

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**SERVICIO SOCIAL**

**“Identificación de microplásticos en el cazón pardo *Mustelus henlei*  
en las Costas de Baja California Sur”**

**Por:**

María Tello Raluy

**Asesores:**



Dra. María del Carmen Monroy Dosta

28906

Departamento del Hombre y su Ambiente

UAM-X, CDMX



Dr. Felipe Galván Magaña

Departamento de pesquerías y ecología marina

CICIMAR-IPN, Baja California Sur

## Índice

Resumen .....	3
Introducción .....	3
Justificación y planteamiento del problema .....	4
Objetivos .....	4
● Objetivo general.....	5
● Objetivos específicos .....	5
Marco teórico.....	5
Área de estudio .....	5
Características generales de los tiburones.....	5
Biología de <i>Mustelus henlei</i> .....	6
Microplásticos y su impacto en la fauna marina.....	7
Antecedentes .....	8
Materiales y Métodos .....	9
Área de estudio .....	9
Fase de Campo.....	10
Fase de laboratorio .....	11
Análisis estadístico .....	13
Resultados.....	13
Resumen de resultados por categoría .....	14
Caracterización de los microplásticos.....	16
Datos por categoría .....	18
Por sexo.....	18
Por estadio de madurez .....	20
Longitud total .....	22
Discusión.....	25
Identificación de microplásticos.....	26
Caracterización por forma.....	28
Caracterización por color .....	29
Conclusiones .....	30
Recomendaciones .....	31
Bibliografía.....	32
Anexos .....	36

## Resumen

A pesar del evidente problema con la basura en las costas de una gran mayoría de las playas mexicanas, es preocupante la falta de estudios acerca de las consecuencias que repercuten sobre los distintos ecosistemas marinos, así como sobre la flora y fauna que ahí mismo residen. El Pacífico Mexicano se caracteriza por su amplia diversidad ecológica, la cual se está viendo perjudicada por la falta y mal manejo de los desechos plásticos resultantes de las actividades antropogénicas. Principalmente en Baja California Sur aquellas actividades en relación con el mar, como la pesca y el turismo son la base económica de la región, por lo que se esperaría una mayor concientización en cuanto a la huella del hombre con respecto al medio ambiente. Con base en esta situación en el presente trabajo se realizó un análisis de contenido estomacal del tiburón conocido como “cazón pardo” (*Mustelus henlei*) en la localidad de Conquista Agraria en Baja California Sur, con el objetivo de identificar la presencia de partículas de microplásticos (MP), las cuales se clasificaron y diferenciaron según las categorías previamente definidas en la guía de identificación de Hidalgo et al. (2012) para este tipo de contaminante. Se obtuvo una frecuencia de aparición en el 100% de nuestras muestras con 2282 partículas en total, de las cuales se observaron MP en forma de fibras y fragmentos, donde predominaron las fibras con 1947 partículas. Para los colores los dos más frecuentes fueron el negro con 1350 partículas y azul con 467, lo cual podría indicar que la fuente de procedencia de microplásticos en las costas de Baja California Sur provienen principalmente del desgaste de los textiles y de los instrumentos utilizados en la pesca. *M. henlei* es una especie que se caracteriza por su demanda en el mercado, por lo tanto, el cómo se ve afectado por la contaminación y la huella antropogénica se vuelve también un problema de salud pública.

**Palabras clave:** tiburón, cazón pardo, *Mustelus henlei*, microplásticos, contaminación, Conquista Agraria, Baja California Sur, actividad antropogénica.

## Introducción

Desde el desarrollo del plástico en 1950 como un material de fabricación de bajo costo con cualidades duraderas, ligeras y resistentes, su producción ha estallado alrededor de todo el mundo. Actualmente el uso y demanda de plástico se ha vuelto casi indispensable con distintas aplicaciones en varios de los sectores fundamentales dentro de la sociedad, como el comercio, la industria, la tecnología y la medicina; se estima que la producción en masa de este material ha aumentado un 5% cada año desde 1990, generando aproximadamente 280 millones de toneladas para el año 2011 (Benavides, 2017). Con el paso de los años el fenómeno del plástico ha conseguido aumentar su producción hasta 400 millones de toneladas por año, de las cuales entre 8 y 12 millones terminan en los océanos y a través de distintos procesos de fragmentación, como la fotodegradación, la abrasión física por la acción del oleaje y la degradación por la salinidad del agua de mar, dan origen a partículas conocidas como microplásticos. Dichas partículas se han vuelto un tema de preocupación mayor, ya que al tener una composición mucho más pequeña se vuelven más estables y duraderas, prolongando su permanencia en los ambientes marinos por cientos de años (Sánchez, 2018; Stacey, 2022).

Debido a estas características, las micropartículas suelen ser consumidas por los organismos marinos desencadenando una serie de consecuencias, ya que estos materiales son indigeribles aún en el intestino, provocando un impacto físico que interfiere en la salud y bienestar de la fauna marina, además estas partículas también pueden actuar como vectores de enfermedades y contaminantes (Caguana, 2021). En ese sentido, es importante evaluar el riesgo que significa el consumo de productos provenientes de la pesca, como es el caso de *Mustelus henlei*, que forma parte de las especies capturadas con fines comerciales para su consumo en la costa de Baja California Sur, el cual representa aproximadamente el 80% de las capturas en la península y el Golfo Californiano (Astaiza, 2019; Silva, 2012; Villamar, 2022). Por lo que el objetivo de esta investigación es evaluar la presencia de microplásticos en el cazón pardo a través de la caracterización de las partículas según sus propiedades.

### **Justificación y planteamiento del problema**

Las partículas resultantes de la degradación de los plásticos, son uno de los mayores contaminantes en el medio marino, presentan una gran amenaza ya que resultan imperceptibles para la fauna e inevitablemente se vuelven parte de su dieta que pasa a través de las redes alimentarias afectando la dinámica ecológica de los ecosistemas, lo cual trae como consecuencia la alteración de los ciclos de vida de los animales, afectación en su fisiología digestiva, su comportamiento trófico entre otros (Sánchez, 2018). Además, la problemática se incrementa si consideramos que durante la producción de los plásticos se utilizan diversos aditivos químicos que provocan estrés, e incluso la muerte acelerada de ciertas especies, lo que representa una gran amenaza que interfiere en la dinámica ecológica de los océanos y sus distintos ecosistemas (Miller et al., 2020). De igual manera pone en riesgo la estructura de las comunidades marinas y la biodiversidad, sobre todo cuando se ven afectadas especies clave que mantienen el equilibrio del ecosistema como es el caso de los tiburones, quienes han sufrido las consecuencias a lo largo del tiempo a causa de las actividades antrópicas. Esta situación se vuelve de alta preocupación debido a la importancia ecológica de los tiburones como depredadores que ayudan a mantener el equilibrio de la red trófica, la distribución espacial y el mantenimiento de otras especies (Navia, 2013). En ese sentido, *Mustelus henlei* es una de las especies de tiburón mayormente identificada a lo largo de las costas de Baja California Sur, por lo tanto, uno de los mayores responsables de la regulación del ecosistema, así como una parte importante dentro del comercio pesquero. Por lo que es necesario el estudio y análisis, de las partículas de microplásticas presentes en sus estómagos, así como su evaluación y clasificación con el fin de conocer su procedencia para entender de donde es que se propicia el problema (Fernández y Anastasopoulou, 2017; Lavayen, 2021).

### **Objetivos**

- **Objetivo general**

- Identificar la presencia de microplásticos en muestras de contenido estomacal de *Mustelus henlei* capturado en las costas de Conquista Agraria, Baja California Sur México

- **Objetivos específicos**

- **Cuantificar, clasificar e identificar los microplásticos** presentes en el contenido estomacal de *Mustelus henlei*, capturado en las costas de Conquista Agraria, Baja California Sur México.
- **Determinar la frecuencia de microplásticos** presentes en el contenido estomacal de *Mustelus henlei*, capturado en las costas de Conquista Agraria, Baja California Sur México.
- **Determinar si existen diferencias de microplásticos en cantidad, tipo y color entre individuos según su sexo y longitud total** en el contenido estomacal de *Mustelus henlei*, capturado en las costas de Conquista Agraria, Baja California Sur México.

## **Marco teórico**

### **Área de estudio**

Baja California Sur es un estado rodeado por mares que cuentan con un gran número de especies de flora y fauna marina, incluyendo ciertos endemismos, lo que hace que sea el estado con mayor diversidad de recursos marinos en el país. Ocupa el primer lugar en extensión de litorales con 2,220 km, que constituye el 22% del litoral nacional total, y es considerada la costa con el segundo lugar de captura de elasmobranchios, donde se identificaron un total de 17 especies de tiburones (Ramírez, 2011). Además, el estado posee distintos ecosistemas como playas de arena, humedales, manglares y semidesiertos, los cuales aportan gran importancia a las actividades económicas del estado, como la pesca, acuicultura, actividades de recreación y el turismo (Ivanova et al., 2017). Dentro del estado existen diversas localidades rurales en subdesarrollo que forman parte del mercado pesquero, en las cuales radica el mayor número de capturas de pescado y mariscos para su comercio, como es el caso de la localidad de Conquista Agraria donde fue realizado este proyecto (Tovar et al., 2015).

### **Características generales de los tiburones**

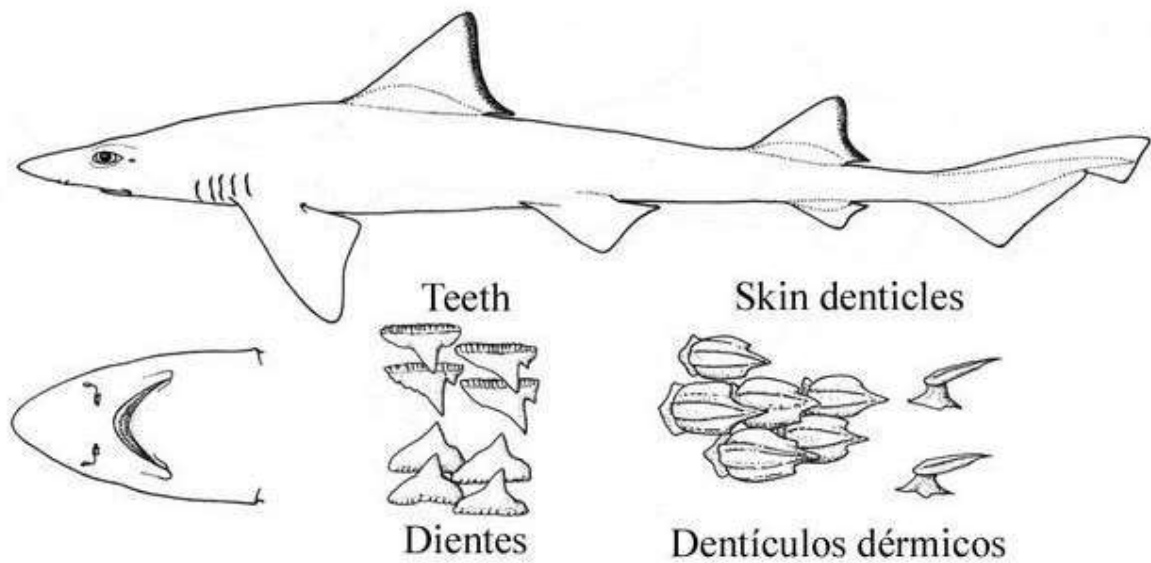
Los tiburones son peces que se caracterizan por tener esqueleto cartilaginoso y cuerpo hidrodinámico que les permite ser audaces cazadores (Cotton et al., 2014; Musick et al., 2005).

Son el grupo más antiguo que sobrevive de los vertebrados mandibulados y pertenecen al grupo de los Condriictios (*Chondrichthyes*), de los cuales algunos son depredadores tope de las redes tróficas marinas (Jaime, 2004). Se conocen más de 350 especies de tiburones descritas en 8 órdenes, 30 familias y 100 géneros que viven actualmente en todos los mares del mundo; incluyendo especies pequeñas que se encuentran en el fondo marino, hasta algunas especies gigantes como el tiburón ballena (*Rhincodon typus*) que llega medir 18 metros (Awruch, 2018). Debido a su hábitos alimenticios y dinámica trófica los tiburones tienen un efecto en cascada en los ecosistemas, influenciando la estructura de la comunidad, gracias al conjunto de acciones de supervivencia del tiburón se mantiene un equilibrio dentro de los ecosistemas, y su presencia indica salud dentro del océano. (Kohatsu, 2020; Navia, 2013).

