



Caracterización de microplásticos en sedimentos de playa y agua superficial en Corn Island, Caribe nicaragüense

Characterization of Microplastics in Beach Sediments and Surface Water at Corn Island, Nicaraguan Caribbean

Billy Francis Ebanks Mongalo

Bluefields Indian & Caribbean University - BICU,
Nicaragua

<https://orcid.org/0000-0001-5822-9308>

billy.ebanks@bicu.edu.ni

Eduardo Alexander Siu Estrada

Bluefields Indian & Caribbean University - BICU,
Nicaragua

<https://orcid.org/0000-0002-5104-747X>

eduardo.siu@bicu.edu.ni

RECIBIDO

17/02/2026

ACEPTADO

02/07/2026

Enoc Geremías Rivas Suazo

Bluefields Indian & Caribbean University - BICU,
Nicaragua

<https://orcid.org/0000-0002-7715-9322>

enoc.rivas@do.bicu.edu.ni

Juan Asdrúbal Flores-Pacheco

Bluefields Indian & Caribbean University- BICU,
Nicaragua

<https://orcid.org/0000-0001-6553-7202>

asdrubal.flores@do.bicu.edu.ni

RESUMEN

La contaminación por microplásticos representa una problemática emergente en los ecosistemas marino-costeros, particularmente en contextos insulares con alta presión turística. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la abundancia, distribución espacial y características morfológicas de los microplásticos en sedimentos de playa y agua superficial en Corn Island, Nicaragua, considerando la influencia antrópica del espacio costero. La investigación se desarrolló mediante un diseño descriptivo-analítico, aplicando transectos sistemáticos en las zonas de pleamar y supralitoral de las playas Picnic Center y Long Beach. Se recolectaron muestras de sedimento mediante marcos de 0.5 m² y se realizaron arrastres de agua superficial, siguiendo protocolos utilizados por Cabrera (2018), para la identificación y cuantificación de microplásticos. Los resultados evidenciaron mayor acumulación de microplásticos en los sedimentos en la zona supralitoral y en la playa Picnic Center, caracterizada por alta presión antrópica. Predominaron los microplásticos de tamaño menor a 1 mm, con formas amorfas y fragmentadas, lo que sugiere procesos avanzados de degradación del plástico. No se detectaron microplásticos en las muestras de agua superficial, lo que indica una distribución diferencial entre compartimentos ambientales y resalta el papel de los sedimentos como principales reservorios. Se concluye que la contaminación por microplásticos está estrechamente asociada al uso turístico de las playas y se manifiesta principalmente como un proceso de acumulación sedimentaria. Los hallazgos subrayan la necesidad de fortalecer el monitoreo ambiental en la zona supralitoral y de implementar estrategias de gestión de residuos sólidos orientadas a la reducción del uso de plásticos de un solo uso en ecosistemas insulares.

PALABRAS CLAVE

Microplásticos; sedimentos de playa; contaminación costera; presión antrópica.



ABSTRACT

Microplastic pollution represents an emerging problem in marine-coastal ecosystems, particularly in island settings with high tourism pressure. The objective of this study was to assess the abundance, spatial distribution, and morphological characteristics of microplastics in beach sediments and surface water on Corn Island, Nicaragua, considering anthropogenic influences on the coastal environment. The research was conducted using a descriptive-analytical design, employing systematic transects in the high-tide and supralittoral zones of Picnic Center and Long Beach. Sediment samples were collected using 0.5 m² frames, and surface water samples were collected via dredging, following protocols used by Cabrera (2018) for the identification and quantification of microplastics. The results showed a higher accumulation of microplastics in sediments in the supralittoral zone and at Picnic Center Beach, which is characterized by high anthropogenic pressure. Microplastics smaller than 1 mm, with amorphous and fragmented shapes predominated, suggesting advanced plastic degradation processes. No microplastics were detected in the surface water samples, indicating a differential distribution among environmental compartments and highlighting the role of sediments as the primary reservoirs. It is concluded that microplastic pollution is closely associated with the tourist use of beaches and manifests primarily as a process of sedimentary accumulation. The findings underscore the need to strengthen environmental monitoring in the supralittoral zone and to implement solid waste management strategies aimed at reducing the use of single-use plastics in island ecosystems.

KEYWORDS

Microplastics; beach sediments; coastal pollution; anthropogenic pressure.

INTRODUCCIÓN

En el Caribe nicaragüense, y particularmente en Corn Island, la información científica disponible sobre la presencia y características de los microplásticos en ecosistemas marino-costeros es aún incipiente. Corn Island constituye un importante destino turístico insular, donde el incremento sostenido de visitantes y el uso intensivo de plásticos de un solo uso representan una potencial fuente de contaminación para las playas y ambientes adyacentes. La ausencia de estudios sistemáticos limita la comprensión del grado de contaminación existente, impide comparaciones regionales y dificulta la formulación de estrategias de gestión ambiental basadas en evidencia científica.

La contaminación por microplásticos se ha consolidado como uno de los problemas ambientales emergentes de mayor preocupación a escala global debido a su persistencia, ubicuidad y potencial impacto sobre los ecosistemas acuáticos y la salud humana (Ronda y otros, 2023). Los microplásticos, comúnmente definidos como partículas plásticas menores de 5 mm de diámetro, se originan tanto a partir de fuentes primarias —como fibras sintéticas liberadas durante el lavado de textiles y microesferas industriales— como de fuentes secundarias asociadas a la fragmentación progresiva de residuos plásticos de mayor tamaño expuestos a procesos físicos, químicos y biológicos en el ambiente (Frias y Nash, 2019)

Los microplásticos, que provienen de la degradación de plásticos en el ambiente y de productos de uso cotidiano como cosméticos y ropa sintética, pueden ser ingeridos por la fauna marina, causándoles intoxicaciones, problemas físicos a peces, tortugas, aves y moluscos afectando la cadena trófica, (Segarra Vera et al., 2025). Esta problemática no solo es un problema de las aguas marinas, sino que también en los ambientes terrestres, ya que el principal problema de los productos es que su vida útil es muy corta por otro lado son persistente en el ambiente durando cientos de años sin degradarse (Zambrano Witong et al., 2024)

Diversas investigaciones han demostrado que los ecosistemas marino-costeros actúan como sumideros finales de los microplásticos generados en ambientes terrestres y urbanos, principalmente a través del transporte fluvial, el viento y la escorrentía superficial (Jambeck, y otros, 2015). Una vez incorporados al medio marino, estos contaminantes presentan una distribución heterogénea, acumulándose de manera preferencial en sedimentos costeros, playas arenosas y zonas supralitorales, donde pueden persistir durante largos periodos y convertirse en una fuente crónica de exposición para organismos bentónicos y filtradores (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

En regiones tropicales e insulares, la problemática adquiere particular relevancia debido a la combinación de factores naturales y antrópicos que favorecen la acumulación de microplásticos, tales como la dinámica costera, la limitada capacidad de gestión de residuos sólidos y la alta presión turística. Estudios realizados en playas del Pacífico de Centroamérica y Sudamérica han evidenciado que las zonas con mayor urbanización y uso recreativo presentan concentraciones significativamente más altas de microplásticos en comparación con áreas menos intervenidas, destacando la influencia directa de las actividades humanas en la generación y dispersión de estos contaminantes (Barrera M et al., 2023) (Mazariegos Ortiz et al., 2021) (Franco García y Macías Hernández, 2022).

La realización de este estudio se justifica por la necesidad de generar evidencia científica sobre la presencia y distribución de microplásticos en los ecosistemas costeros de

Corn Island, donde la información disponible continúa siendo limitada. Esta carencia de datos dificulta dimensionar la magnitud del problema, identificar los sectores de mayor acumulación y establecer medidas de prevención y manejo sustentadas en las condiciones ambientales y socioeconómicas de la isla. La comparación entre playas con diferentes niveles de uso turístico, así como entre las zonas de pleamar y supralitoral, permite aportar información relevante sobre la posible influencia de las actividades humanas y de la dinámica costera en la acumulación de estas partículas. Asimismo, la evaluación conjunta de sedimentos y agua superficial contribuye a comprender su distribución entre distintos compartimentos ambientales.

En consecuencia, los resultados constituyen una línea base para futuros programas de monitoreo, investigaciones temporales y análisis instrumentales, además de ofrecer insumos para fortalecer la gestión de residuos sólidos, la educación ambiental y las acciones dirigidas a reducir el uso y disposición inadecuada de plásticos de un solo uso en ecosistemas insulares.

