

Manual

de muestreo de
microplásticos
en playas arenosas





Manual

de muestreo de
microplásticos
en playas arenosas

Manual para docentes y estudiantes

2023

MANUAL DE MUESTREO DE MICROPLÁSTICOS EN PLAYAS ARENOSAS. SEGUNDA EDICIÓN, AGOSTO 2023.

Este Manual ha sido elaborado en el marco del proyecto de cooperación técnica "Mitigación del Impacto de Toxinas Marinas Emergentes y Microplásticos en los Ecosistemas Costeros y la Biota Marina en Chile" (2022-2023) CHI7014, financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Colaboraron en su elaboración:

Laboratorio de Toxinas Marinas.
Facultad de Medicina. Universidad de Chile.

María Fernanda Barrera del Valle
Daniel Carrasco Palma
Víctor Contreras Scorsoni
Ignacio Rubilar Donoso
Benjamín A. Suárez-Isla

Prospectiva Local Consultores.

Alejandra Carmona Sierra
Daniela Ruíz Pérez
Juan Vera Valdés

Diseño:

Axel Arriagada Peredo
Digimarket Soluciones Digitales
www.digimarketsoluciones.com

Financiado por:



Colaboradores:



Santiago/Castro © Chile 2023

La reproducción de este documento y cualquier otra forma de comunicación, está autorizada exclusivamente con fines educativos o docentes. Se prohíbe su venta en todas sus formas, ya sean físicas o digitales, con fines comerciales.

Índice

Prólogo	3
Microplásticos, qué son y cómo nos afectan	4
Introducción	
Clasificación de los plásticos según su composición química	
Diferentes tamaños de plásticos encontrados en el medio ambiente marino	
Los microplásticos	
La contaminación por microplásticos	
Muestreo de microplásticos en playas arenosas	
Guía de Campo	14
Actividades de Laboratorio	23
Preguntas de indagación	33
Agradecimientos	34
Glosario	35
Bibliografía	36
Anexos	38
Formulario de muestreo de microplásticos en playas arenosas	
Formulario para la determinación de la abundancia de microplásticos	



Prólogo

El propósito del presente Manual es sensibilizar y fomentar la formación de conciencia crítica de los estudiantes y sus profesoras/es, frente a una crisis ambiental global como lo es la contaminación marina por residuos plásticos,, evidenciando un aspecto no tan visibilizado como son los microplásticos provenientes de su degradación física y química en el ambiente.

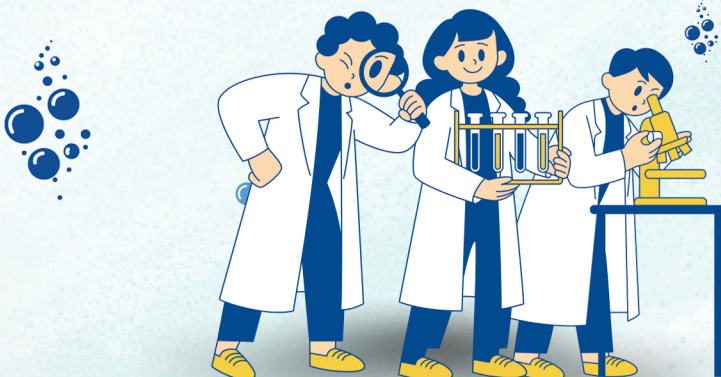
Estos pequeños fragmentos de plástico o microplásticos, como son denominados, por lo general, son invisibles ante nuestros ojos y pueden permanecer en el medio ambiente durante cientos de años, afectando a los ecosistemas terrestres y acuáticos. Adicionalmente, generan impactos negativos en la salud humana y la vida silvestre, ya que pueden ser ingeridos inadvertidamente y acumularse en los tejidos de diversos organismos.

Este Manual brinda la posibilidad de apoyar el desarrollo y participación de las comunidades educativas en actividades prácticas de ciencia ciudadana e impulsar la realización de muestreos de playas arenosas, que permitan conocer el grado de contaminación por microplásticos del entorno marino-costero; identificar las posibles fuentes de esta contaminación y generar un pensamiento crítico respecto de sus impactos y posibles estrategias de mitigación, a través de la experiencia práctica.

El contenido del Manual está dividido en tres secciones. En la primera sección se describe la problemática de la contaminación por microplásticos. En las siguientes dos secciones se presenta actividades prácticas para el muestreo en terreno y el análisis e identificación de microplásticos, que los profesores y profesoras podrán desarrollar junto a sus estudiantes.

Las actividades descritas se basan en la metodología de muestreo y análisis de microplásticos armonizada por la Red de Investigación de Estresores Marinos-Costeros en Latinoamérica y El Caribe (REMARCO) (www.remarco.org), la que ha sido utilizada en publicaciones científicas reconocidas.

Para el Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de Chile, en su misión de contribuir a la salud pública del país, a través de la investigación, extensión, desarrollo científico y compromiso con la inocuidad alimentaria, es de suma importancia dar a conocer temas pertinentes a los estresores marinos, con el objetivo de que las comunidades se empoderen y sean conscientes de los problemas ambientales que las afectan.



Microplásticos

¿Qué son y cómo nos afectan?



En esta sección del Manual conocerás sobre la problemática de la contaminación por la basura plástica y los microplásticos.



Escanea el código QR para conocer más sobre los microplásticos.



Introducción

Cada día son más los productos de uso cotidiano fabricados con plásticos. Teléfonos, lápices, lentes, ropa, juguetes, etc. son ejemplos de los innumerables objetos creados por la humanidad para usos industriales y domésticos, para nuestro mayor bienestar. **Los plásticos son polímeros sintéticos orgánicos**, derivados principalmente del petróleo (Lithner *et al.*, 2011); se caracterizan por su bajo costo de producción, maleabilidad y resistencia relativa a la degradación, propiedades que permiten su uso en prácticamente todos los aspectos de la vida diaria (Laist, 1987). Adicionalmente, pueden contener varios tipos de aditivos como colorantes, agentes antiflama y otros compuestos residuales que, en algunos casos, pueden ser tóxicos.



Se comenzaron a fabricar a principios del siglo XX. En 1909 el químico norteamericano de origen belga Leo Hendrix Baekland creó la baquelita/bakelita (fenol y formaldehído) primer copolímero, de características únicas, termoestable, no conductor, destinado a la fabricación de bolas de billar, como sustituto del marfil.

Alrededor de 1930, comenzó el desarrollo de la industria productora de plásticos. Químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron polietileno (PE). Por otro lado, en Alemania desarrollaron el poliestireno (PS), un material muy transparente comúnmente utilizado para fabricar vasos, pots y hueveras. Posteriormente fue fabricado el poliestireno expandido (EPS) o Plumavit, que es empleado masivamente para embalajes, aislantes térmicos, boyas y flotadores. Años más tarde, en Estados Unidos fue creada la primera fibra artificial -el *nylon*- utilizada inicialmente en la fabricación de paracaídas durante la II Guerra Mundial.

La fabricación masiva de los plásticos se remonta al año 1950 (Geyer *et al.*, 2017), con el desarrollo del polipropileno (PP), creado por el químico italiano Giulio Natta.



El uso masivo de plásticos en el mundo, genera millones de toneladas de basura, las que en gran medida terminan en nuestros océanos. Considerando que los plásticos tienen una lenta degradación en el medio ambiente, **algunos pueden tardar hasta cientos de años en desaparecer.**

La preocupación sobre la contaminación por la basura plástica en los océanos surgió con Carpenter & Smith (1972), quienes evidenciaron un incremento en los fragmentos de plásticos en zonas costeras al sur de Nueva Inglaterra, e incluso comprobaron el consumo de estos plásticos por algunos organismos.



