

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO EN
CIENCIAS DEL MAR

ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN EL PACÍFICO Y CARIBE DE COSTA RICA.

Marina Monzó López

Tutores:

Ana María Hernández Martínez (Universidad Católica de Valencia)

Álvaro Morales Ramírez (Centro de Investigación en Ciencias del Mar y
Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica)

2021-2022



Facultad de Veterinaria
y Ciencias Experimentales
Universidad Católica de Valencia
San Vicente Mártir

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer, a mi tutora Ana María Hernández Martínez, profesora a lo largo de la carrera y una persona digna de admirar que me ha apoyado ciegamente pese a las circunstancias, y en segundo lugar a Álvaro Morales Ramírez, director del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica, un gran profesional con el que me ha encantado trabajar y a todos los compañeros que he conocido.

A todos mis amigos, tanto los de aquí como los que he conocido en Costa Rica, ya que gracias a ellos ha sido una experiencia inolvidable y me he sentido muy querida pese a la distancia.

A mi familia, a mis tías y a mis hermanos por apoyarme siempre en todo lo que necesito (aunque sea ir a más de 8.000 km de distancia de casa), pero sobre todo a mi madre, por quererme y por ser el pilar fundamental en mi vida y animarme a superarme cada día más.

No podría estar más agradecida y es por vosotros que me encuentro hoy aquí.

ÍNDICE

ABSTRACT

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

INTRODUCCIÓN.....	1
Origen de los plásticos.....	1
Plásticos como contaminantes.....	2
Tipos y usos de plásticos.....	3
Clasificación de plásticos en la basura marina.....	5
Microplásticos.....	5
Costa Rica.....	8
OBJETIVOS.....	12
MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
Zonas de muestreo.....	13
Muestreo.....	20
Pretratamiento de las muestras.....	20
Extracción de microplásticos.....	22
Caracterización de microplásticos.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
Análisis estadístico de las playas del Pacífico.....	28
Análisis estadístico de las playas del Caribe.....	31
Comparación entre ambas zonas.....	34
CONCLUSIONES.....	39
LÍNEAS FUTURAS.....	40
BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	

ABSTRACT

Microplastics are plastics that have less than 5 mm in size, these are classified according to their source. They can be primary, which they have been formed with this size or they can be secondary, derived from the primary ones by abrasion or breakage of these. Worldwide these are widely distributed, therefore the objective of this work is to determine the amount and type of microplastics found on the Pacific and Caribbean coasts of Costa Rica.

Sediment samples from 6 beaches on each coast have been analyzed, determining the quantity, morphology, color and size of the microplastics found. For this, the sediment samples were suspended in a saline solution and filtered in two phases. This process was carried out in triplicate and, subsequently, the counting of the particles collected on the filters was carried out.

The results showed that the samples from the Pacific beaches contained higher amounts of microplastics than those from the Caribbean. In addition, the largest amount of microplastics found were fibers and fragments.

KEY WORDS: *microplastics, Costa Rica, fibers, Pacific, Caribbean*

RESUMEN

Los microplásticos son plásticos con un tamaño inferior a 5 mm, estos se clasifican según su fuente. Pueden ser primarios, han sido formados con este tamaño o pueden ser secundarios, derivados de los primarios por abrasión o rotura de estos. A nivel mundial estos están muy distribuidos, por ello el objetivo del presente trabajo es determinar la cantidad y el tipo de microplásticos que se encuentra en las costas del Pacífico y del Caribe de Costa Rica.

Se han analizado muestras de sedimento de 6 playas de cada costa, determinándose la cantidad, morfología, coloración y tamaño de los microplásticos hallados. Para ello, las muestras de sedimento se suspendieron en una solución salina y se filtraron en dos fases. Este proceso se llevó a cabo por triplicado y, posteriormente, se realizó el conteo de las partículas recogidas en los filtros.

Los resultados mostraron que las muestras de las playas del Pacífico contenían mayor cantidad de microplásticos que las del Caribe. Además, la mayor cantidad de microplásticos encontrados fueron fibras y fragmentos.

PALABRAS CLAVE: *microplásticos, Costa Rica, fibras, Pacífico, Caribe*

INTRODUCCIÓN

Origen de los plásticos

La sociedad moderna se ha caracterizado por una cultura basada en plásticos, derivados de polímeros orgánicos, más omnipresentes que materiales como la cerámica, los metales o el vidrio. Como resultado, se ha sugerido que el período que comienza con el siglo XX puede denominarse justificadamente como la Era de Plásticos. Si bien muchos remontan el comienzo de este período a la producción de baquelita por Leo Baekeland (1863-1944) en 1907, esto fue precedido por plásticos semisintéticos como Parkesina y celuloide que datan de mediados del siglo XIX (Ramussen 2021).

La parkesina fue inventada por el químico inglés Alexander Parkes en 1862. En esencia era nitrocelulosa ablandada con aceites vegetales y alcanfor. El estadounidense John W. Hyatt descubrió el papel fundamental del alcanfor en la plasticización y llamó a la sustancia celuloide (Ciencias para el mundo contemporáneo, 2022).

También fue de gran importancia la invención del PVC (Policloruro de Vinilo), este es una combinación química que proviene del petróleo (43%) y de sal (57%), contiene carbono, hidrógeno y cloro. Se utiliza principalmente en aplicaciones de larga duración como la construcción, tubos, ventanas, puertas, mangueras y juguetes entre otros. Es un material termoplástico, ya que entre los 140°C y 205°C se reblandece para moldearse fácilmente (Asoven, 2018)

Ante toda la gama de características que presentaban los plásticos en el sector comercial, se inicia un uso indiscriminado de ellos; obteniendo como resultado el que nos encontremos ahora inmersos en un mundo lleno de residuos plásticos, no es de extrañar que algunas de las ventajas que presentaban, se convertirían en un verdadero problema al dejar de tener un uso y desecharse, tal es el caso de su durabilidad (Ortiz Aguilar, 2021).

Es por ello que la humanidad ha usado durante muchos años el océano para descartar residuos plásticos tanto de forma directa como de forma indirecta. Desde que en 1950 se empezaron a producir plásticos a gran escala, se ha descubierto que un 80% de la basura que se encuentra en el océano consiste en productos de dicho material (GESAMP 2015). La mayor cantidad de plásticos se han encontrado en la orilla, debido al transporte de estos por las corrientes, los vientos o los aportes de los ríos. Sin embargo, la basura plástica también se encuentra en la superficie del océano, suspendida en la columna de agua, en el fondo marino y en asociación con la biota, debido a enredo o ingestión. (GESAMP 2015). Además, se estima que, en 2019, la

producción de plásticos en el mundo alcanzó casi los 370 millones de toneladas (PlasticsEurope 2022).

Plásticos como contaminantes

La contaminación por basura marina se ha convertido en un problema en auge en los últimos años por las dificultades que genera en el medio, sea por su toxicidad o por ser ingerida por animales marinos.

Actualmente entre el 60 y 90 % de la basura marina es plástico, en el año 2015 se encontraron más de 9 millones de toneladas de plástico flotando en el océano. La mayor parte del plástico del océano proviene del embalaje de productos, una categoría que incluye botellas plásticas, bolsas de compras, tapones de botellas, envases de alimentos, bombillas, colillas de cigarro y envoltorios.

El plástico que se encuentra en el mar se vuelve de creciente preocupación por su persistencia y sus efectos en los océanos, vida marina y potenciales efectos para la salud humana. Actualmente la principal contaminación de plástico en el mar son las microfibras, desecho de ropa sintética como, por ejemplo, poliéster y nylon y neumáticos degradados, los que en total suponen dos tercios de los microplásticos. Otra fuente significativa de plásticos en el mar son los productos que contienen micropartículas de plástico, como limpiadores en crema, exfoliantes, pasta de dientes, cremas o jabones, los cuales pasan al mar al no poder ser filtrados por los sistemas de tratamientos de aguas residuales (Arriaza *et al.*2022).

La basura marina es descrita por la UNEP (United Nations Environment Programme) como “cualquier material descartado, eliminado o abandonado en el medio costero o marino que sea persistente, manufacturado o un sólido procesado”. El plástico en concreto es un polímero orgánico sintético. Los polímeros están formados por monómeros unidos entre sí para formar cadenas largas. La mayoría de los plásticos son sintetizados a partir de combustibles fósiles, pero en algunos casos se han sintetizado a partir de biomasa (GESAMP 2019).

Alrededor del 15% de la producción total de polímeros sintéticos se compone de fibras, como el poliéster y el acrílico. Muchos plásticos se producen como una mezcla de diferentes polímeros y varios plastificantes, colorantes, estabilizadores y otros aditivos.

La basura plástica puede contener una amplia variedad de productos químicos. Estos pueden incluir aquellos que se originaron durante la fabricación, como monómeros y productos químicos añadidos para cumplir una función, y productos químicos que son adsorbidos del

medio ambiente, si el plástico se encuentra en contacto con agua de mar o sedimentos. Los productos químicos aditivos incluyen retardantes de llama, estabilizadores UV, antioxidantes, plastificantes, estabilizantes, rellenos, pigmentos y lubricantes (León Muez *et al.*, 2022).

Tipos y usos de plásticos

Hay muchos tipos diferentes de polímeros y mezclas de polímeros en producción, pero el mercado está dominado por: polietileno (PE) (como alta densidad, HDPE, y baja densidad, LDPE), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), poliuretano (PUR), poliestireno (PS), y tereftalato de polietileno (PET) (Figura 1). Estos seis polímeros constituyen aproximadamente el 80% de los plásticos y es probable que formen una gran proporción de la mayoría de la basura marina.

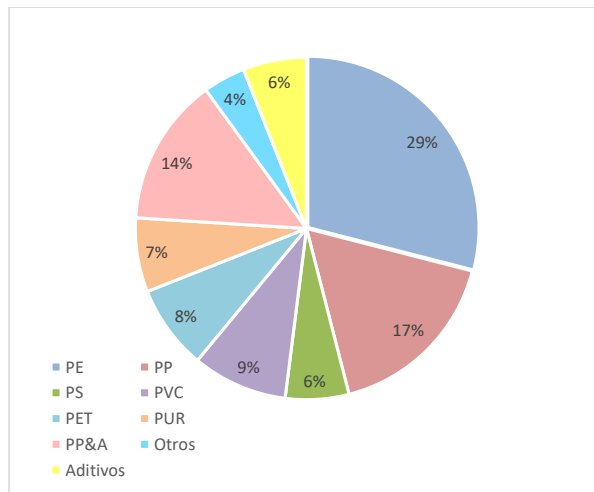


Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-1: Principales polímeros. (Adaptado de GESAMP 2019)

La Tabla 1 muestra ejemplos de productos comunes, así como el polímero asociado a ellos. Además, los principales usos de los plásticos en el mercado pueden ir cambiando, con los cambios en el mercado global y pueden proporcionar conocimiento sobre las fuentes definitivas de basura.

Tabla 1: Polímeros comunes con su aplicación. (Adaptado de GESAMP 2019)

Polymer	Common applications
Polystyrene (expanded)	Cool boxes, floats, cups
Polypropylene	Rope, bottle caps, gear, strapping
Polyethylene	Plastic bags, storage containers,
Styrene-butadiene (SBR)	Car tyres
Average seawater	
Polystyrene	Utensils, containers
Polyamide or Nylon	Fishing nets, rope
Polyacrylonitrile (acrylic)	Textiles
Polyvinyl chloride	Thin films, drainage pipes, containers
Polymethylacrylate	Windows (acrylic glass)
Polyurethane	Rigid and flexible foams for insulation and furnishings
Cellulose Acetate	Cigarette filters
Poly(ethylene terephthalate) (PET)	Bottles, strapping
Polyester resin + glass fibre	Textiles, boats
Rayon	Textiles, sanitary products
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	Teflon, insulating plastics

Como se detalla en la Figura 2, el embalaje representa el sector dominante del mercado de plásticos (36%), seguido por edificación y construcción (16%) y textiles (15%).