A lo largo de la zona costera del pacífico entre la diversidad de fauna de tiburones se encuentra la familia Triakidae, los cuales se distribuyen ampliamente en mares tropicales y fríos, desde aguas someras hasta profundidades moderadas (Franco, 2021). Algunas de las especies que forman parte de esta familia en el océano pacífico mexicano pertenecen al género *Mustelus*, el cual es de gran importancia comercial en el mercado de pesquería, y están representados por: *M. lunulatus*, *M. californicus*, *M. albipinnis*, *M. hacat* y *M. henlei*.

### **Biología de *Mustelus henlei***

El cazón pardo (*Mustelus henlei*) es una de las especies que se encuentra mayormente distribuida a lo largo de la Costa de Baja California, principalmente durante su época reproductiva teniendo una extensión desde Estados Unidos hasta las costas de Perú. Suelen habitar desde la zona intermareal hasta profundidades de 200 metros; se alimentan de invertebrados bentónicos especialmente crustáceos, así como moluscos, poliquetos, peces pequeños y huevos de peces. Una diferencia que presenta en comparación con otras especies de *Mustelus* son los bordes posteriores de las aletas dorsales y caudal poco prolijos, con una banda oscura visible, sus dientes se observan con forma de cúspide alta y puntiaguda en la parte central acompañada de dos cúspides más pequeñas a los lados (figura 1). Esta especie puede alcanzar hasta 153 cm de longitud total, generalmente las hembras llegan a ser más grandes con 66.8cm de longitud total y los machos con 63.5 a partir de su estadio de madurez sexual, lo que lo clasifica como un tiburón relativamente pequeño. Su época reproductiva va de mayo a junio con nacimientos de febrero a mayo, su gestación tiene un periodo de 10 meses, por lo que tienen crías sólo una vez al año como máximo, se conoce su fecundidad de entre 1 a 21 crías, siendo el promedio 10, presentando una estrategia reproductiva de vivíparo placentado (Baró, 2021; Pérez y Sosa, 2008; Silva, 2012).



**Figura 1.** Cazón pardo (*Mustelus henlei*) con sus características morfológicas. Cuerpo alargado, hocico puntiagudo, ojos horizontales, pliegue del labio superior más largo que el inferior. Dientes triangulares y puntiagudos, 5 hendiduras branquiales (Lamboeuf, 2024).

### Microplásticos y su impacto en la fauna marina

En los últimos años ha aumentado la preocupación por microplásticos (MP) presentes en organismos marinos, incluyendo *Mustelus henlei*, principalmente por el aumento significativo de estas partículas en las zonas costeras y en gran parte del océano pacífico (Sánchez, 2018). En la actualidad el plástico es uno de los materiales más utilizados en el mundo, se calcula que, del total del plástico producido un 79% ha terminado acumulándose en vertederos y en el medio ambiente, del cual un 10% termina directamente en los océanos, además de que existen alrededor de 50 trillones de fragmentos de plásticos en los océanos que corresponden al 60% u 80% de la totalidad de basura marina (Caguana, 2021; Villamar, 2022). Esta basura puede encontrarse desde plásticos de gran tamaño que terminan en el fondo o flotando en los ríos o mares, siendo en muchos casos consumidos por los animales marinos, con los problemas que esto supone, hasta el foco de contaminación menos visible y de mayor preocupación, relacionado con las partículas de plástico que miden menos de un milímetro y que son consideradas como microplásticos (Sánchez, 2018).

Se clasifica como microplástico a todo residuo o pedazo que resulta de la descomposición de objetos sintéticos y moldeables, por lo que estas pequeñas partículas terminan siendo mucho más peligrosas una vez degradadas (Lavayen, 2021). Los microplásticos pueden dividirse en dos clasificaciones primarios y secundarios; los primarios son aquellos producidos con un propósito en específico con respecto a su forma y tamaño, por ejemplo, las perlas de plástico que son utilizadas en productos de limpieza, medicinales y exfoliantes cosméticos. Por otra parte, los

microplásticos secundarios son generados por la degradación química, biológica o física de desechos plásticos en el ambiente (Ricardes et al. 2022). La fragmentación de los microplásticos aumenta los peligros y consecuencias que trae consigo dicha basura, ya que se vuelven totalmente imperceptibles para el ojo humano y por lo tanto también para la fauna marina, quienes se alimentan accidentalmente de estas partículas, consecuencia que amenaza también la salud del ser humano a través de la cadena alimenticia (Lavayen, 2021; Sánchez, 2018).

Debido a ciertas características en particular, principalmente en los depredadores, algunos organismos son altamente susceptibles a retener estos contaminantes a través de bioacumulación y biomagnificación, conceptos utilizados en la evaluación del riesgo ecológico para determinar la presencia y transporte de contaminantes con motivo de la disolución de químicos dentro del organismo por medio del alimento con respecto a la cadena trófica. Cuando hablamos de bioacumulación, o carga corporal, nos referimos al aumento de algún agente contaminante del cual existe dificultad al momento de su expulsión o secreción del organismo, dichos residuos van desde los microplásticos hasta sus aditivos, adquiridos de cualquier fuente como el agua, sedimento, presas (Alves et al., 2023). Consecuentemente la transferencia trófica de contaminantes resulta en biomagnificación en los niveles más altos de la cadena alimenticia, se conoce a este proceso como el incremento de la concentración previamente acumulada en un organismo comparado con el de la presa, por lo que es común encontrar varias especies de tiburones con altas concentraciones de microplásticos y químicos derivados, generando impactos en los procesos esenciales para su salud (Miller, et al., 2020). En consecuencia, los entornos marinos constituyen un ambiente vulnerable ante la contaminación de microplásticos, basura que consecuentemente termina formando parte de la alimentación de la fauna marina en el medio, se conoce que luego de que los microplásticos son ingeridos por los organismos, las sustancias químicas aditivas del plástico, conocidas como Contaminantes Orgánicos Persistentes (POPs por sus siglas en inglés) son transportadas a través del sistema circulatorio y diferentes órganos causando efectos nocivos en especies marinas, alterando potencialmente su función endocrina, lo que puede provocar estrés y posteriormente, la muerte (Ricardes, 2022). Actualmente existen evidencias significativas de presencia de microplásticos en el tracto gastrointestinal de diversas especies marinas, aproximadamente se ha reportado la ingesta de 12,000 a 24,000 toneladas de microplásticos al año en peces que habitan entre los 200 -1000 metros de profundidad en el Océano Pacífico (Villamar, 2022).

## **Antecedentes**

Ante la evidente problemática de los microplásticos en los ecosistemas marinos diversos estudios se han llevado a cabo para determinar el riesgo en la salud de diversas especies marinas y su impacto en el ambiente y el humano como consumidor final de los productos marinos. Por ejemplo, Piñon et al (2018) realizaron un estudio sobre la presencia de microplásticos en 21 playas de la península de Baja California, las playas de elección se denominaron playas urbanas o rurales según sus condiciones demográficas, con base en los resultados obtenidos se demostró existencia de MP en todas las playas estudiadas, el promedio obtenido fue de entre 150-162 partículas para las playas urbanas y 30-115 partículas para las playas rurales.



Así mismo, Jonathan y colaboradores (2021) estudiaron la evidencia de microplásticos en diversas especies de peces de la costa occidental del océano pacífico mexicano, con base en los análisis realizados obtuvieron que el 66% de las especies presentaron MP dentro de su tracto digestivo, mientras el 33% restante no presentó partículas. Según revisiones bibliográficas esto se puede deber a los hábitos alimenticios de cada pez, las especies que demostraron presencia de MP eran en su mayoría peces demersales que suelen alimentarse cerca de los sedimentos, las dos especies con mayor abundancia fueron *Paralabrax maculatofasciatus* y *Eucinostomus dowii* los cuales comparten ciertas presas como anfípodos, isópodos, cangrejos y poliquetos. Según estos datos obtenidos se puede observar la transferencia trófica de MP desde las presas a los depredadores.

Fossi et al (2017) también tuvieron como área de estudio el Golfo de Baja California donde partir de biopsias de piel del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) realizó un estudio ecotoxicológico para observar el nivel de exposición por contaminantes plásticos en el mar. A partir de los resultados se mostraron los primeros datos sobre la abundancia y caracterización de microplásticos en las zonas de alimentación del tiburón ballena en el Golfo de California con un 35% de polietileno proveniente de la contaminación por plásticos, lo que sugiere el impacto potencial de la basura en esta especie de tiburón en peligro de extinción.

Alves et al. (2023), reportan la urgente necesidad de actualizar el estado de conservación de los tiburones en cuanto a la evaluación de la Lista Roja por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) considerando el nivel de contaminación y su efecto en especies que se encuentran en alguna categoría de conservación. Teniendo en cuenta su importante rol dentro de los ecosistemas y en áreas comerciales. Es importante señalar la afectación por el consumo de carne proveniente de estos peces ya que se puede convertir en un problema de salud pública. La tendencia de los tiburones a la acumulación de contaminantes, su evidente importancia ecológica y económica, lo vuelve el blanco perfecto para la promoción de estudios relacionados con la contaminación por microplásticos y su afectación en los ciclos de vida de los tiburones (Fernández y Anastasopoulou, 2017; Lavayen, 2021; Sánchez, 2018).

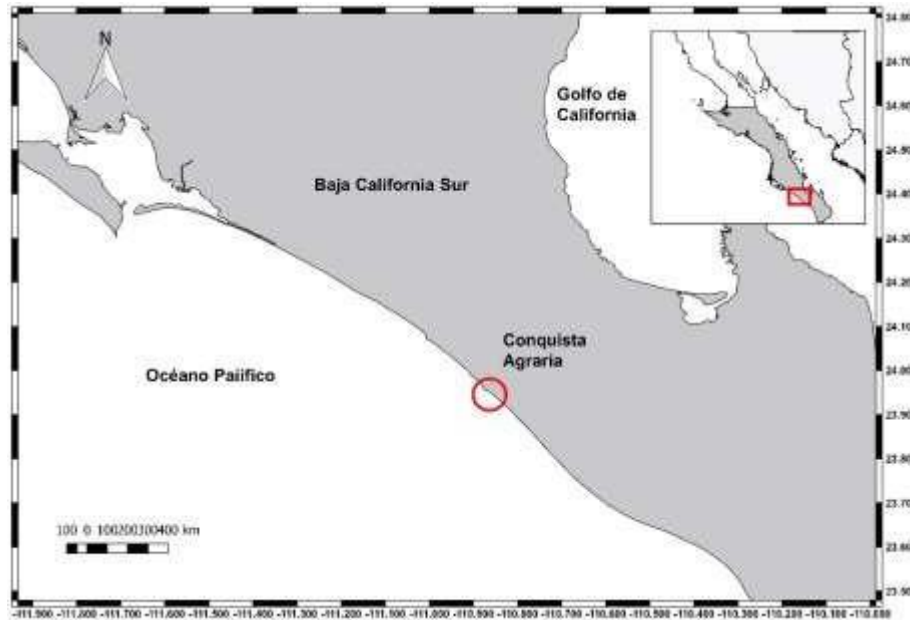
## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

Esta investigación se realizó en la localidad de Conquista Agraria dentro del municipio de La Paz en Baja California Sur, la precisión de las coordenadas geográficas es de latitud 23.9826766 y longitud -110.8150589 ubicado a 54.3 km en dirección oeste de la ciudad de La Paz (figura 2). Es una localidad aun en subdesarrollo donde se prestan servicios de bienestar humano como educación, salud y abastecimiento dirigidos a los sectores de alrededor, aunque aún es considerado como una localidad rural donde sus operaciones se concentran en la pesca, así como su distribución y comercio principalmente en La Paz (Tovar et al.,2015), Conquista Agraria se

considera como la extensión con mayor profundidad a partir de la costa del complejo ejidal del cual forma parte (Conagua, 2024).

Las condiciones en Conquista Agraria presentan un clima árido, con una temperatura anual de 28°, precipitación de 88mm e índice UV de 6, con pocas lluvias a lo largo del año; el área costera se caracteriza por la abundancia en cuanto a rocas que a su vez con la marejada forman pequeñas albercas que son características del lugar (Romero et al., 2022).



**Figura 2.** Área de estudio. Mapa de la localidad de Conquista Agraria dentro de la República Mexicana.

### Fase de Campo

Se realizaron expediciones de muestreo por parte del proyecto “Tiburones y Rayas CICIMAR-IPN” en el mes de abril de 2023, en las que se capturaron 49 ejemplares, de los cuales se separaron los tejidos, siendo los estómagos nuestro órgano de interés.