En los últimos 70 años, enormes cantidades de plásticos han sido producidas y su uso se ha masificado ampliamente por todo el mundo. El porcentaje de reciclaje sigue siendo muy bajo con respecto a lo que se produce, por lo que **la gran mayoría de los desechos plásticos lamentablemente termina en el entorno de ciudades y pueblos, bosques, campos, ríos, lagos y océanos.** Su impacto es aún mayor, considerando que los plásticos tienden a volverse quebradizos, a romperse en pequeños pedazos y, eventualmente, a degradarse aún más cuando se exponen a la radiación UV, por la luz directa o en el agua de mar, generando millones de partículas.










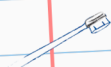
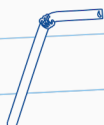



Sin embargo, la basura plástica era considerada inocua hasta finales del siglo XX (Worm *et al.*, 2017). En la actualidad, la basura plástica no sólo es reconocida por generar efectos estéticos, sino también por amenazar los ecosistemas terrestres y marinos (Andrady 2011; de Souza Machado *et al.*, 2018).

Una vez que los plásticos llegan al mar, estos pueden fragmentarse y generar partículas pequeñas, denominados **"microplásticos"** (partículas plásticas de un tamaño menor a 5 mm), estas partículas tienen una alta probabilidad de ser ingeridas y acumuladas por distintos organismos marinos (Browne *et al.*, 2008), afectando su crecimiento, reproducción y ciclo de vida. Adicionalmente, los microplásticos pueden adsorber otros contaminantes marinos, metales pesados, toxinas y ser el sustrato para el crecimiento de bacterias e incluso de microalgas (Huang *et al.*, 2020).

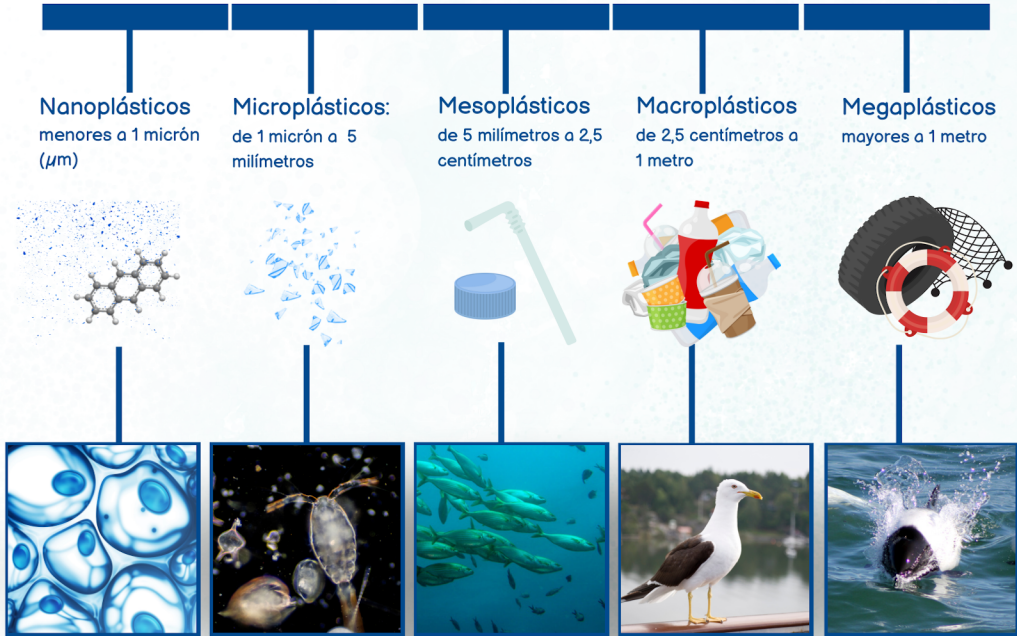
La exposición de los seres humanos a los microplásticos se produce por ingestión de alimentos que los contienen, su inhalación y contacto con partículas presentes en el ambiente o en productos de uso cotidiano (Correia Prata *et al.*, 2019). La ingestión es la vía más importante y es debida a la presencia de microplásticos en toda clase de alimentos, desde el agua envasada, cerveza, quesos, azúcar y mieles a peces y moluscos. Sin embargo, el riesgo para la salud humana de ingerir microplásticos se desconoce, ya que todavía no existen métodos validados para estimar la exposición humana global ni suficientes investigaciones para establecer sus efectos toxicológicos específicos (De la Torre *et al.*, 2019). Por lo tanto, es un tema no resuelto y se requiere mayor investigación.



Clasificación de los plásticos según su composición química

	POLIETILENTEREFTALATO (PET)
PET	Botellas de bebidas, envases de aceite
	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE)
HDPE	Bidones, envases rígidos, útiles de aseo 
	POLICLORURO DE VINILO (PVC)
PVC	Tuberías, envases, cables eléctricos, pisos vinílicos
	POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE)
LDPE	Bolsas camiseta, bolsas de basura, envases de crema y shampoo
	POLIPROPILENO (PP)
PP	Envases de snacks, contenedores de alimentos, tapas de botellas, cuerdas 
	POLIESTIRENO (PS)
PS	Cubiertos desechables, Plumavit, envases de yogurt
	OTROS PLÁSTICOS
OTROS	Envases de alimentos al vacío, juguetes, teléfonos, envases tipo sachets     

Diferentes tamaños de plásticos encontrados en el medio ambiente marino



* 1 micrón (μm) = 1/1000 de un milímetro = 1/1000000 de un metro.

Los microplásticos pueden encontrarse y afectar a todos los niveles de la cadena trófica del ecosistema marino. Se ha evidenciado que los efectos de los plásticos en el ecosistema están relacionados con su tamaño.

De esta forma, los nano y microplásticos pueden provocar efectos químicos y afectar los procesos celulares, mientras que los grandes trozos o fibras de plástico pueden provocar atrapamiento y estrangulación de las especies marinas, lo que se conoce como "pesca fantasma" (efectos físicos).



Los microplásticos

Se entiende por **microplásticos** a las partículas plásticas de tamaño < 5 mm (UNEP, 2014) en cualquiera de sus 3 dimensiones. Pueden tener diferentes formas, como esferas, fibras, pellets, láminas, espumas o fragmentos irregulares (Wright *et al.*, 2013).

De acuerdo a su origen, los microplásticos se clasifican como primarios y secundarios.

Los **microplásticos primarios**, son todos aquellos que son fabricados con un tamaño inferior a 5 mm (Ej: plásticos fabricados para productos cosméticos, pasta dental, detergentes, etc.).

Los **microplásticos secundarios**, son aquellos que se generan a partir de la fragmentación de plásticos más grandes a partículas pequeñas. Esta degradación se produce por la exposición de los plásticos a agentes ambientales, como la radiación solar y la salinidad del mar.

Se han determinado 6 grandes categorías de formas y tipos de microplásticos.

Microplásticos Primarios	PELLETS	Gránulos de Preproducción, gránulos de resina
Microplásticos Secundarios	FRAGMENTOS	Formas irregulares, cristales, gránulos, virutas
	FIBRAS	Filamentos, microfibras, hebras, hilos
	MICROESFERAS	Granos, microesferas
	ESPUMAS	Poliestireno expandido, Plumavit, esponjas
	FILMS	Láminas



Pellets



Fibras



Fragmentos



Espumas



Láminas o films

La contaminación por microplásticos

La contaminación por microplásticos, es un problema a nivel global y está generando impactos en todos los ecosistemas. Se ha detectado microplásticos en todas partes, incluyendo los alimentos, bebidas, heces y sangre humana.

