



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL

**Microplásticos en pargo mulato *Lutjanus griseus* en Punta
Herrero, Quintana Roo**

TESIS

Para obtener el Grado de:
Licenciado en Biología

PRESENTA

Jhoselin Alejandra Rovirosa Barrera

ASESOR

Dr. Rigoberto Rosas Luis

Chetumal, agosto del 2025

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, Ricardo y Josefina, por creer en mis sueños, adoptarlos como propios y brindarme un apoyo incondicional en cada paso del camino. Su dedicación incansable ha sido el pilar de mis logros, y les estoy infinitamente agradecida por todo lo que han hecho por mí. Su amor y sacrificio son un tesoro que valoro con todo mi corazón, mucho más de lo que las palabras pueden expresar.

Asimismo, agradezco a mi asesor, el Dr. Rigoberto Rosas Luis, por brindarme la oportunidad de realizar esta investigación. Agradezco su capacidad para ver en mí lo que ni siquiera yo podía ver, por confiar en mis habilidades y por exigirme hasta alcanzar un trabajo excepcional. Su apoyo ha sido fundamental y significativo en este proceso.

También quiero expresar mi gratitud hacia mis hermanos, quienes me han hecho sentir valorada en lo que hago y me han demostrado su orgullo.

Agradezco a mis compañeros del Laboratorio de Ecología Trófica por su compañerismo y el trabajo colaborativo durante las salidas de campo. De manera especial, agradezco a la Sra. Anna Hoil, mejor conocida como “La tía”, por su apoyo constante durante esas jornadas y por brindarnos un hogar con calidez y generosidad.

Finalmente, extiendo mi agradecimiento a todas aquellas personas que nunca me abandonaron y que siempre han creído en mí. Sus palabras de aliento han sido un motor fundamental en mi camino. Gracias.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.	54
ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN.	65
ABSTRACT.	7
INTRODUCCIÓN.	98
ANTECEDENTES.	1312
ANTECEDENTES INTERNACIONALES DE MP EN EL MEDIO MARINO	1312
ANTECEDENTES REGIONALES.	1817
MARCO TEORICO.	2221
DEFINICIÓN DE MICROPLÁSTICO	2221
DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.	23
JUSTIFICACIÓN.	2524
OBJETIVOS.	2726
OBJETIVO GENERAL.	2726
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	27
MATERIALES Y MÉTODOS	2827
ÁREA DE ESTUDIO.	2827
TRABAJO DE CAMPO.....	28
EXTRACCIÓN DE ÓRGANOS.	2928
DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN ESTÓMAGO.....	29
SEPARACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN HÍGADO Y MÚSCULO.	30
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	31
RESULTADOS.	3231
DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS.	3231
RESULTADO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	32
MICROPLÁSTICOS EN ESTÓMAGO, HÍGADO Y TEJIDO MUSCULAR.....	3332
MICROPLÁSTICOS EN EL CONTENIDO ESTOMACAL DE <i>L. griseus</i>	3433
MICROPLÁSTICOS EN EL TEJIDO MUSCULAR DE <i>L. griseus</i>	3534
MICROPLÁSTICOS EN EL HÍGADO DE <i>L. griseus</i>	3635
DISCUSIÓN.	3736
CONCLUSIONES.	4140

RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS CONSULTADAS.....	~~44~~ 43

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1 Imagen de <i>Lutjanus griseus</i> capturada por François Libert en Cozumel, México. Recuperada de Flickr.	23
Figura 2 Mapa del sitio de muestreo. Punta Herrero, Quintana Roo. Autor: Montejo-Sosa (2025).....	~~28~~ 29
Figura 3 Ejemplos de microplásticos encontrados en los estómagos de <i>L. griseus</i> : a) fibra azul, b) fibra negra, c) fibra roja, d) fibra verde fosforescente, e) fibra transparente y f) fragmento de plástico verde-azul.	~~34~~ 35
Figura 4 Fibras plásticas encontrados en el tejido muscular de <i>L. griseus</i> : a) fibra negra, b) fibra azul, c) fibra transparente y d) fibra roja.	~~35~~ 36
Figura 5 Fibras plásticas encontrados en el hígado de <i>L. griseus</i> : a) fibra azul, b) fibra amarilla, c) fibra negra y d) fibra transparente.	~~36~~ 37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados de la prueba de normalidad de los micro plásticos en el estómago, hígado y tejido muscular.	~~32~~ 33
---	------------------

RESUMEN.

Los plásticos han ejercido un impacto significativo en nuestras vidas, representando un problema latente debido a su contribución a la contaminación marina. Esta contaminación afecta al Mar Caribe, convirtiéndolo en uno de los ecosistemas más perjudicados. Con el paso del tiempo, los plásticos se descomponen en pequeñas partículas y cuando tienen un tamaño menor a 5 mm son considerados como microplásticos (MP). Estas partículas son fácilmente ingeridas por diversas especies marinas, pudiendo alojarse en tejidos como el hígado, el contenido estomacal y el tejido muscular. El objetivo de este proyecto fue identificar y cuantificar la presencia de microplásticos en *Lutjanus griseus* a través del análisis del estómago, hígado y tejido muscular. Se llevaron a cabo muestreos durante los meses de septiembre de 2022, enero y marzo de 2023, se capturaron 30 individuos y se registró la talla y sexo de cada muestra. Posteriormente, se extrajeron muestras de estómago, hígado y tejido muscular para su análisis. Todas las partículas microplásticas extraídas fueron meticulosamente observadas e identificadas bajo el microscopio, clasificándolas según su color y tipo. Los resultados obtenidos revelaron la presencia de partículas microplásticas en los tres tipos de tejidos estudiados. Se encontró que el 100% de las muestras analizadas contenían microplásticos, siendo el color azul el más abundante, seguido por el negro. De acuerdo con los análisis estadísticos, no se encontraron diferencias significativas en las abundancias totales entre los tres tejidos. Las fibras plásticas representan una de las formas más comunes de microplásticos. Su presencia podría estar relacionada con diversas fuentes, entre ellas la liberación de fibras provenientes de textiles sintéticos a través de efluentes de aguas residuales, actividades humanas en el entorno marino, como los desagües de embarcaciones,

operaciones industriales en puertos, navegación recreativa, pesca y acuicultura. Los colores azul y negro predominan porque son comunes en los productos plásticos de uso diario y en textiles. Los hallazgos de este estudio confirman la presencia de MP, principalmente fibras plásticas. Esto plantea preocupaciones no solo para la salud de los organismos acuáticos, sino también para la seguridad alimentaria humana, dado que esta especie es consumida ampliamente. Los resultados enfatizan la necesidad urgente de implementar medidas de manejo para reducir la contaminación por MP en los ecosistemas marinos, especialmente en áreas costeras vulnerables, a fin de mitigar los impactos a largo plazo en biodiversidad y la salud humana.

Palabras clave: Microplásticos; *Lutjanus griseus*; Punta Herrero.

ABSTRACT.

Plastics have had a significant impact on our lives, representing a latent problem due to their contribution to marine pollution. This pollution affects the Caribbean Sea, making it one of the most affected ecosystems. Over time, plastics break down into small particles, and when they are smaller than 5 mm, they are considered microplastics (MP). These particles are easily ingested by various marine species and can enter tissues such as the liver, stomach contents, and muscle tissue. The objective of this project was to identify and quantify the presence of microplastics in *Lutjanus griseus* through analysis of the stomach, liver, and muscle tissue. Sampling was carried out during the months of September 2022, January, and March 2023. Thirty individuals were captured, and the size and sex of each sample were recorded. Subsequently, stomach, liver, and muscle tissue samples were extracted for analysis. All extracted microplastic particles were meticulously observed and identified under a microscope,

classifying them according to color and type. The results obtained revealed the presence of microplastic particles in all three types of fabrics studied. All analyzed samples were found to contain microplastics, with blue being the most abundant, followed by black. According to statistical analyses, no significant differences in total abundances were found among the three fabrics. Plastic fibers represent one of the most common forms of microplastics. Their presence could be related to various sources, including the release of fibers from synthetic textiles through wastewater effluents, human activities in the marine environment, such as ship discharges, industrial operations in ports, recreational boating, fishing, and aquaculture. Blue and black predominate because they are common in everyday plastic products and textiles. The findings of this study confirm the presence of microplastics, primarily plastic fibers. This raises concerns not only for the health of aquatic organisms but also for human food security, given that this species is widely consumed. The results emphasize the urgent need to implement management measures to reduce MP pollution in marine ecosystems, especially in vulnerable coastal areas, in order to mitigate long-term impacts on biodiversity and human health.

Keywords: Microplastics; *Lutjanus griseus*; Punta Herrero.

INTRODUCCIÓN.

Originalmente los plásticos fueron una opción para sustituir otros materiales, por las propiedades que poseen como ligereza, resistencia, transparencia y costo. Sin embargo, en la actualidad son un peligro ambiental debido las malas prácticas de su disposición final (Santillán, 2018). Los microplásticos (MPs) son partículas de plástico menores a 5 milímetros. Se pueden clasificar en microplásticos primarios aquellos que son introducidos directamente al ambiente en forma de partículas plásticas de tamaño pequeño (Arthur *et al.*, 2009.; Abreu & Pedrotti, 2019; Aldana-Aranda *et al.*, 2022). Estos incluyen microesferas utilizadas en productos como pinturas, pastas de dientes, cremas, abrasivos y detergentes (Bollaín-Pastor & Vicente-Agulló, 2019., Aldana-Aranda *et al.*, 2022; Cruz-Salas *et al.*, 2022 & Zambrano, 2022). De igual manera se consideran microplásticos primarios a las fibras sintéticas, y los pallets industriales (Abreu & Pedrotti, 2019; Ríos *et al.*, 2020; Aldana-Aranda *et al.*, 2022). Los microplásticos secundarios son el resultado de la fragmentación de los desechos plásticos como por ejemplo fragmentos con formas irregulares e hilos derivados de degradación de fibras sintéticas (Abreu & Pedrotti, 2019, Ríos *et al.* 2020).