La captura se llevó a cabo con técnicas de pesca artesanal, utilizando redes agalleras de aproximadamente 250 metros de longitud y con luz de malla de 4-8 pulgadas. Las redes de captura se colocaron a 35 km de distancia de la costa, alcanzando una profundidad de 40m donde se pueden extender las redes sin interferencia de corales o rocas, a medio día se montan en la zona de selección y son revisadas al día siguiente. Una vez recolectados los organismos se rotularon las muestras con la ubicación, fecha y hora; se realizó la identificación de individuos con la ayuda de guías de campo, después se tomaron los datos biométricos considerando la longitud total (distancia de la punta de la cabeza a la punta del lóbulo superior de la aleta caudal) utilizando una cinta métrica y se diferenciaron los sexos observando la ausencia o presencia de gonopterigios. Después los organismos fueron disectados desde la cavidad abdominal por medio de un corte longitudinal desde la altura de las aletas pectorales hasta la cloaca para poder extraer

el estómago completo, estos se almacenaron y etiquetaron de manera individual en una hielera a  $-18^{\circ}\text{C}$  para poder ser transportados a los laboratorios donde se procesaron (figura 3).



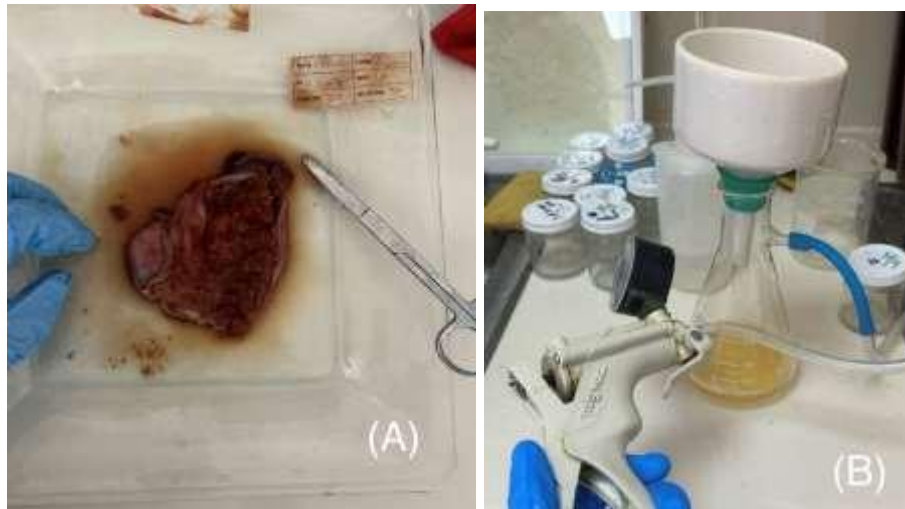
**Figura 3.** Separación de las muestras a partir de las capturas por los pescadores en la costa de Conquista Agraria, Baja California Sur.

### **Fase de laboratorio**

En el laboratorio de Ecología de Peces del CICIMAR-IPN, las muestras fueron descongeladas a temperatura ambiente para poder diseccionar y extraer el contenido estomacal. Se separó la materia orgánica de mayor tamaño y posteriormente el contenido restante mediante un lavado con agua destilada, de las cuales se obtuvieron muestras que se almacenaron y etiquetaron en frascos de vidrio (300ml-500ml). Todos los recipientes y materiales que se utilizaron fueron de vidrio o metal, incluso se usaron batas de algodón para evitar la contaminación de la muestra.

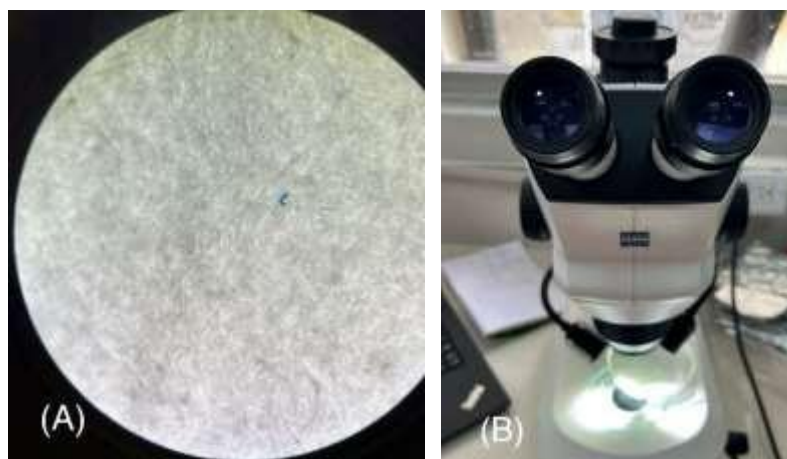
Para el procesamiento del material obtenido, se siguieron las recomendaciones de Parton et al. (2020), primero se adiciono hidróxido de potasio (KOH) al 20% en una extracción del 50% de los frascos anteriormente separados, con el propósito de degradar cualquier resto de materia orgánica (figura 4). La solución se calentó durante 48 horas a una temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$ , pasado este tiempo se utilizaron dos métodos de filtración con matices de 50 Mm y 100 Mm para separar la fase inorgánica, auxiliándonos de una piseta. Una última filtración se realizó utilizando un embudo Büchner (figura 4), colocado sobre un matraz de filtración Kitasato, para luego aplicar succión con una bomba de vacío para que los microplásticos quedaran atrapados en el papel filtro de fibra de vidrio de 1.6 Mm, este procedimiento se repitió de 2-3 veces por muestra. Una vez obtenidas las muestras finales se almacenaron y etiquetaron en papel aluminio para su posterior análisis con el fin de prevenir contaminación. Por último, se realizó la observación en un

estereoscopio, colocando las muestras en cajas petri, en las cuales se marcaron cuadrantes de 4x4 para facilitar el conteo de los MP.



**Figura 4.** Procedimiento para la obtención del líquido estomacal. A) Separación de material estomacal. B) Filtración a través de un embudo Büchner del líquido estomacal para el aislamiento de MP.

Una vez concluida la fase de laboratorio se llevó a cabo la contabilización y caracterización de los MP mediante un análisis de visualización descriptivo, con base en la Guía de Identificación de microplásticos según la metodología de Hidalgo et al. (2012) (tabla 1). En la cual se especifican las características necesarias para considerar la partícula como microplástico considerando su forma, flexibilidad, textura, grosor y color (figura 5).



**Figura 5.** Observación de MP obtenidos a partir del líquido estomacal. (A) MP en forma de fragmento. (B) Observación de las muestras.

**Tabla 1.** Categorías de clasificación de microplásticos

Categorías	
Tipo de Fragmento	Color
Películas de Plástico	Blanco
Fragmentos de Plástico	Transparente
Lámina	Negro
Esfera	Gris
Plástico Espumado	Marrón
Fibras	Amarillo
	Rojo
	Azul

**Nota.** Para la identificación de colores se deben incluir aquellos que se encuentren sin registrar diferencias en tonalidades

### Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se obtuvo la frecuencia de aparición con respecto al número de estómagos registrados con presencia de MP. Se evaluaron variables de sexo y longitud total de los individuos en cuanto a la incidencia de microplásticos para encontrar relaciones que nos muestren algún resultado de relevancia, también se consideraron variables de color y forma de todas las partículas encontradas. Posteriormente se contabilizaron la cantidad de MP de cada categoría presente en los estómagos con respecto al total de microplásticos encontrados.

Se utilizó el software “STATISTICA” para realizar un análisis estadístico del cual se obtuvieron resultados según las pruebas de U Mann-Whitney, con el fin de conocer las diferencias significativas que existen entre nuestros resultados en cuanto a las variables independientes a partir de la obtención del p valor. También se realizó un análisis de regresión lineal para obtener si la correlación entre variables resulta fuerte o débil según del valor resultante para  $R^2$ . Tales análisis se utilizaron para comparar nuestros resultados con datos de otros autores que han estipulado previamente valores de normalidad para las cantidades de MP encontrados en organismos marinos, así como las formas y colores que se observan con mayor frecuencia, con los cuales podremos obtener conclusiones con respecto a los resultados obtenidos en este estudio.

### Resultados

Se muestrearon un total de 49 estómagos de individuos de *Mustelus henlei* los cuales fueron capturados en la zona de Conquista Agrario, Baja California Sur (figura 2) el día 24 de abril de 2023, a partir de dichas muestras se analizó el contenido estomacal de cada uno de los individuos, los cuales fueron previamente categorizados por su estadio de madurez según la longitud total y su sexo. Se utilizaron dichas características para facilitar la identificación y registro de partículas

de MP que se pudieran encontrar, las cuales a su vez se separaron según su forma y color (figura 6).

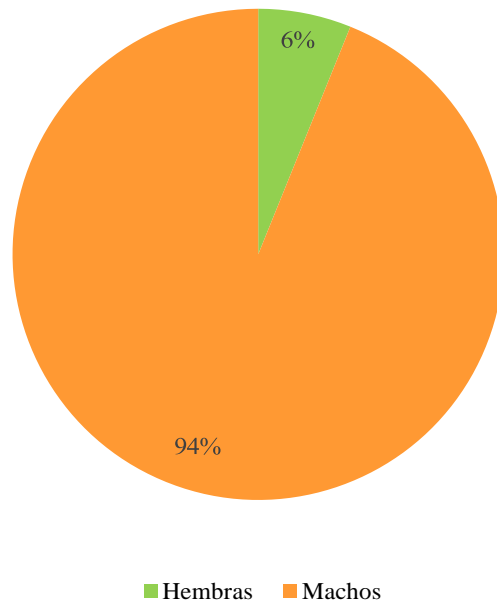


**Figura 6.** Tipos de microplásticos en forma de fibras encontrados en el contenido estomacal de *M. henlei* en la localidad de Conquista Agraria, Baja California Sur.

#### **Resumen de resultados por categoría**

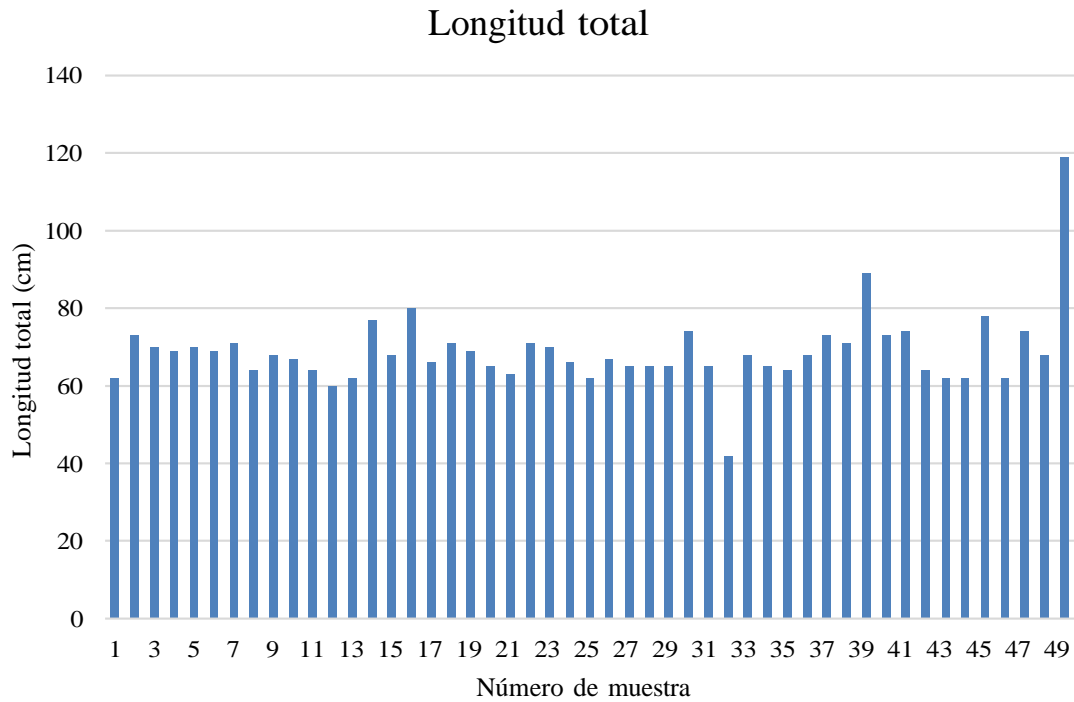
De nuestros 49 individuos capturados se realizó la diferenciación por sexo que se muestra en la figura 7, donde 47 de ellos resultaron ser machos, en comparación con las hembras capturadas las cuales solo fueron 2.

## Sexo



**Figura 7.** Comparación total de hembras y machos.

También se realizó la clasificación según la longitud total, la cual se utilizó como indicador del estadio de madurez, según Méndez (2008) cuando la longitud es mayor a 64 cm para machos y 66 cm para hembras se consideran individuos adultos, todos los organismos menores a estas medidas se clasifican como juveniles. En la figura 8 se muestra que el número de organismos adultos fue mayor con un total de 73% y 27% para juveniles, sin embargo, las longitudes de los adultos superan a las de los juveniles solo por unos cuantos centímetros, a excepción del organismo 49.