El problema de la basura plástica y los microplásticos se considera una crisis ambiental irreversible de dimensión planetaria (Hale *et al.*, 2020; Villarrubia-Gómez, 2018). En el 2010 fueron introducidas a los ambientes marinos aproximadamente, entre 4,8 a 12,7 millones de toneladas de plásticos (Jambeck *et al.*, 2015) y se estima que más de 5 trillones de piezas plásticas están flotando en los océanos (Eriksen *et al.*, 2014).

Los microplásticos ingresan en el medioambiente como resultado de las actividades humanas (origen antropogénico) y constituyen una de las más graves amenazas para la biodiversidad marina mundial, ya que estos pueden interferir en los procesos ecológicos de los hábitats bentónicos (fondo marino) y pelágicos (columna de agua).

Las partículas plásticas se distribuyen en toda la columna de agua, incluso en el sedimento marino. Esta distribución depende del tipo de plástico y de la salinidad del océano.



La ingestión de microplásticos genera impactos en toda la cadena trófica marina, debido a que se incorporan en los diversos niveles de la cadena alimentaria, como el plancton, los mariscos, los peces, las tortugas, las ballenas o las aves marinas y playeras. En este sentido la contaminación marina por microplásticos produce impactos ecológicos, sanitarios y socioeconómicos.

En este escenario, los residuos marinos y microplásticos son un problema ambiental global que impacta negativamente la biodiversidad, los ecosistemas acuáticos, el turismo, la pesca, el transporte marítimo y las comunidades que utilizan los ambientes marinos. Desde 1980, la contaminación marina por plásticos se ha multiplicado en 10 veces, afectando al menos unas 267 especies, entre las cuales se encuentran tortugas, aves y mamíferos marinos como ballenas y delfines.



La gravedad del problema subraya la importancia de impulsar esfuerzos coordinados, nacionales e internacionales, para comprender los efectos de los residuos en el ambiente marino y desarrollar las estrategias de gestión y prevención necesarias, a fin de mitigar sus impactos en el medio ambiente, el bienestar de las personas y en el desarrollo sostenible de Chile (MMA, 2021).

Ante este escenario, se genera la necesidad de desarrollar y estandarizar métodos que permitan estudiar la contaminación por microplásticos, permitiendo su detección y cuantificación en los ecosistemas y en los alimentos de origen marino. Además, se hace necesaria la creación de **programas de vigilancia y monitoreo de este tipo de contaminación. En este sentido, la acción ciudadana y el trabajo colaborativo entre las comunidades educacionales y costeras cobra una gran relevancia.**



Las comunidades costeras y educativas pueden marcar la diferencia y cumplir un importante rol, así como en la comprensión del estado de esta contaminación y ayudar también en su mitigación.

La Estrategia Nacional para la gestión de residuos marinos y microplásticos (MMA 2021) tiene la meta de prevenir el 40% del ingreso de residuos a los ecosistemas acuáticos al 2030, además, de implementar acciones que permitan recuperar este tipo de residuos.



Acciones como el reciclaje, remplazo, reutilización y reducción del uso de los plásticos y un adecuado manejo de la basura, permiten el cuidado del medio ambiente, y disminuir en parte el daño que le estamos haciendo al planeta.

¡Todos podemos contribuir a mitigar esta problemática!



¿De dónde vienen los microplásticos?



Muestreo de microplásticos en playas arenosas

Ahora que conoces más sobre la contaminación por microplásticos te proponemos realizar un muestreo de arena de playa junto a tus compañeros/as, donde podrás determinar la presencia de partículas de microplásticos en nuestro ambiente marino-costero.

Utiliza la **Guía de Campo** para realizar el muestreo con tus profesoras/es y analiza los microplásticos encontrados apoyándote con la guía de **Actividades de Laboratorio**.

Registra la actividad de muestreo en el **Formulario de muestreo de microplásticos en playas arenosas (Anexo 1)** y la determinación de microplásticos en el **Formulario determinación de la abundancia de microplásticos (Anexo 2)**.

Una vez que tengas los datos de cada playa puedes graficarlos utilizando el Archivo Excel (Anexo 3), para luego cargar el archivo en nuestro sitio web (www.microplasticos.cl), o si prefieres, puedes cargar los resultados de tu muestreo directamente en el formulario on-line del Proyecto (ver código QR).

DIVISIÓN DE GRUPOS

Se sugiere trabajar con grupos de 4 a 6 estudiantes por punto de muestreo. Cada grupo elegirá un vocero, quien expondrá los resultados, las principales dificultades, y lo que más les llamó la atención de lo encontrado.

FLUJO DE LA ACTIVIDAD

Preparación previa en sala:

Elección de la playa a muestrear.

Preparación de los materiales para el terreno.

En terrero:

Selección del sitio de muestreo.

Delimitación del transecto.

Recolección de la arena en cada punto de muestreo.

En la sala o laboratorio:

Tamizaje de la arena.

Separación de las partículas.

Identificación y clasificación de las partículas plásticas.

Cuantificación de los microplásticos por metro cuadrado de arena.

Registro y análisis de los resultados.

Fuera del colegio:

Lleva los plásticos encontrados a un punto de reciclaje.



Guía de campo

Para el muestreo de Microplásticos en playas arenosas



 También accede desde este código QR

 Anexos

 Formulario on-line



Con esta guía podrás identificar y cuantificar la contaminación por microplásticos en playas arenosas.

Cuando vayas a muestrear trata de utilizar ropa apropiada y evitar el uso de micropolar o ropa sintética.

* Procedimiento de muestreo basado en la metodología de Besley *et al.*, 2017 y en el Manual de Procedimientos para el Monitoreo de Microplásticos en Zonas Costeras de REMARCO 2023 (www.remarco.org).

MATERIALES

- ✓ 1 Marco de madera de 50 cm x 50 cm (área 0,25m²) (ver tutorial).
- ✓ 1 Huincha de medir de al menos 20 m o soga de 20 m.
- ✓ 1 Pala metálica cuadrada (de jardinería o para recoger cenizas).
- ✓ 2 Baldes de aluminio.
- ✓ 5 Recipientes o tarros de 500g de capacidad (material no plástico).
- ✓ 1 Cinta de papel.
- ✓ 1 Plumón permanente.
- ✓ 1 Tabla de muestreo y lápiz.
- ✓ 1 Celular con Aplicación de posicionamiento Global y cámara o GPS.
- ✓ 1 Formulario para el muestreo (Anexo 1).
- ✓ 1 Tamiz o harnero de malla de 1 mm (ver tutorial).
- ✓ 1 Tamiz o harnero de malla de 5 mm (ver tutorial).
- ✓ Sacos o bolsas para recolectar la basura plástica y otros residuos.
- ✓ Pinzas
- ✓ 5 frascos de vidrio para coleccionar las partículas
- ✓ Ropa adecuada para el muestreo en playa (gorro, bloqueador solar).
- ✓ Evita usar ropa con fibras plásticas como el polar.



Accede a los tutoriales
desde este código QR

1.- SELECCIÓN DE LA LÍNEA DE MÁS ALTA MAREA PARA ESTABLECER LOS PUNTOS DE MUESTREO

Al momento de escoger el lugar de muestreo, es importante que éste cumpla con las condiciones mínimas para poder realizarlo sin problemas y para que el muestreo sea representativo de la contaminación del lugar que queremos caracterizar. Recuerda que el muestreo debe ser realizado en **playas arenosas**.

Para elegir la playa a muestrear puedes considerar por qué sería interesante conocer la cantidad de basura plástica y microplásticos en ese lugar en particular. Por ejemplo, ¿Es un área protegida? ¿Es un sitio de interés turístico? ¿Hay recolección de mariscos en el lugar? ¿Existen industrias cercanas? Todos estos datos nos servirán para caracterizar bien el sitio de muestreo.