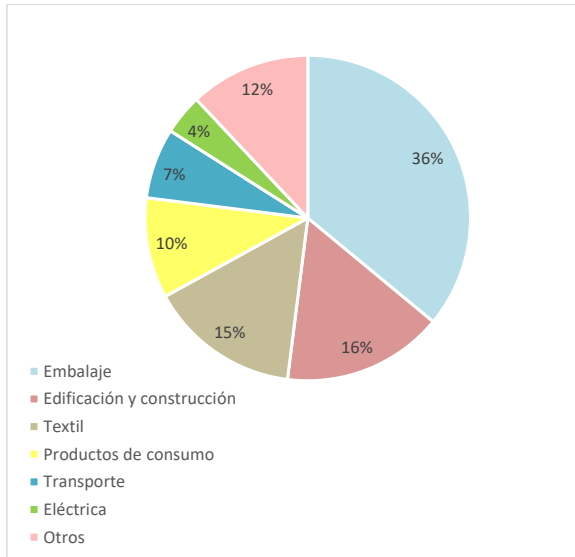


Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-2: Demanda de plásticos en el mercado global (Adaptado de GESAMP 2019)

A partir de los años 70 tiene lugar el advenimiento de multitud de descubrimientos científicos y tecnológicos debido al mayor número de científicos que operan en este ámbito, así como herramientas tan avanzadas con las que se empieza a contar. Los adelantos de los científicos así como las empresas productoras de polímeros en EE.UU como la Down Chemical, Hitachi, Du Pont, Unión Carbide New Kadel, Allied Corp, Allied Chemical, la Mitsubishi Chemical, la NASA, los laboratorios de fuerzas aéreas y otras tantas de todo el mundo, fomentan la investigación sobre nuevos polímeros para mezclar o alear algunos inmiscibles entre sí. Los programas I + D (Investigación y desarrollo) crean constantemente nuevos materiales. Se perfeccionan la maquinaria y los medios productivos para los plásticos, se suceden avances en cuanto a los plásticos reforzados y materiales reforzados (“composites”), se descubren nuevos tipos de aditivos para polímeros y los que han nacido recientemente tienen sus propiedades aún más potenciadas como la aplicación a temperaturas más elevadas, resistencia al daño por el uso, con mayores resistencias mecánicas y módulos elásticos así como más resistencia a los agentes químicos y a la corrosión. (Historia de los plásticos, 2022)

Clasificación de plásticos en la basura marina

Principalmente se clasifican en dos grupos, macroplásticos, con un tamaño superior a 5 mm de diámetro y los microplásticos con un tamaño inferior a 5 mm de diámetro. Asimismo, cada grupo tiene sus divisiones, en el caso de los macroplásticos lo ideal es separarlos por una identificación visual según sus características principales, es decir, color, dureza etc. En cambio, cuando hablamos de microplásticos los dividimos en dos grupos principales, los primarios y los secundarios.

Microplásticos.

El término microplástico surgió por primera vez en 1972, cuando Carpenter y Smith hicieron un estudio sobre los plásticos en la superficie del Mar de los Sargazos y descubrieron plásticos muy pequeños enredados entre el Sargazo (Carpenter, Smith 1972), pero no fue hasta el 2004 cuando un profesor de biología marina de la universidad de Plymouth llamado Richard Thompson lanzó un reto a sus estudiantes para encontrar el plástico más pequeño. Originalmente, Thompson y sus compañeros se referían a los microplásticos como “piezas realmente microscópicas de plástico”. La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA) rápidamente amplió su definición a todo fragmento menor de cinco milímetros (Teruel, 2022). Según su origen, los microplásticos se pueden clasificar en dos grupos principales, los primarios y los secundarios.

Los microplásticos primarios son los ya formados con un tamaño inferior a 5 mm, mientras que los secundarios son derivados de la rotura o fragmentación de macroplásticos debido a la radiación UV, abrasiones mecánicas, el transporte entre ecosistemas o incluso en algunos casos la biodegradación por bacterias y hongos. Otras fuentes de microplásticos secundarios destacables corresponden al desgaste de los neumáticos, considerado como una fuente sigilosa de estos para el medioambiente. Este desgaste está regido a factores como el tipo de pavimento, la temperatura, la velocidad, la edad y composición del neumático. Además, también están los microplásticos secundarios de las plantas de tratamiento de aguas residuales, desechos urbanos, rellenos sanitarios, áreas industriales y vertederos, debido a la incineración de residuos plásticos (Castañeta *et al.*, 2022).



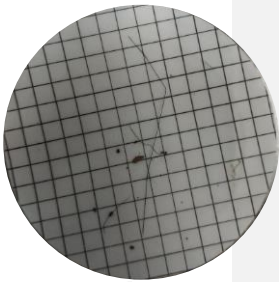

En muchos casos, los microplásticos primarios son usados debido a su versatilidad y bajo costo con la función de sustituir a ingredientes naturales costosos (Browne *et al.*, 2007), estos se utilizan también para la creación de macroplásticos, como es el caso de los pellets (Yu *et al.*, 2020).

Abundancia y distribución de microplásticos
en el Pacífico y Caribe de Costa Rica.

Marina Monzó López

Además, también se pueden clasificar por forma o tamaño, actualmente no hay un esquema estandarizado para la caracterización morfológica de los microplásticos, pero en este Trabajo de Fin de Grado se clasifican generalmente en 4 categorías descritas en la Tabla 2 en base a los microplásticos encontrados.

Tabla 2: Clasificación de microplásticos. Adaptado de GESAMP 2019 Imágenes de elaboración propia.

Nombre	Nombre alternativo	Características	Ejemplo
Fragmento de plástico	Gránulo, Escama	Partículas con forma irregular con apariencia de haberse roto de una pieza mayor.	
Estereofón	EPS, PUR	Fragmento casi esférico o granulado que se deforma fácilmente bajo presión y puede ser parcialmente elástico dependiendo del grado de humedad.	
Fibras	Línea, Filamento	Material alargado y fino.	
Pellet	Perla de resina	Partícula dura con forma esférica, suave o granulada.	

En la Figura 3 se recoge un esquema sobre la clasificación, las fuentes y dónde desembocan los diferentes tipos de microplásticos.

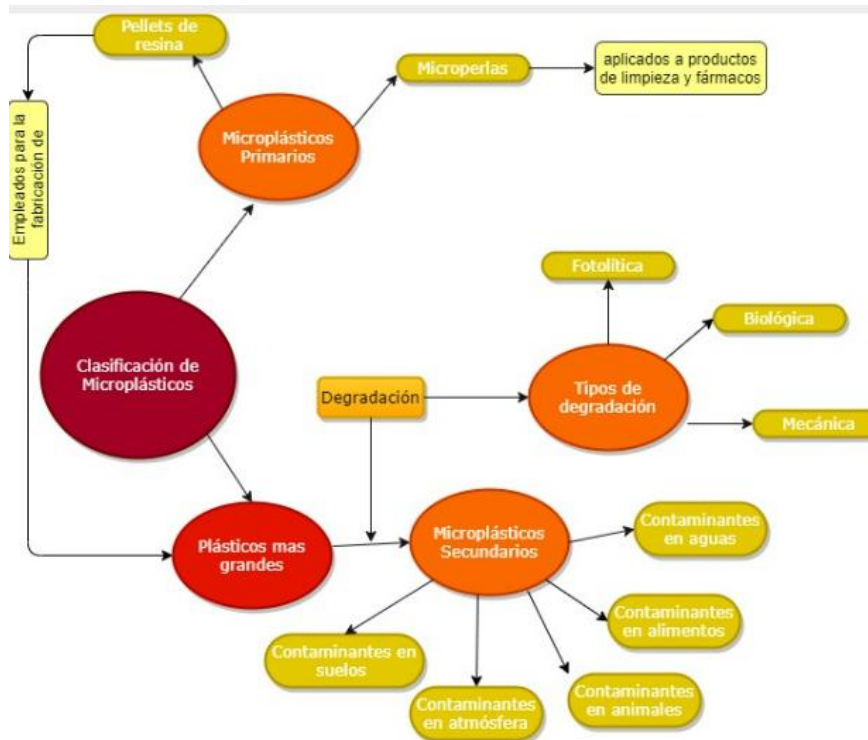


Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-3: Clasificación, fuentes y donde desembocan los microplásticos. Fuente : (Castañeta et al., 2022).

Costa Rica.

Costa Rica está localizada en el istmo de América Central, entre las latitudes 8° y 12°N, y las longitudes 82° y 86°O. Limita al este con el Mar Caribe y con el Océano Pacífico al oeste, con una extensión total de 1290 km en costas: 212 km en la costa caribeña y 1 016 km en la costa pacífica.

Además, limita al norte con Nicaragua (309 km de frontera) y con Panamá al sureste (330 km de frontera). En cuanto a los límites marítimos, Costa Rica limita con Ecuador en el Océano Pacífico,

Abundancia y distribución de microplásticos en el Pacífico y Caribe de Costa Rica.

Marina Monzó López

con Colombia en el Mar Caribe y en el Océano Pacífico y con Panamá. En total, Costa Rica comprende 51 100 km² más 589 000 km² de aguas territoriales.

La división territorial de Costa Rica comprende 7 provincias divididas en 82 cantones y estos a su vez, subdivididos en 488 distritos colegiados, tal y como se ve en la Figura 4.



Figura 4: Mapa de Costa Rica con provincias y cantones. (Fuente Instituto de Fomento y Asesoría Municipal 2022.)

Costa Rica es un país muy montañoso y la mayor parte del territorio está formado por elevaciones de entre 900 y 1800 metros sobre el nivel del mar. Existen cuatro sistemas montañosos principales: la cordillera Volcánica de Guanacaste, la sierra Minera de Tilarán, la cordillera Volcánica Central y la cordillera de Talamanca, existen además cuatro sistemas montañosos secundarios: serranías de Nicoya ubicadas en la provincia de Guanacaste; fila Brunqueña o fila Costera que recorre la provincia de Puntarenas en forma paralela a la costa; y la sierra de Osa, en el Pacífico Sur, una serie de montañas que se extienden hasta Panamá, posee alturas entre los 600 y 1500 msnm (metros sobre el nivel del mar).

El punto más alto en el país es el cerro Chirripó (3820 msnm), el quinto pico más alto en América Central. El volcán más alto es el volcán Irazú (3432 msnm). El país posee cerca de 200 volcanes, de los cuales cinco se encuentran activos: Irazú, Poás, Arenal, Rincón de la Vieja y Turrialba.

Gracias a su localización este país presenta un clima tropical sin grandes variaciones anuales en su temperatura y con dos estaciones bien definidas: la seca, desde principios de diciembre hasta finales de abril (llamada también verano), y la lluviosa, desde principios de mayo hasta finales de noviembre (llamada invierno). Sin embargo, como la topografía del país es muy variada, con presencia de montañas, valles y llanuras en una extensión pequeña, existen diferentes y muy heterogéneos paisajes climáticos a lo largo del territorio. Al estar ubicado en el hemisferio norte, el país se ve afectado durante los cambios de estación, durante los meses de diciembre y enero, cuando las temperaturas suelen descender mucho considerablemente por los vientos del norte en los lugares más altos del país. La duración del día se ve afectada durante los solsticios y equinoccios. La estructura montañosa del país determina el origen de tres grandes regiones climáticas con características diferenciadas: Atlántico, Pacífico y Central.