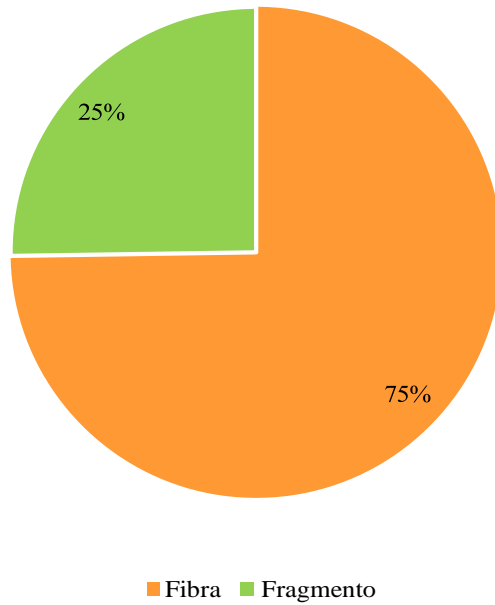
**Figura 8.** Comparación general de la longitud total de los organismos.

### Caracterización de los microplásticos

En la figura 9 se realizó una comparación entre el tipo de MP identificado en cada uno de los estómagos según la forma de las partículas, como podemos observar solo se obtuvieron dos tipos de los categorizados para MP, los cuales fueron fibras y fragmentos, siendo las primeras las de mayor frecuencia superando el 50% del total de partículas encontradas con un total de 1947 fibras y 335 fragmentos.



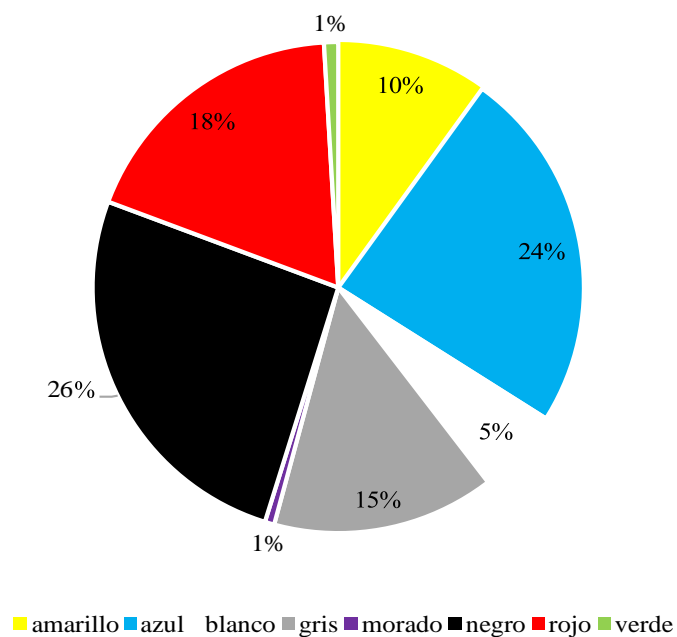
### Tipo de MP



**Figura 9.** Comparación de microplásticos según su tipología.

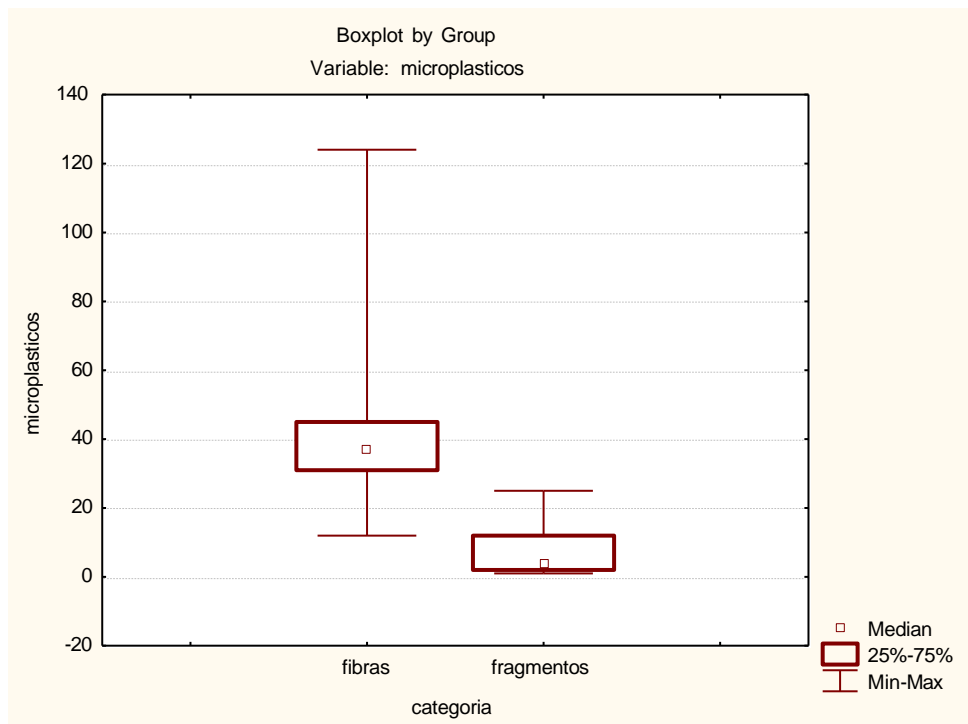
En el caso de la separación de partículas por color se identificaron 8 colores diferentes representados en la figura 10, sin embargo, solo cuatro de ellos tuvieron una frecuencia relativamente alta, el color negro fue el más encontrado con 1350 partículas, después fue el color azul con 467, el rojo con 185 y el gris con 157, para los demás colores ninguno supero los 100.

### Color de MP



**Figura 10.** Diversidad de colores de los microplásticos.

Para la comparación entre los tipos de microplásticos que fueron identificados se realizó el análisis estadístico de Mann-Whitney para comparar las diferencias en la frecuencia de aparición entre fibras y fragmentos totales para todos los estómagos analizados. Según nuestros resultados si hubo una diferencia significativa entre el número de MP observados en los estómagos con un valor de  $p=0.000000$  ( $<0.05$ ), en la figura 11 se representa gráficamente a través de un gráfico boxplot la relación de los valores registrados para los totales de fibras y fragmentos, podemos observar como la categoría de fibras fue la predominante ante el número de fragmentos contabilizados en cada estómago.



**Figura 11.** Gráfico boxplot de comparación entre los microplásticos encontrados según su tipología.

### Datos por categoría

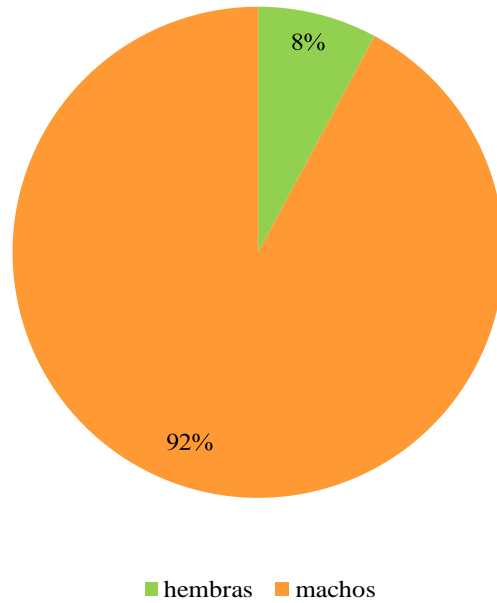
Una vez realizada la clasificación tanto de los individuos como de las partículas de MP se realizaron relaciones entre los microplásticos encontrados y las variables que se utilizaron para diferenciar a cada individuo con base en sus características, en este caso el sexo y estadio de madurez.

### Por sexo

En la figura 12 se observa la presencia de MP por machos y hembras, como se mencionó anteriormente el número de machos fue mucho más alto que el de las hembras, por lo tanto, el número de partículas también presentó diferencia. En machos el número de MP que se

encontraron fueron 2103 con respecto al 94% de organismos machos analizados, mientras que para las hembras fueron 179 partículas siendo solo el 6% del total de muestras.

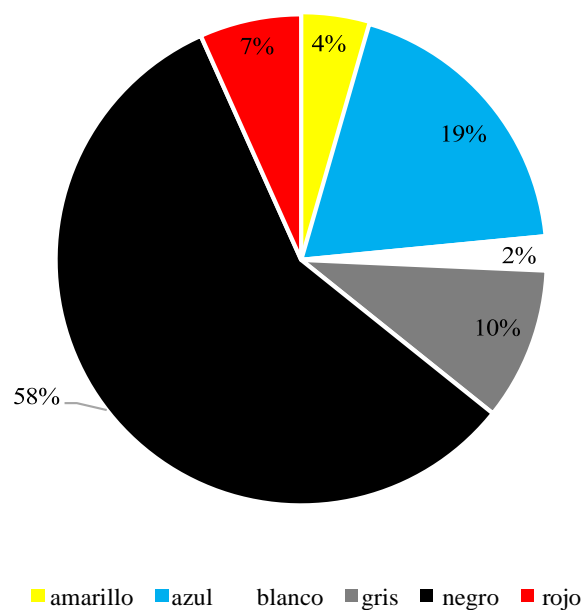
### MP por sexo



**Figura 12.** Comparación de microplásticos encontrados según el sexo.

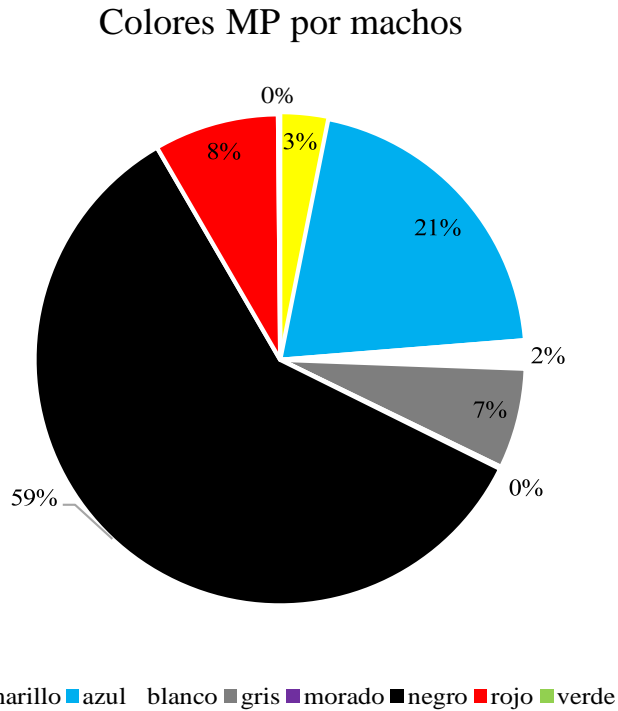
En la figura 13 se clasificaron los colores encontrados solo en las hembras, los cuales fueron solo seis y a su vez el que predominó fue el color negro siendo más de la mitad del total de los MP encontrados con 103 partículas, le sigue el azul con 34, el gris con 18, el rojo con 12, amarillo con 8 y blanco con 4.

### Colores MP en hembras



**Figura 13.** Frecuencia de aparición de los colores identificados para los microplásticos en hembras.

A pesar de haber tenido más individuos del sexo masculino en comparación con las hembras los resultados en cuanto a colores fueron similares como se muestra en la figura 14, siendo el color negro el de mayor frecuencia de aparición con 1247 partículas, seguido por el color azul con 433, el rojo con 173, el gris con 139, amarillo con 66, blanco con 39 y a diferencia de las hembras se encontraron dos nuevos colores, verde y morado con 3 partículas.

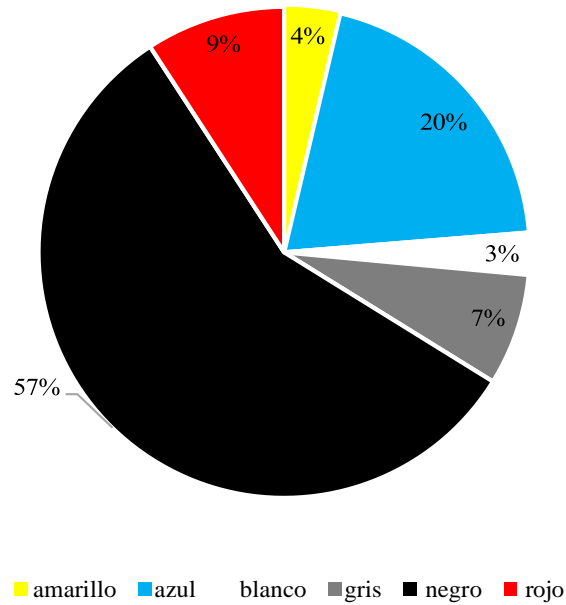


**Figura 14.** Frecuencia de aparición de los colores identificados para los en machos.

#### Por estadio de madurez

Para los estadios de madurez primero se separaron los colores encontrados en juveniles como se observa en la figura 15, de los cuales solo se encontraron seis colores, el color con mayor frecuencia al igual que en las otras categorías fueron el negro con 310 y el azul con 109, de los siguientes colores los valores fueron todos por debajo de 100, para el rojo fueron 50, gris con 40, amarillo con 20 y blanco con 15.