Debemos hacer el muestreo en una playa arenosa, en condiciones climáticas que sean favorables para el trabajo en terreno. Idealmente la arena debe estar seca y no húmeda producto de la lluvia o de las mareas.

Describe el sitio de muestreo elegido completando el **Formulario de muestreo de microplásticos en playas arenosas (Anexo 1)**. Esta información es importante para caracterizar el lugar que vas a estudiar, lo que necesitarás conocer cuando analices los resultados.



Figura 1. Línea de más alta marea ubicada sobre diferentes sustratos.

A. Sobre rocas; B. Sobre pasto; C. Sobre juncos; D. Sobre arena.

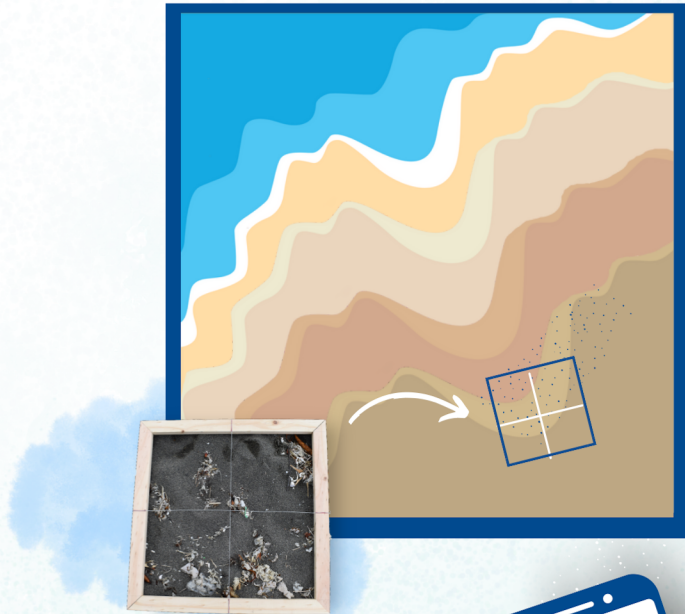
NOTA: Elige la zona de la línea de más alta marea del día y que se encuentre sobre arena, ya que la presencia de vegetación o rocas dificultan el muestreo.

¿Qué es la línea de más alta marea?

¿Te has fijado que, cuando vas a la playa, te encuentras que en la arena hay varias líneas marcadas con algas y residuos? A estas líneas se les denomina "**líneas de marea**" o "**línea de pleamar**". Si consideramos que la basura marina es transportada por las corrientes y mareas, es en esta zona de la playa donde esperamos encontrar la mayor cantidad de microplásticos. Para el muestreo consideraremos la línea de más alta marea ocurrida **en el día del muestreo**.

Puedes identificar la línea de marea más reciente porque estará sobre la transición entre la arena seca y la arena húmeda.

Figura 2. Disposición del marco de muestreo sobre la línea de más alta marea del día.



Escanea el código QR y mira un video explicativo sobre las líneas de marea.



2.- DEMARCACIÓN DEL TRANSECTO

Para programar el momento del muestreo debes tener en cuenta el ciclo de las mareas del lugar, de modo de muestrear en lo posible **cuando la marea esté bajando** (ver tabla de marea del día en <http://www.shoa.cl/php/mareas.php>).

Ya situados sobre la línea de más alta marea del día, debemos considerar una zona a muestrear de al menos 100 m de largo. Se debe demarcar un **transecto de 100 m en línea recta**, sobre la pleamar, asegurándonos que estemos sobre la **arena**, evitando situaciones de vegetación o zonas pedregosas. (Figura 1).

Comenzando desde el punto **R0**, con ayuda de la huincha de medir (o con un trozo de cuerda de 20 m) estableceremos un punto de muestreo cada 20 m de distancia (Figura 3).

Nuestro transecto considerará 6 puntos (R0, R1, R2, R3, R4 y R5). Tomaremos muestras de arena en 5 de estos puntos (R1 al R5), el punto R0 sólo lo consideraremos como nuestro punto de partida para trazar el transecto, con el fin de disminuir el sesgo de nuestra medición.

Si es posible, puedes georeferenciar el sitio de muestreo tomando las coordenadas del punto R3 como referencia de la playa. Para ello puedes utilizar un GPS o una aplicación de celular para anotar las coordenadas. Si no dispones de esto, puedes buscar las coordenadas en Google Earth, referenciando algún elemento del lugar, como por ejemplo una casa, un grupo de árboles, rocas, etc.

Figura 3. Demarcación del transecto y ubicación del punto de muestreo a 20 m.



En cada punto de muestreo se delimitará un cuadrante de 0,25 m² de superficie, utilizando un marco de muestreo de 50 x 50 cm (**Figura 4**). Sitúa el marco sobre la línea de más alta marea (**Figuras 2 y 3**).

Retira los elementos orgánicos e inorgánicos de gran tamaño que están sobre y cercanos al cuadrante (ramas, hojas, algas, plumas, conchas, piedras, etc). Separa los residuos plásticos de mayor tamaño colocándolos en un saco.

Posteriormente clasifica los residuos, toma fotos y si es posible, llévalos junto a tus compañeras/os al punto de reciclaje más cercano. [1]

[1] Crees que los resultados pueden cambiar con otra área de muestreo? Organízate con tu profesor y compañeras/os para ver cómo influye el tamaño de la muestra en los resultados.



Figura 4. Marco de muestreo dividido en 4 cuadrantes de 0,25 m²

3.- TOMA DE LA MUESTRA

Elige al azar 1 de los 4 cuadrantes del marco de 25 x 25 cm².

Del cuadrante escogido toma una muestra de la capa superficial de arena, de aproximadamente 1 cm de espesor, utilizando una pala metálica cuadrada u otra herramienta no plástica (**Figura 5**).

Recolecta la arena en un recipiente metálico (balde, tarro o pote de aluminio) (**Figura 6**).

Identifica el N° del punto de muestreo correspondiente en el recipiente (R1 al R5).

Realiza este proceso para cada uno de los 5 puntos de muestreo (R1 al R5).

El volumen de arena recolectado en cada punto tendrá un peso aproximado de 300 a 500 gramos.



Figura 5. Extracción de 1 cm de arena con la pala metálica en el cuadrante escogido al azar.

Transporta las 5 muestras recolectadas al laboratorio de tu colegio para realizar el tamizaje de la arena, según se explica a continuación en las **Actividades de Laboratorio**.



Figura 6. Muestra de arena contenida en un recipiente metálico con tapa que permite el transporte al laboratorio.

La arena obtenida en los recipientes será tamizada, por medio de dos tamices (o harneros) de diferentes aperturas de malla. De esta forma podrás separar las partículas de microplásticos de la arena.



Mapa de Chiloé

Ubica dónde está la playa que vas a muestrear



Actividades de Laboratorio



Tamizaje, identificación visual y cuantificación de Microplásticos



También accede desde
este código QR



Anexos



Formulario on-line

1.- TAMIZAJE DE LA ARENA

La arena que obtuviste en el muestreo deberás tamizarla por medio de dos tamices (o harneros) de diferentes aperturas de malla. Primero utiliza el de apertura más grande, de 5 mm y luego el de 1 mm.

Vierte la arena sobre el tamiz de 5 mm, recibéndola en un balde o recipiente metálico. Mueve suavemente el tamiz en forma horizontal para facilitar el paso de la arena. De esta forma, las partículas mayores a 5 mm quedarán retenidas en el tamiz.

Colecta desde el tamiz las partículas plásticas mayores a 5 mm (mesoplásticos [2]), y deposítalas en un recipiente. Posteriormente guárdalas para construir junto a tus compañeras/os, un "Ecoladrillo". Registra en el Formulario de Determinación de Abundancia de Microplásticos (**Anexo 2**) la cantidad de mesoplásticos encontrados.