Con tan solo el 0.03 % de la superficie terrestre mundial, Costa Rica posee aproximadamente el 6 % de la biodiversidad del planeta. Para el año 2013, un 52.4 % de la superficie continental total del país se encontraba cubierta de bosques y selvas, mostrando un incremento de un 12% en la recuperación de la cobertura boscosa en los últimos 17 años. Aproximadamente el 25% del territorio se encuentra protegido.

En cuanto a economía posee una economía mixta, que ha sufrido una fuerte evolución, pasando de ser un país eminentemente agrícola a una economía de servicios. Según el Índice de Competitividad Global del Foro Económico Mundial, en el 2018 Costa Rica ocupó el cuarto lugar entre las mejores economías de América Latina y el Caribe.

El turismo es la industria con mayor crecimiento y desde inicios de la década de 2000 genera más divisas que cualquiera de los principales productos agrícolas de exportación.

Son también de gran importancia las exportaciones agrícolas tradicionales del banano, el azúcar, el cacao y la piña; así como flores y minivegetales en los últimos años. Se destaca la producción de café costarricense de alta calidad y su exportación al mercado estadounidense en donde es muy apreciado.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos la población de Costa Rica en junio de 2021 alcanzó los 5.163.068 habitantes (INEC,2021)

El presente trabajo, se ha llevado a cabo para continuar los estudios de presencia y abundancia de microplásticos en las playas de Costa Rica, enmarcado en el Proyecto “ESTUDIOS DE ACIDIFICACIÓN, NUTRIENTES Y FLORACIONES ALGALES NOCIVAS EN AGUAS COSTERAS, Y MICROPLÁSTICOS EN PLAYAS, DE COSTA RICA: APORTES AL OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE 14 (VIDA SUBMARINA) DE LA AGENDA 2030, NACIONES UNIDAS”, que a su vez forma parte de la red REMARCO, una red voluntaria de investigación interdisciplinaria, sin fines de lucro, que emplea técnicas nucleares e isotópicas para uso pacífico, para el abordaje de problemas ambientales de los ecosistemas marino-costeros de Latinoamérica y el Caribe, cuya misión es generar información científica sobre el estado del ambiente marino-costero en Latinoamérica y el Caribe (LAC) a través del uso seguro y pacífico de técnicas nucleares e isotópicas, así como lograr la transferencia efectiva de esta información científica, para contribuir a la definición de políticas públicas hacia una gestión integral y sostenible del ambiente marino-costero, y al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (REMARCO, 2022) También forma parte de un proyecto llamado “Fortalecimiento de la vigilancia y respuesta regional para entornos marinos y costeros sostenibles (ARCAL CXLV)” financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en el que participan otro 14 países con la intención de hacer un catálogo de contaminación de playas (O`neal Coto, 2022).

OBJETIVOS

El objetivo principal del presente Trabajo de Fin de Grado es analizar la abundancia y distribución de microplásticos en diferentes playas del Caribe y del Pacífico de Costa Rica.

Para ello se han planteado los siguientes objetivos específicos:

1. Extraer microplásticos de muestras de sedimentos para determinar su presencia y abundancia en diferentes playas de Costa Rica.
2. Realizar la caracterización morfológica de los microplásticos hallados.
3. Analizar la distribución de los microplásticos hallados en las diferentes playas de Costa Rica.
4. Realizar un análisis comparativo de la presencia y abundancia de microplásticos hallados en la costa del Pacífico y en la costa del Caribe.

MATERIAL Y MÉTODOS

- Zonas de muestreo

En este estudio se muestrearon 12 playas diferentes, 6 localizadas en el Mar Caribe y las otras 6 en el Océano Pacífico. La localización de las playas de la costa caribeña es la que se muestra en la Figura 5:

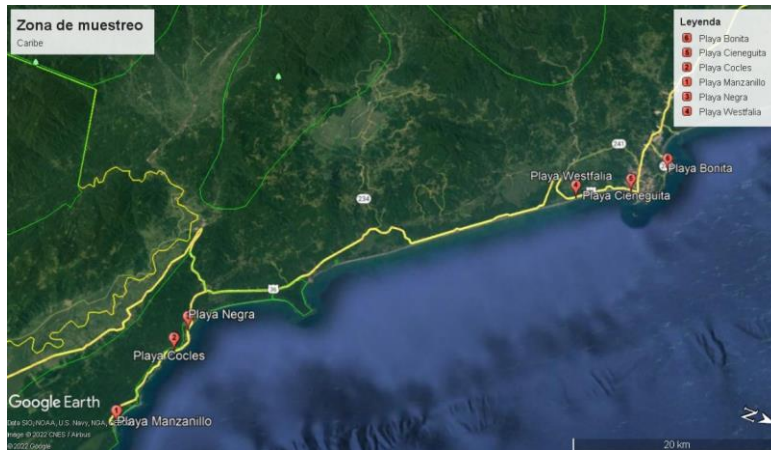


Figura 5: Localización de las playas muestreadas en el Caribe. Elaboración propia.

En cada una de las playas muestreadas, se establecieron cinco puntos de muestro. Las coordenadas de los puntos en las playas del Caribe se muestran en las Tablas 3,4,5,6,7 y 8.

Tabla 3: Coordenadas de los puntos de muestreo de playa Manzanillo

Playa Manzanillo	Coordenadas (grados, minutos y segundos)	
	Latitud	Longitud
R1	9°37'55.72"N	82°39'38.19"O
R2	9°37'55.62"N	82°39'38.88"O
R3	9°37'55.48"N	82°39'39.48"O
R4	9°37'55.48"N	82°39'40.10"O
R5	9°37'55.46"N	82°39'40.78"O

Tabla 4: Coordenadas de los puntos de muestreo de playa Cocles

Playa Cocles	Coordenadas (grados, minutos y segundos)	
	Latitud	Longitud
R1	9°39'6.35"N	82°44'14.74"O
R2	9°39'6.83"N	82°44'15.36"O
R3	9°39'7.19"N	82°44'16.00"O
R4	9°39'7.58"N	82°44'16.43"O
R5	9°39'8.05"N	82°44'17.08"O

Tabla 5: Coordenadas de los puntos de muestreo de playa Negra

Playa Negra	Coordenadas (grados, minutos y segundos)	
	Latitud	Longitud
R1	9°39'16.08"N	82°45'28.65"O
R2	9°39'15.98"N	82°45'29.30"O
R3	9°39'15.80"N	82°45'29.95"O
R4	9°39'15.77"N	82°45'30.63"O
R5	9°39'15.58"N	82°45'31.21"O

Tabla 6: Coordenadas de los puntos de muestreo de playa Westfalia

Playa Westfalia	Coordenadas (grados, minutos y segundos)	
	Latitud	Longitud
R1	9°53'44.8"N	82°58'25.8"O

Abundancia y distribución de microplásticos
en el Pacífico y Caribe de Costa Rica.

Marina Monzó López

R2	9°53'45.5"N	82°58'26.2"O
R3	9°53'46.0"N	82°58'26.7"O
R4	9°53'46.5"N	82°58'27.0"O
R5	9°53'47.1"N	82°58'27.4"O

Tabla 7: Coordenadas de los puntos de muestreo de playa Cieneguita

Playa Cieneguita	Coordenadas (grados, minutos y segundos)	
	Latitud	Longitud
R1	9°58'32.6"N	83°01'49.3"O
R2	9°58'33.2"N	83°01'49.4"O
R3	9°58'33.8"N	83°01'49.6"O
R4	9°58'34.5"N	83°01'49.6"O
R5	9°58'35.0"N	83°01'49.9"O

Tabla 8: Coordenadas de los puntos de muestreo de playa Bonita

Playa Bonita	Coordenadas (grados, minutos y segundos)	
	Latitud	Longitud
R1	10°00'35.2"N	83°03'48.6"O
R2	10°00'35.8"N	83°03'48.8"O
R3	10°00'36.5"N	83°03'48.9"O

Abundancia y distribución de microplásticos
en el Pacífico y Caribe de Costa Rica.

Marina Monzó López

R4	10°00'37.2"N	83°03'49.1"O
R5	10°00'37.8"N	83°03'49.1"O

La localización de las playas de la costa del Pacífico es la que se muestra en la Figura 6:

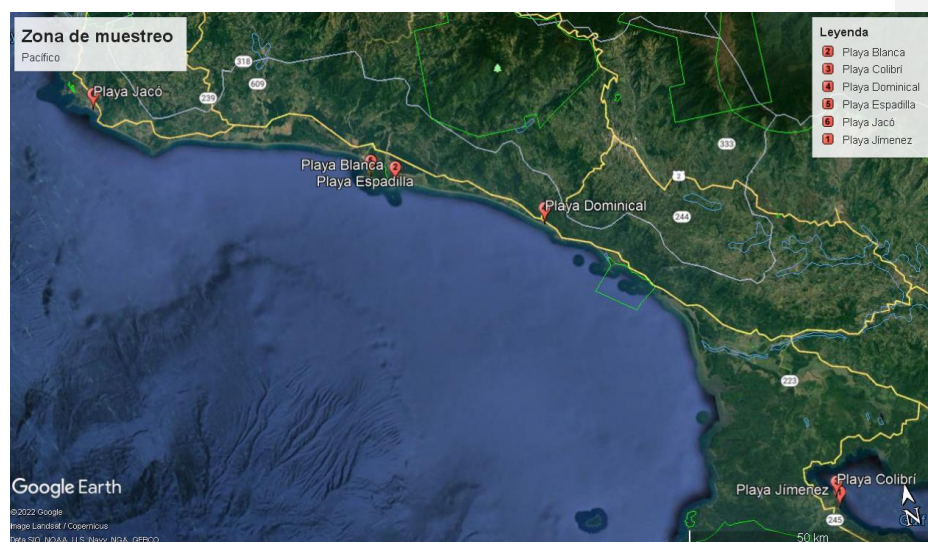


Figura 6: Localización de las playas muestreadas en el Pacífico. Elaboración propia

Comentado [AMHM1]: Ojo a la numeración

En cada una de las playas muestreadas, se establecieron cinco puntos de muestro. Las coordenadas de los puntos en las playas del Pacífico se muestran en las Tablas 9,10,11,12,13 y 14.

Tabla 9: Coordenadas de muestreo de Playa Jiménez. Elaboración propia

Playa Jiménez	Coordenadas (grados, minutos y segundos)	
	Latitud	Longitud
R1	8°38'31.29"N	83°26'3.67"O
R2	8°38'31.89"N	83°26'3.39"O

Abundancia y distribución de microplásticos en el Pacífico y Caribe de Costa Rica.

Marina Monzó López

R3	8°38'32.42"N	83°26'3.08"O
R4	8°38'32.95"N	83°26'2.77"O
R5	8°38'33.59"N	83°26'2.44"O

Tabla 10: Coordenadas de muestreo de Playa Blanca. Elaboración propia

Playa Blanca	Coordenadas (grados, minutos y segundos)	
	Latitud	Longitud
R1	9°22'4.98"N	84° 4'52.17"O
R2	9°22'4.63"N	84° 4'51.43"O
R3	9°22'4.26"N	84° 4'50.58"O
R4	9°22'3.87"N	84° 4'49.86"O
R5	9°22'3.54"N	84° 4'49.13"O

Tabla 11: Coordenadas de muestreo de Playa Colibrí. Elaboración propia

Playa Colibrí	Coordenadas (grados, minutos y segundos)	
	Latitud	Longitud
R1	8°39'37.39"N	83°26'10.76"O

Abundancia y distribución de microplásticos en el Pacífico y Caribe de Costa Rica.