Desde el punto de vista teórico, la acumulación diferencial de microplásticos en playas se explica por procesos de selección hidrodinámica, densidad del material, morfología de las partículas y exposición al oleaje. En este contexto, la zona supralitoral suele actuar como un área de retención pasiva, donde los microplásticos se concentran debido a la menor remoción por las olas y a la influencia del viento y las actividades humanas, mientras que la pleamar refleja una dinámica más activa de transporte y redistribución (Frias et al., 2016). Asimismo, la ausencia o baja detección de microplásticos en la columna de agua superficial ha sido reportada en diversos estudios, lo que se atribuye a limitaciones metodológicas, al volumen de agua muestreado y a la tendencia de ciertas partículas a hundirse o permanecer en capas subsuperficiales (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

En los ecosistemas costeros la distribución de los microplásticos está determinada por la interacción entre sus propiedades físicas y las condiciones ambientales del medio receptor. Factores como el tamaño, la forma, la densidad del polímero, el grado de degradación y la presencia de bioincrustaciones influyen en la flotabilidad, el transporte y la deposición de las partículas. Los polímeros de menor densidad pueden permanecer temporalmente en la superficie del agua, mientras que los materiales más densos o aquellos recubiertos por organismos y materia orgánica tienden a hundirse y acumularse en los sedimentos. Asimismo, el oleaje, las corrientes, las mareas, el viento y la configuración geomorfológica de las playas intervienen en la redistribución de los microplásticos entre la columna de agua y las diferentes franjas del perfil costero (Hidalgo-Ruz et al., 2012) (Rezania et al., 2018).

En las playas arenosas, la pleamar y el supralitoral representan ambientes con dinámicas diferenciadas. La zona de pleamar se encuentra sometida a una mayor acción del oleaje y las mareas, por lo que funciona como un espacio de transporte, remoción y redistribución de partículas. En contraste, el supralitoral permanece menos expuesto a la acción directa del agua y puede actuar como una zona de retención y acumulación prolongada, especialmente cuando recibe residuos transportados por el viento o depositados directamente por las actividades humanas. En estos sectores, la radiación solar, la abrasión mecánica y el tránsito de personas favorecen la fragmentación progresiva de residuos plásticos de mayor tamaño, generando microplásticos secundarios con formas irregulares y tamaños cada vez menores (Frias y Nash, 2019) (Iannacone et al., 2019).

La presión antrópica constituye otro componente explicativo de la distribución de los microplásticos. Las playas con mayor afluencia turística suelen recibir un aporte más elevado de envases, empaques, recipientes, utensilios desechables y otros productos plásticos de corta vida útil. Cuando estos residuos no son recolectados o gestionados adecuadamente, permanecen expuestos a procesos de degradación física, química y biológica, convirtiéndose en fuentes locales de microplásticos. Por tanto, la abundancia y las características morfológicas de estas partículas pueden interpretarse como el resultado conjunto de las fuentes de contaminación, la intensidad del uso humano y la dinámica física del ambiente costero, aunque su presencia no debe atribuirse exclusivamente a una sola actividad sin contar con análisis temporales, hidrodinámicos y poliméricos complementarios.

En este marco, el presente estudio se plantea como un aporte para la generación de una línea base sobre la contaminación por microplásticos en Corn Island. Para efectos de esta investigación, la abundancia de microplásticos se define como el número de partículas identificadas por unidad de superficie o volumen muestreado, expresada en partículas de microplástico por metro cuadrado de sedimento de playa (MP/m^2) y en partículas por metro cúbico de agua superficial filtrada (MP/m^3).

El objetivo del estudio es evaluar los microplásticos presentes en los sedimentos de playa y el agua superficial, considerando su abundancia, características morfológicas y distribución espacial entre las zonas de pleamar y supralitoral de playas con diferentes niveles de presión turística. Los resultados permiten dimensionar la magnitud de esta problemática en un contexto insular del Caribe nicaragüense y proporcionar evidencia para la toma de decisiones relacionadas con la gestión de residuos sólidos, la conservación de los ecosistemas costeros y el desarrollo de futuras investigaciones mediante metodologías instrumentales y muestreos de mayor alcance espacial y temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de corte transversal. Este enfoque permitió caracterizar la presencia y distribución de microplásticos en matrices ambientales marino-costeras sin manipulación deliberada de las variables, limitándose a la observación sistemática, medición y análisis de las partículas presentes en condiciones naturales.

El carácter descriptivo del estudio se orientó a identificar las características físicas de los microplásticos (abundancia, forma, tamaño y color), mientras que el componente comparativo permitió analizar las diferencias entre las zonas de pleamar y supralitoral de las playas.

El universo de estudio estuvo constituido por los ecosistemas marino-costeros de Corn Island, específicamente los sedimentos arenosos de la playa y el agua superficial asociados a zonas de uso recreativo y turístico. Este universo ambiental se caracteriza por una dinámica costera influenciada por procesos naturales (oleaje, viento y mareas) y por actividades humanas relacionadas con el turismo, la recreación y el consumo de productos plásticos de un solo uso.

Dado que el estudio se centró en matrices ambientales y no en sujetos humanos, se tomó una muestra ambiental mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, criterio ampliamente utilizado en estudios exploratorios de contaminación por microplásticos

cuando se busca maximizar la representatividad ambiental y la comparabilidad espacial.



Diseño muestral espacial

En cada playa se estableció un transecto lineal de 100 metros, paralelo a la línea de costa, correspondiente a la zona de pleamar. Dicho transecto se subdividió en cinco puntos de muestreo equidistantes (L1–L5), separados por 25 metros. El mismo diseño fue replicado en la zona supralitoral, localizada a 10 metros tierra adentro desde la línea de pleamar, permitiendo evaluar la acumulación diferencial de microplásticos entre ambas zonas.

En cada punto de muestreo se utilizó un marco de madera de 0.5 m², dentro del cual se recolectó sedimento superficial hasta una profundidad aproximada de 1 cm, priorizando la fracción más expuesta a la deposición reciente de microplásticos.

Para la matriz de agua superficial, se realizaron tres arrastres por playa, cubriendo un volumen total aproximado de 1,296.073 m³ de agua filtrada.

La selección de los sitios y puntos de muestreo respondió a los siguientes criterios técnicos:

- Nivel de presión antrópica, asociado principalmente a la actividad turística.
- Representatividad geomorfológica del sistema de playa arenosa.
- Accesibilidad y condiciones de seguridad para el trabajo de campo.
- Diferenciación funcional entre zonas de pleamar y supralitoral, considerando la dinámica de acumulación y remoción de residuos plásticos.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Muestreo de sedimentos de playa

El muestreo de sedimentos se realizó siguiendo un protocolo adaptado de metodologías estandarizadas para la identificación de microplásticos en playas arenosas (Cabrera, 2018; Frias et al., 2018). Para minimizar la contaminación cruzada, se emplearon exclusivamente utensilios metálicos y marcos de madera, evitando el uso de materiales plásticos durante la recolección.

Las muestras fueron depositadas en bolsas herméticas rotuladas con información del sitio, zona, punto de muestreo y fecha, y posteriormente trasladadas al laboratorio para su procesamiento.

Muestreo de agua superficial

El muestreo de agua superficial se efectuó mediante una red bongo de neuston, equipada con una malla de 65 µm, acoplada lateralmente a una embarcación tipo panga para evitar interferencias del motor. Cada arrastre se realizó a una velocidad constante de 3 km/h durante 15 minutos, manteniendo condiciones homogéneas entre transectos.

El volumen de agua filtrado se calculó mediante la expresión:

$$V=\pi \times r^2 \times d$$

donde V corresponde al volumen filtrado (m³), r al radio de la red (m) y d a la distancia recorrida (m).

Etapas de la investigación

La investigación se desarrolló mediante cuatro etapas consecutivas: elaboración del protocolo, procesamiento y preparación de las muestras, identificación y clasificación de los microplásticos y elaboración del informe científico. Esta organización permitió mantener una secuencia metodológica coherente, asegurar la trazabilidad de las actividades realizadas y facilitar la replicabilidad del estudio.

Etapas 1. Elaboración del protocolo de investigación

En esta etapa se realizó la revisión de literatura científica relacionada con la contaminación por microplásticos en ecosistemas marino-costeros, sus principales fuentes, mecanismos de transporte, métodos de muestreo y criterios de clasificación. A partir de esta revisión se formuló el problema de investigación, se establecieron los objetivos y se definió el diseño metodológico.

Asimismo, se seleccionaron las playas Picnic Center y Long Beach considerando sus diferencias en el nivel de presión antrópica y uso turístico. Se definieron como matrices ambientales los sedimentos de playa y el agua superficial, y se establecieron las zonas de pleamar y supralitoral como unidades espaciales de comparación.

El protocolo incluyó el diseño de transectos, la determinación del número y ubicación de los puntos de muestreo, los procedimientos de recolección, transporte y almacenamiento de las muestras, así como las categorías utilizadas para caracterizar los microplásticos según su forma, color y tamaño. También se definieron las medidas de prevención de contaminación cruzada y los procedimientos para documentar y registrar la información

obtenida durante el trabajo de campo y laboratorio.

Etapas 2. Procesamiento y preparación de las muestras

Las muestras de sedimento fueron secadas al aire libre en condiciones controladas, con el propósito de reducir su contenido de humedad y facilitar la separación de las partículas. Posteriormente, se sometieron a un proceso de separación por diferencia de densidad mediante una solución saturada de cloruro de sodio (NaCl). La mezcla fue agitada y se dejó reposar hasta permitir la sedimentación de los materiales de mayor densidad y la suspensión de las partículas potencialmente plásticas.