Anualmente, millones de toneladas de artículos plásticos ingresan al océano, transportados por ríos, vertidos desde embarcaciones, descargados a través de sistemas de drenaje o arrastrados por el oleaje (Fundación Heinrich Böll & Break Free From Plastic, 2020). Las líneas de marea alta de las playas de todo el mundo ahora están marcadas por acumulación de plásticos (Fundación Heinrich Böll & Break Free From Plastic, 2020). De acuerdo con Correa-Pérez (2020) los MPs se pueden considerar un contaminante emergente en los recursos hídricos impactando de manera negativa a la biota acuática.

Se ha documentado la ingestión de desechos plásticos por parte de diversas especies marinas en su ambiente natural, incluyendo calamares (Rosas-Luis *et al.*, 2017), mejillones (Amas-López *et al.* 2019), almeja chocolata (Sánchez-Osuna, 2023), sardinas (López-Marcano, 2023), tiburón sedoso (Villamar-Lucas, 2022), crustáceos, peces (Astorga-Pérez, 2020), entre muchas otras especies.

La contaminación por MP afectan significativamente a los peces, siendo un tema de creciente preocupación en la investigación ambiental. Los estudios en diferentes especies de las familias Xiphiidae, Scombridae (Romeo *et al.*, 2015), Mullidae (Alomar *et al.*, 2017), Cichlidae (Ding *et al.*, 2018), Sciaenidae, Haemulidae, Blenniidae y Scombridae (Iannacone *et al.*, 2021) han revelado la presencia de microplásticos en sus tejidos y tracto digestivo. Las investigaciones sobre la contaminación por microplásticos en los peces revelan un problema extendido y multifacético, con implicaciones profundas para la ecología y la salud pública (Labrada-Martagón & Zenteno-Savín, 2022).

De acuerdo con Carlos-de Araújo (2022), los pargos de la familia Lutjanidae, incluyendo *Lutjanus analis*, *Lutjanus synagris* y *Ocyurus chrysurus*, contienen filamentos de plástico, siendo el color azul el más abundante, seguido del rojo y transparente, mientras que los menos frecuentes fueron el negro y el verde. Los resultados sugieren que su origen es por envases y desechos en el mar (Carlos-de Araújo, 2022). La ingestión de los MPs puede llegar a causar infecciones, daños físicos y, mediante la biomagnificación, afectar la salud humana (Carlos-de Araújo, 2022). Esto podría afectar la sostenibilidad de los recursos pesqueros (Carlos-de Araújo, 2022).

Lutjanus griseus es una especie que pertenece a la familia Lutjanidae (Starck II & Schroeder, 1971). Su hábitat se extiende por todo el Océano Atlántico occidental y el Golfo de México, desde las Bermudas y Carolina del Norte hasta Brasil (Wuenschel *et al.* 2004). Su actividad alimenticia se lleva a cabo durante el día y la noche, principalmente en los canales de manglares y en los ecosistemas de pastos marinos (Allen, 1985; Rosas-Luis & Elias-Valdez, 2021; Manzanilla-Verde *et al.*, 2023). Esta especie suele consumir presas disponibles en su entorno, que incluye principalmente crustáceos, moluscos y peces (Allen, 1985; Rosas-Luis & Elias-Valdez, 2021; Manzanilla-Verde *et al.*, 2023). Entre sus presas se encuentran gasterópodos, camarones, cangrejos, peces, así como algunos elementos planctónicos y cefalópodos (Allen, 1985; Rosas-Luis & Elias-Valdez, 2021; Manzanilla-Verde *et al.*, 2023). *L. griseus*, es una especie de relevancia tanto en el ámbito comercial como en el recreativo debido a su valor económico y atractivo para la pesca deportiva (Wuenschel *et al.* 2004).

De acuerdo con Barrera-Lara *et al.* (2019), en México, específicamente en Tamiahua Costa de Veracruz, la pesquería de *L. griseus* muestra que la talla promedio varía según el mes, siendo menor en septiembre y aumentando de octubre a julio, con ejemplares que alcanzan hasta 42 kg y 134 cm de longitud. Esta especie es de importancia ecológica y comercial en los ecosistemas costeros del caribe, siendo relevante para la pesca tanto comercial como deportiva (Barrera-Lara *et al.*, 2019).

El estudio de MP en *L. griseus* es esencial debido al rol ecológico y económico que esta especie tiene en el Caribe Mexicano. Este pez, al ingerir MP a través de su dieta, puede experimentar efectos adversos en su salud y contribuir a la acumulación de

toxinas en la cadena alimentaria (Guzzetti *et al.*, 2018). Su hábitat cercano a la costa lo expone a mayores niveles de contaminación, lo que lo convierte en un indicador relevante de la presencia de MP en el ecosistema marino (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012). Dado que es consumido por humanos, la contaminación por MP también representa un riesgo para la salud humana, destacando la importancia de monitorear estos contaminantes en la especie. La presencia de MP en estos tejidos puede causar daños físicos, como lesiones internas y bloqueos intestinales, y potencialmente liberar sustancias químicas tóxicas en el organismo del pez (Nelms *et al.*, 2016). Esto no solo compromete la salud de *L. griseus*, sino que también tiene el potencial de afectar negativamente a los ecosistemas marinos en general, poniendo en riesgo la biodiversidad y la estabilidad ecológica. Debido a la relevancia de esta especie como recurso pesquero y en el ecosistema, en este trabajo, se determinó la presencia de MP en el estómago, hígado y tejido muscular, así como su abundancia según forma y color.

ANTECEDENTES.

ANTECEDENTES INTERNACIONALES DE MP EN EL MEDIO MARINO.

Romeo *et al.* (2015) entre 2012 y 2013, recogieron 56 peces espada, 36 atunes rojos y 31 atunes blancos en el mar Mediterráneo central usando arpón, anzuelo y palangre de deriva. Los especímenes se midieron y pesaron, y sus estómagos se extrajeron y congelaron para análisis de contenido en el laboratorio. Examinaron los contenidos estomacales para identificar y clasificar restos plásticos utilizando un estereomicroscopio y el software Axiovision. La frecuencia de aparición de restos plásticos se estimó como la proporción de individuos con plásticos en el estómago. Se encontraron 29 fragmentos de plástico en 22 peces pelágicos grandes (7 peces espada, 11 atunes rojos y 4 atunes blancos. Los plásticos tenían diferentes formas y colores, con fragmentos transparentes y blancos en todos los depredadores, partículas azules en atunes rojos y blancos, y plásticos amarillentos en peces espada y atunes rojos. Los tamaños de los plásticos variaron. Los mesoplásticos, con un tamaño de 5-25 mm, fueron más abundantes en el pez espada (44,4%), mientras que los atunes blancos ingirieron en mayor proporción microplásticos, con un tamaño < 5 mm (75,0%). En atunes rojos, los macroplásticos y mesoplásticos tuvieron la misma proporción (31,3%).

Alomar *et al.* (2017) entre noviembre de 2014 y abril de 2015, recolectaron 417 individuos de *Mullus surmuletus* de cinco puertos en Mallorca (Palma, Port d'Andratx, Port d'Alcúdia, Cala Ratjada y Santanyí) utilizando barcos de arrastre de fondo y trasmallo. Los peces fueron seleccionados, identificados y procesados para análisis bioquímicos y de microplásticos. En el laboratorio, se registraron parámetros biológicos y se extrajeron tractos gastrointestinales para identificar microplásticos usando

estereomicroscopios y espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR). Se evaluó el número, color y forma de los microplásticos. Para analizar el efecto de la ingestión de microplásticos, analizaron las actividades de las enzimas antioxidantes tales como el superóxido dismutasa (SOD) y la catalasa (CAT), desintoxicantes glutatión S-transferasas (GST), y los niveles de malondialdehído (MDA) en hígados de peces con y sin ingestión de microplásticos. Se utilizaron pruebas estadísticas, incluido el Análisis de Covarianza (ANCOVA), Análisis de Varianza Multivariado basado en Permutaciones (PERMANOVA) y la prueba Kruskal-Wallis, para evaluar las diferencias en la ingestión de microplásticos según el arte de pesca, tamaño de los peces y área de muestreo, así para relacionar estos factores con los biomarcadores bioquímicos. El 27.3% de los peces contenían microplásticos, mayormente filamentos. Se observó una correlación positiva entre el tamaño de los individuos y la ingestión de microplásticos, evidenciando que los peces de mayor talla ingirieron más. Los peces capturados con trasmallo, que corresponde a tallas más grandes (longitud promedio de 22.84 ± 0.28 cm), mostraron mayores tasas de ingestión en comparación con los capturados mediante arrastre de fondo (longitud promedio de 18.32 ± 0.22 cm). Los polímeros más comunes fueron el tereftalato de polietileno (PET), celofán y poliacrilato, con colores predominantes azul, negro y transparente. Los valores medios de las enzimas GST fueron significativamente mayores en peces que ingirieron microplásticos. No se encontraron diferencias significativas en otros biomarcadores enzimáticos ni en la relación entre estos biomarcadores y la longitud del pez, el arte de pesca o el área de muestreo. Sin embargo, los niveles de MDA variaron significativamente por área de muestreo.

Ding *et al.* (2018) adquirieron microesferas fluorescentes verdes de microplásticos de poliestireno (PS-MP) y varios productos químicos para evaluar su impacto en la tilapia roja (*Oreochromis niloticus*). Las microesferas se almacenaron y sonicaron antes de su uso, y se confirmó su tamaño uniforme y forma esférica mediante el Microscopio Electrónico de Transmisión (TEM). Los peces fueron aclimatados antes de ser expuestos a diferentes concentraciones de PS-MP (1, 10 y 100 mg/L) en tanques de vidrio, con un grupo de control paralelo. Las soluciones se renovaron diariamente durante un período de exposición semiestática de 14 días. Se tomaron muestras periódicas para verificar las concentraciones de PS-MP y evaluar la bioacumulación y los efectos bioquímicos. Los análisis mostraron acumulación dependiente de la concentración de PS-MP en varios tejidos de los peces, siendo el intestino el órgano que más acumulaba. También se observó una disminución en la actividad de la acetilcolinesterasa (AChE) en el cerebro y variaciones en las actividades de enzimas hepáticas del citocromo P450 (CYP), así como un aumento en la actividad del superóxido dismutasa (SOD). No se encontraron efectos significativos en el contenido de MDA, salvo una variación aguda en el día 1.