Marina Monzó López

R2	8°39'37.89"N	83°26'11.36"O
R3	8°39'38.32"N	83°26'11.90"O
R4	8°39'38.79"N	83°26'12.51"O
R5	8°39'39.43"N	83°26'13.36"O

Tabla 12:Coordenadas de muestreo de Playa Dominical. Elaboración propia

Playa Dominical	Coordenadas (grados, minutos y segundos)	
	Latitud	Longitud
R1	9°15'2.60"N	83°51'48.82"O
R2	9°15'2.14"N	83°51'48.02"O
R3	9°15'1.70"N	83°51'47.31"O
R4	9°15'1.26"N	83°51'46.63"O
R5	9°15'0.86"N	83°51'45.99"O

Tabla 13:Coordenadas de muestreo de Playa Espadilla. Elaboración propia

PlayaEspadilla	Coordenadas (grados, minutos y segundos)	
	Latitud	Longitud
R1	9°23'36.91"N	84° 9'11.48"O
R2	9°23'36.30"N	84° 9'10.71"O
R3	9°23'35.68"N	84° 9'9.92"O
R4	9°23'35.24"N	84° 9'9.28"O
R5	9°23'34.89"N	84° 9'8.81"O

Tabla 14: Coordenadas de muestreo de Playa Jacó. Elaboración propia

Playa Jacó	Coordenadas (grados, minutos y segundos)	
	Latitud	Longitud
R1	9°36'43.19"N	84°37'43.95"O
R2	9°36'42.43"N	84°37'43.25"O
R3	9°36'41.84"N	84°37'42.72"O
R4	9°36'41.30"N	84°37'42.19"O
R5	9°36'40.75"N	84°37'41.71"O

- Muestreo

Para la recogida de muestras se hizo un transecto de 100 metros de distancia en la zona intermareal y se puso una cuadrícula de madera de 1x1 metro en cada punto, de forma que había 5 en cada playa (OSPAR 2010).

De cada punto se tomaron las coordenadas con un GPS y se hundió la cuadrícula aproximadamente 1 cm en la arena (hasta la línea señalada con la flecha). Se recogió este centímetro superficial con una pala de metal y se puso en cubos de metal anteriormente etiquetados con el nombre y el punto de la playa, como se ve en la figura 7.



Figura 7: Recolecta de sedimentos. Se observa la cuadrícula de 1x1 con la línea de 1 cm marcada, el cubo y la pala de metal. Elaboración propia.

- Pretratamiento de muestras

Una vez tomadas las muestras de todos los puntos se pesaron poniéndolas dentro de una bolsa de tela y con ayuda de una báscula de equipaje.

Los datos se apuntaron en las tablas de plástico que seguían la plantilla del Anexo I.

Cuando se tuvieron todas las muestras se metieron en cajas de plástico para transportarlas más fácilmente y se llevaron al laboratorio para ser analizadas.

Una vez allí, se pusieron a secar los cubos en la estufa para quitar la mayor cantidad de humedad posible para facilitar el análisis.

Pasada una semana se sacaron y se dejaron atemperar.

Posteriormente se procedió a tamizar el sedimento recogido en tamices de 1 y 5 mm.

Todo el material que se quedó en el tamiz de 5 mm y que no era un plástico fue descartado, el resto fueron puestos en un vaso de precipitados rotulado con el nombre de la playa, el punto y el tamaño de matic. Lo mismo se hizo con las partículas retenidas en el tamiz de 1 mm (Figura 8), estas se pusieron en un vaso de precipitados con la ayuda de un pincel para asegurarnos de no dejar ningún microplástico.



Figura 8: Tamiz de 1 mm con muestra. Elaboración propia.

El sedimento que ya había sido tamizado se pasó a las cajas de plástico de cada punto para, cuando estuvieran tamizados los 5 puntos de una misma playa, mezclarlos y coger una alícuota de unos 600 gramos aproximadamente con el fin de observar y cuantificar los microplásticos inferiores a 1 mm.

- Extracción de microplásticos

Todas las muestras de los tamices de 1 mm y las alícuotas se suspendieron en una solución sobresaturada de NaCl y se agitó durante dos minutos con una varilla agitadora y se tapó con papel de plata para dejarlo reposar durante 48 horas, de manera que los microplásticos se quedaron en la fase líquida para posteriormente ser filtrada (Figuras 9 y 10).



Figura 9: Alícuota con solución sobresaturada de NaCl. Elaboración propia.

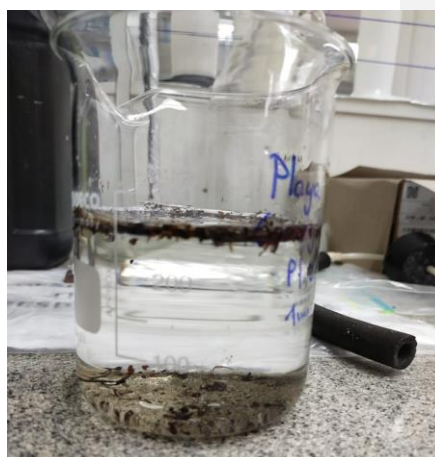


Figura 10: Muestra del tamiz de 1mm con solución sobresaturada de NaCl. Elaboración propia

Este proceso se repitió tres veces con la misma solución hipersalina, después de cada filtración se volvió a suspender la muestra en NaCl debido a que había muchas muestras con gran cantidad de materia vegetal flotante (Figura 11), por lo que para ser lo más precisos posible en el número de microplásticos se repite el proceso varias veces.

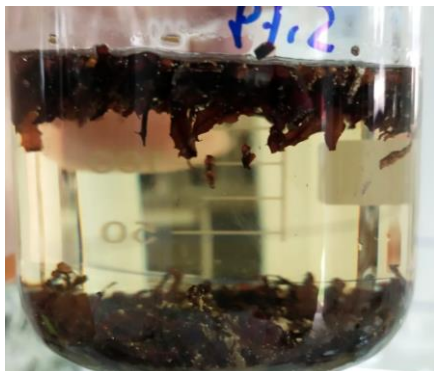


Figura 11: Vaso de precipitados con mucha materia vegetal en suspensión. Elaboración propia.

Las muestras fueron filtradas en dos fases, en la primera, se llevó a cabo una filtración sin filtro de nitrocelulosa, únicamente con el filtro de metal del propio equipo, con el fin de limpiar la muestra y quitar la mayor cantidad de NaCl para facilitar su posterior observación. Se filtró con ayuda de una varilla agitadora (se puso en el centro y se dejó caer el líquido por ella para evitar hacer más lavados con agua destilada) (Figura 12).



Figura 12: Primera fase de filtración. Elaboración propia.

En la segunda fase, se recogió el filtro de metal de la primera y se procedió a lavarlo con agua destilada sobre el segundo equipo, esta vez, con un filtro de nitrocelulosa, para recoger todo lo que había quedado en el filtro (Figura 13).



Figura13: Segunda fase de filtración. Elaboración propia

Una vez terminada la filtración en dos fases, se recolectó el filtro de nitrocelulosa con unas pinzas (Figura 14) y se colocó en una Placa Petri de vidrio debidamente etiquetada para su posterior análisis.



Figura 14: Filtro de nitrocelulosa después de la filtración en dos fases. Se observan plásticos a simple vista. Elaboración propia.

- Caracterización de microplásticos.

Cuando estuvieron juntos los tres filtros de cada muestra en una Placa Petri se empezaron a limpiar las muestras con gran cantidad de material vegetal. Esto se llevó a cabo con ayuda de una Lupa Binocular, ya que muchas veces había fibras enredadas en dicha materia vegetal como se puede observar en la Figura 15.



Figura 15: Fibras enredadas en material vegetal. Elaboración propia

Se intentó quitar la mayor cantidad de materia vegetal con una aguja y unas pinzas y cuando el filtro estuvo lo suficientemente despejado se contaron los microplásticos en el filtro siguiendo un orden para no perder la cuenta (Figura 16) y se apuntaron en un Excel clasificándolos por color y forma.

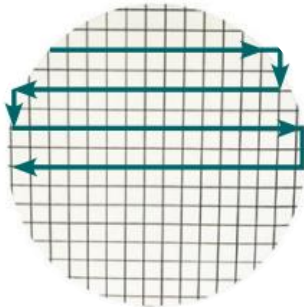


Figura 16: Esquema recorrido para el conteo de microplásticos. Elaboración propia

Los datos que se recogieron fueron el nombre de la playa, la fecha en la que se tomó la muestra, el peso de esta y el tamiz utilizado. Después del conteo se clasificaron en una tabla por tipo de microplástico (estereofón, fragmento, pellet o fibra) y por color. Todos estos datos se recogieron en una ficha como la que se adjunta en el Anexo II.

Se completó esta ficha tanto para los microplásticos en el tamiz de 1mm como para la alícuota con microplásticos inferiores a 1 mm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la extracción y el conteo de microplásticos en las muestras clasificados por playas y tamaño del tamiz, tal y como se recogen en los Anexos III y IV, se han obtenido los siguientes resultados.

Los resultados obtenidos se calcularon en número de microplásticos por kilogramo de muestra, de esta manera se obtuvieron datos comparables entre las playas de ambas costas, para cada tamaño de microplástico (Tabla 15).

Tabla 15: Cantidad de microplásticos en nº de microplásticos/kg de sedimento. Elaboración propia

Tamaño

Playas	1mm	≤1mm
Jiménez	10,5769	464,6491
Blanca	15,9333	516,2315
Colibrí	17,1851	209,1237
Dominical	15,9636	659,5251
Espadilla	64,9062	2961,476
Jacó	36,5957	2182,7513
Manzanillo	10,0983	257,7885
Cocles	13,625	347,6397
Negra	10,081	270,5677
Westfalia	9,7021	277,8665
Cieneguita	17,4545	442,9796
Bonita	12,7407	479,2579

A partir de estos datos se realizó el análisis estadístico por zonas.

Análisis estadístico de las playas del Pacífico

En las playas del Pacífico se han encontrado en total 6.010 microplásticos, teniendo en cuenta los de tamaño entre 5 y 1 mm y los menores de 1 mm, sobre todo se han encontrado en la playa de Espadilla y Jacó.

Al comparar la cantidad de microplásticos encontrados de diferentes tamaños en las Figuras 17 y 18, vemos que hay una gran diferencia entre los encontrados en el rango de 5 a 1 mm y los inferiores a 1 mm, siendo mucho mayor el número de éstos encontrados respecto de aquellos.

En el caso de Playa Jiménez se observa que hay 464,6491 microplásticos de tamaño inferior a 1 mm y 10,5769, lo que nos indica que la cantidad de microplásticos inferiores a 1mm es 43,9 veces mayor que los de 5 a 1 mm. Esta proporción sigue también en el resto de las playas con ligeras variaciones. En el caso de Playa Blanca los microplásticos inferiores a 1mm son 32,39 veces más abundantes. En Playa Colibrí esta diferencia no es tan significativa, ya que la diferencia es solo de 12,16. En Dominical esta diferencia vuelve a aumentar, hay 41,31 veces mayor cantidad de microplásticos inferiores a 1 mm que de entre 5 y 1 mm. Esta diferencia se puede

Comentado [AMHM2]: A qué puede deberse esto?? Habría que comentarlo y, si fuera posible encontrar algo de bibliografía que lo apoye o contradiga, incluirlo también.