El sobrenadante fue extraído cuidadosamente y colocado en recipientes de vidrio para su posterior observación bajo estereoscopio con aumento de 10X. Durante esta fase se utilizaron utensilios metálicos y recipientes de vidrio, procurando reducir la incorporación accidental de partículas plásticas provenientes de los materiales de laboratorio. En las muestras de agua superficial que presentaron una cantidad considerable de materia orgánica se aplicó un proceso de digestión química mediante hipoclorito de sodio al 10 %. Las muestras permanecieron en reposo entre 24 y 48 horas, con el propósito de degradar parcialmente la materia orgánica y facilitar la observación e identificación visual de las partículas sospechosas de ser microplásticos.

Etapas 3. Identificación y clasificación de los microplásticos

La identificación de las partículas fue de carácter morfológico y se realizó mediante observación directa bajo estereoscopio. Las partículas sospechosas de ser microplásticos fueron separadas con pinzas metálicas, fotografiadas y almacenadas individualmente en frascos de vidrio debidamente rotulados para su registro y posterior verificación.

Las partículas fueron clasificadas según las siguientes características:

- **Forma:** fragmento, fibra, pellet, película o lámina y espuma, de acuerdo con los criterios de clasificación descritos por Rezanian et al. (2018).
- **Color:** blanco, transparente, azul, verde, negro, amarillo y otros colores, siguiendo los criterios propuestos por Frias et al. (2016).
- **Tamaño:** menor de 1 mm, entre 1 y 2 mm, mayor de 2 y hasta 3 mm, mayor de 3 y hasta 4 mm, y mayor de 4 y hasta 5 mm.

La abundancia se determinó mediante el conteo de las partículas identificadas en cada muestra, punto, zona y playa. Para los sedimentos, los resultados se expresaron como número de partículas de microplásticos por unidad de superficie muestreada (MP/m²), mientras que para el agua superficial se expresaron como número de partículas por volumen de agua filtrada (MP/m³).

Debido a que la identificación se fundamentó en características visuales y morfológicas, las partículas fueron consideradas como sospechosas de ser microplásticos. Se reconoce como limitación metodológica la ausencia de técnicas instrumentales, como la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) o la espectroscopía Raman, que habrían permitido confirmar la composición polimérica de las partículas.

Etapas 4. Elaboración del informe científico

En la etapa final se organizó, depuró y sistematizó la información obtenida durante el trabajo de campo y laboratorio. Los registros fueron agrupados según playa, zona de

muestreo, punto, matriz ambiental, forma, color y rango de tamaño. Posteriormente, se calcularon las frecuencias absolutas, los porcentajes y las unidades estandarizadas de abundancia correspondientes a cada matriz ambiental. Los resultados fueron presentados mediante tablas y figuras para facilitar la comparación entre Picnic Center y Long Beach, así como entre las zonas de pleamar y supralitoral.

La interpretación de los resultados se realizó contrastando los patrones observados con antecedentes científicos nacionales e internacionales sobre contaminación por microplásticos en ecosistemas marino-costeros. Finalmente, se redactaron la discusión y las conclusiones, destacando los principales hallazgos, las limitaciones metodológicas y las implicaciones del estudio para el monitoreo ambiental y la gestión de residuos sólidos en Corn Island.

Control de calidad, validez y confiabilidad

Las medidas de control de calidad se aplicaron transversalmente durante las cuatro etapas de la investigación. En el trabajo de campo y laboratorio se priorizó el uso de utensilios metálicos, marcos de madera y recipientes de vidrio, evitando, en la medida de lo posible, el contacto de las muestras con materiales plásticos. Los instrumentos fueron limpiados antes y después de cada procedimiento y las muestras permanecieron rotuladas durante su recolección, transporte, procesamiento y almacenamiento.

La documentación fotográfica de las partículas permitió conservar evidencia visual de las observaciones realizadas, mientras que la georreferenciación de los puntos de muestreo favoreció la replicabilidad espacial del estudio. Asimismo, la aplicación de un diseño muestral homogéneo en ambas playas y zonas del perfil costero permitió mantener condiciones comparables durante la recolección de las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales de las playas en Corn Island

Corn Island es un municipio insular perteneciente a la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur de Nicaragua, situado en el mar Caribe, aproximadamente a 80 km al este de la ciudad de Bluefields. El municipio está conformado por Great Corn Island (Isla Grande del Maíz) y Little Corn Island (Isla Pequeña del Maíz), y se caracteriza por sus paisajes tropicales, playas de arena clara, aguas cálidas y ecosistemas marino-costeros de elevada importancia ambiental. Sus principales actividades económicas se encuentran vinculadas con la pesca, el turismo y el comercio, por lo que las playas constituyen espacios fundamentales para el desarrollo local y la recreación (Instituto Nicaragüense de Turismo [INTUR], 2024).

El presente estudio se realizó en Great Corn Island, específicamente en las playas Picnic Center y Long Beach; estos nombres en inglés corresponden a topónimos locales de Nicaragua y se acompañan de su ubicación geográfica para evitar confusiones con lugares homónimos de otros países. La condición insular, la dependencia de los recursos costeros y la creciente actividad turística convierten a Corn Island en un área relevante para evaluar la presencia, distribución y acumulación de microplásticos en sedimentos de playa y agua superficial.

Tabla 1:
Características generales del área de estudio y playas seleccionadas en Corn Island

Playa	Tipo de uso predominante	Nivel de presión antrópica	Zona muestreada	Descripción general
Picnic Center	Turística–recreativa	Alta	Pleamar / Supralitoral	Playa con alta afluencia de visitantes, actividades recreativas continuas y uso intensivo de productos plásticos
Long Beach	Recreativa local	Baja	Pleamar / Supralitoral	Playa con menor afluencia turística y menor intervención antrópica directa

Las características generales del área de estudio y de las playas seleccionadas en Corn Island se presentan en la Tabla 1, donde se evidencian diferencias sustantivas en el tipo de uso y el nivel de presión antrópica entre Picnic Center y Long Beach. Picnic Center se caracteriza por un uso turístico–recreativo intensivo, con alta afluencia de visitantes y actividades recreativas continuas, lo que conlleva un uso frecuente de productos plásticos de un solo uso. En contraste, Long Beach presenta un uso recreativo predominantemente local, con menor intervención humana clasificada como baja.

Esta diferenciación inicial constituye un elemento estructural para la interpretación de los resultados posteriores, ya que permite entender la presión antrópica y dinámica costera de distribución de microplástico dentro del mismo contexto insular.

A partir de esta caracterización, los resultados del muestreo de sedimentos evidencian una mayor presencia de microplásticos en la playa Picnic Center, particularmente en la zona supralitoral, en comparación con Long Beach. La acumulación diferencial observada sugiere que las playas sometidas a mayor presión turística tienden a concentrar mayores cantidades de microplásticos, especialmente en sectores donde la acción directa del oleaje es limitada.

En ambas playas, la zona supralitoral presentó una mayor concentración de microplásticos en relación con la pleamar, lo que indica que esta franja del perfil costero funciona como un espacio de retención pasiva. En este sector, los residuos plásticos depositados por los visitantes o transportados por el viento permanecen durante periodos prolongados, favoreciendo su fragmentación progresiva hasta convertirse en microplásticos.

Los microplásticos encontrados en los sedimentos presentaron variabilidad en cuanto a forma, color y tamaño. Predominaron los fragmentos y espumas, lo que indica que la principal fuente de estos contaminantes corresponde a la fragmentación secundaria de residuos plásticos de mayor tamaño, tales como envases, empaques y utensilios desechables asociados a actividades recreativas.

La diversidad cromática fue mayor en Picnic Center, lo que sugiere una mayor variedad de fuentes plásticas y variación en el tiempo que permanece en el ambiente. En cuanto al tamaño, se identificaron partículas dentro de todo el rango de microplásticos (<5 mm), observándose una mayor proporción en la playa con mayor presión antrópica, lo que indica procesos de fragmentación más avanzados.

En las muestras de agua superficial no se detectó presencia de microplásticos en ninguna de las playas estudiadas. Este resultado contrasta con la acumulación observada en los

sedimentos y pone de manifiesto una disociación espacial entre la contaminación por microplásticos en sedimentos y en la columna de agua superficial.

Los resultados obtenidos confirman que el tipo de uso de la playa y el nivel de presión antrópica, descritos en la Tabla 1, influyen de manera directa en la acumulación de microplásticos en sedimentos. La mayor abundancia observada en Picnic Center es coherente con lo reportado por Jambeck et al. (2015), quienes señalan que los ecosistemas costeros próximos a zonas de intensa actividad humana actúan como sumideros finales de residuos plásticos procedentes de fuentes terrestres. Asimismo, estudios regionales en playas del Pacífico centroamericano han documentado que las playas con uso turístico intensivo presentan concentraciones significativamente mayores de microplásticos que aquellas con menor intervención humana (Barrera et al., 2022; Mazariegos-Ortíz et al., 2021), lo que respalda empíricamente el patrón observado en Corn Island.

La mayor concentración de microplásticos en la zona supralitoral coincide con lo descrito por Iannacone et al. (2019), quienes identifican esta franja como un área de acumulación pasiva debido a la menor remoción por el oleaje y a la influencia directa de las actividades humanas. Frias et al. (2016) señalan que los procesos hidrodinámicos y geomorfológicos favorecen la deposición de partículas ligeras en sectores elevados de la playa, lo que explica la persistencia de microplásticos en el supralitoral incluso en periodos sin aportes recientes.