De-la-Torre (2019) realizó una revisión bibliográfica sobre los MPs, abordando las metodologías que fueron empleadas en los muestreos y su distribución en el medio marino. Se evidenció la ingesta de MP por aves, bivalvos y peces. Además, se destacó la existencia de diversas metodologías para sus análisis, como las técnicas de muestreos para sedimentos, playas y agua, así como métodos químicos como Raman y FTIR para lograr identificar los diferentes polímeros. El artículo concluye que, sin una

regulación efectiva, la problemática seguirá empeorando logrando dejar en riesgo la vida marina y la salud humana.

Chota-Macuyama & Chong-Mendoza (2020), realizaron una investigación en el Mercado Belén de Iquitos, Perú, donde se recolectaron 135 peces de diversas especies durante julio y agosto de 2020. Las especies incluían detritívoros, omnívoros y piscívoros. Los peces fueron transportados al laboratorio del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) para medirlos y analizar sus contenidos estomacales en busca de microplásticos, siguiendo estrictos protocolos para evitar la contaminación. Se identificaron microplásticos visualmente por su tipo, forma y color, descartando partículas que no cumplieran los criterios para evitar errores. De los 135 peces, 50 presentaron contenido estomacal, y solo seis individuos de *Prochilodus nigricans* (12%) contenían microplásticos, sumando 17 partículas. Estos eran principalmente filamentos azules, con tamaños entre 0,40 y 4,39 mm. La frecuencia de ocurrencia de microplásticos fue del 12% para todos los peces y del 46,2% para *P. nigricans*.

Mendoza-Zambrano & Mendoza-Giler (2020) evaluaron la presencia de los MPs en peces pelágicos *Thunnus alalunga*, *Diplectrum conceptione* y *Selene peruviana*, en el mercado de “Playita Mía” Manta en Ecuador. Se tomaron 120 individuos de las tres especies, se caracterizaron los MPs ubicados en el tracto gastrointestinal por tamaño, color y morfotipo. Al final se determinó la concentración de MP. Como resultados encontraron 760 piezas de MP, con una tasa de ingestión del 76%. *T. alalunga* fue la especie con más del 80% de MP. Al realizar la comparación entre las especies *D. conceptione* y *T. alalunga* no encontraron diferencias significativas entre especies sobre

la ingesta de MP, *S. peruviana* presentó el promedio más bajo de las tres especies. Todos los organismos que fueron examinados tuvieron altos índices de desechos contaminantes, esta contaminación no solo afecta a estas especies de igual manera afectan a los demás seres que se alimentan de ellos y mediante la cadena alimenticia terminan afectando la salud de los humanos.

Iannacone *et al.* (2021) analizaron la presencia de microplásticos en el contenido estomacal y branquial de cinco especies de peces de importancia económica en Perú. Las muestras fueron tratadas con una solución de KOH al 10% y fue posteriormente filtradas para la identificación de MP, los cuales se clasificaron por color y forma. La especie con mayor concentración de MP en el tracto digestivo fue *Scartichthys gigas*, destacándose los colores blancos, negro y azul. En las branquias, los colores más abundantes fueron fucsia, negro y azul, y únicamente se identificaron fibras. En contraste, en el tracto digestivo se encontraron fragmentos, películas y fibras. *S. gigas* presentó los valores más elevados en comparación con *Isacia conceptionis* y *Mugil cephalus*. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre especies de peces en cuanto a la abundancia de los MPs en las branquias.

Martínez-González *et al.* (2023) analizaron el problema latente sobre los micro y nanoplásticos en las costas del Pacífico americano. Los MP y los nanoplásticos (NP), provenientes principalmente de neumáticos, residuos plásticos y textiles, destacan que afectan a diversas especies marinas al ser ingeridos, generando bioacumulación y toxicidad en los organismos. Entre los MPs identificados, destacan las fibras y fragmentos. Los resultados muestran una falta de estandarización en la metodología de los muestreos y análisis, lo que dificulta la comparación global de los datos.

ANTECEDENTES REGIONALES.

Reyes-Bonilla *et al.* (2019), evaluaron la contaminación por microplásticos en el contenido estomacal de peces de importancia comercial en tres regiones de México: La Paz en Baja California Sur (Golfo de California), Puerto Morelos en Quintana Roo (Mar Caribe) y Veracruz en Veracruz (Golfo de México). Se realizaron salidas de campo entre junio y agosto de 2018 en La Paz y Veracruz, y entre marzo y abril de 2019 en Puerto Morelos. Los estómagos de los peces, recolectados durante las jornadas de pesca, fueron identificados, medidos y almacenados a baja temperatura (-20 °C) hasta su procesamiento en el laboratorio. En el laboratorio, los estómagos fueron descongelados, pesados y limpiados con agua corriente y alcohol. Posteriormente, se realizaron incisiones para extraer el contenido estomacal, que fue tratado con peróxido de hidrógeno al 50% para eliminar materia orgánica y facilitar la visualización de los Mps. Las muestras se filtraron, enjuagaron con alcohol y se depositaron en cajas de Petri para su análisis bajo un microscopio estereoscópico. Cada pieza plástica fue clasificada por su forma, color y tamaño utilizando un programa especializado para el manejo de imágenes. Para verificar la composición plástica, se realizó un análisis mediante FTIR en una submuestra de peces de Puerto Morelos. En total, se revisaron 755 peces pertenecientes a 66 especies. Se encontraron que 411 peces (54%) contenían Mp. La región de Veracruz presentó la mayor proporción de peces contaminados, con un 96% de 219 muestras analizadas. En La Paz, de los 318 estómagos analizados, el 21% mostró presencia de plásticos. De los 153 estómagos con contenido reciente, el 44% contenía al menos una pieza de plástico. En Puerto Morelos, el 61% de los 218 estómagos analizados contenían Mp. Estos resultados

indican una alta abundancia de Mp en los peces estudiados, con variaciones significativas entre las regiones investigadas.

Aldana-Aranda *et al.* (2022) evaluaron la presencia de MP en peces por medio de la revisión de nueve trabajos de investigación. Las partículas de MP encontradas en los peces contabilizaron desde 19 hasta 85 piezas/pez. Los principales desechos encontrados en las muestras fueron: polietileno, poliestireno y polipropileno. En los organismos se lograron encontrar seis categorías de polímeros, en el siguiente orden poliestireno, polietileno, poliamida, polipropileno, acrílico y fibras sintéticas.

Ponce *et al.* (2023) revisaron la presencia o ausencia de MP en peces, agua y playas de la bahía de Santa Lucía en Acapulco de Juárez, Guerrero, México. Los resultados dieron a conocer la presencia de MP en el intestino y carne de las seis especies analizadas, en la carne 13 muestras fueron positivas de 35 muestras. En el intestino 24 muestras resultaron positivas de un total de 35. En arena y agua de las playas el 100% de las muestras dieron positivo.

Acosta-González *et al.* (2022), investigaron el impacto ambiental de los MPs en los ecosistemas acuáticos de México. Clasificaron a los MPs en primarios y secundarios. Documentaron la presencia de MP en aguas, sedimentos y organismos marinos en diversas regiones del país, desde la costa del Pacífico hasta el Caribe. Los MPs que fueron más comunes fueron las fibras en peces y sedimentos, mientras que los que dominan más en el agua fueron los fragmentos. Concluyeron que la fauna acuática presenta reducción en tasas de crecimiento, obstrucción intestinal y reproducción.

García-Jaramillo *et al.* (2023) en 2020, realizaron un estudio con organismos capturados en Barrancas, Veracruz, usando un chinchorro playero. Los organismos fueron fijados en formol y transportados al Laboratorio de Ecología Costera y Pesquerías de la Facultad de Estudios Superiores en la Universidad Nacional Autónoma de México Iztacala (UNAM), donde se midieron y pesaron. Se analizó el contenido estomacal y la presencia de Mp en 126 de 180 organismos, encontrando peces, crustáceos, moluscos, algas y materia orgánica no identificada. Los Mps fueron encontrados en 23 organismos (18%), principalmente fibras transparentes, cafés, rojas, negras y azules. No se encontraron diferencias significativas en el tamaño de Mp entre juveniles, machos y hembras. De igual manera, no se observaron diferencias entre el tamaño de los MPs y las distintas clases de edad. La abundancia de los Mps fue dominada por fibras azules.

Peralta-Peláez *et al.* (2023), cuantificaron y caracterizaron los MPs que se encontraron presentes en playas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), que se encuentra ubicado en el Golfo de México, México. Se analizaron muestras de cinco playas: La Mancha, Chachalacas, El Sendero, Antón Lizardo y Chalchihuecan. Sus resultados mostraron un total de 180 MP, con un promedio de 4.5 piezas/m². Las playas que tuvieron mayor concentración fueron la playa El Sendero y Chachalacas. Del total de los MPs, el 92.35% presentó formas irregulares, mientras que el resto fueron pallets, películas y fibras. De los polímeros que se encontraron los más comunes fueron el propileno, el polietileno de alta y baja densidad.

Román-Vega *et al.* (2024) analizaron los estómagos de 556 organismos de seis peces (robalo, corvina, roncacho, mojarra plateada, pargo y sierra) de importancia

comercial para el norte de Sinaloa. De las seis especies analizadas, solo cuatro tuvieron contaminación por MP, posicionando en primer lugar la corvina y la mojarra plateada con el 13% de los individuos contaminados y en segunda instancia el rocacho con una contaminación del 12% y por último el robalo con un 9% de individuos contaminados. Los colores observados variaron de transparente-blanco, amarillo, ámbar y azul. Concluyendo que la mayoría de los MPs encontrados estaban relacionados con las actividades pesqueras.

MARCO TEORICO.

DEFINICIÓN DE MICROPLÁSTICO.

En la Universidad de Plymouth, Thomson *et al.* (2004) hicieron referencia por primera vez a los fragmentos de plásticos con un tamaño máximo de 5 mm. Posteriormente, la NOAA de Estados Unidos amplió su definición para incluir cualquier fragmento con un tamaño inferior a 5 mm que pueda ser ingerido por los organismos marinos.