Comentado [MML3R2]: Así mejor?

Comentado [AMHM4R2]: Si hay otros estudios que apoyen esta idea, sí. Puede ser porque hayan obtenidos resultados similares, y entonces digas sencillamente que son más abundantes tal y como ocurre en otros estudios llevados a cabo por Fulanito de tal en donde sea. Pero no creo que haya tiempo para para esto ya. Pero poner algo así me parece demasiado atrevido. Casi mejor no poner nada.

Comentado [MML5R2]: vale

apreciar muy bien en Espadilla, ya que es de 45,62, y en Jacó, al tratarse de una diferencia de 59,64 veces mayor.

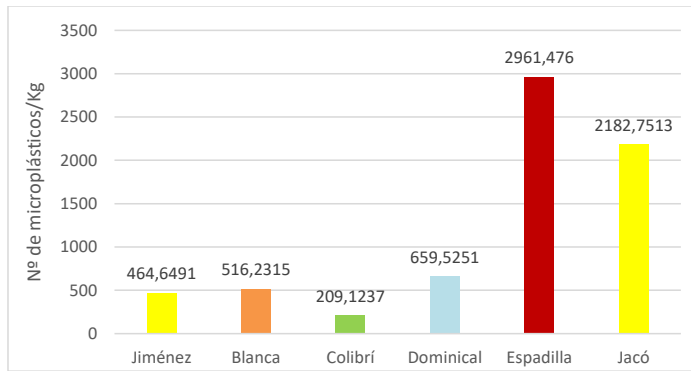


Figura 17: Cantidad de microplásticos en Nº/kg de tamaño $\leq 1\text{mm}$ de las playas del Pacífico. Elaboración propia

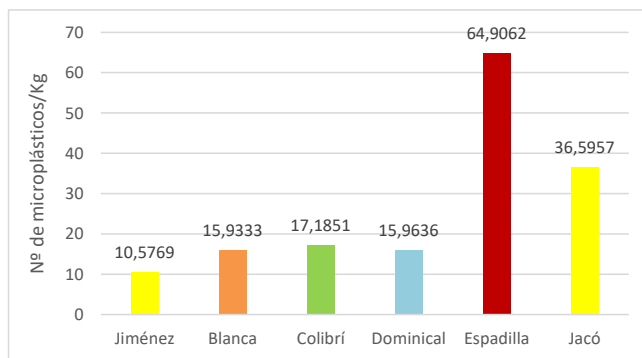


Figura 18: Cantidad de microplásticos en Nº/kg de tamaño entre 5 y 1mm de las playas del Pacífico. Elaboración propia

Tal y como se muestra en la Figura 17 Espadilla cuenta con 2961,476 microplásticos por kilogramo de tamaño inferior a 1 mm y con 64,9062 Nº/kg de tamaño entre 5 y 1 mm como se observa en la Figura 18.

En cambio, Jacó cuenta con una cantidad de 2182,7513 de Nº/kg de tamaño inferior a 1 mm (Figura 17) y 36,5957 de tamaño entre 5 y 1 mm (Figura 18).

El tipo de microplástico que se ha encontrado en mayor cantidad es el de fragmentos y luego las fibras, tal y como se puede observar en las Figuras 19 y 20 y el de menor abundancia los estereofones y los pellets. Esto se puede observar sobre todo en las playas de Espadilla y Jacó en el caso de microplásticos

de tamaño inferior a 1 mm y en el caso de Espadilla en microplásticos de tamaño entre 5 y 1 mm. En este tamaño encontramos también gran cantidad de fibras.

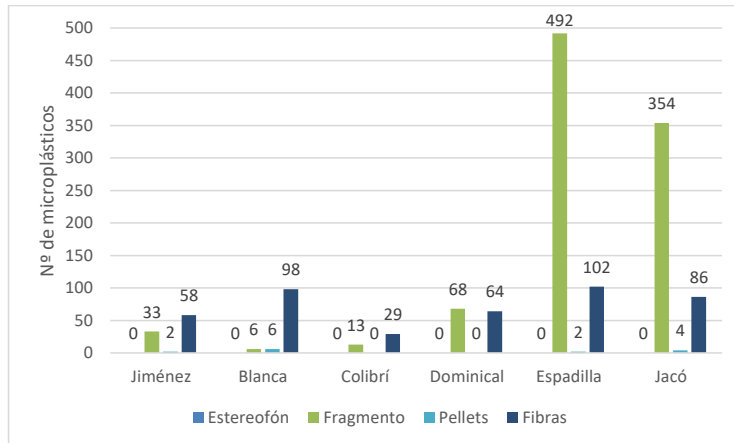


Figura 19: Cantidad de microplásticos por tipo de tamaño $\leq 1\text{mm}$ de las playas del Pacífico. Elaboración propia

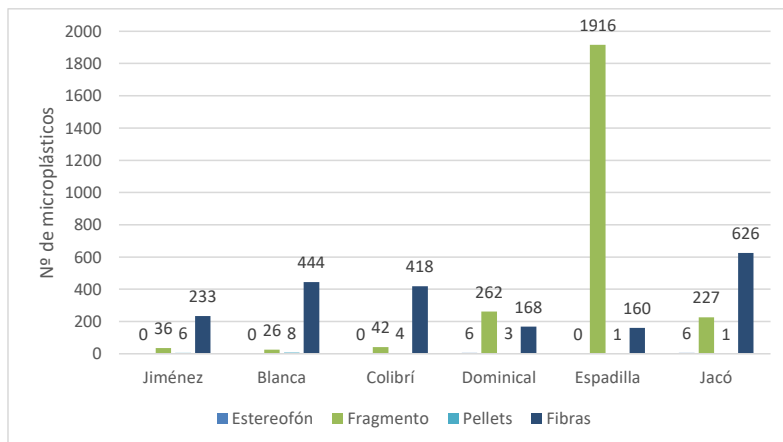


Figura 20: Cantidad de microplásticos por tipo de tamaño entre 5 y 1mm de las playas del Pacífico. Elaboración propia

Análisis estadístico de las playas del Caribe

En las playas del Caribe se han encontrado en total 3.212 microplásticos, distribuidos sobre todo en las playas Cieneguita, Cocles y Bonita.

Al comparar la cantidad de microplásticos encontrados de diferentes tamaños en las Figuras 21 y 22, vemos que hay una gran diferencia entre los encontrados en el rango de 5 a 1 mm y los inferiores a 1 mm, siendo mucho mayor el número de éstos encontrados respecto de aquellos.

En el caso de Manzanillo se observa que hay 257,7885 microplásticos de tamaño inferior a 1 mm y 10,0983, lo que nos indica que la cantidad de microplásticos inferiores a 1mm es 25,52 veces mayor que los de 5 a 1 mm. Esta proporción sigue también en el resto de las playas con ligeras variaciones. En el caso de Cocles los microplásticos inferiores a 1mm son 25,51 veces más abundantes. En Playa Negra esta diferencia no es más significativa, ya que la diferencia es de 26,83. En Westfalia esta diferencia aumenta, hay 28,63 veces mayor cantidad de microplásticos inferiores a 1 mm que de entre 5 y 1 mm. Esta diferencia se puede apreciar también en Cieneguita, ya que es de 25,37, y en Playa Bonita, al tratarse de una diferencia de 37,61 veces mayor.

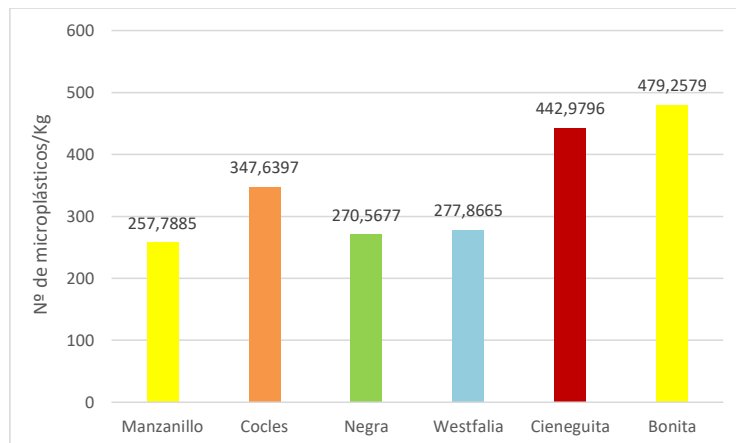


Figura 21: Cantidad de microplásticos en N°/kg de tamaño ≤1mm de las playas del Caribe. Elaboración propia

Comentado [AMHM6]: Igual que con las del Pacífico, A qué puede deberse esto?? Habría que comentarlo y, si fuera posible encontrar algo de bibliografía que lo apoye o contradiga, incluirlo también.

Comentado [MML7R6]: No he encontrado bibliografía que lo respalde

Comentado [AMHM8R6]: Pues entonces, quítalo también aquí. Siempre podemos apelar a que este es un área de estudio en auge ahora mismo... y que no hay muchísimo publicado... ya veremos cómo preparar este tipo de preguntas :)

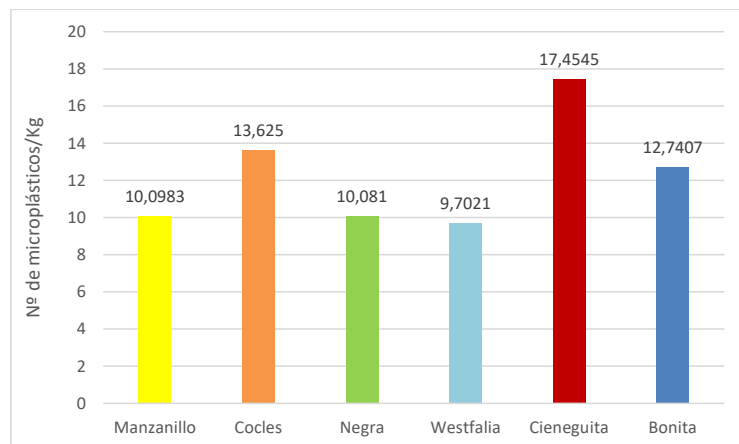


Figura22: Cantidad de microplásticos en Nº/kg de tamaño entre 5 y 1mm de las playas del Caribe. Elaboración propia

Tal y como se muestra en las Figuras 21 y 22 Playa Bonita cuenta con 479,2579 microplásticos por kilogramo de tamaño inferior a 1 mm y 12,7407 Nº/kg de tamaño entre 5 y 1 mm, le siguen Cieneguita con 442,9796 microplásticos de menos de 1 mm y 17,4545 de tamaño entre 5 y 1 mm y Cocles con 347,6397 de tamaño inferior a 1 mm y 13,625 de tamaño entre 5 y 1 mm.

En cambio, Manzanillo, Westfalia y Playa Negra cuentan con una cantidad bastante inferior. En el caso de los microplásticos de tamaño inferior a 1 mm, la playa con menor cantidad es Manzanillo, pero en el caso de los microplásticos de entre 5 y 1 mm es Westfalia.