Vierte la arena que quedó en el recipiente o balde, sobre el tamiz de 1 mm, recibiendo la arena en otro recipiente. Mueve suavemente el tamiz en forma horizontal para facilitar el paso de la arena.

En este segundo tamizaje, todas las partículas entre 1 y 5 mm quedarán retenidas en el tamiz. **Estas serán las partículas de microplásticos que analizaremos.** La arena tamizada que quedó en el balde puedes devolverla a la playa.

Con la ayuda de unas pinzas recolecta las partículas retenidas en el tamiz en un pocillo, plato, bandeja o placa Petri para su identificación y conteo. **Es importante rotular el recipiente donde dejes las partículas para no perder la trazabilidad del punto muestreo al que corresponden.**

Finalmente obtendrás **5 frascos con las partículas entre 1 y 5 mm encontradas en cada punto de muestreo.** Ahora debes analizar a qué corresponden estas partículas, identificando y cuantificando los microplásticos presentes.

[2] Mesoplásticos: Partículas plásticas de tamaño entre 5 y 25 mm.



A



B

Figura 7. Partículas retenidas en los tamices. A: Tamiz de 5 mm, B: Tamiz de 1 mm.



Escanea el código QR para ver el proceso de tamizaje en el video tutorial Muestreo de Microplásticos.

NOTA:

Si la arena de la playa se encuentra muy húmeda y es difícil de tamizar, sigue los siguientes pasos:

-En el laboratorio, en un ambiente ventilado, deposita cada muestra en una bandeja, rotulada con el número del punto de muestreo al que corresponde. Deja secar la muestra de arena a temperatura ambiente por lo menos un día entero.

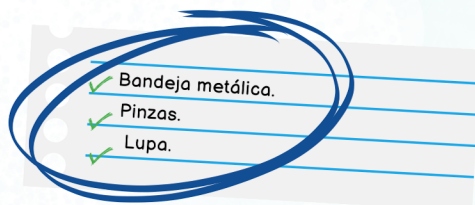
-Una vez seca, puedes tamizar la arena para separarla del resto de materiales y finalmente contar el número de microplásticos encontrados.



2.- CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS

Realiza este procedimiento para separar y luego clasificar las partículas plásticas encontradas en cada uno de los puntos de muestreo.

MATERIALES



Vierte todo el contenido retenido en el tamiz de 1 mm en una bandeja metálica limpia, un plato o una placa Petri.

Con la ayuda de una pinza, separa los microplásticos del resto de elementos (restos de conchas, plumas, rocas pequeñas, etc.) hacia una esquina de la bandeja (**Figura 8**).

Junto a tus compañeras/os, realiza una **clasificación visual de los microplásticos encontrados según su tipo (primarios o secundarios) y forma (fragmentos, esferas, fibras, esponjas o láminas)** (ver página 7).

Registra cuántas partículas plásticas encuentre en cada uno de los puntos de muestreo en el Formulario para la Determinación de Abundancia de Microplásticos (**Anexo 2**) o en el formulario on-line.



Figura 8. Microplásticos separados y clasificados en una bandeja.

3.- IDENTIFICACIÓN VISUAL DE LOS MICROPLÁSTICOS

La identificación visual de los microplásticos puede hacerse en forma rápida y poco costosa. Sin embargo, la identificación de las partículas más pequeñas requiere de cierto entrenamiento y experiencia.

Para determinar si una partícula es o no plástica considera los siguientes criterios:

- Descarta los componentes orgánicos (restos de algas, moluscos, plumas, etc.)
- Observa la forma de las partículas (pellet, esferas, fibras, fragmentos, láminas, esponjas).
- El color de las partículas debe mantener un patrón homogéneo.
- Las fibras deben tener el mismo grosor en toda su longitud.

Si es posible se puede utilizar una lupa, estereomicroscopio o un microscopio, para facilitar la identificación de las partículas encontradas (**Figura 9**).

Para caracterizar los microplásticos encontrados, cuenta y clasifica las partículas, según los siguientes parámetros:

- Tipo de microplásticos:** primarios o secundarios.
- Formas:** esferas, fragmentos, fibras, films o láminas, esponjas, gomas.
- Colores.**
- Número de partículas.**

Registra los datos para cada punto de muestreo en el Formulario para la Determinación de Abundancia de Microplásticos (**Anexo 2**) o en el **formulario on-line**.

Figura 9. Equipamiento para la identificación visual de los microplásticos.



Lupa



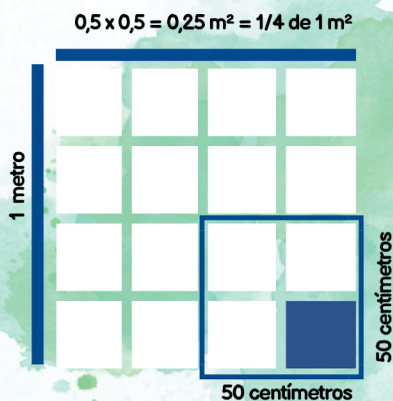
Estéreomicroscopio



Microscopio óptico

4. CUANTIFICACIÓN DE MICROPLÁSTICOS

Para determinar la cantidad de partículas de microplásticos por m^2 de arena de playa, debes multiplicar el número total de partículas encontradas en cada punto de muestreo por 16, que corresponde al total de cuadrados de 25×25 cm contenidos en un m^2 .



Recuerda que el área del cuadrante que muestreaste representa $1/4$ del marco de $0,5$ m, por lo tanto, es igual a $1/16$ de 1 m^2 .

De esta forma, para extrapolar tus resultados a un 1 m^2 de arena, debes multiplicar por 16 lo encontrado en el cuarto del cuadrante.

Ejemplo:

N° Total de partículas en el tamiz = 10

Área de muestra analizada = 1/16 m²

Abundancia de MP/m² = 10 x 16

Abundancia de MP/m² = 160 MP/ m²

Determina la abundancia de microplásticos en cada uno de los puntos de muestreo, y luego promedia los resultados de los 5 puntos de muestreo, para obtener la cantidad de partículas promedio por m² de arena, que caracterizaran a la playa muestreada.

Punto de Muestreo	N° total de partículas en el tamiz (n)	Partículas por m ² (n x 16)
R1	10	160
R2	13	208
R3	5	80
R4	3	48
R5	9	144
Promedio de partículas por m ² ((R1+R2+R3+R4+R5)/5)		128 Microplásticos por metro cuadrado de arena

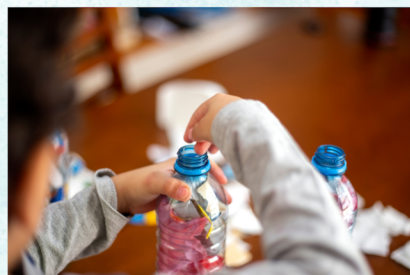


Cada grupo elegirá un vocero de grupo, quien expondrá los resultados encontrados, las principales dificultades, y lo que más les llamó la atención de lo encontrado.

Junto a tu Profesor o Profesora, registra los resultados de la determinación de microplásticos obtenidos en el Formulario para la Determinación de Abundancia de Microplásticos (**Anexo 2**) o en el formulario on-line.

Puedes descargar un Archivo Excel (**Anexo 3**) (ver QR), para construir los gráficos que representan la contaminación de la playa estudiada.

¡Con los microplásticos encontrados puedes construir un Ecoladrillo para divulgación de la actividad!



PRUEBA DE FLOTABILIDAD (OPCIONAL)

Si es necesario, puedes hacer una prueba de flotabilidad para diferenciar las partículas plásticas de otras partículas de naturaleza inorgánica presentes en la muestra. Esta prueba se basa en la propiedad del plástico de flotar en una solución hipersalina de cloruro de sodio (NaCl) (densidad = $1,2 \text{ g/cm}^3$).