El predominio de fragmentos y espumas observados en los sedimentos concuerda con lo señalado por Rezania et al. (2018), quienes indican que los fragmentos constituyen la forma más común de microplásticos en ambientes costeros sometidos a presión antrópica. Por su parte, Hidalgo-Ruz et al. (2012) destacan que los colores claros suelen asociarse a procesos de envejecimiento y fotooxidación, lo que coincide con la predominancia de partículas blancas y transparentes identificadas en este estudio. La mayor proporción de partículas pequeñas en la playa con mayor presión antrópica sugiere una fragmentación más avanzada, lo que incrementa la biodisponibilidad de los microplásticos y su potencial interacción con organismos bentónicos, aspecto ampliamente discutido en la literatura científica.

La no detección de microplásticos en el agua superficial no implica su inexistencia en la columna de agua, estando relacionada con el volumen muestreado y la eficiencia del método de arrastre. Hidalgo-Ruz et al. (2012) señalan que la distribución vertical de los microplásticos depende de la densidad del polímero, la bioincrustación y las condiciones hidrodinámicas, lo que puede dificultar su captura en muestreos superficiales.

Desde una perspectiva teórica, los resultados refuerzan los modelos conceptuales que explican la acumulación de microplásticos en playas como un proceso controlado por la interacción entre presión antrópica y dinámica costera. En términos prácticos, la información generada constituye una línea base para Corn Island, útil para el diseño de estrategias de gestión de residuos sólidos, programas de monitoreo ambiental y acciones de educación ambiental dirigidas a turistas y población local.

Sedimentos de playa en Corn Island

Tabla 2
Diseño muestral aplicado en sedimentos de playa en Corn Island

Playa	Zona	Longitud del transecto (m)	Número de puntos	Distancia entre puntos (m)	Área del marco (m²)
Picnic Center	Pleamar	100	5	25	0.5
Picnic Center	Supralitoral	100	5	25	0.5
Long Beach	Pleamar	100	5	25	0.5
Long Beach	Supralitoral	100	5	25	0.5

El diseño muestral aplicado en los sedimentos de playa, presentado en la Tabla 2, evidencia un esquema metodológico homogéneo y sistemático para ambas playas y zonas funcionales del perfil costero. En Picnic Center y Long Beach se establecieron transectos de 100 m de longitud, paralelos a la línea de costa, tanto en la zona de pleamar como en la zona supralitoral, con cinco puntos de muestreo equidistantes separados por 25 m, utilizando un marco de muestreo de 0.5 m².

Este diseño permitió obtener una cobertura espacial equilibrada y comparable entre playas con distinto nivel de presión antrópica, reduciendo el sesgo asociado a la variabilidad local del sustrato arenoso y facilitando la identificación de patrones de acumulación de microplásticos. La replicación del mismo esquema en ambas zonas funcionales hizo posible evaluar la influencia de la dinámica costera en la distribución de los microplásticos, particularmente en relación con los procesos de deposición y remoción asociados al oleaje. Los resultados obtenidos a partir de este diseño evidenciaron que, pese a la similitud metodológica, la respuesta ambiental fue marcadamente diferente entre playas, lo que sugiere que las variaciones observadas, relacionada a factores ambientales y antrópicos propios de cada sitio.

La aplicación del mismo número de puntos y área de muestreo en ambas zonas permitió identificar una acumulación diferencial de microplásticos, con una mayor concentración en la zona supralitoral en comparación con la pleamar, lo que refuerza la relación entre presión antrópica y acumulación de microplásticos. Desde el punto de vista de los resultados, la pleamar mostró una menor densidad de microplásticos, lo cual puede atribuirse a la acción constante del oleaje y las mareas, que favorecen la redistribución y remoción de las partículas. En contraste, la zona supralitoral, al estar menos influenciada por estos procesos dinámicos, funcionó como un espacio de acumulación pasiva, donde los microplásticos permanecen durante periodos más prolongados.

La homogeneidad del diseño muestral presentado en la Tabla 2 fortalece la validez interna del estudio, ya que garantiza que las diferencias observadas en la abundancia y características de los microplásticos sean atribuibles a factores ambientales y antrópicos, y no a variaciones metodológicas. Este enfoque es consistente con los protocolos estandarizados para el estudio de microplásticos en playas arenosas propuestos por Frias et al. (2018), quienes destacan la importancia de utilizar transectos replicables y marcos de muestreo uniformes para asegurar la comparabilidad entre sitios. Asimismo, Hidalgo-Ruz et al. (2012) señalan que los diseños muestrales que incorporan tanto la pleamar como el supralitoral permiten captar de manera más integral la dinámica de los microplásticos en playas, al considerar simultáneamente los procesos de deposición reciente y acumulación histórica.

En este sentido, el diseño aplicado en Corn Island permitió evidenciar que la acumulación de microplásticos no es homogénea a lo largo del perfil costero, sino que responde a la interacción entre la dinámica física del sistema y el nivel de uso humano de la playa. La consistencia de este patrón entre ambas playas sugiere que el supralitoral constituye un compartimento clave para el monitoreo ambiental de microplásticos en ecosistemas insulares.

Si bien el diseño muestral permitió identificar patrones espaciales claros en los sedimentos, una limitación del estudio radica en la ausencia de réplicas temporales, lo que impide evaluar la variabilidad estacional en la acumulación de microplásticos.

Investigaciones previas han señalado que factores como la estacionalidad turística y los eventos meteorológicos extremos pueden modificar significativamente la distribución de microplásticos en playas (Rezania et al., 2018). Este aspecto no resuelto abre la posibilidad de desarrollar estudios longitudinales que incorporen muestreos en diferentes épocas del año, así como la integración de análisis poliméricos mediante técnicas instrumentales avanzadas, con el fin de profundizar en la comprensión de las fuentes y el comportamiento ambiental de los microplásticos en Corn Island.

La marcada diferencia en la abundancia total de microplásticos entre Picnic Center (318 partículas) y Long Beach (17 partículas) evidencia una contaminación antrópica y la carga de microplásticos en sedimentos de playa. Este patrón es coherente con lo reportado por Jambeck et al. (2015), quienes señalan que las zonas costeras con mayor actividad humana reciben mayores aportes de residuos plásticos desde fuentes terrestres, los cuales posteriormente se fragmentan y acumulan en los ecosistemas marinos y costeros.

Tabla 3
Abundancia de microplásticos identificados en sedimentos de playa por zona y sitio

Playa	Zona	Número de partículas (MP)	Porcentaje (%)
Picnic Center	Pleamar	29	9.1
Picnic Center	Supralitoral	289	90.9
Subtotal		318	100
Long Beach	Pleamar	7	41.2
Long Beach	Supralitoral	10	58.8
Subtotal		17	100

Estudios regionales desarrollados en playas del Pacífico de Centroamérica y Sudamérica han documentado resultados similares, donde las playas con uso turístico intensivo presentan concentraciones significativamente mayores de microplásticos en comparación con playas de uso local o semi-natural (Barrera et al., 2022; Mazariegos-Ortíz et al., 2021). Estos antecedentes respaldan empíricamente la elevada abundancia observada en Picnic Center y refuerzan la hipótesis de que el turismo constituye un factor clave en la generación y acumulación de microplásticos.

La distribución porcentual observada en la Tabla 3 muestra que, en ambas playas, la zona supralitoral concentra la mayor proporción de microplásticos, aunque con diferencias en la magnitud de dicha concentración. En Picnic Center, la diferencia entre zonas es extremadamente marcada (90.9 % frente a 9.1 %), mientras que en Long Beach la distribución es más equilibrada, aunque sigue siendo mayor en el supralitoral (58.8 %).

Este patrón coincide con lo descrito por Iannacone et al. (2019), quienes identifican el supralitoral como una zona de acumulación pasiva, donde los microplásticos se depositan y permanecen debido a la menor acción del oleaje y a la influencia directa del viento y las actividades humanas. Frias et al. (2016) señalan que la pleamar, al estar sometida a procesos dinámicos de remoción y redistribución, suele presentar menores concentraciones de microplásticos, lo que explica los valores reducidos registrados en esta zona, especialmente en la playa con mayor exposición al oleaje.