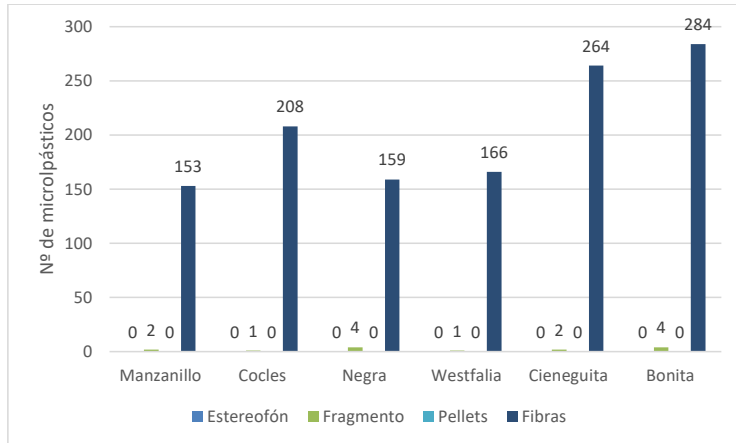


Figura 23: Cantidad de microplásticos por tipo de tamaño $\leq 1\text{mm}$ de las playas del Caribe. Elaboración propia

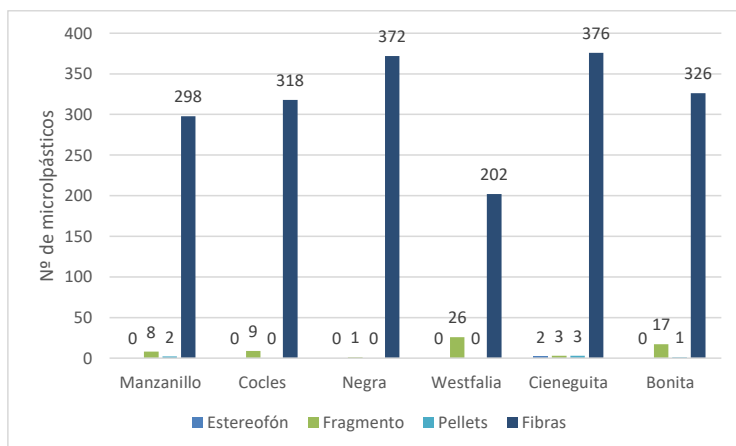


Figura 24: Cantidad de microplásticos por tipo de tamaño entre 5 y 1mm de las playas del Caribe. Elaboración propia

El tipo de microplástico que se ha encontrado en mayor abundancia son las fibras seguidas por los fragmentos, tal y como se puede observar en las Figuras 23 y 24, y el de menor abundancia los estereofones y los pellets. Esto se ve sobre todo en Cieneguita y en Playa Bonita.

Comparación entre ambas zonas

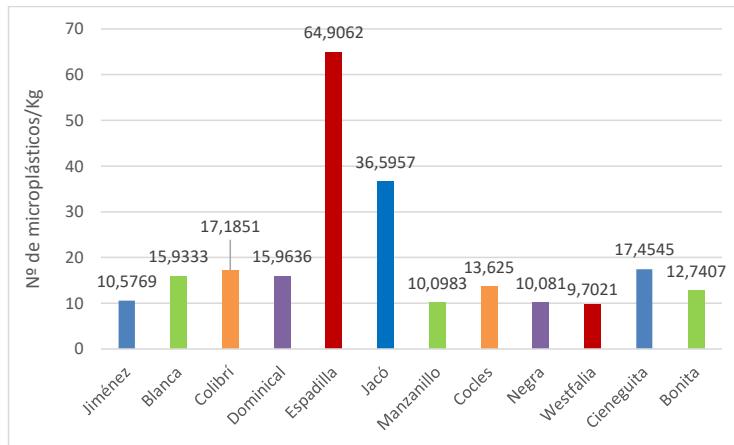


Figura25: Cantidad de microplásticos de tamaño entre 5 y 1mm (Nº/Kg).Elaboración propia

Haciendo una comparación entre todas las playas, en la Figura 25 se observa que la playa con mayor cantidad de microplásticos de entre 5 y 1 mm es Espadilla y en la que se han encontrado menor cantidad es Westfalia, aunque Jiménez, Manzanillo y Playa Negra tienen una cantidad parecida. Esto puede ser debido a su localización, ya que, tal y como vemos en la Figura 6 (donde está la localización de las playas en el pacífico) Espadilla es una de las playas que se encuentra más cerca de la capital de Costa Rica, San José, al igual que Jacó, que ocupa el segundo lugar en la cantidad de microplásticos encontrados, por ello estas dos playas reciben un gran aporte de turistas, lo que se podría considerar una causa de la gran cantidad de microplásticos encontrados. Por otra parte, Westfalia es una playa que está localizada en el Caribe Sur, tal y como se ve en la Figura 5 (de la localización de las playas en el Caribe), por lo que al estar lejos de la Capital recibe menor aporte de turistas.

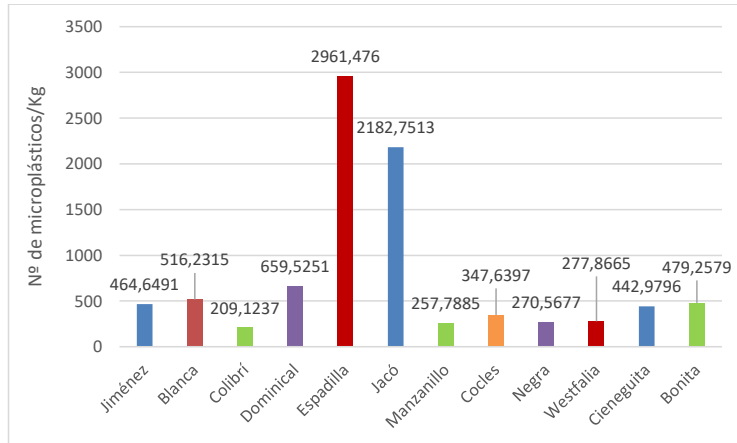


Figura26: Cantidad de microplásticos de tamaño $\leq 1\text{mm}$ (item/Kg) Elaboración propia

En el caso de los microplásticos encontrados de menor tamaño a 1 mm vemos en la Figura 26 que Espadilla y Jacó siguen siendo las playas con mayor cantidad de microplásticos aunque en este caso la que menor cantidad tiene es Colibrí. Esta playa, al estar alejada de las grandes corrientes oceánicas es normal que tenga una baja cantidad de microplásticos, ya que según estudios recientes una de las principales causas de contaminación por microplásticos en playas son las corrientes oceánicas, pero en estas zonas van en dirección sur-oeste (Rangel-Buritago *et al.*, 2018), sin embargo, se ha visto que en el caso de microplásticos de tamaño entre 5 y 1 mm no presenta una gran diferencia a otras playas de este estudio, esto puede ser debido a otras fuentes de microplásticos como por ejemplo el aporte de estos por los ríos o la contaminación antropogénica (Rangel-Buritago *et al.*, 2018).

En algunas playas como por ejemplo Playa Negra se ha encontrado una cantidad de microplásticos baja en comparación con las otras playas. Esto puede deberse a que está muy cerca del Parque Nacional de Cahuita, un área protegida que posee restricciones, como, por ejemplo, no se permite la entrada de plásticos de un solo uso. (Cahuita, 2022), es decir por los sistemas de gestión de las áreas protegidas (Bueno-Valencia 2019).

De acuerdo con la clasificación de microplásticos según su morfología (estereofón, pellets, fragmentos o fibras) y tamaño (5-1mm o $\leq 1\text{mm}$) se obtuvieron los resultados recogidos en las Tablas 16 y 17.

Tabla 16: Clasificación del tipo de microplásticos por playa de tamaño de 5 a 1 mm. Elaboración propia

5-1mm Playa	Tipo de microplástico				TOTAL
	Estereofón	Fragmento	Pellets	Fibras	
Jiménez	0	36	6	233	275
Blanca	0	26	8	444	478
Colibrí	0	42	4	418	464
Dominical	6	262	3	168	439
Espadilla	0	1916	1	160	2080
Jacó	6	227	1	626	860
Manzanillo	0	8	2	298	308
Cocles	0	9	0	318	327
Negra	0	1	0	372	373
Westfalia	0	26	0	202	228
Cieneguita	2	3	3	376	384
Bonita	0	17	1	326	344
TOTAL	14	2573	29	3941	6557

Tabla 17: Clasificación del tipo de microplásticos por playa de tamaño inferior a 1 mm. Elaboración propia

≤1mm Playa	Tipo de microplástico				TOTAL
	Estereofón	Fragmento	Pellets	Fibras	
Jiménez	0	33	2	58	93
Blanca	0	6	6	98	110
Colibrí	0	13	0	29	42
Dominical	0	68	0	64	132
Espadilla	0	492	2	102	596
Jacó	0	354	4	86	444
Manzanillo	0	2	0	153	155
Cocles	0	1	0	208	209
Negra	0	4	0	159	163
Westfalia	0	1	0	166	167
Cieneguita	0	2	0	264	266
Bonita	0	4	0	284	288
TOTAL	0	980	14	1671	2665

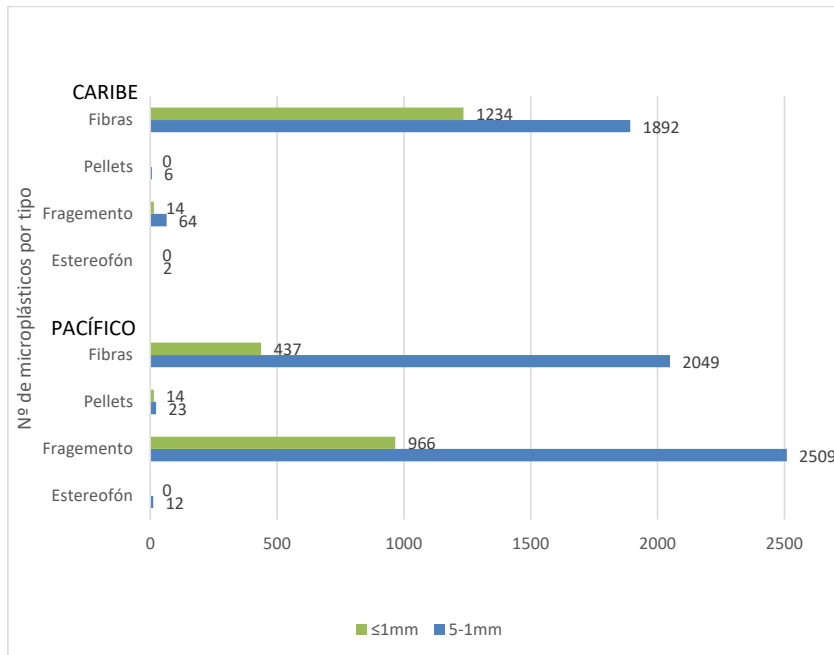


Figura27: Cantidad de microplásticos dependiendo del tipo en el Pacífico y el Caribe. Elaboración propia

En la Figura 27, se observa cómo, en general, la cantidad de microplásticos encontrados en las playas de la zona del Pacífico son es mayor que la de las playas del Caribe, para ambos rangos de tamaño. Además, se observa que la mayor cantidad de microplásticos encontrados son fibras en el caso del Caribe, a continuación, se sitúan los fragmentos, seguidos de los pellets y por último por estereofones, en cambio, en el Pacífico la mayor cantidad de microplásticos son fragmentos seguidos por fibras, pellets y por último estereofones. Esto puede ser debido al tipo de plásticos que se usan normalmente en la zona, ya que muchos fragmentos pueden estar derivados de bolsas de plástico u otro tipo de materiales. Y las fibras suelen proceder de las redes de pesca, al tratarse Costa Rica de un país muy rural, dependen mucho de este sector. En las muestras se han encontrado algunos restos de redes, como se ve en la Figura 28.