Los plásticos están elaborados con monómeros y otras sustancias de gas o petróleo, que, a través de una reacción química, se combinan para formar una estructura de gran tamaño conocida como polímero o resina plástica (Bilbao-Villena, 2015). Una clasificación simple de los plásticos se basa en su proceso de degradación (Bilbao- Villena, 2015). Los plásticos convencionales se descomponen con la exposición a la radiación solar sin cambiar su composición química (Bilbao-Villena, 2015). Por otro lado, los plásticos oxo-degradables experimentan descomposición en presencia de radiación solar y oxígeno, con cambios en su composición química durante este proceso (Bilbao-Villena, 2015). En contraste, los bioplásticos se descomponen en entornos biológicos mediante procesos naturales de la biosfera, sufriendo alteraciones en la composición química durante la biodegradación (Bilbao-Villena, 2015).

Los plásticos los podemos encontrar en diferentes productos que empleamos en nuestra vida cotidiana (Flores-Arévalo, 2020). Por ejemplo, el polímero polietileno tereftalato se utiliza para la elaboración de botellas plásticas para uso alimenticio (Ritchie,2018). El polietileno de alta densidad se utiliza para botellas de productos de limpieza y desinfectantes (Ritchie, 2018). El policloruro de vinilo se utiliza para elaborar

tubos de plásticos y pisos de vinilo (Ritchie, 2018). El polietileno de baja densidad se utiliza para elaborar bolsas plásticas y envolturas de alimentos (Ritchie, 2018). Además, existen muchos más objetos elaborados con otros tipos de polímeros.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.



Figura 1 Imagen de *Lutjanus griseus* capturada por François Libert en Cozumel, México. Recuperada de Flickr.

Lutjanus griseus es una especie ampliamente distribuida en el Atlántico occidental y una de las más abundantes en esta región (Starck II & Schroeder, 1971). Se encuentra en los Cayos de Florida, principalmente en praderas de pastos marinos, así como en Colombia, Brasil, Yucatán y Panamá (Starck II & Schroeder, 1971), tiene valor económico debido a su captura tanto para fines comerciales como para la pesca deportiva (Starck II & Schroeder, 1971).

Esta especie presenta un cuerpo relativamente delgado, con el perfil dorsal del cabeza ligeramente cóncavo y el hocico puntiagudo y alargado (Allen, 1985). Sus aletas dorsales están formadas por 10 espinas y 14 radios blandos, una característica típica de la familia Lutjanidae, y las escamas del dorso se disponen en filas paralelas (Allen, 1985). La coloración varía entre gris en las regiones dorsales y superior, con tonos gris

verdoso o, en ocasiones, matices rojizos (Allen, 1985). Sus aletas pueden ser rojizas o grisáceas (Allen, 1985). Los ejemplares juveniles suelen tener una franja oscura que se extiende desde el hocico, atravesando el ojo, hasta llegar el opérculo, además de una raya azul que se encuentra debajo del ojo y se proyecta hacia la mejilla (Allen, 1985).

Este organismo es un depredador generalista que basa su dieta en crustáceos, peces pequeños, moluscos e invertebrados (Rosas-Luis & Elias-Valdez, 2021). Los juveniles suelen alimentarse de camarones y anfípodos, mientras que los adultos consumen presas más grandes, como peces juveniles, cangrejos y, en ocasiones cefalópodos (Starck II & Schroeder, 1971; Rosas-Luis & Elias-Valdez, 2021).

JUSTIFICACIÓN.

La producción de plástico pasó de 2 millones de toneladas anuales durante la década de los 50 del siglo XX a 380 millones en la última década (Fundación Heinrich Böll & Break Free From Plastic, 2020). Lamentablemente, sólo 9% de este material se ha reciclado y 12% ha sido incinerado (Fundación Heinrich Böll & Break Free From Plastic, 2020). El 70% de los plásticos producidos en 1950 terminó en rellenos sanitarios, sin ningún tipo de recuperación o valorización (Fundación Heinrich Böll & Break Free From Plastic, 2020). Cada año, se estima que alrededor de 13 millones de toneladas de desechos plásticos o sintéticos llegan al océano mediante recorridos de agua (Ríos *et al.*, 2020). En México, la tasa de reciclaje es inferior a la de producción, y aunque casos como el de los envases de PET parecieran el camino a seguir para poder integrar los residuos plásticos de post consumo a un modelo de economía circular, la realidad de los otros tipos de plásticos es diferente ya que no todos pueden tener una economía circular (Fundación Heinrich Böll & Break Free From Plastic, 2020). El 1.95% de los residuos que se recuperan es a través de sistemas de limpieza, 0.03 % terminan en los centros de acopio y 4.07% termina en la recuperación informal como centros de acopio sin registro y pepenadores, lo cual da un total de 6.07% de promedio en reciclaje a nivel nacional (Fundación Heinrich Böll & Break Free From Plastic, 2020).

Algo preocupante es que la mayoría de las cosas que consumimos podrían contener MPs, ya que no los podemos observar a simple vista. Además, se han realizado pocos estudios de MPs en peces, lo que genera una falta de información sobre la magnitud de este problema al que nos enfrentamos en la actualidad. De acuerdo con Curillo-García (2021), México es el segundo país latinoamericano con mayor número de publicaciones sobre los MPs, con nueve artículos en zonas costeras

y 11 análisis en ecosistemas no costeros. En el Mar Caribe se encontraron 46 estudios sobre Mp, de los cuales el 57% se enfocó en sedimentos, el 24% en agua, el 18% de organismos marinos, y solo uno en pastos marinos (Aldana-Aranda & Enriquez-Diaz., 2021). Ante esta situación, resulta prioritario enfocar los esfuerzos científicos en determinar la presencia, tipos y distribución de Mp en especies marinas de importancia comercial, como *L. griseus*, a fin de evaluar el riesgo potencial para la salud humana y para los ecosistemas acuáticos. Estos estudios son indispensables para fundamentar políticas de manejo, conservación y consumo responsable.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

- Determinar la presencia y abundancia de los MP en el estómago, hígado y tejido muscular del pargo mulato *Lutjanus griseus* de Punta Herrero, Quintana Roo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Identificar y cuantificar el tipo de MP de acuerdo a su forma y color en estómago, hígado y tejido muscular.
- Comparar la abundancia de cada tipo y color de MP entre estómago, hígado y tejido muscular.

MATERIALES Y MÉTODOS.

ÁREA DE ESTUDIO.

Punta Herrero se localiza dentro de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an y pertenece al municipio de Felipe Carrillo Puerto (Gómez-Dzib, 2016). Se encuentra en la zona sur de la reserva y sus coordenadas geográficas son 87°27 '45.25 " W y 19° 19' 15.02 " N (Gómez-Dzib, 2016).

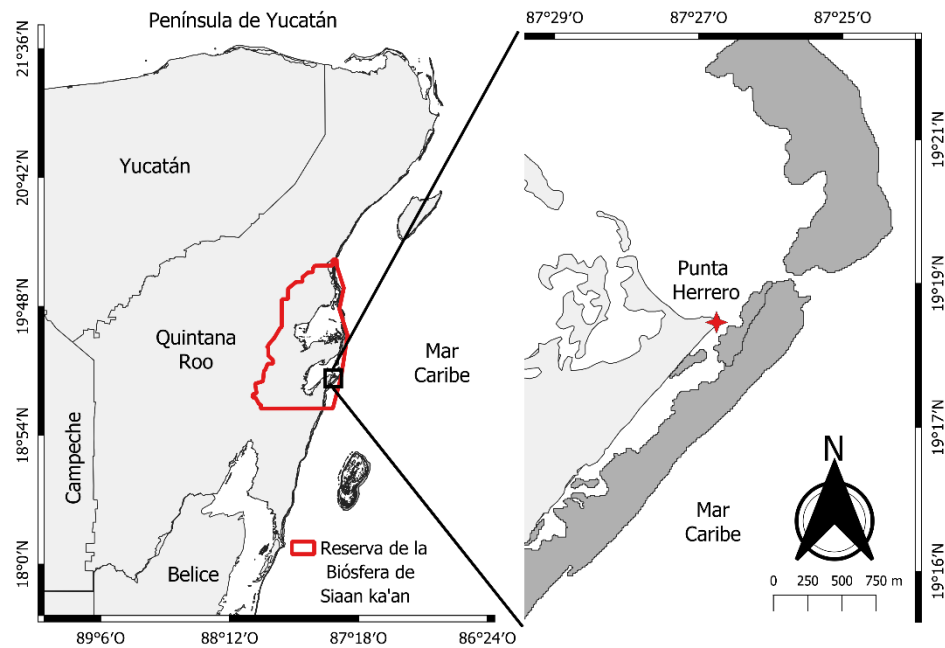


Figura 2 Mapa del sitio de muestreo. Punta Herrero, Quintana Roo. Autor: Montejo-Sosa (2025).

TRABAJO DE CAMPO.

Los muestreos iniciaron en julio del 2022 y terminaron en abril del 2023. Las muestras se colectaron de peces capturados usando línea manual con cordel y carnada. Cada ejemplar de *L. griseus* colectado fue medido y sexado, se elaboró una base de datos en una bitácora con la siguiente información:

- Número del ejemplar.
- Longitud del pez.

- Sitio de colecta.

EXTRACCIÓN DE ÓRGANOS.

En campo se extrajeron mediante un corte ventral, el estómago, el hígado y una muestra de tejido muscular. Se colectaron muestras de un tamaño aproximado de 3x3 cm y un grosor de 0.5 cm de tejido muscular e hígado y se almacenaron en frascos de cristal rotulados. Los tres tejidos se transportaron al laboratorio de Ecología Trófica del Instituto Tecnológico de Chetumal en refrigeración, ya en el laboratorio fueron congelados a -20 °C, para su posterior procesamiento para la obtención de MP.

DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN ESTÓMAGO.

Para la determinación de MPs en el contenido estomacal, primero se pesó el estómago lleno utilizando una balanza analítica. Luego, se realizó un corte recto desde el inicio de la boca del estómago hasta el final, se vació por completo y se realizó un lavado del estómago con agua destilada utilizando por debajo un tamiz de metal con un tamaño de luz menor de 1mm para que no se pierda nada de la muestra.

Posteriormente, el estómago ya limpio fue escurrido y vuelto a pesar. El peso del contenido estomacal se obtuvo restando el peso del estómago vacío al peso del estómago lleno. Este procedimiento permitió calcular el peso total del contenido estomacal en todas las muestras.

Al final se observó en el microscopio estereoscópico, el estómago ya lavado, el tamiz con los residuos y las presas que se habían retirado para separar y colectar todos los MPs. Finalmente, los MPs fueron observados y clasificados visualmente.