MATERIALES

- ✓ Agua destilada (500 mL).
- ✓ Cloruro de sodio o sal común (NaCl) (170g).
- ✓ 1 Balanza.
- ✓ 1 Vaso de precipitado o recipiente de vidrio de 1 L.
- ✓ 1 Varilla de vidrio o cuchara de metal.
- ✓ Papel filtro (filtros de café o toalla de papel).
- ✓ 1 Embudo (de preferencia de vidrio).
- ✓ 1 Botella de vidrio de 1 L.

Preparación de la solución hipersalina de NaCl:

Coloca un vaso de precipitado o recipiente de vidrio de un litro de capacidad sobre la balanza. Tara la balanza.

Pesa 170 g de NaCl dentro del vaso de precipitado o del recipiente.

Agrega 500 mL de agua destilada.

Revuelve vigorosamente con una varilla o cuchara, hasta disolver completamente la sal en la solución.

Puedes calentar suavemente la solución para acelerar la solubilización.

Procedimiento para separar las partículas por flotación:

Transfiere la fracción de partículas retenidas en el tamiz de 1 mm a un vaso de precipitado o frasco de vidrio de 500 mL o de 1 L.

Agrega un volumen (200 mL aproximadamente) de la solución saturada de NaCl, suficiente como para que todas las partículas de microplásticos se separen por flotación de los restos de arena y otros materiales presentes en la muestra.

Agita durante 2 minutos con ayuda de una varilla de vidrio o una cuchara.

Deja sedimentar por 30 minutos. Observa cómo algunas partículas quedan flotando y otras se van hacia el fondo del vaso (Figura 10).

Filtra el líquido sobrenadante (que contiene las partículas plásticas) haciéndolo pasar cuidadosamente por un papel filtro o toalla de papel dispuesto sobre un embudo y una botella de vidrio (Figura 10).

Retira el filtro y transfíerelo a una superficie plana.

Deja secar el filtro por unos 30 minutos.

Identifica visualmente y clasifica los microplásticos retenidos en el filtro (**ver punto 3**).

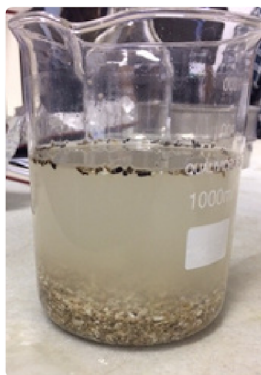
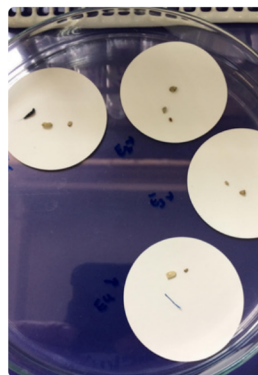


Figura 10.
Prueba de flotabilidad de la muestra en una solución saturada de NaCl.



Embudo con papel filtro sobre una botella.



Partículas retenidas en los filtros de laboratorio.

PRUEBA DE LA AGUJA CALIENTE (OPCIONAL)

Si tienes dudas si la partícula encontrada corresponde a plástico o bien a materia orgánica, puedes realizar la “prueba de la aguja caliente”. Esta prueba permite discriminar las partículas plásticas, que se derriten al contacto con un objeto caliente (aguja) de las partículas orgánicas, que no se derriten (**Figura 11**).



Procedimiento:

Paso 1. Con la ayuda de tu Profesor o Profesora, calienta una aguja o alambre, tomando las precauciones necesarias para evitar sufrir quemaduras durante el procedimiento.

Paso 2. Acerca la aguja o alambre previamente calentado a la partícula que te genera sospecha.

-Si la partícula se derrite, se considera como microplástico.

-Si la partícula se quema, se considera orgánica y por lo tanto no se cuantifica.

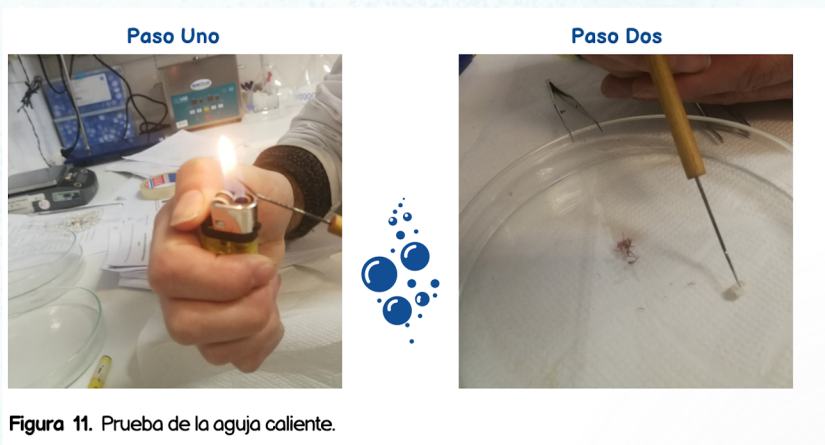


Figura 11. Prueba de la aguja caliente.

Preguntas de Indagación

Ejemplos de preguntas a desarrollar con los estudiantes sobre esta actividad



¿Por qué muestrear microplásticos?

¿Qué animales marinos consumen microplásticos cuando se alimentan?

¿Dónde almacenan los microplásticos los animales?

¿Los microplásticos se adhieren a las algas que se comercializan?

¿Qué podemos hacer para mitigar la contaminación por microplásticos?

¿Afectan los microplásticos lo que consumimos?

¿Cómo afectan los microplásticos al cuerpo humano?

¿En qué alimentos podemos encontrar los microplásticos?

¿Existirán microplásticos que puedan afectar los cultivos?

¿Crees que existe plástico que no puedes ver a simple vista?

¿Te imaginas una playa sin plásticos?

¿Podríamos tener plástico en nuestro cuerpo?

¿Comes microplásticos? ¿seguro?

¿Cuánta basura, que se transforma en microplásticos, produces en el día?

¿Existen plásticos más susceptibles de transformarse en microplásticos?

¿Existen métodos que permitan que los plásticos no generen microplásticos?

¿Has observado microplásticos en lugares diferentes a la playa? ¿Dónde?

¿Qué lugares cercanos a tu casa has observado con plásticos en gran cantidad?



¿Has observado si en la playa que visitas existe basura?

¿Sabes cuánto se demora la naturaleza en degradar un plástico?

¿Qué importancia tendrá el mantener libre de microplásticos las playas de la comuna?

¿Cómo afecta la salud el contacto directo con microplásticos al ir a la playa?

¿Seremos vectores de microplásticos al hacer uso de las playas?

¿De dónde provienen principalmente el microplásticos encontrado en las playas de tu sector?

¿El microplástico presente en el mar será completamente arrastrado o también formará parte de los seres vivos que habitan en ese ecosistema?



Agradecimientos





Este Manual ha sido elaborado en el marco del Proyecto CHI7014 y ha sido financiado por el Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de Chile y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Cuenta con el apoyo de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), de la Red de Investigación de Estresores Marino-Costeros en Latinoamérica y el Caribe (REMARCO) y del Liceo Bicentenario Insular de Achaó.



PROYECTO NACIONAL "Mitigación del Impacto de Toxinas Marinas Emergentes y Microplásticos en los Ecosistemas Costeros y la Biota Marina en Chile" PROGRAMA COOPERACIÓN TÉCNICA OIEA (2022-2023).

 <https://www.microplasticos.cl>

 <https://web.facebook.com/labtoxuchile>

 https://www.instagram.com/labtox_uchile/

Glosario

Antropogénico: Perteneciente o relativo a lo que procede de los seres humanos que, en particular, tiene efectos sobre la naturaleza.