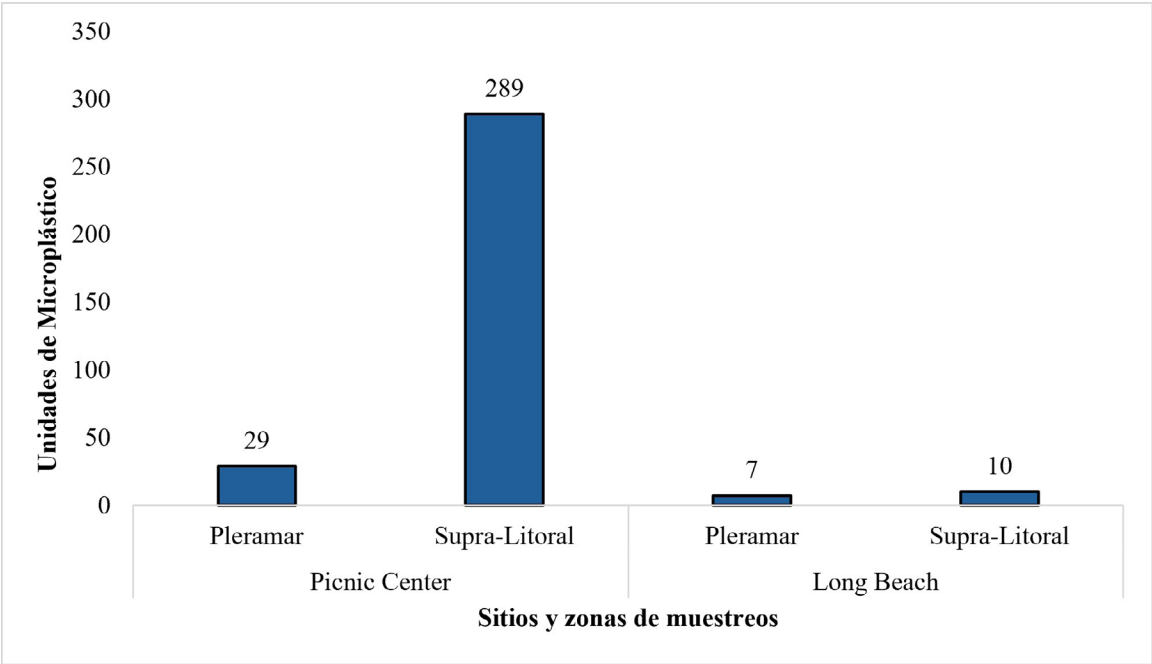
La diferencia absoluta entre ambas playas no solo refleja el contraste en el nivel de presión antrópica, sino también en los procesos de acumulación y permanencia de los microplásticos. En Picnic Center, la elevada concentración en el supralitoral sugiere un aporte constante de residuos plásticos asociado a actividades recreativas, seguido de procesos de fragmentación progresiva que incrementan la carga de microplásticos en el sedimento. En Long Beach, la menor abundancia total indica una menor intensidad de estos procesos, lo que puede interpretarse como una menor generación de residuos plásticos en el sitio o una mayor eficiencia de remoción natural.

No obstante, la presencia de microplásticos en ambas zonas confirma que incluso las playas con baja presión antrópica no están exentas de contaminación por microplásticos, lo que coincide con lo señalado por Rezanian et al. (2018) sobre la ubicuidad de estos contaminantes en ambientes marino-costeros.

La ausencia de muestreos estacionales limita la comprensión de cómo factores como la estacionalidad turística o eventos meteorológicos extremos podrían modificar la distribución observada. Asimismo, la identificación de microplásticos se realizó con base en criterios morfológicos, lo que impide establecer asociaciones entre abundancia y tipo de polímero, un aspecto señalado por Hidalgo-Ruz et al. (2012) como clave para profundizar en la comprensión de las fuentes y el comportamiento ambiental de los microplásticos.

Desde el punto de vista teórico, los resultados refuerzan los modelos que explican la acumulación de microplásticos en playas como un proceso controlado por la interacción entre presión antrópica y dinámica costera, destacando el papel del supralitoral como compartimento clave de retención. En términos prácticos, la información generada constituye una línea base cuantitativa para Corn Island, útil para orientar estrategias de gestión de residuos sólidos, priorizar acciones de limpieza en zonas supralitorales y diseñar programas de monitoreo ambiental enfocados en playas con alta presión turística.

Figura 2
Distribución espacial de microplásticos en pleamar y supralitoral



La Figura 2 muestra la distribución espacial de microplásticos en las zonas de pleamar y supralitoral para las playas Picnic Center y Long Beach, evidenciando diferencias marcadas tanto entre zonas funcionales como entre playas con distinto nivel de presión antrópica.

En Picnic Center, se observa una concentración extremadamente elevada de microplásticos en la zona supralitoral, con 289 unidades, frente a solo 29 unidades en la pleamar. Esta diferencia refleja un patrón de acumulación claramente asimétrico, donde el supralitoral concentra la mayor carga de microplásticos, representando más del 90 % del total registrado en esta playa. En contraste, la zona de pleamar presenta valores considerablemente menores, lo que sugiere una mayor dinámica de remoción y redistribución de partículas asociada al oleaje. En Long Beach, aunque la abundancia total de microplásticos es significativamente menor, la Figura 2 evidencia un patrón similar, con 10 unidades en el supralitoral y 7 unidades en la pleamar. Si bien la diferencia entre zonas es menos pronunciada que en Picnic Center, se mantiene la tendencia general de mayor acumulación en el supralitoral, incluso en una playa caracterizada por baja presión antrópica.

Estos resultados confirman que la zona supralitoral constituye el principal compartimento de acumulación de microplásticos en sedimentos de playa, independientemente del nivel de uso humano, aunque la magnitud de dicha acumulación aumenta considerablemente en playas con uso turístico intensivo.

El patrón observado en la Figura 2 concuerda con lo descrito en estudios previos que identifican al supralitoral como una zona de acumulación pasiva de microplásticos, debido a la limitada acción del oleaje y a la influencia directa del viento y de las actividades humanas. Iannacone et al. (2019) reportan que esta franja del perfil costero actúa como un área de retención prolongada, donde los microplásticos permanecen y se acumulan con mayor facilidad que en la pleamar, lo que explica la marcada diferencia observada en Picnic Center. Frias et al. (2016) señalan que la pleamar está sujeta a procesos dinámicos

de remoción, transporte y redistribución, lo que reduce la permanencia de microplásticos en esta zona y explica las menores abundancias registradas en ambas playas.

La magnitud de la diferencia entre zonas en Picnic Center, claramente visible en la Figura 2, refuerza la relación entre presión antrópica y acumulación de microplásticos, ya que la alta afluencia turística incrementa el aporte directo de residuos plásticos al supralitoral. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Jambeck et al. (2015), quienes indican que los ecosistemas costeros cercanos a áreas de intensa actividad humana reciben mayores cargas de residuos plásticos desde fuentes terrestres.

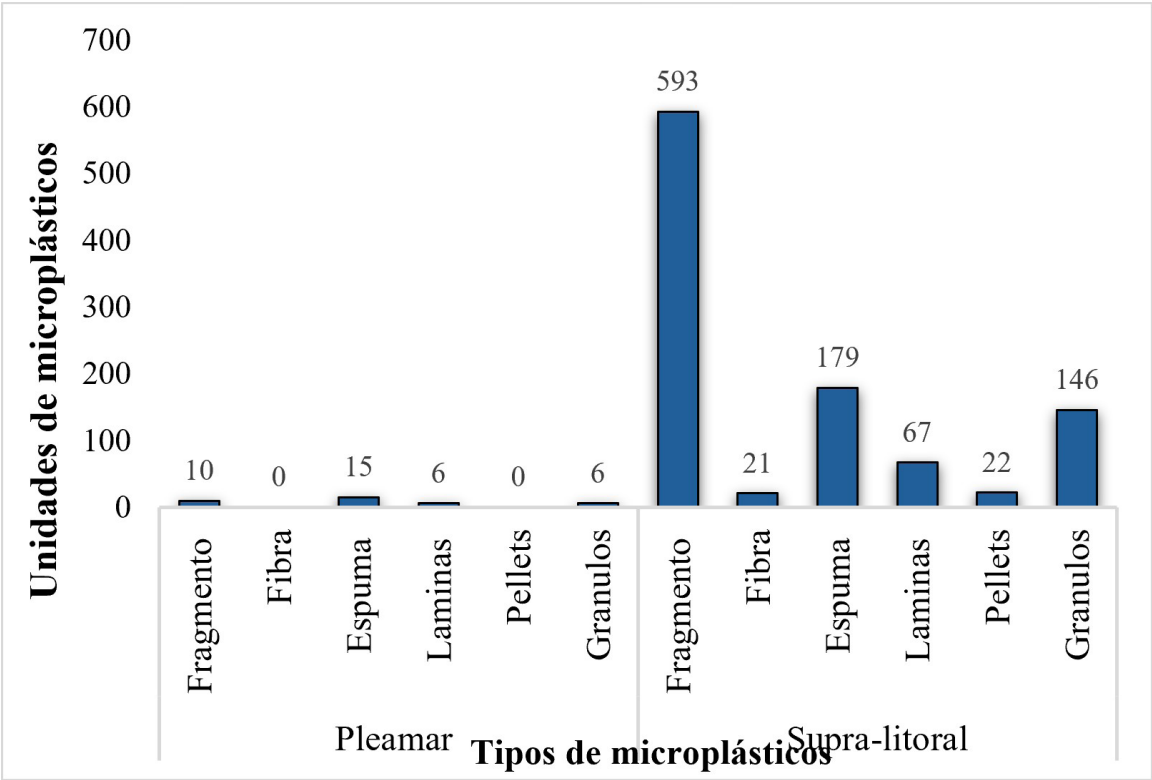
En Long Beach, la menor diferencia entre pleamar y supralitoral sugiere una menor intensidad de los procesos de aporte y fragmentación, aunque la presencia de microplásticos en ambas zonas confirma que incluso las playas con baja presión antrópica no están exentas de este tipo de contaminación, lo que coincide con lo señalado por Rezanian et al. (2018) sobre la ubicuidad de los microplásticos en ambientes marino-costeros.

