



Abanico Agroforestal. Enero-Diciembre 2024; 6:1-22. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2024.3>  
Artículo original. Recibido: 20/05/2023. Aceptado: 18/12/2023. Publicado: 26/01/2024. Clave: e2023-15  
[https://www.youtube.com/watch?v=\\_HLTdisYEnI](https://www.youtube.com/watch?v=_HLTdisYEnI)

## Contaminación por microplásticos en peces marinos de importancia comercial del Norte de Sinaloa, México

Contamination by microplastics in commercially important marine fish from the north of Sinaloa, Mexico



Román-Vega Martín\*<sup>1</sup> [ID](#), Martínez-Álvarez Iván<sup>1</sup> [ID](#), Ahumada-Cervantes Ramiro<sup>1</sup> [ID](#),  
Portillo-Molina Raul<sup>1</sup> [ID](#), Apún-Molina Juan<sup>2</sup> [ID](#), Zavala-Norzagaray Alan<sup>2</sup> [ID](#),  
Santamaría-Miranda Apolinar\*\*<sup>2</sup> [ID](#)

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Occidente. Departamento Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Administración Financiera, Unidad Regional Guasave, Sinaloa, México. <sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio de reproducción de peces, Departamento de Acuicultura, Centro Interdisciplinario de Investigación Para el Desarrollo Integral de la Región, Guasave, Sinaloa, México. \*Autor responsable: Román-Vega Martín. \*\*Autor de correspondencia: Santamaría-Miranda Apolinar: Laboratorio de reproducción de peces, Departamento de Acuicultura, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral de la Región (CIIDIR-IPN), Guasave, Sinaloa, México. Bulevar Juan de Dios Bátiz Paredes #250, Col. San Joaquín, Guasave, Sinaloa, México. E-mail: mtnroman@gmail.com, ivan.martinez@uadeo.mx, ramiro.ahumada@uadeo.mx, raul.portillo@uadeo.mx, japun@ipn.mx, anorzaga@ipn.mx, asantama@ipn.mx

### RESUMEN

La presencia de microplásticos en el planeta se ha convertido en una gran amenaza para los ecosistemas marinos y los organismos que los habitan. Este problema cubre un amplio grupo de animales, como los peces marinos, e incluye peces comercialmente importantes. El presente estudio se realizó desde octubre de 2018 hasta julio de 2019, lo anterior, con la intención de completar un ciclo estacional. El objetivo de este trabajo fue conocer los principales tipos de microplásticos ingeridos por seis de las especies de peces comerciales más importantes para la zona noroeste de México (*Centropomus viridis*, *Cynoscion othonopterus*, *Pomadasys macracanthus*, *Diapterus peruvianus*, *Lutjanus* sp, y *Scomberomorus sierra*) en los sistemas lagunares e insulares de Navachiste y Ohuira, Sinaloa, México. Se capturaron y analizaron los estómagos de 556 individuos bajo la técnica de microscopía estereoscópica. Los resultados mostraron que cuatro de las seis especies analizadas estaban contaminadas por microplásticos, encontrándose cinco tipos diferentes de partículas correspondientes al grupo de los microplásticos, [Nylon (99), > poliuretano (42), > polietileno (14), > tereftalato de polietileno (6), > fibras de poliéster (2)]. Este es el primer estudio que reporta contaminación por microplásticos en estas especies en el norte de Sinaloa, México.

**Palabras clave:** microplásticos, peces marinos, estómagos, norte de Sinaloa.

### ABSTRACT

The presence of microplastics on the planet has become a major threat to marine ecosystems and the organisms that inhabit them. This problem covers a wide group of animals, such as marine fish, and includes commercially important fish. The present study was carried out from October 2018 to July 2019, the above, with the intention of completing a seasonal cycle. The objective of this work was to know the main types of microplastics ingested by six of the most important commercial fish species for the northwestern zone of Mexico (*Centropomus viridis*, *Cynoscion othonopterus*, *Pomadasys macracanthus*, *Diapterus peruvianus*, *Lutjanus* sp and *Scomberomorus sierra*), in the lagoon and insular systems of Navachiste and Ohuira,



Sinaloa, Mexico, 556 stomachs of fishes were examined and analyzed under the technique of stereoscopic microscopy. The results showed that four of the six species analyzed were contaminated by microplastics, finding five different types of particles corresponding to the group of microplastics, [Nylon (99), > Polyurethane (42), > polyethylene (14), > Polyethylene Terephthalate (6), > polyester fibers (2)]. This is the first study that reports contamination by microplastics in these species within the north of Sinaloa, Mexico.