La caracterización visual se realizó referente a cuatro tipos de MPs: fibras, fragmentos, películas y espumas, los cuales, de acuerdo a Wooton *et al.* (2024) presentan la siguiente morfología:

- Fibras: hebras de materiales sintéticos, generalmente de grosor uniforme a lo largo de su longitud y con la capacidad de doblarse. Pueden ser monofilamento o trenzadas.
- Fragmentos: presentan diversas formas y tamaños, a menudo con bordes irregulares.
- Películas: suelen ser delgadas y, en muchos casos, transparentes; son flexibles y se asemejan a láminas o capas plásticas en miniatura.
- Espumas: partículas ligeras que se comprimen al ser presionadas, compuestas por material plástico expandido.

Al final los MPs se clasificaron por tipos como fibras, fragmentos, esferas, películas, así como por colores como el azul, negro, transparente, rojo, amarillo, verde.

SEPARACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN HÍGADO Y MÚSCULO.

Se emplearon guantes de nitrilo y materiales de vidrio o metal para evitar la contaminación por MP. Además, se utilizó agua destilada para el lavado de las muestras y la preparación de reactivos.

Se siguió el protocolo de Lusher & Hernandez-Milian (2018), adecuado para investigaciones con tejidos orgánicos, con modificaciones específicas para este estudio, principalmente en el tipo de solución utilizada. Se pesó el total de la muestra, posteriormente se agregó la solución de NaOH al 10% en una porción de 3:1 de tejido.

Estas muestras se cubrieron con papel aluminio sin apretar o con tapas de rosca para evitar la contaminación y la evaporación. Las muestras se dejaron reposar de 4-5 días, hasta que los tejidos se desintegraron completamente y la. Finalmente, la solución se solución adquirió un aspecto transparente o amarillento. Finalmente, la

solución se filtró en un tamiz de metal para garantizar que no quede ningún MP residual en la solución, ya sea de los gránulos de NaOH, del agua o de la contaminación del procedimiento. Con un microscopio estereoscópico se observaron las partículas de MP retenidas en el filtro y la solución ya filtrada.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se verificó la normalidad de los datos de abundancia de los Mps encontrados en los diferentes tejidos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Debido a que los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar las abundancias entre tejidos. Todos los colores de los MP fueron analizados en conjunto para los análisis estadísticos.

RESULTADOS.

DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS.

Se capturaron 30 ejemplares, la talla mínima de *L. griseus* fue 20 cm y la máxima de 40 cm de longitud total. Con un promedio de 27.34 cm y una desviación estándar de 5.56 cm.

RESULTADO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Los datos de abundancia de los MPs correspondientes a los diferentes tejidos y colores no presentaron normalidad (Tabla 1). Asimismo, se observó que el único tipo de MP con abundancia en los tejidos fueron las fibras. En consecuencia, los análisis comparativos se realizaron exclusivamente con este tipo de MP, considerando tanto las diferencias en la abundancia de fibras entre tejidos como la abundancia de fibras por colores de cada tejido.

Tabla 1 Resultados de la prueba de normalidad de los micro plásticos en el estómago, hígado y tejido muscular.

Tejidos, colores microplásticos y tipos.	W	Significancia estadística (p).
Estómago	0.72	$p < 0.05$
Fibras Negras	0.42	$p < 0.05$
Fibras azules	0.54	$p < 0.05$
Fibras transparentes	0.27	$p < 0.05$
Fibras rojas	0.27	$p < 0.05$
Fibras verdes fosforescente	0.18	$p < 0.05$
Fragmento de plástico verde-azul	0.18	$p < 0.05$
Tejido Muscular	0.68	$p < 0.05$
Fibras azules	0.67	$p < 0.05$
Fibras negras	0.72	$p < 0.05$
Fibras rojas	0.09	$p < 0.05$
Fibras transparentes	0.44	$p < 0.05$
Fibras verdes	0.19	$p < 0.05$
Hígado	0.68	$p < 0.05$
Fibras azules	0.65	$p < 0.05$
Fibras negras	0.76	$p < 0.05$
Fibras rojas	0.60	$p < 0.05$
Fibras transparentes	0.28	$p < 0.05$
Fibras amarillas	0.19	$p < 0.05$
Fibra verde	0.19	$p < 0.05$

MICROPLÁSTICOS EN ESTÓMAGO, HÍGADO Y TEJIDO MUSCULAR.

Se identificaron 446 MPs en los tres diferentes tejidos analizados: Estomago, hígado y tejido muscular. En el contenido estomacal se detectaron 64 MPs en 14 de los 30 estómagos analizados. En el hígado se detectaron 187 MPs en 29 de los 30 ejemplares, mientras que en el tejido muscular se encontraron 195 MPs en 28 de los 30 casos.

El promedio de MPs en el musculo fue 2.11 ± 3.21 MPs/g con una mediana de 2.03 MPs/g, el promedio del hígado fue 4.55 ± 7.95 MPs/g con una mediana de 4.58 MPs/g, y el promedio en contenido estomacal fue 3.69 ± 26.61 MPs/g con una mediana de 5.41 MPs/g. El resultado de la prueba de Kruskal-Wallis indicó que no existen diferencias significativas en la mediana de las abundancias de MPs entre los tres tejidos analizados ($W=278, 5, p>0.05$).

Con respecto a los colores de los MPs tipo fibras, se encontraron seis: negro, azul, rojo, transparente, verde y amarillo. En cuanto a la abundancia por color, el azul fue el más frecuente con 338 microfibras (MPf), seguido del negro con 68, el rojo con 19, el transparente con 15, y finalmente el verde y el amarillo, con 3 MPf cada uno. La comparación global de las abundancias totales de MPf según su color mostró diferencias significativas entre los grupos ($H(2) = 9.462, p < 0.05$). La comparación pareada que mostró diferencias significativas fue la del azul, que presentó la mayor abundancia total (338), y la del color transparente (15 MPf) ($p < 0.05$). Las otras comparaciones pareadas no mostraron diferencias significativas.

MICROPLÁSTICOS EN EL CONTENIDO ESTOMACAL DE *L. griseus*.

El peso total de 14 contenidos estomacales fue de 17.32 g, en los cuales se encontraron 63 fibras plásticas de colores negros, azules, verdes, rojas y transparentes; el color azul presentó 30 fibras, siguiendo el negro con 28, el rojo con 2, transparente con 2 y verde con una (Figura 3). Además, se registró un fragmento de plástico de color azul-verde (Figura 4).

Las fibras negras presentaron un promedio de 0.61 ± 26.91 MPf/g, mientras que las fibras azules registraron un promedio de 1.73 ± 7.74 MPf/g. Por su parte, las fibras transparentes mostraron un promedio de 0.11 ± 4.44 MPf/g, las fibras rojas presentaron un promedio de 0.11 ± 0.36 MPf/g y finalmente, el promedio del color verde fue de 0.5 ± 1.40 MPf/g. Debido a la baja abundancia de los colores rojo, transparente y verde fosforescente, el análisis estadístico se enfocó únicamente en las MPf de color negro y azul. Estas se compararon mediante una prueba no paramétrica de Mann-Whitney, cuyos resultados no mostraron diferencias significativas entre ambas ($U = 13$, $p > 0.05$). Esto sugiere que la presencia de fibras negras y azules en el contenido estomacal de *L. griseus* es similar en términos de abundancia.

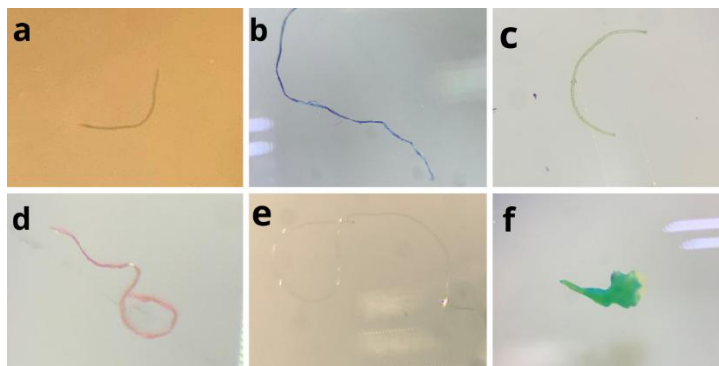


Figura 3 Ejemplos de microplásticos encontrados en los estómagos de *L. griseus*: a) fibra azul, b) fibra negra, c) fibra roja, d) fibra verde fosforescente, e) fibra transparente y f) fragmento de plástico verde-azul.

MICROPLÁSTICOS EN EL TEJIDO MUSCULAR DE *L. griseus*.

El peso total de 28 muestras de tejido muscular fue de 92.01g, en las cuales se encontraron un total de 195 fibras plásticas de los colores negro, azul, rojo, transparente y verde. El color azul presentó 163 fibras, siguiendo el negro con 17, transparente con 11, el rojo con 3 y por último el verde solo con una fibra (Figura 5).

Las fibras azules presentaron un promedio de 1.77 ± 3.02 MPf/g, mientras que las fibras negras registraron un promedio de 0.18 ± 0.23 MPf/g, las fibras transparentes registraron un promedio de 0.11 ± 0.47 MPf/g, las fibras rojas mostraron un promedio de 0.03 ± 0.13 MPf/g y finalmente, las fibras verdes fueron las menos abundantes con un promedio de 0.01 ± 0.03 MPf/g. Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis revelaron diferencias significativas entre las abundancias de MPf por color en el tejido muscular ($H(2) = 27.45$, $p < 0.05$). El análisis post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni indicó diferencias significativas entre la abundancia absoluta de las fibras de color azul y negro ($p < 0.05$), así como entre azul y transparente ($p < 0.05$). No obstante, no se detectaron diferencias significativas entre negro y transparente ($p > 0.05$).

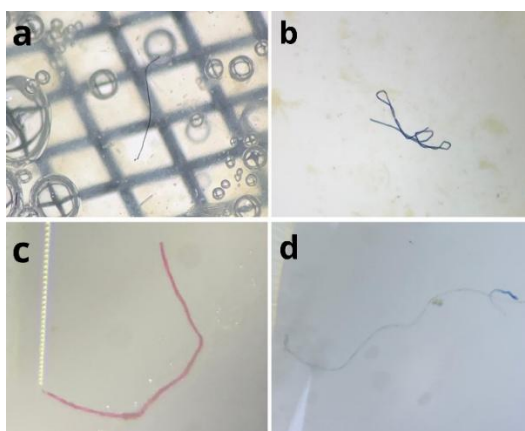


Figura 4 Fibras plásticas encontrados en el tejido muscular de *L. griseus*: a) fibra negra, b) fibra azul, c) fibra transparente y d) fibra roja.