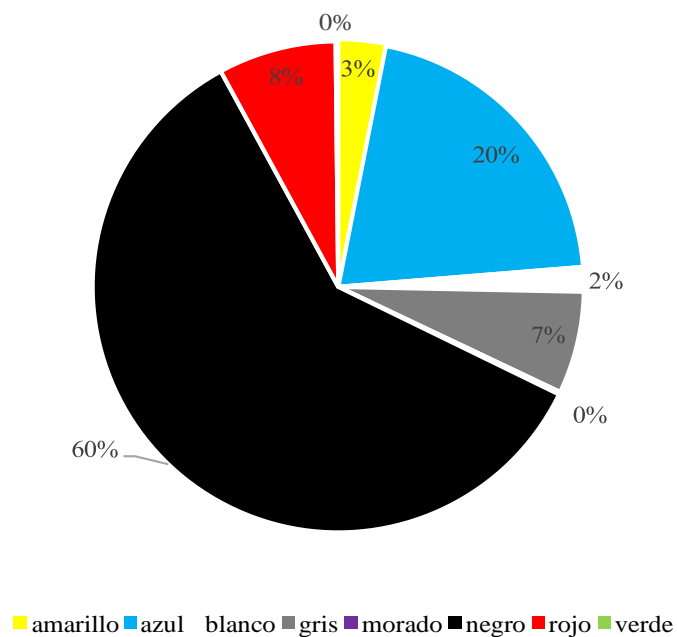
### Colores MP en juveniles



**Figura 15.** Frecuencia de aparición de los colores identificados para los en juveniles.

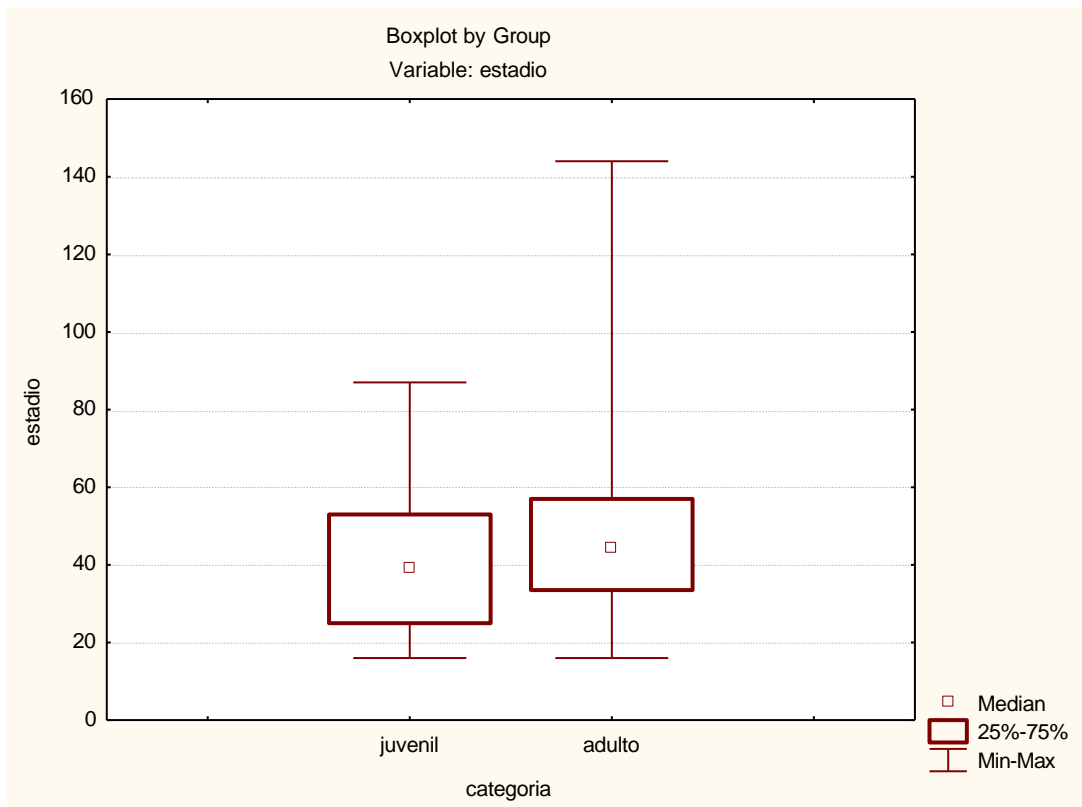
Para la categoría correspondiente a los adultos los colores fueron más diversos como se puede ver en la figura 16, a pesar de que los resultados en cuanto a colores fueron similares las abundancias fueron mayores en comparación con los juveniles, para el color negro que fue el más abundante se obtuvieron 1040 partículas, para el azul 358, para el rojo 135 y el gris 117, siendo estos los cuatro más abundantes, en cuanto a los menos abundantes tenemos el color amarillo con 54, el blanco con 28, verde y morado con 3.

### Colores MP en adultos



**Figura 16.** Frecuencia de aparición de los colores identificados para los encontrados en adultos.

Se obtuvo también la relación entre diferencias de aparición de MP entre adultos y juveniles según el análisis estadístico de Mann-Whitney, el cual nos indicó que no existe una diferencia significativa entre el total de MP encontrados en los organismos según su estadio de madurez con un valor de  $p=0.243516$ , como lo podemos observar en la figura 17 el rango de MP encontrados fue entre 20 y 60 tanto para juveniles como adultos.



**Figura 17.** Gráfico boxplot de comparación entre los microplásticos encontrados en jóvenes y adultos.

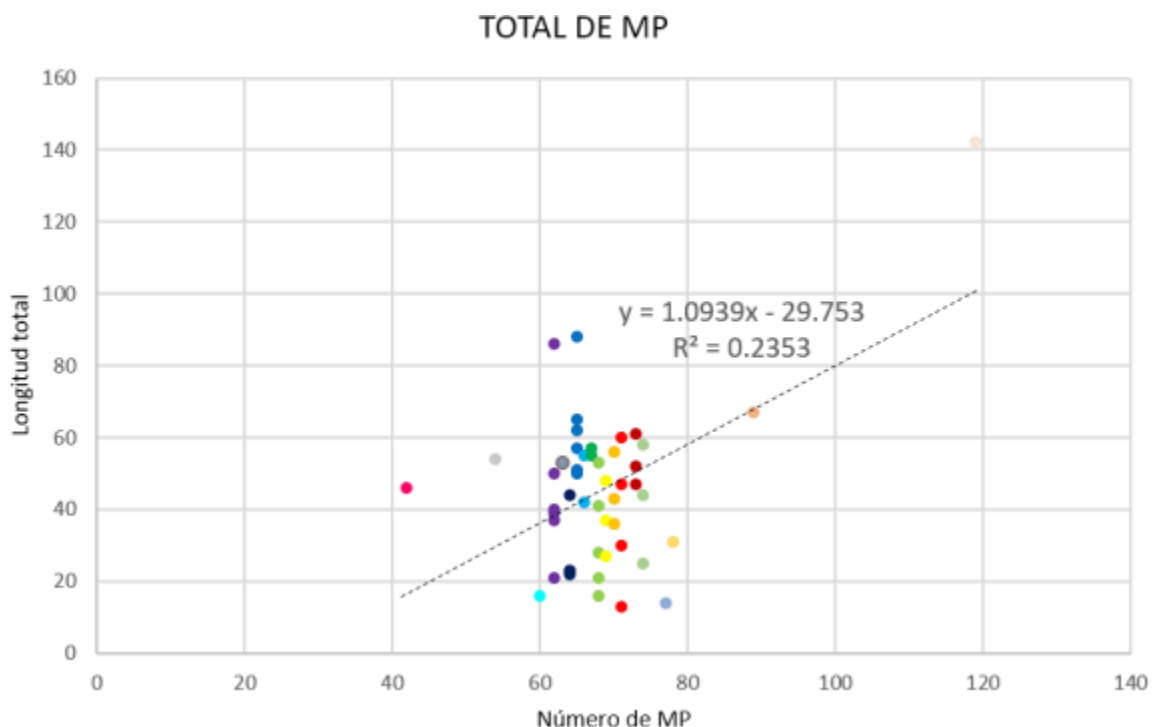
### Longitud total

Se utilizó la variable de longitud total como indicador del estadio de madurez de cada individuo, de esta manera teniendo las clasificaciones entre juveniles y adultos se obtuvo el coeficiente de determinación  $R^2$  y el  $p$  valor, los cuales nos permitieron observar si la correlación entre las variables independientes resultó fuerte o débil según el número de MP, así como demostrar si la regresión simple fue significativa o no. En la tabla 2 se observa para la  $R^2$  una correlación débil entre las variables para todos los organismos, sin embargo, en el caso del  $p$  valor los valores para fibras negras y azules, fueron los únicos que se muestran significativos en cuanto a la cantidad de MP encontrados con respecto a los tamaños de los individuos.

**Tabla 2.** Coeficiente de determinación y p valor con respecto al número de microplásticos encontrados según el estadio de madurez

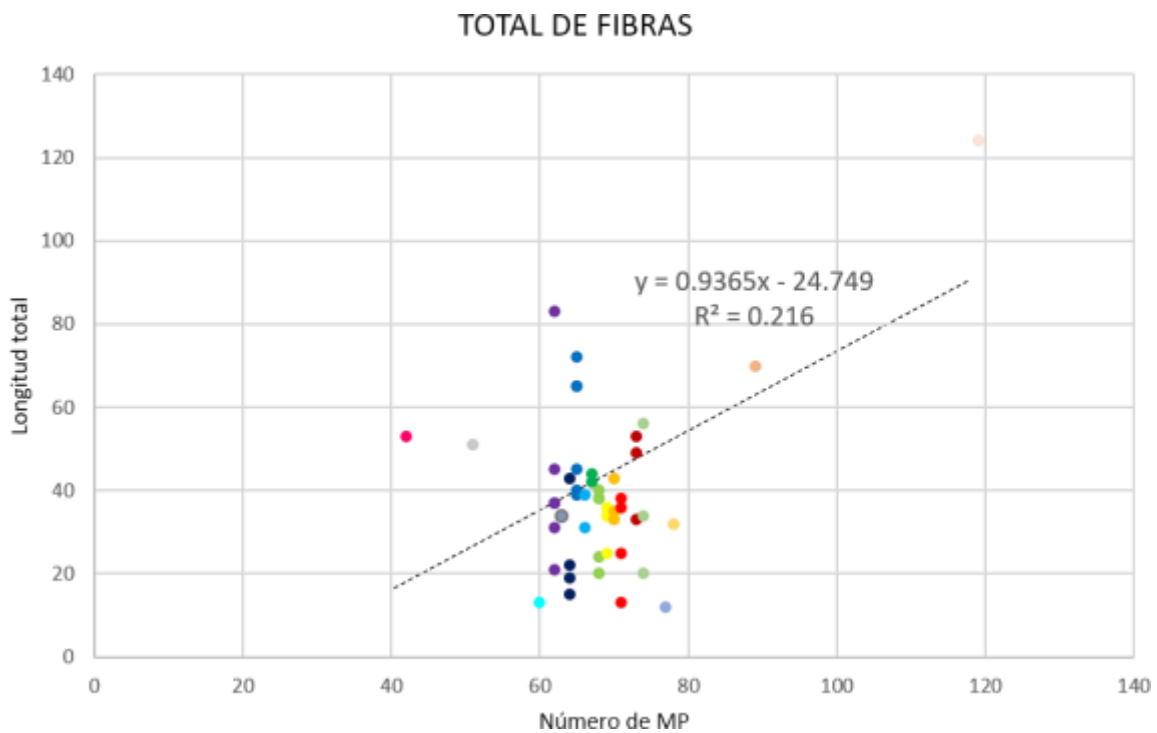
	R <sup>2</sup>	p <> 0.05
Total de MP	0.21905652	0.14359859
Total de fibras	0.1992953	0.178027
Total de fragmentos	-0.0205232	0.46461088
Fibras negras	0.27664488	0.02512794
Fibras azules	0.38186409	0.0019441
Fibras rojas	0.13445787	0.30905116
Fragmento negro	0.02737503	0.14147387
Fragmento azul	-0.06916253	0.41267162

Con ayuda de gráficas de dispersión pudimos representar la correlación que existe entre la variable de la longitud total (misma que nos indica el estadio de madurez) con respecto al número de MP observados en cada uno de los estómagos, en la figura 18 obtuvimos una línea de tendencia que nos indica un aumento proporcional de microplásticos con respecto al tamaño del individuo, sin embargo, nuestro valor de R<sup>2</sup> resulto débil con un valor de 0.2.



