-Solis et al., 2021), que informaron 1.3 plásticos/m², aun así, los resultados siguen siendo significativamente inferiores en

comparación a la playa Tarqui, lo que sugiere que el área de estudio puede estar menos expuesta a fuentes directas de contaminación o acumulaciones de plásticos transportados por las corrientes oceánicas. Por el contrario, (Figueroa-Pico et al., 2016) encontraron una densidad extremadamente baja de 0.03 plásticos/m² en las playas ecuatorianas, lo que sugiere que a pesar de los bajos niveles de contaminación, nuestra región continúa experimentando niveles más altos que los reportados en estas áreas.

Es importante señalar la gran variabilidad en las concentraciones de plásticos entre diferentes estudios, como el de (Aslam et al., 2020), que reporta una densidad muy alta de 84 ± 21 plásticos/m² en playas de Asia, y el estudio de (Jones et al., 2022), que reporta una concentración aún mayor de 95 ± 56 plásticos/m². Esta diferencia podría estar relacionada con la ubicación geográfica, la densidad de población y las actividades económicas intensas en esas regiones, en contraste con la playa de Tarqui, que parece estar menos impactada por fuentes significativas de contaminación plástica.

Estudios en el Caribe, como el de (Garcés-Ordóñez et al., 2020), han reportado valores entre 3 y 4 plásticos/m², mientras que (Compa et al., 2022) observaron una densidad promedio de 1.9 ± 2.4 plásticos/m² en el Mediterráneo occidental. Estas densidades, aunque más altas que nuestros resultados, siguen siendo considerablemente menores que las encontradas en regiones de alta contaminación, como las reportadas por (Jones et al., 2022) y (Aslam et al., 2020).

Autores	Plástico/m²	Zona Geográfica	Zona Específica
(Pinchi Villanueva & Karin Rossly, 2022)	1.18	Amazonia Peruana	Playa Padrecocha, Río Nanay
(Pinchi Villanueva & Karin Rossly, 2022)	1.04	Amazonia Peruana	Playa Manacamiri, Río Nanay
(Lucas-Solis et al., 2021)	1.3	Amazonia Ecuatoriana	Puerto Misahualli
(Figueroa-Pico et al., 2016)	36.26*	Costa SE del Pacífico, Ecuador	Perpetuo Socorro, Manta
(Figueroa-Pico et al., 2016)	36.78*	Costa SE del Pacífico, Ecuador	Ureles, Jaramijo
(Aslam et al., 2020)	84 ± 21	Costa de Dubai	Al Mamzar, Deira

(Garcés-Ordóñez <i>et al.</i> , 2020).	4 a 3	Pacífico Colombiano	Bahía de Tumaco
(Compa <i>et al.</i> , 2022)	1.9 ± 2.4	Mediterráneo occidental italiano	Área Marina Protegida de Portofino, Liguria
(Talbot <i>et al.</i> , 2022)	1	Costa del Pacífico, Ecuador	Río Los Tintos
(Jones <i>et al.</i> , 2022)	95 ± 56	Islas Galápagos, Ecuador	Tortuga Bay, Isla Santa Cruz

Tabla 4. Comparación de la densidad de plásticos en varias playas del mundo. * Valor dado en Plástico/1000m² su valor sería 0.03.

5. CONCLUSION

El presente estudio sobre contaminación plástica en la playa Los Esteros, Manta, demuestra que, si bien la concentración promedio de plástico encontrada (0.34 plástico/m²) es menor en comparación con otras regiones a nivel regional y global, existe una distribución homogénea de la basura plástica en diferentes transectos. El transecto 1 cerca de la desembocadura del río Manta registró la mayor concentración de plásticos, lo que sugiere que esta es una fuente importante de contaminación en el área.

El análisis estadístico no reveló diferencias significativas en la distribución, tamaño, forma o color de los plásticos entre los transectos, lo que puede explicarse por procesos uniformes de transporte y degradación en la playa. Sin embargo, la presencia de microplásticos, incluso en niveles bajos, plantea graves riesgos ecológicos, ya que estos desechos pueden ser ingeridos por organismos marinos, afectando las cadenas alimentarias locales.

En comparación con otras playas del mundo, los niveles de contaminación en la playa Los Esteros son relativamente bajos, lo que puede atribuirse a una menor concurrencia de personas. Sin embargo, esto no reduce la necesidad de implementar estrategias para prevenir el aumento de la contaminación plástica en el futuro.