Desde una perspectiva teórica, la Figura 2 refuerza los modelos que explican la distribución de microplásticos en playas como el resultado de la interacción entre dinámica costera y uso humano del espacio, destacando el supralitoral como un compartimento clave para el monitoreo ambiental. En términos prácticos, estos resultados sugieren que las acciones de limpieza, monitoreo y gestión de residuos sólidos deberían priorizarse en la zona supralitoral, especialmente en playas con alta presión turística como Picnic Center.

Tipología morfológica de los microplásticos identificados

La Figura 3 muestra la distribución de los microplásticos identificados en la playa Picnic Center, clasificados por tipo morfológico y diferenciados entre las zonas de pleamar y supralitoral. Los resultados evidencian una diferencia marcada tanto en la abundancia total como en la composición morfológica de los microplásticos entre ambas zonas funcionales del perfil costero. En la zona de pleamar, se registraron valores bajos para todos los tipos de microplásticos, destacando la presencia de espuma (15 unidades), fragmentos (10 unidades), láminas (6 unidades) y gránulos (6 unidades), mientras que fibras y pellets no fueron detectados. Esta distribución refleja una baja retención de microplásticos en esta franja, coherente con la mayor dinámica de remoción asociada al oleaje.

Figura 3
 Microplásticos según su tipo en la zona de pleamar y supra – litoral de Picnic Center



En contraste, la zona supralitoral presentó una abundancia significativamente mayor de microplásticos, con un claro predominio de los fragmentos (593 unidades), seguidos por espumas (179 unidades), gránulos (146 unidades) y láminas (67 unidades). Las fibras (21 unidades) y los pellets (22 unidades) estuvieron presentes en menor proporción, pero exclusivamente en esta zona. Estos resultados indican que el supralitoral no solo concentra una mayor cantidad de microplásticos, sino que también presenta una mayor diversidad tipológica, lo que sugiere procesos de acumulación y fragmentación más intensos en esta franja del perfil costero.

El predominio de fragmentos en la zona supralitoral, claramente evidenciado en la Figura 3, coincide con lo reportado por Rezania et al. (2018), quienes señalan que los fragmentos constituyen la forma más común de microplásticos en ambientes costeros sometidos a alta presión antrópica, debido a la fragmentación secundaria de residuos plásticos de mayor tamaño. La elevada abundancia de fragmentos y espumas en el supralitoral de Picnic Center sugiere que esta zona recibe un aporte constante de residuos plásticos asociados a actividades recreativas, tales como envases, empaques alimenticios y utensilios desechables, los cuales permanecen expuestos a procesos de degradación física y fotoquímica. Frias y Nash (2019) destacan que la exposición prolongada a la radiación solar y al tránsito humano acelera la fragmentación del plástico, incrementando la proporción de partículas pequeñas en playas con uso turístico intensivo.

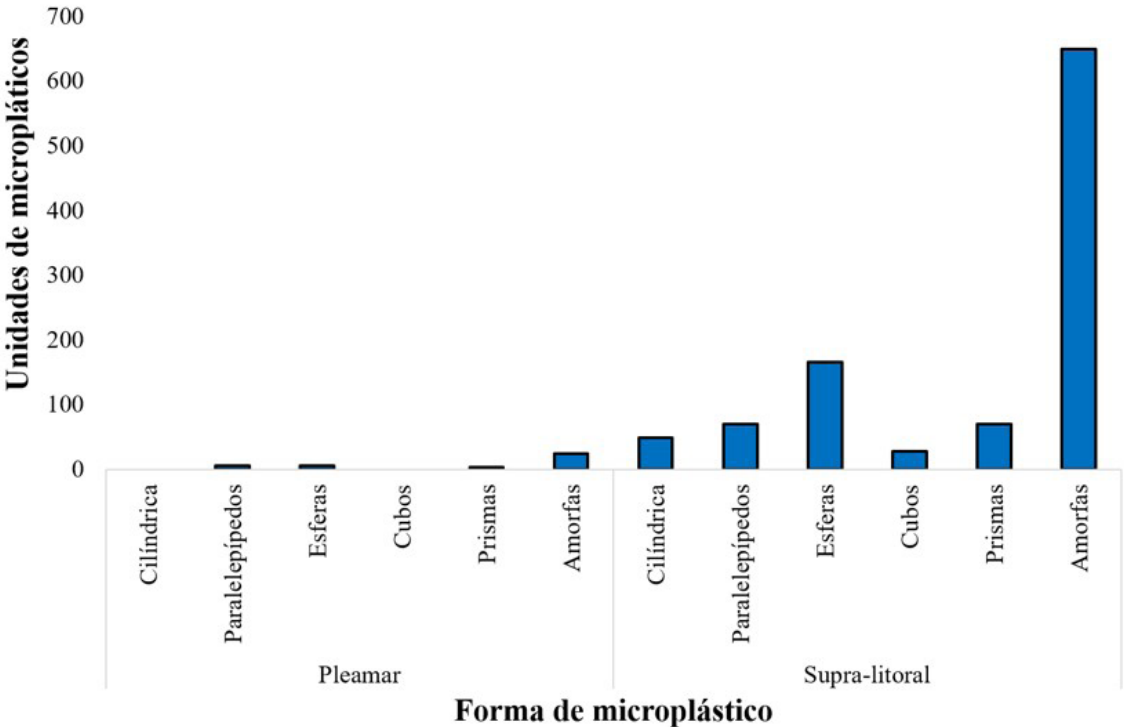
La presencia de pellets y fibras exclusivamente en la zona supralitoral, aunque en bajas cantidades, resulta relevante desde una perspectiva ambiental. Hidalgo-Ruz et al. (2012) señalan que los pellets suelen asociarse a pérdidas industriales o a cadenas de transporte, mientras que las fibras pueden provenir de textiles sintéticos y actividades domésticas.

Su ausencia en la pleamar sugiere que estas partículas son más fácilmente retenidas en zonas donde la acción del oleaje es limitada. La baja abundancia de microplásticos en la pleamar, independientemente del tipo, refuerza la hipótesis de que esta zona está sujeta a procesos dinámicos de remoción y redistribución, lo que reduce la permanencia de las partículas. Este comportamiento ha sido descrito por Frias et al. (2018), quienes destacan que la pleamar funciona como una zona de tránsito más que de acumulación para los microplásticos.

Desde una perspectiva teórica, la Figura 3 aporta evidencia empírica que respalda los modelos conceptuales sobre la heterogeneidad espacial de los microplásticos en playas arenosas, demostrando que no solo la cantidad, sino también la composición tipológica, está fuertemente influenciada por la interacción entre presión antrópica y dinámica costera. En términos prácticos, estos resultados sugieren que las acciones de monitoreo y limpieza ambiental deberían priorizar la zona supralitoral, especialmente en playas con alta afluencia turística como Picnic Center, donde se concentran tanto la mayor abundancia como la mayor diversidad de microplásticos.

La Figura 4 muestra la distribución de los microplásticos según su forma geométrica en la playa Picnic Center, diferenciando entre las zonas de pleamar y supralitoral. Los resultados evidencian una marcada disparidad tanto en la abundancia como en la diversidad de formas entre ambas zonas funcionales del perfil costero. En la zona de pleamar, se registró una baja abundancia total de microplásticos, con presencia limitada de formas paralelepípedas (5 unidades), esféricas (5 unidades), prismáticas (3 unidades) y una presencia mínima de formas cilíndricas.

Figura 4
Microplásticos según su forma en la zona de pleamar y supra – litoral de Picnic Center.



En contraste, la zona supralitoral presentó una concentración notablemente mayor y una diversidad morfológica más amplia. Predominaron de forma clara los microplásticos de forma amorfa (649 unidades), seguidos por esféricos (165 unidades), paralelepípedos (69 unidades), prismáticos (70 unidades) y cilíndricos (48 unidades). Las formas cúbicas estuvieron presentes en menor proporción (27 unidades), pero exclusivamente en esta zona. Estos resultados indican que el supralitoral no solo actúa como el principal compartimento de acumulación, sino que además concentra microplásticos con formas irregulares y altamente fragmentadas, lo que sugiere procesos avanzados de degradación física del MAplástico.

El predominio de formas amorfas en la zona supralitoral, claramente evidenciado en la Figura 4, es consistente con lo descrito por Hidalgo-Ruz et al. (2012), quienes señalan que las formas irregulares y amorfas son características de microplásticos derivados de la fragmentación secundaria de residuos plásticos de mayor tamaño, sometidos a procesos prolongados de degradación mecánica y fotoquímica. Rezanía et al. (2018) destacan que las playas con alta presión antrópica tienden a presentar una mayor proporción de microplásticos con formas irregulares, debido a la exposición continua a la radiación solar, el viento y el tránsito humano, factores que aceleran la fragmentación del plástico. Este comportamiento coincide plenamente con el patrón observado en Picnic Center, una playa caracterizada por uso turístico intensivo.