MICROPLÁSTICOS EN EL HÍGADO DE *L. griseus*.

El peso total de 29 muestras de hígado fue de 41.04 g, en las cuales se encontraron 187 fibras, de tonalidades negras, azules, transparentes, rojas, amarillas y verdes. El color azul presentó 144 MPf siguiendo el negro con 23, el color rojo con 14, el amarillo con 3, el transparente con dos y finalmente el verde con solo una fibra (Figura 7). Las fibras azules presentaron un promedio de 3.50 ± 6.62 MPf/g, las fibras negras presentaron un promedio de 0.56 ± 1.27 MPf/g, las fibras rojas un promedio de 0.34 ± 1.42 MPf/g, las fibras transparentes con un promedio de 0.04 ± 0.32 MPf/g, las fibras amarillas con un promedio de 0.07 ± 0.73 MPf/g y finalmente, las fibras verdes con un promedio de 0.02 ± 0.22 MPf/g. Los resultados indicaron diferencias significativas en la comparación de las abundancias relativas de los MPf por colores en el hígado ($H(2) = 18.15$, $p < 0.05$). El análisis post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni indicó diferencias significativas entre las abundancias de los colores azul y negro ($p < 0.05$), así como entre azul y rojo ($p < 0.05$). El color azul fue el más abundante, seguido por el negro y el rojo. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre negro y rojo ($p > 0.05$).

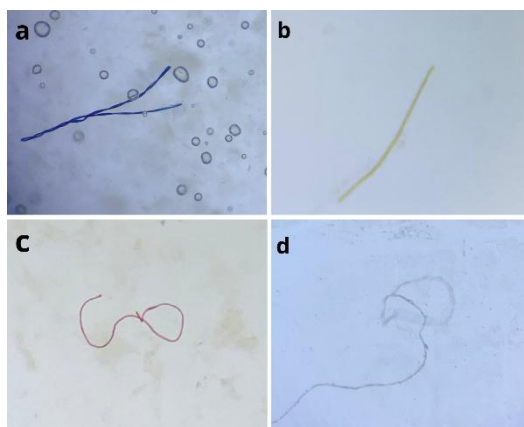


Figura 5 Fibras plásticas encontrados en el hígado de *L. griseus*: a) fibra azul, b) fibra amarilla, c) fibra negra y d) fibra transparente.

DISCUSIÓN.

En *L. griseus*, las fibras fueron el MP predominante en los tres tejidos analizados. Este hallazgo coincide con estudios previos que destacan a las fibras como el MPs más abundante en los océanos (Vázquez-Rodríguez, 2019), en la arena de las dunas costeras (Rosas-Luis *et al.* 2022), en el contenido estomacal de peces (Gavilán-Santos *et al.* 2019), así como en el de los moluscos (Rosas-Luis, 2023). Además, también se han reportado fibras en las heces de poliquetos y mejillones silvestres (Mathalon *et al.*, 2014). Lusher *et al.*, (2013) reportaron que el 68,3% de los MPs encontrados en el tracto digestivo de especies pelágicas y demersales correspondían a fibras. De manera similar, los resultados de este estudio, confirman lo reportado por Lusher *et al.*, (2013), Iannacone *et al.*, (2021) y Güven *et al.*, (2017), posicionando a las fibras como la forma más abundante de MPs en el tracto digestivo y el tracto gastrointestinal de peces.

La presencia de fibras en los tejidos de *L. griseus* podría estar relacionada con una alta disponibilidad de MPs en el ambiente marino del Caribe mexicano, donde esta especie habita. Se ha postulado que las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) desempeñan un papel clave en el destino y transporte de fibras en el medio ambiente. Según Napper & Thompson (2016) y Browne *et al.* (2011), los sistemas de alcantarillado en países desarrollados canalizan los efluentes de lavadoras hacia las PTAR, donde se realiza un tratamiento previo a ser descargados en cuerpos de agua. Sin embargo, estos sistemas no están diseñados para retener eficazmente las fibras, las cuales permanecen en los efluentes tratados y terminan siendo liberadas al medio ambiente. Browne *et al.*, (2011) demostraron que una sola prenda de ropa sintética puede liberar más de 1, 900 fibras por lavado, con predominancia de poliéster y acrílico. Otro factor que podría estar propiciando la presencia de fibras en el Caribe es

la presencia de vías marítimos, ya que las embarcaciones representan una fuente importante de contaminación por MP. Según Jiménez-Meneses (2017), estos contaminantes pueden provenir de diversas fuentes, como los desagües de embarcaciones, actividades industriales en los puertos de transporte de mercancías y pasajeros, embarcaciones recreativas, actividades pesqueras y acuicultura. Además, los tripulantes generan desechos, y las descargas de aguas residuales y de lastre contienen altas concentraciones de MPs (Jiménez-Meneses, 2017). Es probable que estas fibras no provengan únicamente de descargas locales, sino también de zonas urbanas cuyas aguas residuales podrían ser transportadas por las corrientes marinas hacia el área de estudio. La dispersión de los MPs es causada por su baja densidad, lo que les permite flotar en la superficie del agua marina y lograr desplazarse fácilmente debido a las corrientes marinas y las turbulencias generadas por el viento, y así ser capturadas por la circulación oceánica (Lebreton *et al.* 2018; Ajith *et al.* 2020; Li *et al.* 2022). Una vez en el área, estos MPs pueden ser ingeridos tanto por presas como por especies depredadoras, como *L. griseus*, integrándose así a la red trófica local.

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran la presencia de Mps en el ambiente marino, observándose que algunos de ellos podrían tener origen en residuos de embarcaciones viejas a la deriva y en eventos de naufragio. Aunque este tipo de contaminación ha recibido menor atención en comparación con otras fuentes más estudiadas, como los desechos urbanos o industriales, su impacto no es menos significativo. De acuerdo a Líbera (2023), se observó que los restos de yates, cruceros y buques mercantes liberan una variedad de residuos plásticos al mar, los cuales

posteriormente se fragmentan en MPs, afectando a la fauna marina como se muestra en *L. griseus*.

En cuanto al color de los MPs, el azul fue el más abundante, con mayor presencia en el tejido muscular y el hígado. Las fibras azules fueron las más frecuentes, un patrón que también ha sido observado en estudios previos (Peters *et al.*, 2017; Güven *et al.*, 2017; Digka *et al.*, 2018; Chagnon *et al.*, 2018; Ríos, 2022). La alta proporción de fibras de color azul podrían reflejar la predominancia de estos en el ambiente marino. Asimismo, este patrón podría estar relacionado con el hecho de que la mayor parte de los plásticos contaminantes están compuestos por este color como lo sugiere Urbanski *et al.* (2020). Otro factor que puede provocar la presencia de fibras de color azul en este pez es la imposibilidad de discriminarlo visualmente de la columna del agua, de este modo el pez lo ingiere junto con sus presas. La discriminación de los alimentos puede verse limitada por factores como la disponibilidad de la luz y la dificultad para diferenciar las presas en la columna de agua, especialmente por su tamaño y color, lo que podría explicar la ingestión incidental de MP (Peters *et al.*, 2017; Urbanski *et al.* 2020), ya que *L. griseus* es un pez carnívoro con una dieta generalista (Rosas-Luis & Elias-Valdez, 2021). Durante su alimentación, al consumir presas bentónicas, está expuesto a la ingestión incidental de sedimentos en donde pueden encontrarse atrapados los MP (Urbanski *et al.* 2020).

En cuanto a la distribución de los MPs en los tejidos, los resultados estadísticos indican que no hay diferencias significativas entre los tejidos. De acuerdo a la ubicación de los MP en *L. griseus*, coincide con lo reportado por Lu (2016), quién señaló que los MPs de 5 µm pueden acumularse en órganos internos como branquias, hígado e intestinos. De

manera similar, Atamanalp (2021) observó una alta abundancia de MP en el tejido muscular, lo que resalta la capacidad de estos contaminantes para acumularse en tejidos biológicos y plantear preocupaciones sobre su impacto en la salud de organismos acuáticos y la cadena alimentaria humana. Asimismo, este estudio y los resultados de Collar *et al* (2017) subrayan la prevalencia de fibras plásticas en el hígado, sugiriendo que los MPs pueden ser absorbidos mediante endocitosis o fagocitosis (Revel *et al.*, 2018), lo que podría explicar su abundancia en este órgano.

El hecho de que se encontraran MP en el 100% de los individuos analizados subraya la gravedad del problema de la contaminación plástica en el Caribe mexicano. Esto representa no solo un riesgo ecológico, sino también económico y sanitario, considerando la importancia comercial de *L. griseus* y su consumo como alimento humano (Collard *et al.*, 2017; Iannacone *et al.*, 2021). La acumulación de fibras en el tejido muscular, parte principal de la dieta de depredadores marinos y humanos, refuerza la necesidad de un monitoreo constante y estrategias de mitigación para prevenir su transferencia trófica (Lu *et al.*, 2016; Atamanalp *et al.*, 2021). Estos hallazgos enfatizan la urgente necesidad de investigar tanto los mecanismos de exposición y acumulación como los posibles impactos en la salud humana y en los ecosistemas que dependen de los ambientes marinos.

CONCLUSIONES.

Basado en el objetivo general de determinar la presencia y abundancia de los MPs en el estómago, hígado y tejido muscular del pargo mulato *L. griseus* de Punta Herrero, Quintana Roo, esta investigación reveló de manera concluyente la existencia de MP en los tres tejidos. Se observó que las fibras plásticas son los MPs más abundantes, seguidas por la partícula plástica. Además, se identificó que los colores más abundantes fueron el azul y el negro. Estos hallazgos remarcen la necesidad de una mayor atención y medidas de gestión para abordar el problema de la contaminación por MP en los ecosistemas marinos, especialmente en áreas costeras como Punta Herrero, Quintana Roo.

Conclusiones de acuerdo a los objetivos específicos.