Finalmente, se recomienda continuar con el monitoreo de la contaminación plástica en la región junto con encuestas para evaluar si el ingreso de plásticos se esté originando de poblaciones aledañas al Río Manta, la implementación de programas educativos que reduzcan el ingreso de plásticos al ecosistema costero. A través de

estas actividades se pueden mitigar los impactos ambientales a largo plazo y proteger los ecosistemas marinos del área.

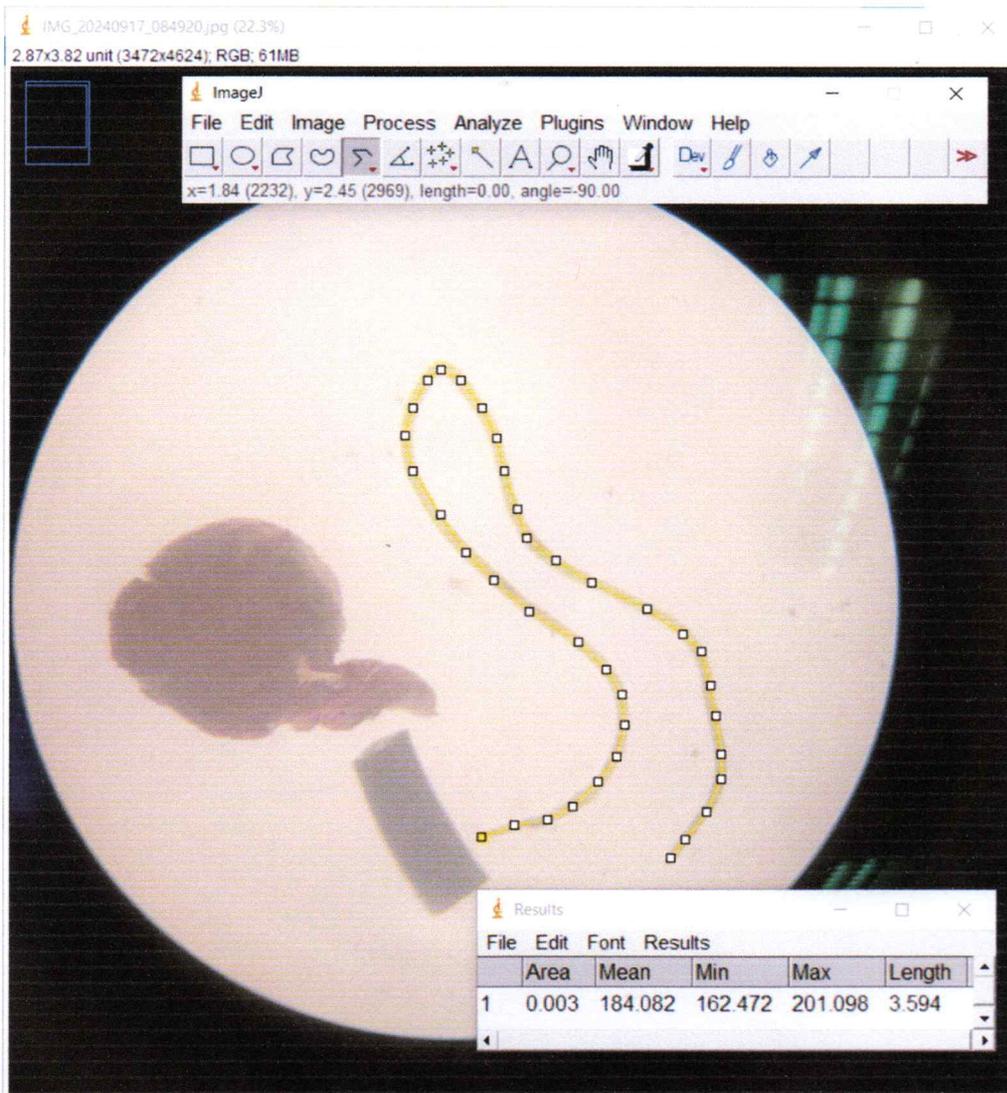
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Azzawi, M. S. M., Kefer, S., Weißer, J., Reichel, J., Schwaller, C., Glas, K., Knoop, O., & Drewes, J. E. (2020). Validation of Sample Preparation Methods for Microplastic Analysis in Wastewater Matrices—Reproducibility and Standardization. *Water*, 12(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/w12092445>
- Alkalay, R., Pasternak, G., & Zask, A. (2007). Clean-coast index—A new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean & Coastal Management*, 50(5), 352-362. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2006.10.002>
- Alvarez Zeferino, J., Cruz Salas, A., Vazquez, A., & Ojeda-Benitez, S. (2020). METHOD FOR QUANTIFYING AND CHARACTERIZATION OF MICROPLASTICS IN SAND BEACHES Metodología para cuantificar y caracterizar la concentración de microplásticos en playas de arena. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 36, 151-164. <https://doi.org/10.20937/RICA.2020.36.53540>
- Aslam, H., Ali, T., Mortula, M. M., & Attaelmanan, A. G. (2020). Evaluation of microplastics in beach sediments along the coast of Dubai, UAE. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 110739. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110739>
- Bakir, A., Desender, M., Wilkinson, T., Van Hoytema, N., Amos, R., Airahui, S., Graham, J., & Maes, T. (2020). Occurrence and abundance of meso and microplastics in sediment, surface waters, and marine biota from the South Pacific region. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111572. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111572>
- Blettler, M. C. M., Ulla, M. A., Rabuffetti, A. P., & Garello, N. (2017). Plastic pollution in freshwater ecosystems: Macro-, meso-, and microplastic debris in a floodplain lake. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(11), 581. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6305-8>
- Bottone, A., Boily, J.-F., Shchukarev, A., Andersson, P. L., & Klaminder, J. (2022). Sodium hypochlorite as an oxidizing agent for removal of soil organic matter before microplastics analyses. *Journal of Environmental Quality*, 51(1), 112-122. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20321>
- Compa, M., Alomar, C., Morató, M., Álvarez, E., & Deudero, S. (2022). Spatial distribution of macro- and micro-litter items along rocky and sandy beaches of a Marine Protected Area in the western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 178, 113520. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113520>
- Delgado, J. D., Riera, R., Monterroso, Ó., & Núñez, J. (2009). Distribution and abundance of meiofauna in intertidal sand substrata around Iceland. *Aquatic Ecology*, 43(2), 221-233. <https://doi.org/10.1007/s10452-008-9200-0>
- Dierkes, G., Lauschke, T., Becher, S., Schumacher, H., Földi, C., & Ternes, T. (2019).