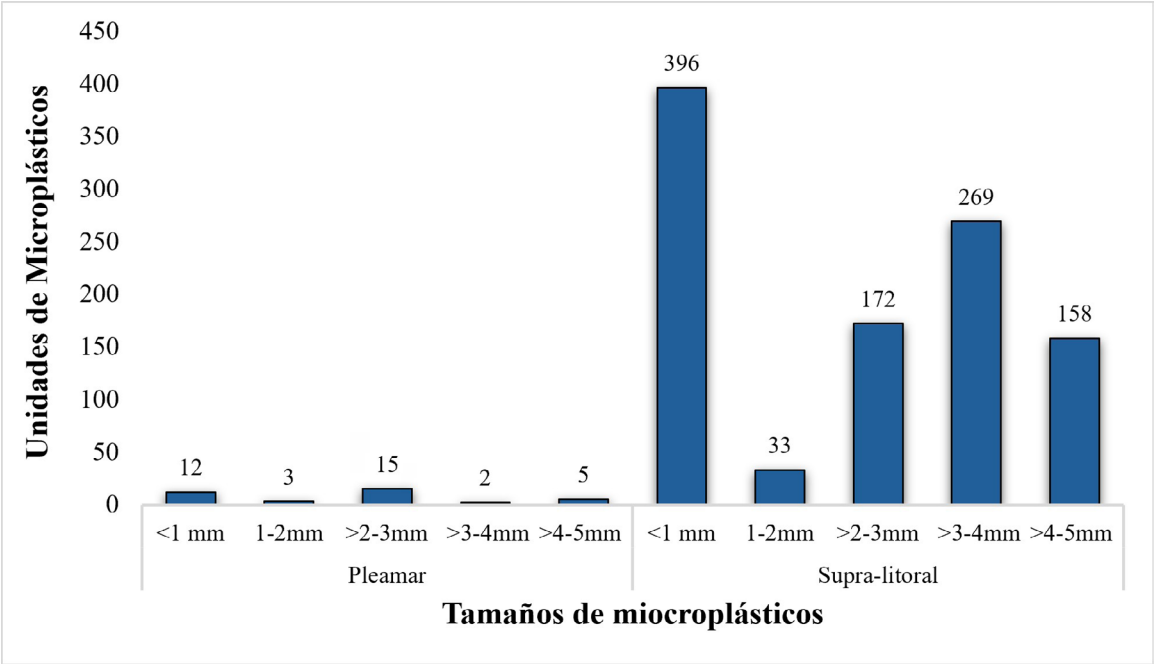
La escasa diversidad morfológica registrada en la pleamar refuerza la hipótesis de que esta zona está dominada por procesos dinámicos de remoción y redistribución asociados al oleaje. Frias et al. (2018) señalan que la pleamar funciona principalmente como una zona de tránsito para los microplásticos, donde las partículas son removidas con mayor facilidad, lo que limita tanto su acumulación como la permanencia de formas altamente fragmentadas. Desde una perspectiva teórica, la distribución morfológica observada en la Figura 4 respalda los modelos conceptuales que explican la heterogeneidad espacial de los microplásticos en playas arenosas, destacando que la forma de las partículas constituye un indicador relevante del estado de degradación y del tiempo de residencia ambiental. La alta proporción de microplásticos amorfos en el supralitoral sugiere una acumulación prolongada y una degradación avanzada, con implicaciones directas para la biodisponibilidad de estas partículas y su potencial interacción con organismos bentónicos.

En términos prácticos, estos resultados refuerzan la necesidad de priorizar la zona supralitoral en programas de monitoreo y gestión ambiental, ya que en este sector se concentran no solo mayores cantidades de microplásticos, sino también aquellas formas más fragmentadas y potencialmente más biodisponibles. Asimismo, la caracterización morfológica aporta información clave para el diseño de estrategias de prevención y manejo de residuos sólidos en playas con alta presión turística como Picnic Center.

Distribución de microplásticos por rangos de tamaño

La Figura 5 muestra la distribución de los microplásticos por rangos de tamaño en la playa Picnic Center, diferenciando entre las zonas de pleamar y supralitoral. Los resultados evidencian diferencias significativas tanto en la abundancia total como en la dominancia de tamaños entre ambas zonas funcionales del perfil costero. En la zona de pleamar, se registró una baja abundancia de microplásticos en todos los rangos de tamaño, destacando ligeramente el intervalo >2–3 mm (15 unidades) y el rango <1 mm (12 unidades). Los rangos 1–2 mm (3 unidades), >3–4 mm (2 unidades) y >4–5 mm (5 unidades) presentaron valores mínimos, lo que indica una presencia limitada y dispersa de partículas en esta franja.

Figura 5.
Microplásticos de a su tamaño en la zona de pleamar y supra litoral de Picnic Center



En contraste, la zona supralitoral concentró una abundancia marcadamente superior de microplásticos en todos los rangos, con un claro predominio de las partículas de menor tamaño (<1 mm), que alcanzaron 396 unidades, constituyendo el grupo más representativo. Le siguieron los rangos >3–4 mm (269 unidades), >2–3 mm (172 unidades) y >4–5 mm (158 unidades), mientras que el intervalo 1–2 mm (33 unidades) presentó la menor abundancia dentro del supralitoral. Estos resultados evidencian que el supralitoral no solo actúa como la principal zona de acumulación, sino que además concentra una alta proporción de microplásticos de pequeño tamaño, particularmente aquellos inferiores a 1 mm, lo que sugiere procesos avanzados de fragmentación y una mayor permanencia de las partículas en esta zona.

Los patrones de tamaño observados en la zona supralitoral de Picnic Center, particularmente la alta abundancia de microplásticos <1 mm, encuentran un respaldo empírico sólido en los estudios recientes realizados por (Ebanks Mongalo et al., 2024) en ecosistemas insulares del Caribe occidental. Estos autores documentaron que los microplásticos de menor tamaño predominan en playas sometidas a presión turística, debido a la fragmentación progresiva de residuos plásticos expuestos de forma prolongada a radiación solar, abrasión mecánica y tránsito humano, procesos que se intensifican en zonas supralitorales.

(Ebanks Mongalo et al., 2024) señalan que las partículas <1 mm no solo representan el estadio más avanzado de degradación física del plástico, sino que también muestran una mayor persistencia ambiental, al quedar atrapadas en los sedimentos superficiales de playas con baja energía hidrodinámica. Este comportamiento coincide plenamente con los resultados obtenidos en Picnic Center, donde el supralitoral concentra la mayor proporción de microplásticos finos, en contraste con la pleamar, dominada por procesos de remoción y redistribución. Asimismo, los autores destacan que, en contextos insulares, la gestión limitada de residuos sólidos y la dependencia económica del turismo contribuyen a un aporte continuo de plásticos de un solo uso, los cuales se fragmentan localmente

y alimentan el stock de microplásticos finos en los sedimentos costeros. Esta dinámica resulta particularmente relevante para Corn Island, donde la presión turística observada en Picnic Center constituye un factor clave en la generación y acumulación de microplásticos, tal como se evidencia en la Figura 5.

Desde una perspectiva ecotoxicológica, (Ebanks Mongalo et al., 2024) advierten que los microplásticos de menor tamaño presentan una mayor capacidad de adsorción de contaminantes orgánicos persistentes y metales traza, incrementando su potencial impacto sobre organismos intersticiales y bentónicos. Este aspecto refuerza la importancia de los resultados obtenidos en el presente estudio, ya que la elevada proporción de partículas <1 mm en el supralitoral de Picnic Center sugiere un riesgo ambiental acumulativo, especialmente en un ecosistema insular con alta conectividad entre zonas terrestres y marinas.

En conjunto, las evidencias aportadas permiten contextualizar los resultados de Corn Island dentro de una tendencia regional caribeña, donde las playas turísticas funcionan como hotspots de acumulación de microplásticos finos. Esto refuerza la validez externa del estudio y subraya la necesidad de implementar estrategias de monitoreo sistemático y gestión diferenciada, enfocadas prioritariamente en el supralitoral y en la reducción del uso de plásticos de un solo uso en zonas turísticas insulares.

Muestreo de agua superficial

La Tabla 7 presenta los resultados del muestreo de agua superficial realizado en las playas Picnic Center y Long Beach en Corn Island. En ambos sitios se efectuaron tres arrastres superficiales, alcanzando un volumen total filtrado de 1,296.073 m³ por playa. Los resultados indican que no se detectaron microplásticos en ninguna de las muestras de agua superficial analizadas. La ausencia de microplásticos en el agua superficial fue consistente en ambos sitios, independientemente del nivel de presión antrópica previamente caracterizado para cada playa. Este resultado contrasta con la elevada abundancia de microplásticos registrada en los sedimentos, particularmente en la zona supralitoral, lo que evidencia una distribución diferencial entre compartimentos ambientales.