Abundancia y distribución de microplásticos
en el Pacífico y Caribe de Costa Rica.

Marina Monzó López

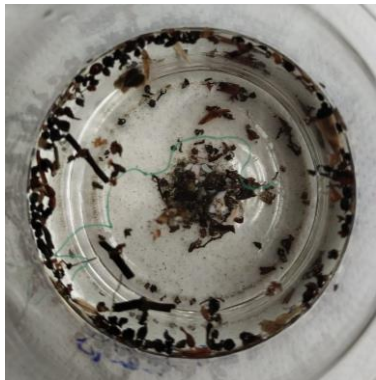


Figura 28: Muestra con parte de una red. Elaboración propia

CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente Trabajo de Fin de Grado sobre el análisis y la distribución de microplásticos en las costas del Pacífico y Caribe de Costa Rica son las siguientes:

1. Se han extraído microplásticos de diferentes playas de la zona del Pacífico y del Caribe de Costa Rica, encontrándose un total de 6010 en las playas del Pacífico estudiadas, y 3212 en las del Caribe.
2. Respecto a la morfología de los microplásticos encontrados, los más abundantes son las fibras seguidos por los fragmentos, los pellets y los estereofones.
3. Las playas del Pacífico que más cantidad de microplásticos presentan son Espadilla y Jacó; y las del Caribe, Cieneguita, Bonita y Cocles.
4. Los resultados muestran que hay una mayor presencia y abundancia de microplásticos en las playas de la zona del Pacífico; siendo más abundantes las fibras en las playas del Caribe, y los fragmentos en las del Pacífico.
5. Se ha encontrado una menor cantidad de microplásticos de tamaño entre 5 y 1 mm, que del tamaño inferior a 1mm.

LÍNEAS FUTURAS

Las líneas futuras relacionadas con el estudio de micoplásticos son muchas, ya que este tipo de estudio se encuentra en auge en los últimos tiempos.

La más importante sería una mejora del estudio de los materiales que forman los plásticos, para así poder en un futuro determinar que materiales son los que están causando mayor contaminación y por tanto más daños en el medio para retirarlos del mercado.

Este proceso hoy en día es complicado, ya que es muy costoso porque se necesitan microscopios de infrarrojo para determinar el tipo de material y el protocolo a seguir es muy largo, porque se debe tamizar una gran cantidad de arena y el conteo de microplásticos es muy largo.

Por último, este estudio propone la necesidad de una mayor concienciación y divulgación sobre la importancia de la eliminación de estos microplásticos ya que estos pueden ser muy dañinos para los ecosistemas.

- Arriaza, J., Sandoval, G., Cortés, E. y Pozo, K., 2022. *Un Mar de Micro Plásticos en Chile: Propuestas para minimizar sus efectos en Salud y el Medioambiente*. [en línea] Fit.uss.cl. Disponible en: <<https://fit.uss.cl/content/uploads/2019/05/Un-Mar-de-Micro-Plasticos.pdf>> [Consultado el 26 de junio de 2022].
- Asoven. (2018). ¿Qué es el PVC? Ventajas, Fabricación e Impacto Ambiental. Revista de La Ventana.
- Browne, M.A., Galloway, T., Thompson, R. 2007, Microplastic – An emerging contaminant of potential concern?, *Integrated Environmental Assessment and Management*, 3(4), 559-566.
- Bueno-Valencia, JM., (2019) *Abundancia y distribución de macrobasura y mesoplásticos en las playas Las Palmas, Atacames y Los Frailes en la costa ecuatoriana*. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero ambiental, Universidad de Guayaquil, Ecuador. [En línea] Disponible en : <<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/44666/1/ABUNDANCIA%20Y%20DISTRIBUCION%20DE%20MACROBASURA%20Y%20MESOPLASTICOS%20EN%20LAS%20PLAYAS%20LAS%20PALMAS%20ATACAMES%20Y%20LOS%20FRAILES%20EN%20LA%20COSTA%20ECUATORIANA.pdf>> [Consultado en 28 de junio de 2022]
- Cahuita, P., 2022. *Parque Nacional Cahuita - Cahuita (Costa Rica)*. [en línea] Cahuita (Costa Rica). Disponible en: <<https://www.cahuita.cr/parque-nacional/>> [Consultado el 27 de junio de 2022].
- Castañeta, G., Gutiérrez, A., Nacaratte, F. and Manzano, C., 2022. *MICROPLÁSTICOS: UN CONTAMINANTE QUE CRECE EN TODAS LAS ESFERAS AMBIENTALES, SUS CARACTERÍSTICAS Y POSIBLES RIESGOS PARA LA SALUD PÚBLICA POR EXPOSICION*. [en línea] Redalyc.org. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4263/426365043004/html/#redalyc_426365043004_ref20> [Consultado el 28 de junio de 2022].
- Carpenter EJ, Smith KL Jr. Plastics on the Sargasso sea surface. *Science*. 1972 Mar 17;175(4027):1240-1. doi: 10.1126/science.175.4027.1240. PMID: 5061243. [Consultado en 28 de junio de 2022]
- Ccp.ucr.ac.cr. 2022. [en línea] Disponible en: <https://ccp.ucr.ac.cr/bvp/mapoteca/CostaRica/generales/atlas_cantonal_1984/02-Provincias_Cantones-CR.pdf> [Consultado el 27 de junio de 2022].
- GESAMP (2015). Fuentes, destino y efectos de los microplásticos en el medio ambiente marino: una evaluación global. (P. J. Kershaw,ed.). (OMI/FAO/UNESCO-COI/ONUDI/OMM/OIEA/ONU/PNUMA/PNUD Grupo Conjunto de Expertos sobre los

Aspectos Científicos de la Protección del medio ambiente). Rep. Stud. GESAMP N° 90: 96 págs.

- GESAMP (2019). Guidelines on the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw P.J., Turra A. and Galgani F. editors), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 99, 130p.
- Geyer, R., J. R. Jambeck y K. L. Law (2017). Producción, uso y destino de todos los plásticos jamás fabricados. Avances científicos.
- León Muez, D., Peñalver Duque, P. y Franco Fuentes, E., 2022. Protocolo para la planificación, exploración, análisis e identificación de microplásticos en ríos.
- O'neal Coto, K., 2022. *Los microplásticos deambulan por los océanos y playas de Costa Rica*. [online] Universidad de Costa Rica. Available at: <[http://www.ittehuacan.edu.mx/revista/vol011-2021/espacioquimico2021.pdf](https://www.ucr.ac.cr/noticias/2022/06/08/los-microplasticos-deambulan-por-los-oceanos-y-playas-de-costa-rica.html#:~:text=Mostrar%20Enlaces-,Los%20micropl%C3%A1sticos%20deambulan%20por%20los%20oc%C3%A9anos%20y%20playas%20de%20Costa,microperlas%2C%20fragmentos%20pl%C3%A1sticos%20y%20estereof%C3%B3n.> [Accessed 29 June 2022].• Ortiz Aguilar, T., 2021. UNA MIRADA HACIA LOS PLÁSTICOS. <i>Epsilon Delta de las Ciencias</i>, [en línea] Disponible en: < [Consultado el 28 de junio de 2022].
- Plasticseurope.org. 2022. [en línea] Disponible en: <https://plasticseurope.org/es/wp-content/uploads/sites/4/2021/11/ES_Plastics_the_facts-WEB-2020_May21_final_updatedJuly2021.pdf> [Consultado el 28 de junio de 2022].
- PNUMA (2016). Desechos plásticos marinos y microplásticos: lecciones e investigaciones globales para inspirar la acción y guiar el cambio de políticas. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) Nairobi, 252 págs.
- Rangel-Buitrago, Nelson; Gracia C., Adriana; Vélez-Mendoza, Anubis; Mantilla-Barbosa, Eгна; Arana, Victoria Andrea; Trilleras, Jorge; Arroyo-Olarte, Harry (2018). Abundance and distribution of beach litter along the Atlántico Department, Caribbean coast of Colombia. *Marine Pollution Bulletin*, 136(), 435–447. doi:10.1016/j.marpolbul.2018.09.040
- Remarco.org. 2022. *REMARCO – REMARCO*. [en línea] Disponible en: <<https://remarco.org/remarco/>> [Consultado el 28 de junio de 2022].

- Seth C. Rasmussen; (2021). De la parkesina al celuloide: el nacimiento de los plásticos orgánicos. *Angewandte Chemie*, (), -. doi:10.1002/ange.202015095
- Sistemamid.com. 2022. *Historia de los plásticos*. [en línea] Disponible en: <https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-01-15_11-17-49131596.pdf> [Consultado el 26 de junio de 2022].
- Teruel, A., 2022. *Este científico usó por primera vez el término 'microplástico' en 2004, Fundéu lo ha elegido ahora palabra del año 2018*. [en línea] ELDiario.es. Disponible en: <https://www.eldiario.es/ballenablanca/365_dias/cientifico-primero-utilizo-termino-microplasticos_1_1768402.html> [Consultado el 26 de junio de 2022].
- Wenneker, B.; Oosterbaan, L. y Grupo de Correspondencia Intersesional sobre Basura Marina (ICGML) (2010) *Directrices para el Monitoreo de Basura Marina en las Playas en el Área Marítima OSPAR*. Edición 1.0. Londres, Reino Unido, Comisión OSPAR, 15 págs. & Anexos. DOI: <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-968>
- Www3.gobiernodecanarias.org. 2022. *Ciencias para el mundo contemporáneo*. [en línea] Disponible en: <http://www3.gobiernodecanarias.org/aciisi/cienciasmc/web/u8/contenido4.8_u8.html#:~:text=El%20primer%20pl%C3%A1stico%20fue%20la, llam%C3%B3%20a%20la%20sustancia%20celuloide.> [Consultado el 26 de junio de 2022].
- Yu, Q., Hu, X., Yang, B., Zhang, G., Wang, J., Ling, W. 2020, Distribution, abundance and risks of microplastic in the environment, *Chemosphere*, 249, 126059.

ANEXOS

ANEXO I: Ficha para la recogida de muestras de sedimento

Muestreo de arenas de playa para la determinación de microplásticos.