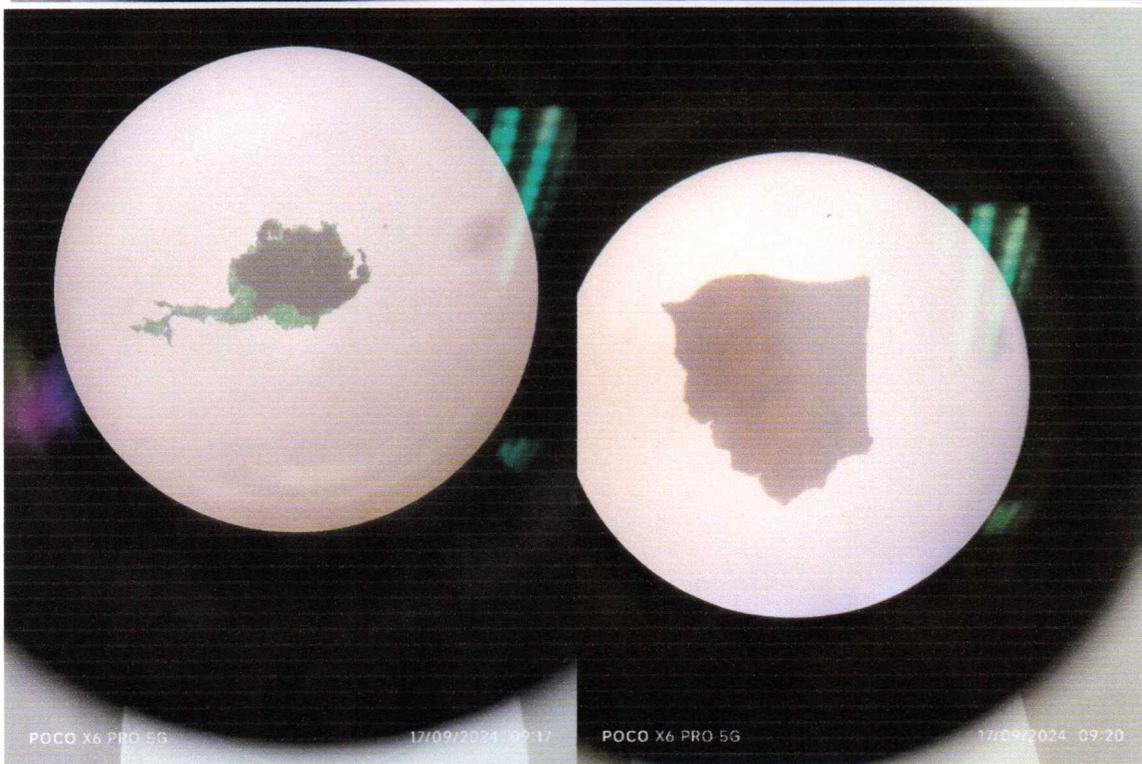
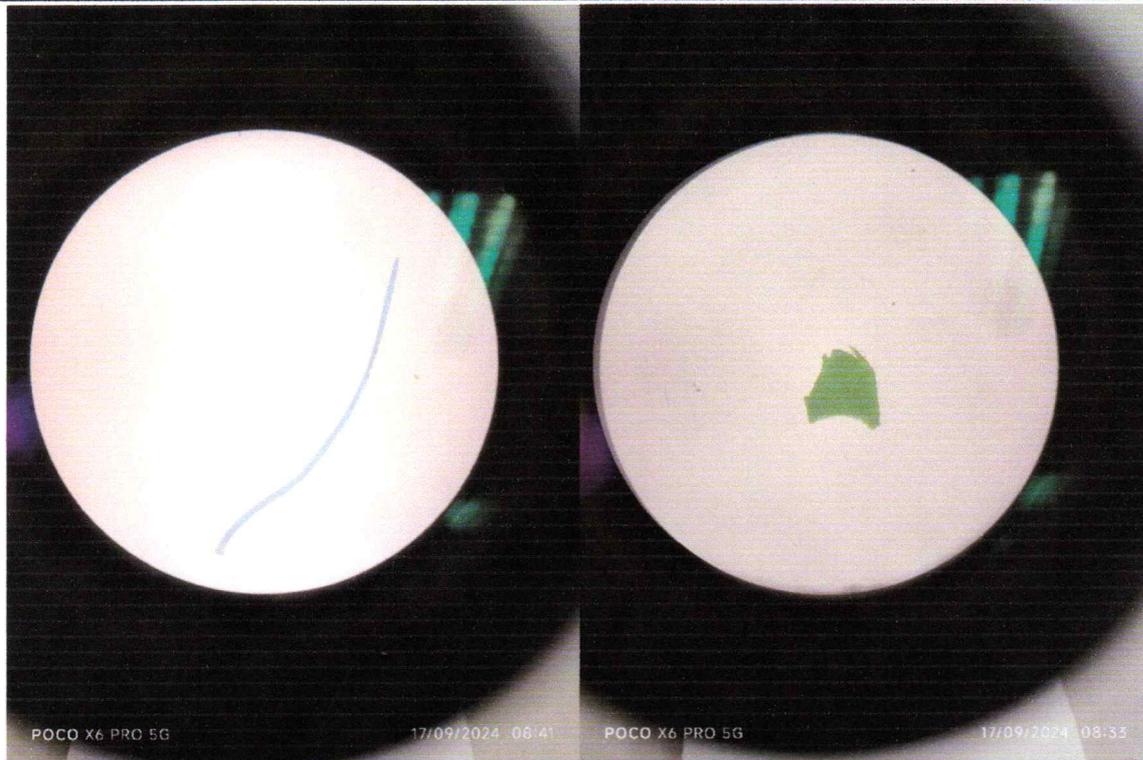
- Quantification of microplastics in environmental samples via pressurized liquid extraction and pyrolysis-gas chromatography. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 411(26), 6959-6968. <https://doi.org/10.1007/s00216-019-02066-9>
- Figueroa-Pico, J., Valle, D. M.-D., Castillo-Ruperti, R., & Macías-Mayorga, D. (2016). Marine debris: Implications for conservation of rocky reefs in Manabi, Ecuador (Se Pacific Coast). *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 7-13. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.070>
- Gao, Z., Wontor, K., Cizdziel, J. V., & Lu, H. (2022). Distribution and characteristics of microplastics in beach sand near the outlet of a major reservoir in north Mississippi, USA. *Microplastics and Nanoplastics*, 2(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s43591-022-00029-z>
- Garcés-Ordóñez, O., Espinosa, L. F., Cardoso, R. P., Issa Cardozo, B. B., & Meigikos Dos Anjos, R. (2020). Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. *Environmental Pollution*, 267, 115495. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115495>
- Idowu, G. A., Olanipekun, O. O., Adelodun, A. A., Gbadamosi, O. K., Adu, B. W., & Aiyesanmi, A. F. (2024). Meso- and micro-plastics contamination of water, sediments and fish species in coastal communities of Ondo State, Nigeria. *Regional Studies in Marine Science*, 77, 103727. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103727>