**Figura 18.** Análisis de regresión simple y línea de tendencia según el total de microplásticos encontrados con respecto a la longitud total de los organismos.

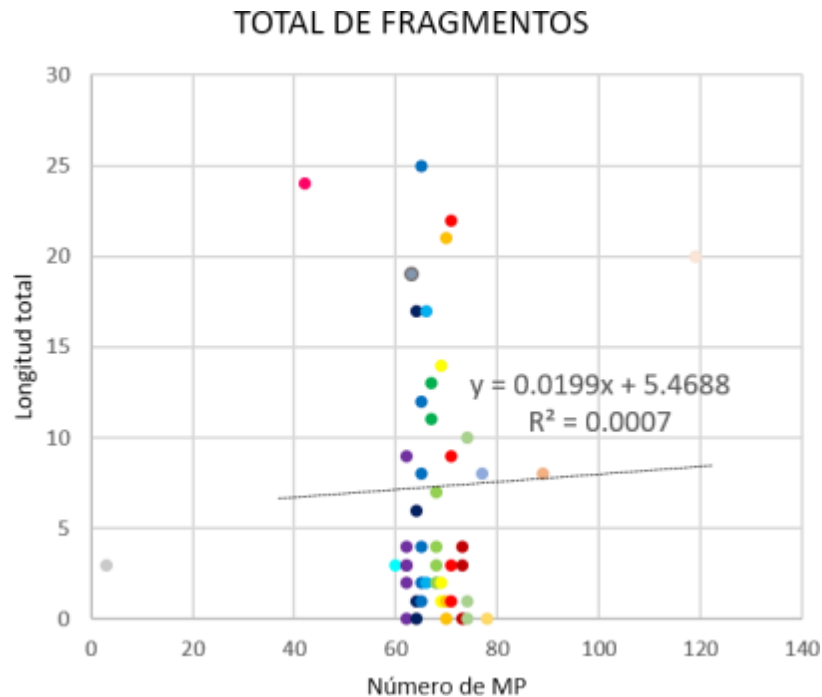
De igual manera se realizó una correlación entre el tipo de MP encontrado con respecto a los estadios de madurez. En cuanto a las fibras, que fueron el tipo con mayor número de apariciones se presentó una regresión simple no significativa y una correlación débil según el valor de  $R^2$ , en la figura 19 se representa a través de una gráfica de dispersión el número de partículas encontradas con respecto al tamaño de cada organismo, también se logra observar según la línea de tendencia que existe un aumento proporcional del tamaño en cuanto a la ingesta de MP.



**Figura 19.** Gráfico de dispersión y línea de tendencia según el total de microplásticos de tipo fibras encontrados con respecto a la longitud total de los organismos.

Para el caso del siguiente tipo de MP que son los fragmentos se observó un comportamiento similar, la regresión resultó ser no significativa y el valor de  $R^2$  nos arroja a una correlación débil entre nuestras variables, aunque según nuestra representación gráfica en la figura 20 la línea de tendencia se comporta diferente, siendo esta ligeramente más lineal, pues no hay un aumento notable en la cantidad de MP según el tamaño del individuo.





**Figura 20.** Gráfico de dispersión y línea de tendencia según el total de microplásticos de tipo fragmentos encontrados con respecto a la longitud total de los organismos.

## Discusión

Además del uso excesivo del plástico dentro de la cotidianidad del hombre, su abuso y mal manejo tras ser desechado ha convertido nuestros océanos en el principal vertedero de basura y almacén de microplásticos en el mundo (Sidhar et al., 2022). Como es evidente a lo largo de este trabajo la presencia de MP es una problemática que está afectando no solo externamente en los ecosistemas sino también de manera interna, sobre todo en los animales. Baja California Sur es uno de los estados reconocidos por su amplia biodiversidad marina dentro del país, sin embargo el turismo y la pesquería son dos de las principales actividades económicas de la zona, mismas que son responsables de la propagación de MP hacia el medio marino, Troyo y colaboradores (2018) en su trabajo analizando el turismo explica cómo ha incrementado la huella antropogénica y presencia de microplásticos debido a las partículas producidas por los textiles, pertenencias y químicos que suelen usar las personas al momento de realizar actividades turísticas; de la mano de la falta de gestión de basura, o incluso su inexistente manejo en ciertas zonas. De igual manera, la pesca forma parte del problema, ya que el equipo necesario para llevarse a cabo como redes, cuerdas y líneas de pesca, está compuesto en su mayoría por fibras sintéticas de poliamidas y polietileno (Cesa et al., 2017), es probable que debido a estas razones se haya encontrado similitud con esta investigación, así como diversos autores que anteriormente realizaron investigaciones sobre microplásticos en la zona de Baja California Sur. Los MP característicos por provenir de estas fuentes según su forma y color coinciden con los obtenidos en nuestros resultados, por lo que se puede adjudicar la procedencia de estas partículas contaminantes a la

actividad antropogénica, en su mayoría a la pesca y el turismo los cuales resultan necesarios para el desarrollo del estado.

### Identificación de microplásticos

En el análisis del presente estudio se detectaron microplásticos presentes en el 100% de las muestras analizadas con un total de 2282 partículas, lo que nos confirma que existe una situación de contaminación que se está manifestando en los animales marinos, en este caso con el tiburón *M. henlei*. Coincidimos con Parton et al. (2020) donde se logró reportar la presencia de microplásticos en 4 especies de tiburones demersales, incluyendo una especie del género *Mustelus*, como resultado obtuvo 379 partículas de microplásticos en 46 estómagos donde solo un 67% indicaron presencia de partículas; Meza (2023) en su trabajo con la especie *Rhizoprionodon longurio* en las costas de Baja California Sur encontró un total de 1523 en 30 estómagos analizados, en este caso el 100% de las muestras presentaron microplásticos; así mismo Castillo et al. (2023) con estudios basado en la especie *Coryphaena hippurus* en la costa oriental de Baja California Sur, resalta la notable contaminación por MP en los océanos. De estos resultados, junto con los de esta investigación se puede determinar que en Baja California Sur existe una alta incidencia de microplásticos. Podemos observar que entre dichas investigaciones existen rangos de tiempo distintos por lo que es evidente que con el paso del tiempo la cantidad de partículas encontradas ha ido aumentando, en la actualidad el plástico es uno de los materiales mayormente utilizado en nuestras actividades cotidianas por lo que el aumento del desecho mismo es casi inevitable y con tendencia a seguir en aumento con el paso de los años (Castro, et al., 2021).

En cuestión de las categorías de sexo y tallas, tanto para machos y hembras como adultos y juveniles los resultados arrojaron una relación estadística no significativa según el análisis estadístico de Mann-Whitney. Janardhanam et al. (2022) junto a Huang et al. (2022) en sus investigaciones concuerdan que no existen diferencias relevantes en cuanto a los criterios de sexo y talla; Matupang et al. (2023) quien trabajo con 5 distintas especies, menciona que para 4 de ellos tampoco existieron diferencias significativas en cuanto a estos criterios, ni si quiera en cuanto a la variable de diferencia entre especies. Esto nos indica la alta presencia de MP en todo lo que concierne al área del medio marino, es decir que de manera indiscriminada los organismos están siendo afectados por la presencia de contaminantes en el mar, Ozturk y Altinok (2020), apoya esta teoría con base en su investigación donde se comprueba la ingesta de MP hasta en 250 especies de animales marinos a lo largo de toda la superficie marítima mundial. Así como también se puede observar en esta investigación, puesto que las cantidades de MP ingeridas por el cazón pardo no tuvieron diferencias de importancia en cuanto a ninguna de las variables individuales de cada muestra.

En cuanto a la longitud total (LT) obtenida en el presente estudio se tuvo un promedio de 68 cm, predominando los individuos adultos considerando que *Mustelus henlei* alcanza su madurez sexual entre el año y 2 años, con una LT >64 cm para machos y >66 cm para hembras (Méndez, 2008). La presencia de partículas entre juveniles y adultos no mostro diferencia significativa, no solo por la cantidad de individuos capturados, sino porque el consumo de microplásticos en los individuos resulta indiscriminado. Munno et al., (2024) coincide en que no existen diferencias de

importancia con respecto a la longitud total, sino que las diferentes abundancias en cuanto a MP dependen de las preferencias alimenticias que existen en los diferentes estadios de madurez. Con respecto a nuestros resultados la diferencia de longitud no es tan amplia, es decir, los individuos adultos variaban por 2 o 3 centímetros de los juveniles, por lo que es posible que sus hábitos alimenticios aún no fueran tan diferentes, así como la profundidad de preferencia, por lo que la presencia de MP para ambos estadios tiende a ser similar.

De igual manera en cuanto a la categoría por sexo se logró observar una gran diferencia, teniendo un 94% de organismos machos y solo el 6% de hembras. Debido a las áreas de crianza que emplean estos tiburones para procurar su supervivencia, es común que las hembras se encuentren en zonas más costeras cuando están por dar a luz lo que va de los meses de marzo a junio (Pérez y Sosa, 2008) y nuestras muestras se obtuvieron en el mes de abril. Por otra parte, Silva, (2012) reporta que el comportamiento de una hembra preñada es de sumergirse a profundidades de hasta 80 m, aún más profundo que los machos maduros, los cuales tuvieron mayor abundancia en nuestras capturas. Bravo et al., (2024) en su estudio de caso con la especie *Carcharhinus falciformis* demuestra que las diferencias entre las ingestas de MP para machos y hembras se relaciona con la temporada en que se realizan las capturas, en los meses de noviembre cuando se analizaron mayor número de estómagos de hembras el número de partículas fue mayor para estas, pero en los meses que se capturaron más machos debido a la estacionalidad, el número de microplásticos también aumento; esto quiere decir que el número de partículas encontradas aumenta de manera proporcional con el número de capturas, por lo tanto la presencia de microplásticos realmente es constante como lo observamos en el presente estudio, pues solo depende del mayor número de individuos analizados. En el caso de nuestro trabajo no se puede conocer una variable estacional ya que todas nuestras muestras fueron obtenidas en la misma temporada, aunque, con base en previas investigaciones se ha observado que durante todo el año existe presencia de microplásticos en cuanto al contenido estomacal (Janardhanam et al., 2022; Yong et al., 2021).

A pesar de que nuestras categorías entre sexos, madurez y área de captura puede ser una limitante con respecto a nuestros resultados existen estudios aún con otras especies de animales que confirman la presencia de microplásticos a lo largo de una gran parte del medio marino. Por ejemplo, Merino et al., (2022) a partir de lavados esofágicos en 19 individuos de tortugas marinas, las cuales tienen una dieta más dirigida hacia la vegetación marina y suelen ser más costeras identifico presencia de microplásticos en el 100% de sus muestras, Yong et al., 2021 realizo muestreos del 2012 a 2019 con 99 muestras fecales de individuos de tiburón ballena, el cual es filtrador y se alimenta cerca de la superficie identifico presencia de contaminantes por lo menos en el 50% de las muestras, Ayala et al., 2021 quien analizo leones marinos y la transferencia trófica de contaminantes partir de sus presas, confirmo la presencia de microplásticos en ambos gremios incluso se encontró el mismo tipo de polímero tanto en presas como depredadores.

Estos ejemplos con base en estudios tanto de las dietas, de los excrementos y directamente de los estómagos de los animales nos demuestra la urgencia ambiental que se está viviendo en una larga extensión de los océanos en cuanto a la contaminación por basura.

## Caracterización por forma

Al clasificar los microplásticos por forma solo obtuvimos fibras y fragmentos, siendo las fibras mucho más abundantes con un porcentaje de 75% frente al 25% de fragmentos. De acuerdo con distintos autores, es común encontrar estas dos formas con mayor frecuencia antes de cualquier otro tipo de partícula, Maes et al., (2020) en su estudio analizando muestras de *Lamna nasus* encontró el 66% de fragmentos y 34% de fibras, Matupang et al., 2023, por otra parte, obtuvo el 84% de fibras y 16% de fragmentos. Según Alomar y Deudero, 2017 en el medio marino las fibras suelen ser las más comunes, Hidalgo et al., 2012 explica que es posible que la alta frecuencia en cuanto a las fibras se derive del uso de las redes de pesca. Además, Cesa et al., 2017 reporta la fragmentación de los textiles como otra fuente de procedencia de la cual se cree que vienen todas estas fibras sintéticas; los textiles al someterse al constante lavado doméstico desprenden todas estas partículas, desafortunadamente los filtros utilizados en lavadoras y plantas de tratamiento de agua no cuentan con las características necesarias para detenerlas. En cuanto a nuestros resultados podemos coincidir con el impacto que se está generando a partir de las actividades antropogénicas, tras haber obtenido una cantidad de 1947 fibras y 335 fragmentos dentro del contenido estomacal de *M. henlei* solo podemos reafirmar la falta de concientización con respecto al mal manejo de desechos, sobretodo plásticos.