De acuerdo al objetivo específico 1: Identificar y cuantificar el tipo de MP extraído según sus características físicas en estómago, hígado y tejido muscular, se concluye que los tipos de MP encontrados en los diferentes tejidos son las fibras y una partícula. En el estómago, se cuantificaron 64 fibras y una partícula de plástico, siendo el color azul más abundante. En el hígado, se cuantificaron 187 fibras, destacando el color azul. Por último, en el tejido muscular se detectaron 195 fibras, siendo nuevamente el color azul el más común.

De acuerdo al objetivo específico 2: Comparar la abundancia de cada tipo de MP entre tejidos se pudo observar que no hay diferencias significativas entre los MPs entre tejidos.

El 100 % de los individuos analizados presentaron MP, sumando un total de 447 partículas, con el color azul predominante en el estómago, hígado y tejido muscular.

Estos hallazgos sugieren la presencia de partículas MP en la columna de agua, accesibles para el consumo de las especies de manera inadvertida.

La contaminación de la vida marina es motivo de preocupación, dado que se han encontrado partículas plásticas incluso en el tejido muscular, que es una parte principal de la dieta de muchos depredadores marinos. Este fenómeno no solo tiene implicaciones ambientales, sino también económicas y alimentarias significativas, y podría tener repercusiones negativas a largo plazo.

RECOMENDACIONES.

Con base a los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

- Realizar una investigación durante un año para poder saber en qué temporada se encuentran más partículas plásticas y por último se recomienda empezar la identificación de nanoplásticos ya que en esta investigación se encontraron fibras y fragmentos de plásticos de color negro y multicolores con un tamaño menor a 1mm que no fueron incluidas en los análisis.
- Desarrollar una metodología estandarizada para la investigación de MP, que permita informar los procedimientos y garantizar la comparabilidad y reproducibilidad de los resultados entre diferentes estudios.
- Que las instituciones relacionadas con la pesca realicen evaluaciones continuas sobre las especies marítimas para que se tenga conocimiento sobre las incidencias de las partículas plásticas en la salud de las especies y de los seres humanos.

- Que las administraciones publicas tomen acciones y sanciones a personas, embarcaciones o pescadores que se sorprenda arrojando, quemando o triturando basura en el mar.
- Crear programas donde se concientice sobre la contaminación de los plásticos y MP dirigido a la población y en especial a pescadores, comerciantes, restauranteros y embarcaciones muy grandes que se encuentren cerca de los mares o que se beneficien de ellos.

REFERENCIAS CONSULTADAS.

- Abreu, A.& Pedrotti M.L. (2019). Microplastics in the Oceans: The Solutions Lie on Land. *Field Actions Science Reports, Special Issue 19*, 62-67.
<https://journals.openedition.org/factsreports/5290>
- Acosta-González, G., Carrillo-Rosales, D. V., & Caballero-Vázquez, J. A. (2022). Microplásticos en agua y organismos. *Ciencia*, 73 (2), 42-49.
- Ajith, N., Arumugam, S., Parthasarathy, S., Manupoori, S., & Janakiraman, S. (2020). Global distribution of microplastics and its impact on marine environment—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 25970—25986.
- Aldana-Aranda, D., y Enríquez-Díaz, M. (2021). *Microplásticos en el Mar Caribe: Overview*. CINVESTAV.
- Aldana-Aranda, D., Enríquez-Díaz, M., & Castillo-Escalante, V. (2022). El caribe y su contaminación por microplásticos. *Ciencia*, 73(2), 8-13.
- Allen, G.R. (1985). *FAO Species Catalogue. Vol. 6. Snappers of the world: An annotated and illustrated catalogue of lutjanid species known to date* (FAO Fisheries Synopsis No.125, Vol. 6). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Alomar, C., Sureda A., Capó X., Guijarro B., Tejada S., & Deudero, S. (2017). Microplastic ingestion by *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress. *Environmental Research*, 159, 135-142.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.07.043>.

- Amas-López, C. A., & Crispín-Vásquez, E. E. (2019). *Contaminación y bioacumulación por microplásticos en la población de Mejillones, Playa Donofrio, Ancón–2019* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.
- Arthur, C., Baker, J.E., & Bamford, H.A. (Eds.). (2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9–11, 2008, University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA* (NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30). National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), U.S. Department of Commerce. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/2509>
- Astorga-Pérez, M. A. (2020). *Determinación de microplásticos en especies marinas del Parque Nacional Marino las Baulas* (Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Química). Instituto Tecnológico de Química.
- Atamanalp, M., Köktürk, M., Uçar, A., Duyar, H. A, Özdemir, S., Parlak, V., & Alak, G. (2021). *Microplastics in tissues (brain, gill, muscle and gastrointestinal) of mullus barbatus and Alosa immaculata. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 81, 460-469.* <https://doi.org/10.1007/s00244-021-00885-5>
- Barrera-Lara, M. Á., Capistrán-Barradas, A., Serrano, A., Cuervo-González, R., & Zarza-Meza, E. A. (2019) Population Analysis of The Snapper *Lutjanus griseus*, Based on The Artisanal Fisheries of The Tamiahua Coast, Veracruz. *International Journal for Innovation Education and Research. 7(2), 68–81.* <https://doi.org/10.31686/ijer.Vol7.Iss2.1323>

- Bilbao-Villena, A. (2015). *Desengancharse del Plástico. Problemas de un material ubicuo*. Confederación de Ecologistas en Acción. <http://ecologistasenaccion.org/article21000.html>
- Bollaín-Pastor, C., & Vicente-Agulló, D. (2019). Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública. *Revista Española de Salud Pública*, 93, e201908064.
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks. *Environmental science & technology*, 45(21), 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
- Carlos-de Araújo, D. M. (2022). *Ecologia alimentar de três espécies de vermelhos (Teleostei: Lutjanidae) desembarcadas na praia do Mucuripe, Fortaleza-CE*. (Trabajo de conclusión de curso, Universidad Federal do Ceará). Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia.
- Chagnon, C., Thiel, M., Antunes, J., Ferreira, J.L., Sobral, P., & Ory, N.C. (2018). Plastic ingestion and trophic transfer between Easter Island flying fish (*Cheilopogon rapanouiensis*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) from Rapa Nui (Easter Island). *Environmental Pollution*, 243, 127–133. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.042>
- Chota-Macuyama, W., & Chong-Mendoza, J. (2020). Primer registro de ingestión de microplásticos por un pez de importancia comercial en la ciudad de Iquitos,

- Amazonía Peruana. *Folia amazónica*, 29(2), 179–188.
<https://doi.org/10.24841/fa.v29i2.521>
- Collard, F., Gilbert, B., Compère, P., Eppe, G., Das, K., Jauniaux, T., & Parmentier, E. (2017). Microplastics in livers of European anchovies (*Engraulis encrasicolus*, L.). *Environmental pollution*, 229, 100–110.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.089>
- Correa-Pérez, J. A. (2020). *Revisión de la problemática de la contaminación por microplásticos en el recurso hídrico*. (Trabajo de especialización, Universidad de Antioquia). Universidad de Antioquia.
- Cruz-Salas, A. A., Vázquez-Morillas A., & Álvarez-Zeferino J. C. (2022). Microplásticos en playas: Realidad y percepción. *Ciencia*, 73(2), 36-41.
- Curillo-García, J. M. (2021). *Revisión sistemática de la información existente sobre las metodologías aplicadas en el estudio de microplásticos en los ecosistemas costeros de cinco países identificados en Latinoamérica, Europa y Asia*. (Tesis de licenciatura, Universidad Estatal Península de Santa Elena). Facultad de Ciencias del Mar.
- De-la-Torre, G. E. (2019). Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(4), 27–37.
<https://www.aacademica.org/gabriel.e.delatorre/22>
- Ding J., Zhang S., Razanajatovo, R.M., Zou H., & Zhu W. (2018). Accumulation, tissue distribution, and biochemical effects of polystyrene microplastics in the

- freshwater fish red tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Environmental Pollution*, 238, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.03.001>
- Digka, N., Tsangaris, C., Torre, M., Anastasopoulou, A., & Zeri, C. (2018). Microplastics in mussels and fish from the Northern Ionian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.063>
- Flores-Arévalo, P. (2020). La problemática del consumo de plásticos durante la pandemia de la COVID-19. *South Sustainability*, 1(2), e016. <https://doi.org/10.21142/SS-0102-2020-016>
- Fundación Heinrich Böll & Break Free From Plastic. (2020). *Atlas del Plástico 2020: Datos y cifras sobre el mundo de los polímeros sintéticos* (1.ª ed.). Fundación Heinrich Böll–Ciudad de México, México y El Caribe. México.
- García-Jaramillo, L. S., Morán-Silva, Á., Chávez-López, R., & Cházaro-Olvera, S. (2023). Presencia de microplásticos en tracto digestivo de *Anchoa hepsetus* (Clupeiformes: Engraulidae) obtenidos de la pesca ribereña del municipio de Alvarado, Veracruz. *BIOCYT Biología Ciencia Y Tecnología*, 16, 1155–1169. <https://doi.org/10.22201/fesi.20072082e.2023.16.86352>
- Gavilán-Santos, J., Ortiz-Correa, Y., Aranda-Baca, K., & Flores-Gómez, S. (2019). Microplásticos en contenido estomacal de la “lisa” *Mugil cephalus*, Lima-Perú. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 5(2), 38–45.
- Gómez-Dzib, M. A. (2016). *Análisis bioeconómico de la pesquería de langosta y escama de la cooperativa "José María Azcorra" en la comunidad de Punta Herrero, Quintana Roo* (Tesis de maestría, Universidad de Quintana Roo).