- Jones, J. S., Guézou, A., Medor, S., Nickson, C., Savage, G., Alarcón-Ruales, D., Galloway, T. S., Muñoz-Pérez, J. P., Nelms, S. E., Porter, A., Thiel, M., & Lewis, C. (2022). Microplastic distribution and composition on two Galápagos island beaches, Ecuador: Verifying the use of citizen science derived data in long-term monitoring. *Environmental Pollution*, 311, 120011. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120011>
- Konechnaya, O., Lühtrath, S., Dsikowitzky, L., & Schwarzbauer, J. (2020). Optimized microplastic analysis based on size fractionation, density separation and μ -FTIR. *Water Science and Technology*, 81(4), 834-844. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.173>
- Lagos, A.-M., Leon, M.-V., Colorado, A., Giraldo, D., Fragozo, L., Quiroga, S.-Y., & Martínez, A. (2023). Effects of microplastics pollution on the abundance and composition of interstitial meiofauna. *Revista de Biología Tropical*, 71(1), 1-20.
- Lucas-Solis, O., Moulatlet, G. M., Guamangallo, J., Yacelga, N., Villegas, L., Galarza, E., Rosero, B., Zurita, B., Sabando, L., Cabrera, M., Gimiliani, G. T., & Capparelli, M. V. (2021). Preliminary Assessment of Plastic Litter and Microplastic Contamination in Freshwater Depositional Areas: The Case Study of Puerto Misahualli, Ecuadorian Amazonia. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 107(1), 45-51. <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03138-2>
- Marcharla, E., Vinayagam, S., Gnanasekaran, L., Soto-Moscoso, M., Chen, W.-H., Thanigaivel, S., & Ganesan, S. (2024). Microplastics in marine ecosystems: A