Tabla 7
Resultados del muestreo de agua superficial en Corn Island

Playa	Número de arrastres	Volumen filtrado total (m³)	Microplásticos detectados
Picnic Center	3	1,296.073	No detectados
Long Beach	3	1,296.073	No detectados

La no detección de microplásticos en el agua superficial, pese al volumen significativo filtrado, sugiere que en Corn Island los microplásticos tienden a sedimentarse y acumularse preferentemente en los sustratos arenosos, más que permanecer en la superficie de agua superficial en el momento del muestreo. Este comportamiento ha sido documentado en estudios costeros e insulares, donde los procesos de deposición, bioincrustación y agregación favorecen el hundimiento de partículas plásticas hacia el fondo o su retención en sedimentos de playa (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

Ebanks et al. (2024), en su análisis de playas insulares del Caribe occidental, reportan resultados similares, señalando que la detección de microplásticos en agua superficial

puede ser altamente variable y episódica, dependiendo de factores como las condiciones hidrodinámicas, el régimen de vientos, el oleaje y el momento del muestreo. Los autores destacan que la ausencia de microplásticos en la columna de agua no implica necesariamente un ambiente libre de contaminación, sino que puede reflejar una baja presencia de microplásticos o transferencia de partículas hacia los sedimentos costeros, particularmente en playas de baja energía.

Asimismo, Frias y Nash (2019) señalan que los muestreos de agua superficial suelen subestimar la carga real de microplásticos cuando se comparan con los sedimentos, ya que estos últimos actúan como reservorios ambientales de partículas plásticas, integrando procesos de acumulación a mediano y largo plazo. Desde una perspectiva metodológica, la no detección también puede estar influenciada por el tamaño de las partículas, dado que los microplásticos de menor dimensión (<1 mm), ampliamente documentados en los sedimentos de Picnic Center, pueden atravesar los sistemas de muestreo superficial o permanecer suspendidos a profundidades no captadas por el arrastre superficial. Rezanía et al. (2018) subrayan que este fenómeno es frecuente en estudios costeros y recomiendan la integración de múltiples compartimentos ambientales para una evaluación integral.

En términos ecológicos y de gestión ambiental, la evidencia presentada en la Tabla 7 refuerza la importancia de no limitar el monitoreo de microplásticos a la columna de agua, especialmente en contextos insulares. Los resultados de Corn Island confirman que los sedimentos, en particular el supralitoral, constituyen el compartimento más sensible y representativo para evaluar la contaminación por microplásticos, tal como también lo documentan Jambeck et al. (2015) al analizar las trayectorias de residuos plásticos desde fuentes terrestres hacia el océano.

En conjunto, la ausencia de microplásticos en el agua superficial, contrastada con su elevada presencia en sedimentos, permite concluir que la contaminación por microplásticos en Corn Island se manifiesta principalmente como un problema de acumulación sedimentaria, lo que tiene implicaciones directas para el diseño de programas de monitoreo, manejo costero y mitigación de residuos plásticos en ecosistemas insulares turísticos.

CONCLUSIONES

El estudio realizado en Corn Island evidencia que la contaminación por microplásticos se manifiesta de manera heterogénea entre compartimentos ambientales, con una acumulación significativamente mayor en los sedimentos de playa, especialmente en la zona supralitoral, en comparación con la pleamar y el agua superficial. Este patrón confirma que los sedimentos constituyen el principal reservorio ambiental de microplásticos en ecosistemas costeros insulares.

Las diferencias observadas entre las playas Picnic Center y Long Beach demuestran que el nivel de presión antrópica es un factor determinante en la abundancia y características de los microplásticos. La playa Picnic Center, caracterizada por un uso turístico intensivo, presentó concentraciones sustancialmente más altas, lo que refuerza la relación entre actividades humanas, generación de residuos plásticos y procesos locales de fragmentación y acumulación.

El predominio de microplásticos de pequeño tamaño (<1 mm), así como de formas amorfas y fragmentadas en el supralitoral, indica procesos avanzados de degradación física del plástico, asociados a la exposición prolongada a la radiación solar, la abrasión

mecánica y el tránsito humano. Estas características incrementan la biodisponibilidad de las partículas y su potencial impacto ecológico, particularmente en organismos bentónicos e intersticiales.

La ausencia de microplásticos en el muestreo de agua superficial, pese al volumen significativo filtrado, confirma que la contaminación por microplásticos en Corn Island, responde a procesos de sedimentación, retención y acumulación en los sustratos costeros. Este hallazgo subraya la importancia de no limitar el monitoreo ambiental a un solo compartimento y de integrar enfoques ecosistémicos en estudios futuros.

Desde una perspectiva regional, los resultados son consistentes con investigaciones recientes desarrolladas en islas del Caribe occidental, lo que permite situar a Corn Island dentro de una tendencia regional de acumulación de microplásticos en playas turísticas insulares. Esta convergencia fortalece la validez externa del estudio y resalta la relevancia del problema en contextos insulares con alta dependencia económica del turismo.

En términos aplicados, los hallazgos de este estudio resaltan la necesidad de priorizar la zona supralitoral en programas de monitoreo, limpieza y gestión de residuos sólidos, así como de fortalecer las políticas de reducción del uso de plásticos de un solo uso en playas con alta afluencia turística. Estas acciones resultan clave para mitigar la acumulación de microplásticos y proteger la integridad ecológica de los ecosistemas costeros de Corn Island.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrera M, C., Fuentes, M., Cedeño, J., Domínguez, E., Cedeño, A., Argüello, B., y Irias, A. (2023). Diagnóstico de la abundancia de microplástico en tres playas del distrito de Las Tablas, Pacífico panameño, durante agosto y octubre de 2022. *Visión Antataura*, 7. <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n1.a3927>
- Frias, J. P. G. L., & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 145–147. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R., y Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6). <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Jambeck, J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T., Perryman, M., Andrady, A., . . . Lavender Law, K. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Mazariegos Ortiz, C., García-Aroyave, L., Marroquín Mora, C., y Mendizábal, A. (2021). Contaminación por microplásticos en playas del Pacífico de Guatemala: abundancia y características. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 8, 260–268. <https://doi.org/10.36829/63CTS.v8i2.904>
- Rezania , S., Park, J., Md Din, M., Mat Taib, S., Talaiekhosani , A., Kumar Yadav, K., y Kamyab, H. (2018). *Microplastics pollution in different aquatic environments and biota: A review of recent studies*. *Marine Pollution Bulletin*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X18303291?via%3Dihub>
- Ebanks Mongalo, B., Rivas Suazo, E., Siu Estrada, E., y Flores-Pacheco, J. (2024). Microplásticos en un ecosistema lagunar del trópico húmedo nicaragüense y su incidencia en poblaciones de *Crassostrea rhizophorae*. *Revista Científica Estelí*, 13. <https://doi.org/10.5377/esteli.v13i50.18483>
- Ebanks Mongalo, B., Moody Garth, S., Rivas Suazo, E., Siu Estrada, E., y Flores-Pacheco, J. (2024). Contaminación por macrobasura marina en la barra de Hong Sound, Bluefields,

- Costa Caribe Sur de Nicaragua. Wani, 40. <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/wani.v40i80.17761>
- Franco García, F., y Macías Hernández, M. (2022). Tipos de microplásticos presentes en tres playas del municipio de Tuxpan, Veracruz. (T. N. México, Ed.) (Tesis, Tecnológico Nacional de México) Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México (RI - TecNM) . <https://rinacional.tecnm.mx/handle/TecNM/5106>
- Frias, ..., y Nash, R. (2019). *Microplastics: Finding a consensus on the definition*. Galway-Mayo Institute of Technology (GMIT), Ireland, Marine and Freshwater Research Centre (MFRC). Ireland: Marine Pollution Bulletin. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X18307999>
- Frias, J., Gago, J., Otero , V., y Sobral, P. (2016). Microplastics in coastal sediments from Southern Portuguese shelf waters. *Marine Environmental Research*, 114, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.12.006>
- Instituto Nicaragüense de Turismo [INTUR]. (2024). Corn Island Township. Mapa Nacional de Turismo. <https://www.mapanicaragua.com/en/corn-island-township/>
- Ronda, A., Menéndez, M., Tombesi, N., Álvarez, M., Tomba, P., Silva, I., y Arias, A. (2023). Niveles de microplásticos en playas de arena: ¿Son realmente importantes los efectos del turismo y la recreación costera? *Chemosphere*, 316. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137842>
- Segarra Vera, D., Vera San Martín, T., Astudillo Brocel, D., y Palacios Moreno, M. (2025). Identificación y análisis de microplásticos en la zona costera de Playas (General Villamil), provincia del Guayas, Ecuador. *Revista Acta Oceanográfica Del Pacífico*, 7, 61–80. <https://doi.org/https://doi.org/10.54140/raop.v7i1.86>
- Segarra, D., Vera, T., Astudillo, D., y Palacios, M. (2024). dentificación y Análisis de Microplásticos en la Zona Costera de Playas (General Villamil), provincia del Guayas, Ecuador. *Acta Ocenográfica del Pacífico*, No. 1 2025 , 61 - 80. <https://doi.org/DOL:https://doi.org/10.54140/raop.v7i1.67>
- Zambrano Witong, K., Medina Cedeño, J., Pincay Cantos, M., y Calderón Pincay, J. (2024). Valoración de la presencia de Micropásticos en la playa de San Vicente de la provincia de Manabí– Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 2, 36 - 45. <https://doi.org/https://doi.org/10.26423/rctu.v11i2.826>