Playa Código playa

Fecha _____ Hora _____

Estado de marea. Horas de pleamar _____

Referencia utilizada en el etiquetado _____

Punto	Situación	Coordenadas (Grados decimales)	
		LAT	LONG
R1			
R2			
R3			
R4			
R5			

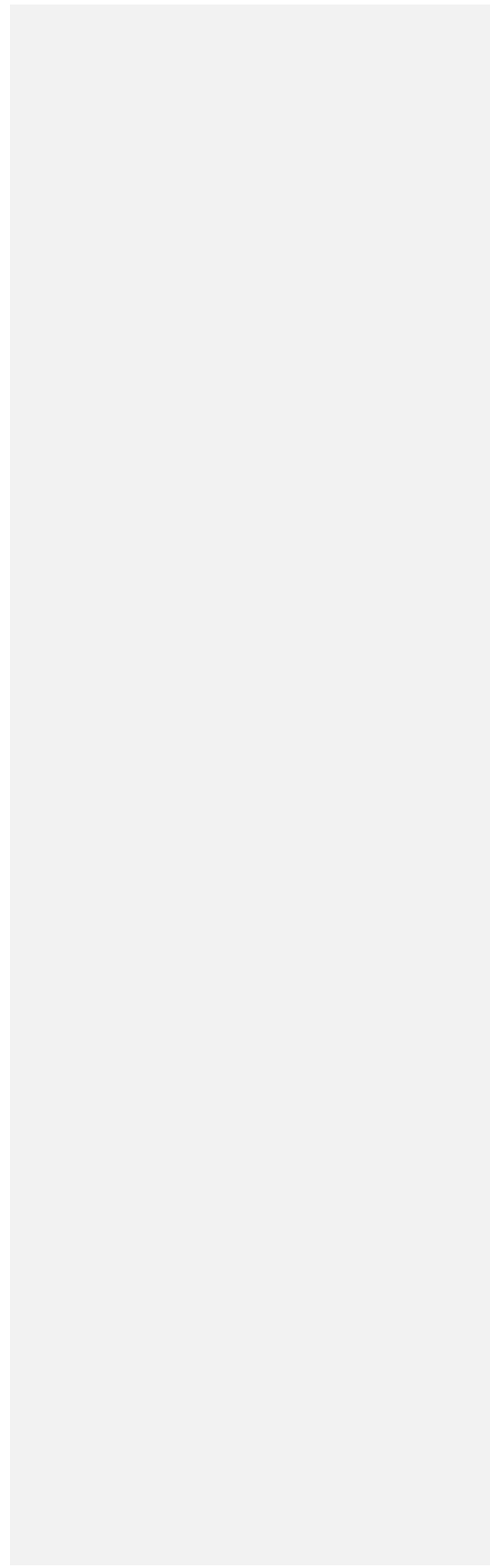
Punto	Peso envase metal (g)	Peso envase metal + muestra (kg)
R1		
R2		
R3		
R4		
R5		

Abundancia y distribución de microplásticos
en el Pacífico y Caribe de Costa Rica.

Marina Monzó López

Playa:
Fecha:
Peso:
Tamiz:

	Color									
Pieza	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	Total
Estereofón										
Fragmento de plástico										
Pellets										
Fibras										
Total										



ANEXO III Resultados de playas del Caribe

Comentado [MML9]: Estas tablas también deben llevar pie de tabla?

Comentado [AMHM10R9]: Encabezado, sí. Recuerda que las tablas llevan encabezado.

Comentado [AMHM11R9]: Y fijate en el manual, que indica cómo debe ser la numeración de las tablas de los anexos

Tabla III-1: Resultado del conteo de microplásticos en Manzanillo de tamaño entre 5 y 1mm.

Playa: Manzanillo
Fecha: 6/04/2022
Peso:30500g
Tamiz: 1 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico	1		1	3			3			8
Pellets				2						2
Fibras	2	35	21	21	56	6	152	4	1	298
Total	3	35	22	26	56	6	155	4	1	308

Tabla III-2: Resultado del conteo de microplásticos en Manzanillo de tamaño inferior a 1mm.

Playa: Manzanillo
Fecha: 6/04/2022
Peso:601,268g
Tamiz: ≤1 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico				1		1				2
Pellets										0
Fibras			15	1	19	4	114			153
Total	0	0	15	2	19	5	114	0	0	155

Tabla III-3: Resultado del conteo de microplásticos en Cocles de tamaño entre 5 y 1mm.

Playa: Cocles
Fecha: 6/04/2022
Peso:24000g
Tamiz: 1 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico			1	1	1		6			9
Pellets										0
Fibras		27	33		53	7	193	5		318
Total	0	27	34	1	54	7	199	5	0	327

Tabla III-4: Resultado del conteo de microplásticos en Cocles de tamaño inferior a 1mm.

Playa: Cocles
Fecha: 6/04/2022
Peso:601,194g
Tamiz: ≤1 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico			1							1
Pellets										0
Fibras		2	17		21	3	165			208
Total	0	2	18	0	21	3	165	0	0	209

Tabla III-5: Resultado del conteo de microplásticos en Playa Negra de tamaño entre 5 y 1mm.

Playa: Negra
Fecha: 6/04/2022
Peso: 37000g
Tamiz: 1 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico			1							1
Pellets										0
Fibras		5	30		173	6	157	1		372
Total	0	5	31	0	173	6	157	1	0	373

Tabla III-6: Resultado del conteo de microplásticos en Playa Negra de tamaño inferior a 1mm.

Playa: Negra
Fecha: 6/04/2022
Peso: 602,437g
Tamiz: ≤ 1 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico				1		3				4
Pellets										0
Fibras		3	29		36	5	85	1		159
Total	0	3	29	1	36	8	85	1	0	163

Tabla III-7: Resultado del conteo de microplásticos en Westfalia de tamaño entre 5 y 1mm.

Playa: Westfalia
Fecha: 7/04/2022
Peso: 23500g
Tamiz: 1 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico			3	18	1		3	1		26
Pellets										0
Fibras		10	16		32	6	137	1		202
Total	0	10	19	18	32	6	140	2	0	228

Tabla III-8: Resultado del conteo de microplásticos en Westfalia de tamaño inferior a 1mm.

Playa: Westfalia
Fecha: 7/04/2022
Peso: 601,008
Tamiz: ≤ 1 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico			1							1
Pellets										0
Fibras		1	18		17	4	125	1		166
Total	0	1	19	0	17	4	125	1	0	167

Tabla III-9: Resultado del conteo de macroplásticos en Playa Bonita.

Playa: Bonita
Fecha: 7/04/2022
Peso: 27000g
Tamiz: 5 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico	1									1
Pellets										0
Fibras					0	0	0	0		0
Total	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabla III-10: Resultado del conteo de microplásticos en Playa Bonita de tamaño entre 5 y 1mm.

Playa: Bonita
Fecha: 7/04/2022
Peso: 27000g
Tamiz: 1 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico			1							1
Pellets										0
Fibras		5	30		173	6	157	1		372
Total	0	5	31	0	173	6	157	1	0	373

Abundancia y distribución de microplásticos
en el Pacífico y Caribe de Costa Rica.

Marina Monzó López

Fragmento de plástico					2				2	
Pellets									0	
Fibras	1		38		37	8	178	2	264	
Total	1	0	38	0	37	10	178	2	0	266

ANEXO IV Resultados de playas del Pacífico

Tabla IV-1: Resultado del conteo de microplásticos en Jiménez de tamaño entre 5 y 1mm.

Playa: Jiménez
Fecha: 21/03/22
Peso: 26000g
Tamiz: 1mm

Pieza	Color									Otro	Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde			
Estereofón									0		
Fragmento de plástico	1			3	1		29		2		36
Pellets							6				6
Fibras			24		20	13	175	1			233
Total	1	0	24	3	21	13	210	1	2		275

Tabla IV-2: Resultado del conteo de microplásticos en Jiménez de tamaño inferior a 1mm.

Playa: Jiménez
Fecha: 21/03/22
Peso: 200,151
Tamiz: ≤1 mm

Pieza	Color									Otro	Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde			
Estereofón									0		
Fragmento de plástico				4			26	3			33
Pellets							2				2
Fibras			3		4	1	50				58
Total	0	0	3	4	1	78	3	0			93

Tabla IV-3: Resultado del conteo de microplásticos en Playa Blanca de tamaño entre 5 y 1mm.

Playa: Blanca
Fecha: 21/03/22
Peso: 30000g
Tamiz: 1mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico				4			18	4		26
Pellets							8			8
Fibras			20		8	2	413	1		444
Total	0	0	20	4	8	2	439	5	0	478

Tabla IV-4: Resultado del conteo de microplásticos en Playa Blanca de tamaño inferior a 1mm.

Playa: Blanca
Fecha: 21/03/22
Peso: 201,460
Tamiz: ≤1 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico				1			4	1		6
Pellets										0
Fibras			6		2	1	89			98
Total	0	0	6	1	2	1	93	1	0	104

Tabla IV-5: Resultado del conteo de microplásticos en Colibrí de tamaño entre 5 y 1mm.

Playa: Colibrí
Fecha: 21/03/22
Peso: 27000g
Tamiz: 1mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico	2			7		1	27	5		42
Pellets				1			3			4
Fibras			30		8	7	371	2		418
Total	2	0	30	8	8	8	401	7	0	464

Tabla IV-6: Resultado del conteo de microplásticos en Colibrí de tamaño inferior a 1mm.

Playa: Colibrí
Fecha: 21/03/22
Peso: 200,838
Tamiz: ≤1 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico				4		3	4	2		13
Pellets										0
Fibras			3		1		25			29
Total	0	0	3	4	1	3	29	2	0	42

Tabla IV-7: Resultado del conteo de microplásticos en Dominical de tamaño entre 5 y 1mm.

Playa: Dominical
Fecha: 21/03/22
Peso: 27500g
Tamiz:1mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón				6						6
Fragmento de plástico	3	1	5	67	10	3	149	18	6	162
Pellets				1			2			3
Fibras	1	1	17		24	13	112			168
Total	4	2	22	74	34	16	163	18	6	139

Tabla IV-8: Resultado del conteo de microplásticos en Dominical de tamaño inferior a 1mm.

Playa: Dominical
Fecha: 21/03/22
Peso: 200,144
Tamiz: ≤1 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico		6	2	9	4		28	19		68
Pellets										0
Fibras					8		56			64

Abundancia y distribución de microplásticos
en el Pacífico y Caribe de Costa Rica.

Marina Monzó López

Total	0	6	2	9	12	0	84	19	0	132
-------	---	---	---	---	----	---	----	----	---	-----

Tabla IV-9: Resultado del conteo de microplásticos en Espadilla de tamaño entre 5 y 1mm.

Playa: Espadilla
Fecha: 21/03/22
Peso: 32000g
Tamiz: 1mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico	16	3		393	1	7	1449	37	10	1916
Pellets						1				0
Fibras			21		7	4	126	2		160
Total	16	3	21	393	8	11	1576	39	10	2077

Tabla IV-10: Resultado del conteo de microplásticos en Espadilla de tamaño inferior a 1mm.

Playa: Espadilla
Fecha: 21/03/22
Peso: 201,251
Tamiz: ≤1 mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón										0
Fragmento de plástico	3			224		1	252	9	3	492

Abundancia y distribución de microplásticos
en el Pacífico y Caribe de Costa Rica.

Marina Monzó López

Pellets							2			2
Fibras		3	8		4	2	85			102
Total	3	3	8	224	4	3	339	9	3	596

Tabla IV-11: Resultado del conteo de microplásticos en Jacó de tamaño entre 5 y 1mm.

Playa: Jacó
Fecha: 21/03/22
Peso: 23500g
Tamiz:1mm

Pieza	Color									Total
	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	
Estereofón				6						6
Fragmento de plástico	7	1	6	54		2	122	30	5	227
Pellets				1						1
Fibras		1	36		13	5	570	1		626
Total	7	2	42	61	13	7	692	31	5	860

Tabla IV-12: Resultado del conteo de microplásticos en Jacó de tamaño inferior a 1mm.

Playa: Jacó
Fecha: 21/03/22
Peso: 203,413
Tamiz: ≤1 mm

Color										
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Abundancia y distribución de microplásticos
en el Pacífico y Caribe de Costa Rica.

Marina Monzó López

Pieza	Amarillo	Café	Azul	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde	Otro	Total
Estereofón										0
Fragmento de plástico	3	3		20	11		214	100	3	354
Pellets							4			4
Fibras			9		1		76			86
Total	3	3	9	20	12	0	294	100	3	444

Abundancia y distribución de microplásticos
en el Pacífico y Caribe de Costa Rica.

Marina Monzó López