Bentónico: Que forma parte del bentos; En ecología se llama bentos a la comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos. El bentos se distingue del plancton y del necton, formados por organismos que habitan en la columna de agua. El adjetivo que deriva de bentos es bentónico.

Biofouling: En inglés, contaminación biológica. Se refiere a la acumulación indeseable de microorganismos, como bacterias, hongos, diatomeas, algas, plantas o animales, que se adhieren a las superficies mojadas, obstruidas o degradadas.

Cadena trófica marina: Proceso de transferencia de sustancias nutritivas a través de las diferentes especies de una comunidad biológica asociada al mar, en la que cada una se alimenta de la precedente y es alimento de la siguiente.

Contaminante: Es una sustancia o energía introducida en el medio ambiente que tiene efectos no deseados o que afecta negativamente a la utilidad de un recurso.

Espesor: Dimensión más pequeña de un cuerpo de tres dimensiones.

Georeferencia: Técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas y datum específicos. Es una operación habitual dentro de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

GPS: Por sus siglas en Inglés, Global Positioning System, en español, Sistema de Posicionamiento Global. Es un sistema que permite localizar cualquier objeto o lugar sobre la Tierra con una precisión de hasta centímetros, aunque lo común son unos pocos metros.

Línea de pleamar o de más alta marea: Es aquella línea definida por el máximo valor de altura de marea que suele trazarse y ser visible por restos vegetales, residuos, espumas, y otros objetos.

Metodología: Hace referencia al conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar el objetivo o la gama de objetivos que rige una investigación científica, una exposición doctrinal o tareas que requieran habilidades, conocimientos o cuidados específicos.

Microplástico: Partículas plásticas de tamaño < 5 mm (UNEP, 2014) en cualquiera de sus 3 dimensiones. Pueden tener diferentes formas como esferas, fibras, pellets, espumas o fragmentos irregulares (Wright et al., 2013).

Microplásticos primarios: Son aquellos producidos en tamaño microscópico para su uso industrial y doméstico (UNEP 2016). Incluyen las partículas que se agregan a productos de cuidado personal como cosméticos, pasta de dientes y cremas (Napper 2015, UNEP 2016) y también los pellets que se utilizan como materia prima en la industria de los plásticos (NOAA 2018).

Microplásticos secundarios: Son aquellos formados por la erosión y fragmentación de trozos de plásticos más grandes, que son degradados por la radiación UV, oxidación, estrés mecánico o biodegradación (UNEP 2016).

Muestra: Subconjunto, parte o cantidad pequeña del universo o población que se considera representativa del total, en que se llevará a cabo una investigación.

Pelágico: El término "pelágico" deriva de la palabra griega "pelagos", que significa océano. La zona pelágica es la columna de agua que está sobre el fondo marino.

Polímero: Es una sustancia compuesta por la combinación de moléculas, o macromoléculas formadas mediante la unión por enlaces covalentes de una o más unidades simples llamadas monómeros. Debido a su gran variedad de propiedades, tanto los polímeros sintéticos como los naturales juegan un papel esencial en nuestras vidas.

Punto de muestreo: Es el lugar específico donde se realiza la toma de la muestra.

Residuos marinos "RM": Se refieren a cualquier material sólido, persistente, fabricado o procesado que se descargue, evacúe o abandone en el medio marino y costero.

Tamiz: Instrumento para cernir o cribar que consiste en una tela, tejido agujereado o una malla metálica de distintas dimensiones, asegurado en un marco, que permite separar las partículas más grandes de otras más pequeñas.

Transecto: Es una técnica de observación y registro de datos que consiste en una línea, real o imaginaria, donde se realiza un estudio detallado de la flora y la fauna o de parámetros ambientales, donde se levanta información de una transición clara o supuesta.



Bibliografía



- Álvarez-Zeferino, J.C., Cruz-Salas, A.A., Vázquez-Morillas, A., Ojeda-Benítez, S. 2020. Method for quantifying and characterization of microplastics in sand beaches. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 36(1): 151-164.
- Andrade, C., Ovando, F., 2017. First record of microplastics in stomach content of the southern king crab *Lithodes santolla* (Anomura: Lithodidae), Nassau bay, Cape Horn, Chile. *An. del Inst. la Patagon.*, 45(3): 59-65. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2017000300059>
- Andrady, A.L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 62(8): 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Arthur, C., Baker, J., Bamford, H., (eds), 2009. Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects and fate of microplastic marine debris, Sep 9-11, 2008. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30. NOAA, Silver Spring 530pp. Sept. 9-11, 2008. NOAA Tech. Memo. NOS-OR&R-30.
- Besley, A., Vijver, M.G., Behrens, P., Bosker, T. 2017. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin*, 114: 77-83.
- Browne, M., Dissayanake, A., Galloway, T., Lowe, D., Thompson, R., 2008. Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, *Mytilus edulis* (L.) *Environ. Sci. Technol.* 42: 13, 5026-5031. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es800249a>
- Carpenter, E.J., Smith, K.L., 1972. Plastics on the Sargasso sea surface. *Science*. 1972 Mar 17; 175(4027): 1240-1. doi: 10.1126/science.175.4027.1240
- Castillo, C. 2020. Microplásticos en la costa de la Patagonia de Chile y su potencial rol como vectores de contaminantes. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas - Programa de Postgrados en Oceanografía. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/462>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar. Pollut. Bull.* 62(12): 2588-2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- De-la-Torre G.E. 2019. Microplastics: an emerging threat to food security and human health. *Journal of Food Science and Technology*, 57: 1601-1608.
- De Witte, B., Devriese, L., Bekaert, K., Hoffman, S., Vandermeersch, G., Cooreman, K., Robbens, J. 2014. Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): Comparison between commercial and wild types. *Mar. Pollut. Bull.*, 85(1): 146-155. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.006>
- Flores, E. A., Castro, L. R, Narváez, D., Lillo, S., Balbontín F., Osorio-Zúñiga, F., 2019. Inter-annual and seasonal variations in the Outer and Inner Sea spawning zones of southern hake, *Merluccius australis*, inferred from early life stages distributions in Chilean Patagonia. *Prog. Oceanogr.* 171, 93-107. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.12.013>
- Galego N., Rozsa C. 2018. Ciencia de los plásticos en la Universidad de la Habana. *Revista Cubana de Química*, 30 (1): 77-89. <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v30n1/ind07118.pdf>
- Geyer, R., Jambeck, J.R., Law, K.L., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.*, 3(7): e170078. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- GESAMP (Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). 2019. Guidelines on the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw, P.J.; Turra, A. & Galgani, F. eds.), (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.
- Hinojosa, I.A., Rivadeneira, M.M., Thiel, M., 2011. Temporal and spatial distribution of floating objects in coastal waters of central-southern Chile and Patagonian fjords. *Cont. Shelf Res.* 31(3-4): 172-186. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2010.04.013>
- Huang W., Song B., Liang J., Niu Q., Zeng G., Shen M., Deng J., Luo Y., Wen X., Zhang Y. 2020. Microplastics and associated contaminants in the aquatic environment: A review on their ecotoxicological effects, trophic transfer, and potential impacts to human health. *J. Hazardous Materials*, 2020: Article 127187. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124187>.
- PBES (2019): Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- Laist, D.W., 1987. Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 18(6): 319-326. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(87\)80019-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(87)80019-X)
- Lithner, D., Larsson, A., Dave, G., 2011. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Sci. Total Environ.*, 409(18): 3309-3324. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.04.038>