En Baja California Sur anteriormente se han realizado investigaciones sobre microplásticos principalmente con animales filtradores, debido a la facilidad de ingesta de basura con dicho tipo de alimentación. En sus resultados Galli et al.(2023) trabajando con las especies *Balaenoptera physalus* y *Rhincodon typus* donde obtuvo que el 81% de los MP encontrados fueron fragmentos y el 10% fueron fibras, por otra parte Cardelli et al. (2021) quien también utilizó muestras de *Rhincodon typus* obtuvo mayor número de fibras que de fragmentos, aunque la forma más frecuente fueron películas; podemos observar que a diferencia de este trabajo y otros realizados con tiburones, las fibras no fueron las más abundantes probablemente por su tipo de alimentación. Sin embargo, en los trabajos que se han realizado en especies de tiburones con un tipo de alimentación común en la zona los resultados coinciden con los de nuestro trabajo, Huang et al. (2022) con su trabajo realizado en la costa este del Pacífico con tiburón azul obtuvo un mayor número de fibras (83.3%) que de fragmentos (16.7%) y no se encontró ninguna otra forma, Meza, (2023) obtuvo resultados del 97.4% de fibras, 1.4% de fragmentos y 1.2% de películas. A pesar de no existir una gran variedad de estudios realizados en la zona de Baja California Sur en tiburones, investigaciones realizadas en otras partes nos arrojan resultados similares a los nuestros, donde las fibras y los fragmentos son las formas que se encuentran con mayor frecuencia (Alomar y Deudero, 2017; Janardhanam et al., 2022; Matupang et al., 2023; Parton et al., 2020).

Ambos tipos de microplásticos son clasificados como secundarios, lo que quiere decir que provienen de la degradación de objetos plásticos de mayor tamaño que al terminar como residuos tanto en las playas como en los océanos se ve sometidos a procesos de degradación de los cuales derivan estos microplásticos (Andrady, 2011), así mismo cuando los macroplásticos se hunden completos comienzan su degradación cerca de los sedimentos, propagando de esta manera mayor número de fibras y fragmentos en el fondo (Shim y Thompson, 2015). A diferencia de las películas o los plásticos espumados, las fibras y fragmentos son más densos por lo que se comportan de manera distinta sobre la columna de agua, pues estos suelen hundirse con mayor

facilidad lo que hace que se encuentren frecuentemente a mayor profundidad o en los sedimentos (Alvarez, 2020), además al estar bajo procesos químicos y físicos alrededor de las partículas de microplásticos es común la formación de biopelículas que los vuelven aún más densos y los hundidos con mayor facilidad (Newrick, 2023). Esto quiere decir que es posible que el consumo mayoritario de fibras en *M. henlei* se deba a sus patrones y preferencias de alimentación.

### **Caracterización por color**

La diferenciación por color de las partículas es importante ya que permite poder sugerir las fuentes de las que provienen los microplásticos, a partir de estudios anteriores se han podido conocer los colores que típicamente se encuentran en el medio marino (Hidalgo et al., 2012; Morrillas et al., 2020; Zarfl, 2019), de los cuales dentro de nuestros resultados obtuvimos negro, azul, rojo, amarillo, gris, blanco, verde y morado. Al igual que en la caracterización por formas, para los colores existió una diferencia de frecuencia bastante alta para el color negro el cual fue el más abundante con un total de 1350 partículas (26%), seguidos del color azul con 467 (24%) y rojo con 165 (18%), la frecuencia de los demás colores fue relativamente baja en comparación con los porcentajes altos. Con respecto a los resultados obtenidos Matupang et al. (2023) obtuvo la misma incidencia de colores, así como también Parton et al. (2020) y Kibria et al. (2022) con fibras negras y azules.

En el caso del color negro Díaz, 2018 en su investigación reporta que las partículas de MP de color negro tienen como polímero principal el polietileno, el cual es un plástico usado comúnmente en envases y textiles (Gavilanes y Maldonado, 2023). Conquista Agraria es una localidad rural donde se realizan actividades de servicios para el bienestar humano (educación, salud, abastecimiento), sin embargo, aún se considera en un estado de subdesarrollo por lo que la gestión de basura y residuos es una situación a la cual se necesita dedicarle mayor atención (Tovar et al., 2015). Se ha comprobado que la basura en las costas se degrada más rápidamente (Rojo y Montoto, 2017), por lo tanto, podemos observar que dicho mal manejo de basura y falta de tratamiento, tiene como consecuencia los resultados que se han obtenido en cuanto a la cantidad ingesta de microplásticos en los animales marinos.

En trabajos que se llevaron a cabo cerca a nuestra zona de estudio también podemos observar la similitud con la presencia de partículas de color azul (Castillo et al., 2023; Huang et al., 2022; Meza, 2023). Esto podría deberse principalmente a los equipos de pesca que se acostumbra a utilizar en la región (Ter et al., 2016), pues los materiales con los que están hechas las redes y las líneas de pesca suelen elaborarse con polímeros de color azul, Baja California Sur forma parte de los estados donde se lleva a cabo la pesquería de elasmobranquios como actividad de gran importancia, por lo que el constante desgaste de las redes inevitablemente tiene repercusión en el número de partículas de microplástico que encontramos en los océanos y por lo tanto en los animales (Bizarro et al., 2009). Aunque el color azul no fue el color con mayor frecuencia en nuestro estudio, es evidente la presencia de este color tiene como origen estas mismas fuentes.

A pesar de haber obtenido resultados que confirman el objetivo de este proyecto, es importante mencionar como afecta el factor humano a la hora de interactuar con el medio ambiente. En este caso, desde la obtención de las muestras en la fase de campo, a pesar de haber llevado a cabo

medidas en las que se pudieran ver lo menos modificadas nuestras muestras se debe considerar cierto margen de error. Como observamos anteriormente el método de pesca que se utiliza en la zona, y en gran parte del estado de Baja California Sur es el método artesanal, mismo que es considerado como uno de los principales factores de aporte de microplásticos en el medio marino (Méndez, 2008). Así como las dificultades que se presentan para obtener una variedad más amplia entre individuos de diferentes sexos y estadios de madurez, ya que *M. henlei* es una especie que suele tener áreas de crianza en aguas poco profundas donde hay presencia de rocas o corales que puedan usar para esconderse de los depredadores y encontrar alimento con mayor facilidad (Pérez y Sosa, 2008), lo que vuelve estas zonas de preferencia un obstáculo para los pescadores a la hora de extender las redes, por lo tanto nuestra obtención de muestras se verá reducida a aquellos individuos que se encuentren en las zonas donde es posible el muestreo según el tipo de prácticas utilizadas en la región. En cuanto a la cuestión del laboratorio e identificación de partículas también se aplicaron todo tipo de medidas necesarias en cuanto a las posibilidades que se tienen en la institución para evitar o disminuir lo más que se pueda la contaminación de nuestras muestras.

## Conclusiones

1. Con base en nuestros resultados se demuestra la presencia de basura y contaminantes plásticos que terminan siendo parte del alimento de algunos animales marinos a lo largo de las costas de la localidad de Conquista Agraria, resultante del impacto del hombre y sus actividades en relación con el medio marino.
2. Se confirmó la presencia de partículas de microplástico en el 100% de las muestras de contenido estomacal que se analizaron del cazón pardo (*M. henlei*) obtenidas en las costas de Baja California Sur desde la localidad pesquera de Conquista Agraria. Se contabilizaron un total de 2282 partículas entre los 49 individuos, teniendo un promedio de 45.5 de partículas presentes por cada estómago. La aparición constante de MP demuestra las consecuencias que tienen las actividades antropogénicas con respecto al medio ambiente, Baja California Sur al ser un estado altamente turístico se ve expuesto a un mayor contacto del humano con la naturaleza, lo que podría representar gran parte del problema demostrado con respecto a los MP.
3. Se clasificaron cada una de las partículas observadas según su color y forma, de las cuales se obtuvieron 8 distintos colores: negro, azul, rojo, amarillo, blanco, gris, verde y morado; donde el color negro fue el más abundante con un total de 1350 partículas; las cuales podrían representar una fuente de contaminación proveniente de polímeros textiles principalmente debido a la falta de tratamiento de aguas que se desechan en los océanos, al igual que presencia antropogénica derivada del turismo y la pesca.
4. Para las formas se obtuvieron solo fibras y fragmentos de las 6 consideradas según la guía de identificación de Hidalgo et al. (2012), siendo la mayoría fibras con un total de 1863, seguidos por 335 fragmentos. Probablemente la frecuencia obtenida para las fibras principalmente se debe a las preferencias bentónicas de la especie, pues la

densidad de los MP con esta forma propicia la cercanía con el sustrato que resulta ser donde cazan la mayoría de sus presas.

5. En cuanto a las variables entre individuos no se encontraron diferencias significativas tanto para el sexo, como para la longitud total, así como la relación entre las categorías de los individuos con las de los microplásticos. Se observó un comportamiento constante para la frecuencia de aparición de microplásticos en el contenido estomacal de *M. henlei*.

## **Recomendaciones**

Se debe resaltar la importancia de seguir realizando estudios con respecto a la presencia de microplásticos en el contenido estomacal de los distintos animales marinos, sobre todo aquellos que resultan como producto en el mercado y por lo tanto tienen repercusión en cuanto a la salud pública. De igual manera, el estudio indirecto de presas, excrementos, biopsias y la misma agua de mar, nos proporcionaría información más precisa acerca del problema.

En cuanto a la recolección de muestras se recomienda implementar métodos de captura que se adapten a todas las características posibles según la especie y el área de estudio de elección, con el objetivo de diversificar las muestras a estudiar las variantes sobre la frecuencia de aparición de los MP. Por otra parte, procurar la captura según las temporadas reproductivas y migratorias también podría establecerse como otro factor categórico que nos permitiría ampliar el nuestros resultados y conclusiones sobre cómo está afectando la contaminación al medio marino y evidentemente a los organismos.

Para la fase de laboratorio se debe resaltar el aislamiento de las muestras durante todos los procesos necesarios para el análisis, considerando todas las fuentes de contaminación que se podrían presentar durante el procedimiento.

Por último, la actualización de las guías de clasificación de MP facilitaría conocer la procedencia de las partículas, con lo que se podrían identificar desde un principio las posibles fuentes contaminantes, las cuales resultan como punto de partida para generar soluciones ante dicha problemática.

## Bibliografía

1. Alomar, C., Deudero, S. 2017. Evidence of microplastic ingestion in the shark *Galeus melastomus Rafinesque, 1810* in the continental shelf off the western Mediterranean Sea. *Environmental pollution*, 223, 223-229.
2. Alves M.F, Lemos F., Moutinho B., Ceia R, Munoz-Arnanz J, Jiménez B, Cabral H, Novais S. 2023. Assessment of contaminants in blue sharks from the Northeast Atlantic: profiles, accumulation dynamics, and risks for human consumers. *Environmental Pollution*, 316, 120467.
3. Álvarez, J. C. 2020. Factores que inciden en la presencia de microplásticos en playas mexicanas. [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Baja California].
4. Andrady, A. L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 62(8), 1596-1605.
5. Astaiza, É. A. G., Calderon, N. M. G., Manrique, M. P. S. 2019. El plástico como una amenaza al presente y futuro de la vida en la tierra. *Ensayos sobre Estrategia Marítima*, 3(10), 103-114.
6. Awruch, C. A. 2018. Condriactios (Tiburones, Rayas, Rayas y Quimeras). En MK Skinner (Ed.), *Encyclopedia of Reproduction (Segunda edición)* (págs. 554-559). Prensa académica.
7. Ayala, F., Cardeña, M., Cárdenas-Alayza, S. 2021. Registro preliminar de microplásticos en fecas del león marino sudamericano (*Otaria byronia* [de Blainville 1820]) recolectadas en Punta San Juan, Perú. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 37.
8. Baró c. I. 2021. Transferencia materna de elementos en dos tiburones vivíparos placentarios y una raya vivípara de saco vitelino de la Costa de Baja California Sur. Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
9. Benavides, M.B.A. 2017. Evaluación del efecto de las partículas de microplástico sobre la alimentación del camarón blanco *litopenaeus vannamei*. Doctoral dissertation.
10. Caguana, C. E. M. 2021. Efecto de microplástico sobre las comunidades coralinas (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021).
11. Bizzarro, J. J., Smith, W. D., Hueter, R. E., Villavicencio-Garayzar, C. J. (2009). Activities and catch composition of artisanal elasmobranch fishing sites on the eastern coast of Baja California Sur, Mexico. *Bulletin, Southern California Academy of Sciences*, 108(3), 137-151.
12. Bravo, M. I., Plata, A., del Carmen, M. 2024. *Cefalópodos: potencial vector en la transferencia de partículas Antropogénicas en la cadena alimentaria de *Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle, 1983) en la costa central de Oaxaca* (Doctoral dissertation).
13. Castillo, B. R. R., Sakthi, J. S., Barjau, G. E., Rodríguez, G. F., Galván, M. F., Ramírez, S. F., Jonathan, M. P. 2023. First account of microplastics in pelagic sporting dolphinfish from the eastern Mexican coast of Baja California Sur. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 100, 104153.
14. Cardelli, L. R., Pancaldi, F., Magaña, F. G., Whitehead, D. A. (2021). A First Comparison of Microplastics Abundance between Two Whale Shark Feeding Areas of the Gulf of California, Mexico.
15. Castro, R. E. M., Ronquillo, W. J. G., De la Cruz L, J. 2021. Contaminación marina por desechos plásticos en países del perfil costero del Pacífico Sur, 2016-2021. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(5), 458-478.