- Guzzetti, E., Sureda, A., Tejada, S., & Faggio, C. (2018). Microplastic in marine organism: Environmental and toxicological effects. *Environmental toxicology and pharmacology*, 64, 164–171. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.10.009>
- Güven, O., Gökdağ, K., Jovanović, B., & Kideys, A. E. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental pollution*, 223, 286–294. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.025>
- Hidalgo-Ruz, V., Macaya-Caquilpán, V., Eastman, L., & Thiel, M. (2012). Muestreo Nacional de microplásticos en las playas de Chile. *Programa Científicos de la Basura, Universidad Católica del Norte*. <http://www.cientificosdelabasura>.
- Iannaccone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M., & Alvarino, L. (2021). Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(2), e20038. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20038>
- Jiménez-Meneses, L. (2017). La salud del Mediterráneo pasa por luchar contra las basuras marinas. *Quaderns de la Mediterrània*, 25, 230–235.
- Labrada-Martagón, V., & Zenteno-Savín, T. (2022) Biomarcadores a microplásticos en fauna marina. *Ciencia*, 73(2), 62–67.
- Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., Hajbane, S., S., Cunsolo, S., Schwarz, A., Levivier, A., Noble, K., Debeljak, P., Maral, H., Schoeneich-Argent, R., Brambini, R., & Reisser, J. (2018). Evidence that the

- Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*, 8, Article 4666. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>
- Li, C., Zhu, L., Wang, X., Liu, K., & Li, D. (2022). Cross-oceanic distribution and origin of microplastics in the subsurface water of the South China Sea and Eastern Indian Ocean. *Science of The Total Environment*, 805, Article150243. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150243>
- López-Marcano, J. J. (2023). *Estudio de la presencia de microplásticos en el contenido estomacal y branquias de la sardina, Sardinella aurita Valenciennes, 1847 (Teleostei: Clupeidae), y evaluación de su dinámica reproductiva, durante la época de pesca del año 2022, en el estado Sucre, Venezuela.* (Tesis de maestría, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre). Instituto Oceanográfico de Venezuela.
- Lu, Y., Zhang, Y., Deng, Y., Jiang, W., Zhao, Y., Geng, J., Ding, L., & Ren, H. (2016). Uptake and accumulation of polystyrene microplastics in zebrafish (*Danio rerio*) and toxic effects in liver. *Environmental science & technology*, 50(7), 4054–4060. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b00183>
- Lusher, A. L., McHugh, M., & Thompson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67(1-2), 94–99. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.028>

- Lusher, A. L., O'Donnell, C., Officer, R., & O'Connor, I. (2015). Microplastic interactions with North Atlantic mesopelagic fish. *ICES Journal of Marine Science*, 73(4), 1214–1225. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv241>
- Lusher, A. L., & Hernandez-Milian, G. (2018). Microplastic extraction from marine vertebrate digestive tracts, regurgitates and scats: A protocol for researchers from all experience levels. *Bio-protocol*, 8(22), e3087. <https://doi.org/10.21769/BioProtoc.3087>
- Manzanilla-Verde, B., Villegas-Sánchez, C. A., Cabanillas-Terán, N., Castro-Pérez, J. M., & Rosas-Luis, R. (2023). Insight into the trophic niche and prey contribution in the diet of *Lutjanus griseus* (Linnaeus, 1758) captured by artisanal fishing fleet in the central and southwest Gulf of Mexico. *Regional Studies in Marine Science*, 63, 103005. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103005>
- Martínez-González, V. S., Guerrero-Rivera, S., Mora-Longa, G., Klagges-Ormeño, C., Moreno-Araneda, M., Miranda-Montenegro, M. L., Palacios-Peñarabda, M.L., Chaurra-Arboleda, A.M., Purca-Cuicapusa, S.R., Robinson-Duggon, J., & Vega-Baudrit, J. R. (2023). The issue of micro and nanoplastics on the American coasts of the Pacific Ocean. *Mundo nano*, 16(30), 1e–34e. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2023.30.69783>
- Mathalon, A., & Hill, P. (2014). Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1), 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.018>

- Mendoza-Zambrano, M. J., & Mendoza-Giler, K. T. (2020). *Presencia de microplásticos en peces pelágicos de mayor comercialización, en el mercado de “Playita Mía” de la Ciudad de Manta*. (Tesis de Ingeniero en Medio Ambiente, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López). Repositorio ESPAM
- Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin*, 112(1–2), 39–45.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.025>
- Nelms, S. E., Duncan, E. M., Broderick, A. C., Galloway, T. S., Godfrey, M. H., Hamann, M., Lindeque, P.K., & Godley, B. J. (2016). Plastic and marine turtles: A review and call for research. *ICES Journal of Marine Science*, 73(2), 165–181.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv165>
- Peralta-Peláez, L. A., Peña-Montes, C., Hermida-Castellanos, L., Huerta-Quero, O. de J., Hernández-Álvarez, C., Mejía-Estrella, I. A., & Sulbarán-Rangel, B. (2023). Microplásticos en playas de la zona de influencia del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), México. *Hidrobiológica*, 33(2), 231–242.
<https://doi.org/10.24275/KHDD6042>
- Peters, C. A., Thomas, P. A., Rieper, K. B., & Bratton, S. P. (2017). Foraging preferences influence microplastic ingestion by six marine fish species from the Texas Gulf Coast. *Marine pollution bulletin*, 124(1), 147–152.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.080>

- Ponce, D. G., Velazco, K. P., Vargas, N. A., Gabriel, B., & Galindo, G. (2023). Presencia de microplásticos en pescados aptos para consumo humano, agua y playas de la bahía de Santa Lucia, Acapulco, México. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 239–250. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.241>
- Proyecto LÍBERA. (2023). *Impacto de la basuralidad en los mares y los océanos*. SEO/BirdLife & Ecoembes. <https://proyectolibera.org/informes>
- Revel, M., Châtel, A., & Mouneyrac, C. (2018). Micro (nano) plastics: A threat to human health? *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.003>
- Reyes-Bonilla, H., Alvarez-Filip., Pérez-España, H., Santillo, D. (2019). Estudio sobre el impacto de la contaminación por microplásticos en peces de México. Green Peace México.
- Ritchie, H. (2018). FAQs on plastics. Our world in data.
- Ríos, J. M. (2022). El papel del color en la ingesta de fragmentos de microplástico por el pez cebra (*Danio rerio*). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 38(3), 371–380. <https://doi.org/10.20937/rica.54523>
- Ríos, M. F., Marquez, F., Gatti, M., Galvan, D. E., Bravo, G., Bigatti, G., & Brogger, M. I. (2020). Microplásticos: macroproblemas. Residuos Plásticos en Argentina: Su impacto ambiental y en el desafío de la economía circular. (1.ª ed., Vol. Combinado). *Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*.

- Román-Vega, M., Martínez-Alvarez, I., Ahumada-Cervantes, R., Portillo-Molina, R., Apún-Molina, J., Zavala-Norzagaray, A., & Santamaría-Miranda, A. (2024). Contaminación por microplásticos en peces marinos de importancia comercial del Norte de Sinaloa, México. *Abanico Agroforestal*, 6, 1–22. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2024.3>
- Romeo T., Battaglia, P., Pedà, C., Consoli, P., Andaloro, F., Fossi M.C. (2015). First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 95(1), 358–361. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.048>
- Rosas-Luis, R., Navarro, J., Martínez-Baena, F., & Sánchez, P. (2017). Differences in the trophic niche along the gladius of the squids *Illex argentinus* and *Doryteuthis gahi* based on their isotopic values. *Regional Studies in Marine Science*, 11, 17-22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsma.2017.02.003>
- Rosas-Luis, R., & Elias-Valdez, A. (2021). Trophic resource partitioning among four sympatric lutjanid species in the southern Mexican Caribbean Sea. *Marine Biology Research*, 17, (7–8), 615–624. <https://doi.org/10.1080/17451000.2021.2009872>
- Rosas-Luis, R., González-Salvatierra, C., & Gurrola, M.P. (2022). Las dunas del Caribe y su contaminación por plásticos. *Ciencia*, 73(2), 42-49.
- Rosas-Luis, R. (2023) Contaminantes y producción pesquera acuícola. En N, A, Pacheco – López., J.C. Cuevas-Bernardino, & A. Vázquez-Elorza (Eds.), *Estado actual del uso de pesticidas en productos agropecuarios de la península de*

- Yucatán y su impacto en la sociedad: retos y perspectivas* (pp. 95–124). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C.
- Santillán, M. L. (2018). *Una vida de plástico*. Ciencia UNAM.
- Sánchez-Osuna, R. (2023). *Abundancia de microplásticos en el mejillón (*Mytella strigata*) y la almeja chocolata (*Megapitaria squalida*) en la Bahía de La Paz, B.C.S, México*. (Tesis de maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C) Repositorio del CIBNOR.
- Starck II, W. A., & Schroeder, R. E. (1971). *Investigations on the gray snapper, Lutjanus griseus*. University of Miami Press. (Studies in tropical oceanography No.10)
- Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G., McGonigle, D., & Russell, A. E. (2004). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 304(5672), 838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>
- Urbanski, B. Q., Denadai, A. C., Azevedo-Santos, V. M., & Nogueira, M. G. (2020). First record of plastic ingestion by an important commercial native fish (*Prochilodus lineatus*) in the middle Tietê River basin, Southeast Brazil. *Biota Neotropica*, 20(3), e20201005. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1005>
- Vázquez-Rodríguez, G.A. (2019). Los Microplásticos textiles (o la increíble historia de cómo tu suéter termina en el salero). *Ciencia*, 70(1), 56-63.
- Villamar-Lucas, J. E. (2022). *Análisis de la presencia de microplástico en diferentes organismos marinos del Ecuador 2018-2021*. (Tesis de licenciatura, Universidad estatal península de Santa Elena).

Wootton, N., Reis Santos, P., Adyel, T., Blewitt, M., Clarke, B., Crutchett, T., Hamann, M., Hardesty, D., Lavers, J., Leterme, S., Leusch, F., Lynch, S., Motti, C., O'Brien, A., Okoffo, E., Perera, K., Puskic, P., Razzell Holls, J., Roman, L., Santana, M., Snigirova, A., Tuuri, E., Wilson, S., Ziajahromi, S., & Gillanders, B. (2024). *Marine sampling field manual for microplastics*. En R. Przeslawski & S. Foster (Eds.), *Field manuals to monitor Australian waters* (Versión 3). National Environmental Science Program.

Wuenschel, M.J., Jugovich, A.R. & Hare, J.A. (2004). Effect of temperature and salinity on the energy of juvenile snapper (*Lutjanus griseus*): implications for nursery habitat value. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 312(2), 333-347. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.07.007>

Zambrano A. (2022) El impacto de microplásticos en organismos marinos. *Ciencia*. 73(2),58-61

Zhang, Y., Kang, S., Allen, S., Allen, D., Gao, T., & Sillanpää, M. (2020). Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives. *Earth-Science Reviews*, 203, 103118. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103118>