- comprehensive review of biological and ecological implications and its mitigation approach using nanotechnology for the sustainable environment. *Environmental Research*, 256, 119181. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119181>
- Palma Macías, J. A., & Quiroz Zamora, L. B. (2019). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SEDIMENTO EN LA ZONA COSTERA DE MANTA (ECUADOR) Y SU INFLUENCIA EN LA COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DEL ZOOBENTOS. [Thesis]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/3100>
- Pinchi Villanueva, & Karin Rossly. (2022). Evaluación de la contaminación por plásticos en playas del río Nanay, región Loreto—2021. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/2104>
- Schütze, B., Thomas, D., Kraft, M., Brunotte, J., & Kreuzig, R. (2022). Comparison of different salt solutions for density separation of conventional and biodegradable microplastic from solid sample matrices. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(54), 81452-81467. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21474-6>
- Talbot, R., Cárdenas-Calle, M., Mair, J. M., López, F., Cárdenas, G., Pernía, B., Hartl, M. G. J., & Uyaguari, M. (2022). Macroplastics and Microplastics in Intertidal Sediment of Vincas and Los Tintos Rivers, Guayas Province, Ecuador. *Microplastics*, 1(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/microplastics1040045>
- Vermeiren, P., Muñoz, C., & Ikejima, K. (2020). Microplastic identification and quantification from organic rich sediments: A validated laboratory protocol. *Environmental Pollution*, 262, 114298. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114298>
- Young, A. M., & Elliott, J. A. (2016). Characterization of microplastic and mesoplastic debris in sediments from Kamilo Beach and Kahuku Beach, Hawai'i. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1), 477-482. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.11.009>

7. ANEXOS



Anexo 1. Programa para medir las muestras ImageJ





Anexo 2. preparación de la solución de $ZnCl_2$ con una densidad de $1,7g/cm^3$