16. Cesa, F. S., Turra, A., Baruque, R. J. 2017. Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: a review from textile perspective with a focus on domestic washings. *Science of the total environment*, 598, 1116-1129.
17. CONAGUA 2024. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero el conejo-los viejos (0309), estado de Baja California Sur. Subdirección General Técnica Gerencia de Aguas Subterráneas. 29.
18. Cotton, C. F., Dean G. R., Dyb, J. E, Fossen, I. y Musick, J. A. 2015. Reproducción y desarrollo embrionario en dos especies de tiburones escualiformes, *Centrophorus granulosus* y *Etmopterus princeps*: ¿evidencia de matrotrofia? *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 115, 41-54.
19. Díaz Dávila, G. E. 2018. Evaluación del material particulado micro-plásticos y su relación con la calidad del aire en el interior de los hogares, Comas, 2018.
20. Fernández, C., Anastasopoulou, A. 2019. Plastic ingestion by blue shark *Prionace glauca* in the South Pacific Ocean (south of the Peruvian Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 149, 110501.
21. Franco Moreno, A. 2008. Espectro trófico del Tollo vieja *Mustelus henlei* (PISCES: TRIAKIDAE), capturado con red de arrastre camaronero y mallador entre la parte norte de Buenaventura y Boca San Juan, Pacifico colombiano.
22. Galli, M., Garcia, T. O., Bains, M., Urbán, J., Ramírez-Macías, D., Vilorio-Gómora, L., ... Fossi, M. C. 2023. Microplastic occurrence and phthalate ester levels in neuston samples and skin biopsies of filter-feeding megafauna from La Paz Bay (Mexico). *Marine Pollution Bulletin*, 192, 115086.
23. Gavilanes Falconí, A. G., Maldonado Rodríguez, S. D. 2023. *Evaluación de propiedades mecánicas de mezclas asfálticas incluyendo polietileno tereftalato como polímero en el concreto asfáltico* (Bachelor's thesis, La Libertad, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2023).
24. Hidalgo, R. V., Gutow, L., Thompson, R. C., Thiel, M. 2012. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental science & technology*, 46(6), 3060-3075.
25. Huang, X., Gao, H., Li, Z., Wu, F., Gong, Y., Li, Y. 2022. Microplastic contamination and risk assessment in blue shark (*Prionace glauca*) from the eastern tropical Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 184, 114138.
26. Ivanova, A., Cariño O. M. M., Monteforte-Sánchez, M., Ramírez I. E. A., Domínguez, W. 2017. La economía azul como modelo de sustentabilidad para estados costeros: el caso de Baja California Sur. *Sociedad y ambiente*, (14), 75-98.
27. Jaime R. M. 2004. Captura de tiburones pelágicos en la costa occidental de Baja California Sur y su relación con cambios ambientales (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas).
28. Kibria, G., Nugegoda, D., Haroon, A. Y. 2022. Microplastic pollution and contamination of seafood (including fish, sharks, mussels, oysters, shrimps and seaweeds): a global overview. *Microplastic Pollution: Environmental Occurrence and Treatment Technologies*, 277-322.
29. Kohatsu A. S. N. 2020. Ecología trófica del tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus* en el norte del Perú.
30. Lamboeuf, M. 2024 *Mustelus henlei* (Gill, 1863) BROWN SMOOTH-HOUND. Discoverlife.org.<https://www.discoverlife.org/20/q?search=Mustelus+henlei&b=FB254>

31. Lavaniegos, B., González, N.E. 1999. Changes in the copepod community during the 1992-93 ENSO at San Lorenzo Channel, Gulf of California. *Ciencias Marinas* 25(2):239-265
32. Lavayen V. K. J. 2021. El microplástico y la contaminación del mar (Bachelor's thesis). Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil. Ecuador.
33. Maes, T., van Diemen de Jel, J., Vethaak, A. D., Desender, M., Bendall, V. A., Van Velzen, M., Leslie, H. A. 2020. You are what you eat, microplastics in porbeagle sharks from the North East Atlantic: method development and analysis in spiral valve content and tissue. *Frontiers in Marine Science*, 7, 273.
34. Méndez L. I. 2008. *Edad y crecimiento del cazón pardo, Mustelus henlei (Gill, 1863), en la región norte del Golfo de California* (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas).
35. Miller, M. E., Hamann, M., Kroon, F. J. 2020. Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: A review and meta-analysis of current data. *PloS one*, 15(10), e0240792.
36. Merino, F. V. R., Uc, M. M. L., Ávila, D. R. R., Vivas, J. M. L. 2022. Microplásticos presentes en lavados esofágicos de la tortuga verde (*Chelonia mydas* Linnaeus, 1758) en el Parque Nacional Zona Marina Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur.
37. Musick, J. A., Ellis, J. K., Hamlett, W. 2005. Reproductive evolution of chondrichthyans. HAMLETT, WC, Reproductive biology and phylogeny of chondrichthyes, sharks, batoids and chimaeras, 45-71.
38. Morillas, A. V., Salas, A. A. C., Zeferino, J. C. A., Piña, V. L. R., Beltrán, M. 2020. Monitoreo de microplásticos en playas. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/profile/Alethia\\_Vazquez/publication/343322519\\_Monitoreo\\_de\\_microplasticos\\_en\\_playas/links/5f23027592851cd302c91997/Monitoreo-de-microplasticos-en-playas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alethia_Vazquez/publication/343322519_Monitoreo_de_microplasticos_en_playas/links/5f23027592851cd302c91997/Monitoreo-de-microplasticos-en-playas.pdf).
39. Munno, K., Hoopes, L., Lyons, K., Drymon, M., Frazier, B., Rochman, C. M. 2024. High microplastic and anthropogenic particle contamination in the gastrointestinal tracts of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) caught in the western North Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, 344, 123185.
40. Navia L. A. F. 2013. *Función Ecológica de Tiburones y Rayas en un Ecosistema Costero Tropical del Pacífico Colombiano*. Instituto Politécnico Nacional.
41. Newrick, B. A. 2023. Degradación de microplásticos procedentes de envases alimentarios mediante el empleo de microorganismos. <http://hdl.handle.net/10651/68466>
42. Ozturk, R. C., Altinok, I. 2020. Interaction of plastics with marine species. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(8), 647-658.
43. Parra, M. D. P. B. 2020. Conservación de tiburones y rayas en el Caribe mexicano. *Ecofronteras*, 22-25.
44. Pérez J. J. C., Sosa N. O. 2008. Reproductive biology of the brown smoothhound shark *Mustelus henlei*, in the northern Gulf of California, Mexico. *Journal of Fish Biology*, 73(4), 782-792.
45. Ramírez A. S. R. 2011. *Caracterización de la pesquería artesanal de elasmobranquios en la costa occidental de BAJA California Sur, México* (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.).
46. Ricardes M. F. V., Lara Uc, M. M., Ramos Á. D. R., López V. J. M. 2022. Microplásticos presentes en lavados esofágicos de la tortuga verde (*Chelonia mydas* Linnaeus, 1758) en el Parque Nacional Zona Marina Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur.

47. Rojo, N. E., Montoto, M. T. 2017. *Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. Ecologistas en acción.
48. Romero, J. E. C., González, E. B., López-Vivas, J. M., Quintana, J. Á. A., Parra, J. A., Felix, E. E. A., Castillo-Rosas, B. R. 2022. Determination of the Taxonomic Diversity of the Intertidal Fish Communities on the Pacific Coast of Baja California Sur, México from 2015-2019. *Open Journal of Marine Science*, 12(2), 44-60.
49. Sánchez, J. E. R. 2018. Plásticos y microplásticos en agua, un problema mundial que afecta nuestros sistemas acuáticos. *Ingeniería y Región*, (19), 1-1.
50. Silva S. J. R. 2012. Biología reproductiva del tiburón mamón pardo *Mustelus henlei* (Gill, 1863) en la Costa Occidental de Baja California Sur, México (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas).
51. Shim, W. J., Thomposon, R. C. 2015. Microplastics in the ocean. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 69, 265-268.
52. Smith, W. D., Bizzarro, J. J., Cailliet, G. M. 2009. La pesca artesanal de elasmobranquios en la costa oriental de Baja California, México: Características y consideraciones de manejo. *Ciencias marinas*, 35(2), 209-236.
53. Sridhar, A., Kannan, D., Kapoor, A., Prabhakar, S. 2022. Extraction and detection methods of microplastics in food and marine systems: a critical review. *Chemosphere*, 286, 131653.
54. Stacey Solís, M. 2022. Análisis ecotoxicológicos para evaluar la bioacumulación de toxinas asociadas a la ingesta de microplástico en Manta rayas oceánicas (*Mobula birostris*) de Isla de la Plata, Ecuador (Master's thesis, Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica).
55. Ter, H. A., Ladirat, L., Gendre, X., Goudouneche, D., Pusineri, C., Routaboul, C., ... Perez, E. 2016. Understanding the fragmentation pattern of marine plastic debris. *Environmental science & technology*, 50(11), 5668-5675.
56. Tovar, L. N., Lluch, C. S., Urciaga, G. J. I. 2015. Subdesarrollo en las localidades pesqueras del municipio de La Paz, Baja California Sur. *Región y sociedad*, 27(63), 127-154.
57. Troyo, V. B., Arnaud, F. G., Galina, T. P., Urbán, R. J., Swartz, S., Ortega, R. A. 2018. Evaluación del servicio turístico en el avistamiento de la ballena gris: Baja California Sur, México. *Economía, sociedad y territorio*, 18(58), 853-880.
58. Vázquez H.M, Maldonado, G.M, Lechuga D.C.H, Acosta S.H., Ortega R.A. 2010. La pesquería artesanal en la Bahía de La Paz y su área oceánica adyacente (Golfo de California, México). *Ciencias marinas*, 36(4), 433-444
59. Villamar, L.J.E. 2022. Análisis de la presencia de microplástico en diferentes organismos marinos del Ecuador 2018-2021 (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022).
60. Yong, M. M. H., Leistenschneider, C., Miranda, J. A., Paler, M. K., Legaspi, C., Germanov, E., ... Erni-Cassola, G. 2021. Microplastics in fecal samples of whale sharks (*Rhincodon typus*) and from surface water in the Philippines. *Microplastics and Nanoplastics*, 1(1), 17.
61. Zarfl, C. (2019). Promising techniques and open challenges for microplastic identification and quantification in environmental matrices. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 411, 3743-3756.

## Anexos

**Tabla g.** Parámetros morfométricos de *Mustelus. henlei*, en relación con el año de muestreo y la cantidad de microplásticos observada por estómago.

No. De muestra	Sexo	Longitud total (cm)	Frecuencia de aparición
1	H	62	86
2	M	73	52
3	M	70	43
4	M	69	37
5	M	70	36
6	M	69	27
7	M	71	30
8	M	64	23
9	M	68	28
10	M	67	57
11	M	64	22
12	M	60	16
13	M	62	40
14	M	77	14
15	M	68	16
16	M	80	54
17	M	66	55
18	M	71	13
19	M	69	48
20	M	65	50
21	H	64	53
22	M	71	60
23	M	70	56
24	M	66	42
25	H	62	37
26	M	67	55
27	M	65	65
28	M	65	62
29	M	65	51
30	M	74	44
31	M	65	88
32	M	42	46
33	M	68	53
34	M	65	57
35	M	64	44
36	M	68	21
37	M	73	61
38	M	71	47
39	M	89	67
40	M	73	47
41	M	74	25
42	M	64	23
43	M	62	21
44	M	62	39
45	M	78	31
46	M	62	50
47	M	74	58
48	M	68	41
49	M	119	142