- Lusher, A.L., Welden, N.A., Sobral, P., Coled, M. 2017. Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Anal. Methods*, 9: 1346-1360.
- Lusher, A.L., Hollman, P.C.H., Mendoza-Hill, J.J., 2017. Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 615. Rome, Italy. <https://doi.org/978-92-5-109882-0>
- MMA, 2021. Estrategia nacional para la gestión de residuos marinos y microplásticos. Ministerio de Medio Ambiente. <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/08/Estrategia-Nacional-para-la-gestion-de-residuos-marinos-y-microplasticos.pdf>
- Moore, C.J., Moore, S.L., Leecaster, M.K., Weisberg, S.B., 2001. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Mar. Pollut. Bull.* 42(12): 1297-1300. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00114-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00114-X)
- Ory, N., Chagnon, C., Felix, F., Fernández, C., Ferreira, J.L., Gallardo, C., Garcés Ordóñez, O., Henostroza, A., Laaz, E., Mizraji, R., Mojica, H., Murillo Haro, V., Ossa Medina, L., Preciado, M., Sobral, P., Urbina, M.A., Thiel, M., 2018. Low prevalence of microplastic contamination in planktivorous fish species from the southeast Pacific Ocean. *Mar. Pollut. Bull.* 127: 211-216. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.016>
- Paredes-Osses, E., Pozo K., Opazo-Capurro, A., Bahamonde, P., Cabrera-Pardo, J.A. 2021. Microplastics Pollution in Chile: Current Situation and Future Prospects. *Frontiers in Environmental Science*, 9: Article 796989.
- Pérez-Santos, I., Seguel, R., Schneider, W., 2018. Synoptic scale variability of surface winds and expected changes in the ocean-atmosphere dynamics of the eastern Austral Pacific Ocean. *Ocean Sci. Discuss.* <https://doi.org/10.5194/os-2018-119>
- Perez-Venegas, D.J., Seguel, M., Pavés, H., Pulgar, J., Urbina, M., Ahrendt, C., Galbán-Malagón, C., 2018. First detection of plastic microfibers in a wild population of South American fur seals (*Arctocephalus australis*) in the Chilean Northern Patagonia. *Mar. Pollut. Bull.* 136: 50-54. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.065>.
- Purca, S. & Henostroza, A. 2017. Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú. *Revista peruana de biología*, 24: 101-106.
- Prata, J. C.; da Costa, J. P.; Lopes, I.; Duarte, A. C. & Rocha-Santos, T. 2019. Environmental exposure to microplastics: an overview on possible human health effects. *Science of the Total Environment*, 13: 44-55.
- de Souza Machado AA, Kloas W., Zarfl C., Hempel S., Rillig MC., 2018. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global Change Biology*, 24: 1405-1416. <https://doi.org/10.1111/gcb.14020>.
- Teuten, E.L., Saquing, J.M., Knappe, D.R.U., Barlaz, M.A., Jonsson, S., Bjorn, A., Rowland, S.J., Thompson, R.C., Galloway, T.S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P.H., Tana, T.S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M.P., Akkhavong, K., Ogata, Y., Hirai, H., Iwasa, S., Mizukawa, K., Hagino, Y., Imamura, A., Saha, M., Takada, H., 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 364(1526): 2027-2045. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284>.
- UNEP. 2014. Microplastics. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya. [online]. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10745/brochure-microplastics.pdf?sequence=1&isAllowed=y18/12/2018>.
- UNEP. 2016. Marine plastic debris and microplastics. Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya. [online]. wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7720/-Marine_plastic_debris_and_microplastics_Global_lessons_and_research_to_inspire_action_and_guide_policy_change-2016Marine_Plastic_Debris_and_Micropla.pdf?sequence=3&isAllowed=15/12/2018.
- Urbina, M.A. et al. 2020. A country's response to tackling plastic pollution in aquatic ecosystems: The Chilean way. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, 31(2): 420-440.
- Van Cauwenberghe, L., A. Vanreusel, J. Mees, and C. R. Janssen. 2013. Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environ. Pollut.* 182: 495-499. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.08.013>.
- Waller, C.L., Griffiths, H.J., Waluda, C.M., Thorpe, S.E., Loaiza, I., Moreno, B., Pacherres, C.O., Hughes, K.A., 2017. Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research. *Sci. Total Environ.* 598: 220-227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.283>.
- Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., Li, M., 2016. The behaviors of microplastics in the marine environment. *Mar. Environ. Res.* 113: 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.10.014>.
- Wichmann, D., Delandmeter, P., van Sebille, E., 2019. Influence of Near-Surface Currents on the Global Dispersal of Marine Microplastic. *J. Geophys. Res. Ocean.* 124(8): 6086- 6096. <https://doi.org/10.1029/2019jc015328>.
- Worm, B., Lotze, H.K., Jubinville, I., Wilcox, C., Jambeck, J., 2017. Plastic as a Persistent Marine Pollutant. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 42: 1-26. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060700>.
- Wright S. L., Thompson R. C. and Galloway T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environ. Pollut.* 178: 483-492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>.

Anexo 1

FORMULARIO DE MUESTREO DE MICROPLÁSTICOS EN PLAYAS ARENOSAS

RESPONSABLES	FECHA	LICEO/COLEGIO

IDENTIFICACIÓN DEL SITIO DE MUESTREO

COORDENADAS PUNTO R3

NOMBRE PLAYA	COMUNA	REGION	LATITUD	LONGITUD

CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE MUESTREO

TIPO DE PLAYA	TURÍSTICA	AREA PROTEGIDA	URBANA	RURAL

PROXIMIDAD A:				PRESENCIA DE:	
<input type="checkbox"/>	Industria	<input type="checkbox"/>	Zona no Antropizada	<input type="checkbox"/>	Basura
<input type="checkbox"/>	Instalaciones Turísticas	<input type="checkbox"/>	Instalaciones Acuícolas	<input type="checkbox"/>	Macroalgas
<input type="checkbox"/>	Descargas de Residuales	<input type="checkbox"/>	Ríos o Esteros	<input type="checkbox"/>	Contaminación
<input type="checkbox"/>	Puertos	<input type="checkbox"/>	Recolección de Mariscos	<input type="checkbox"/>	Animales muertos
<input type="checkbox"/>	Facilidades de Pesca	<input type="checkbox"/>	Humedales	<input type="checkbox"/>	Huellas de vehículos



Accede al formulario on-line para compartir tus resultados en el sitio web del proyecto, mediante el siguiente código QR.

OBSERVACIONES DURANTE EL MUESTREO

PUNTO DE MUESTREO	Observaciones como: Identificación de Mesoplásticos, basura y otros elementos, eventos durante el muestreo
R1	
R2	
R3	
R4	
R5	

Anexo 2

FORMULARIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS

IDENTIFICACIÓN DEL SITIO DE MUESTREO

NOMBRE PLAYA	COMUNA	REGION

NÚMERO DE MICROPLÁSTICOS ENCONTRADOS

Registra el número absoluto de partículas plásticas de cada punto de muestreo

RESPONSABLES	FECHA	LICEO/COLEGIO

NÚMERO DE MICROPLÁSTICOS SEGÚN SU FORMA	PUNTO DE MUESTREO				
	R1	R2	R3	R4	R5
PELLETS					
FIBRAS/ FILAMENTOS					
FRAGMENTOS					
ESFERAS					
FILMS/LÁMINAS					
ESPONJAS/ ESPUMAS					
NÚMERO TOTAL DE MICROPLÁSTICOS (n)					
PARTÍCULAS DE MP/m ² (n X 16)					

PROMEDIO DE MICROPLASTICOS POR METRO CUADRADO DE ARENA
(R1+R2+R3+R4+R5 / 5)

--



Accede al formulario on-line para compartir tus resultados en el sitio web del proyecto, mediante el siguiente código QR.



Santiago/Castro © Chile 2023

 <https://www.microplasticos.cl>

 <https://web.facebook.com/labtoxuchile>

 https://www.instagram.com/labtox_uchile/