**Keywords:** microplastics, marine fishes, stomachs, North of Sinaloa.

## INTRODUCCIÓN

La producción mundial de plásticos, en el año 2021 tuvo un incremento del 4 %, llegando a superar los 390 millones de toneladas, lo cual pone en evidencia que aún existe una fuerte demanda de estos materiales a una escala global lo que demuestra la fuerte y continua demanda de plásticos (PlasticEurope, 2022), esto sin incluir las fibras sintéticas, que para el año 2015 representaron la cantidad de 61 millones de toneladas (Lusher *et al.*, 2017). Se calcula que alrededor del 10 % de los 230 millones de toneladas (en peso) de plástico que se producen cada año en el mundo acaban en los océanos (PlasticEurope, 2012). Esto ha provocado que actualmente este tipo de contaminación se reconozca como una gran amenaza para la vida marina, debido a su capacidad de afectar a las especies presentes en dicho ambiente por eventos relacionados con la ingesta accidental (Derraik, 2002).

Los plásticos que llegan al medio marino, son una amenaza ambiental latente (Moore, 2008). Además, es importante señalar que el problema de la contaminación por plásticos no se limita a la entrada inicial de estos materiales a los ecosistemas marinos, ya que una vez que estos objetos llegan al mar, se mantienen expuestos distintos procesos físicos, tales como el roce constante con la arena que se mueve con el viento y el oleaje, así como procesos químicos, como es el caso de la exposición a la radiación solar provocando así que, poco a poco, macro objetos plásticos se fragmenten en pedazos cada vez más pequeños (Thompson *et al.*, 2004; Zhao *et al.*, 2015), formando los denominados microplásticos, los cuales se definen como partículas plásticas con un tamaño < 5 mm. de diámetro (Carpenter *et al.*, 1972). Además de este proceso, existe un aporte extra de microplásticos que originalmente son de tamaño pequeño, tales como los pellets plásticos, o pequeñas esferas de plástico que son usadas como materia prima para la fabricación de diversos objetos, tales como exfoliantes, abrasivos de cremas dentales, maquillajes, etc. (Cole *et al.*, 2011). De esta manera, la contaminación por microplásticos se ha convertido en una forma de contaminación ambiental que ha recibido una atención considerable en los últimos años debido a su amplia distribución y sus posibles efectos adversos en los ecosistemas acuáticos (Royer *et al.*, 2018). Estos pueden poseer formas regulares o irregulares y son insolubles en agua (Frias & Nash, 2019).

Se ha documentado que la biota marina presenta ingesta de microplásticos, esto, a distintos niveles tróficos, que van desde los eslabones primarios como el zooplancton,



hasta grandes mamíferos como los cetáceos, lo cual se convierte en una amenaza para las especies, debido a que estos elementos pueden llegar a bloquear el paso de los alimentos, reducir la ingesta y asimilación de nutrientes, lo que puede llegar a conducir a procesos de inanición, desnutrición y, hasta la muerte (Derraik, 2002; Gregory, 2009). Los peces han mostrado susceptibilidad ante la ingesta de microplásticos en los océanos debido a su sistema de branquias, el cual funciona como una especie de filtro que propicia retención involuntaria de estas partículas (Kara, 2014; Li *et al.*, 2016).

De acuerdo con el Anuario Estadístico de Pesca para el año 2017 del total de los recursos pesqueros mexicanos, el litoral del Pacífico norte contribuye con alrededor del 76 % del total de las capturas (SAGARPA, 2017). En el norte de Sinaloa, el principal recurso pesquero es el camarón, el cual, debido a los cierres y aperturas de veda, es capturado durante el periodo de septiembre-marzo, respectivamente (CONAPESCA, 2022). Sin embargo, a la par se desarrolla la captura de diversos productos de escama, entre los que destacan el robalo, la corvina, el pargo, la sierra, mojarra plateada, roncacho, botete, lisa, entre otros (SAGARPA, 2017).

El objetivo del presente estudio fue llevar a cabo un análisis de los contenidos gastrointestinales de las principales especies de peces de importancia comercial en el norte de Sinaloa, con la finalidad de conocer si alguna especie de dicho grupo presenta algún tipo de contaminación por microplásticos por ingesta. Es importante enfatizar que se consideran las principales especies objetivo de pesca para la zona (SAGARPA, 2017), ya que son las mismas que se distribuyen para consumo humano local (tabla 1). Sin embargo, a pesar de la importancia económica que estas especies representan, aún no se cuenta con información reportada acerca de la relación existente entre la contaminación por plásticos con dicho grupo de peces.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron los estómagos de 556 organismos, distribuidos en 6 especies distintas. La cantidad de individuos analizado por especie fue la siguiente: Robalo (43), Corvina (52), Roncacho (137), Mojarra plateada (202), Pargo (69) y Sierra (53). Los organismos fueron clasificados de acuerdo a sus hábitos alimenticios, describiéndolos como; peces carnívoros, los cuales generalmente muestran la característica de ser depredadores de especies de menor tamaño, como pequeños crustáceos y moluscos. En segunda instancia, se identificaron peces de hábitos detritívoros y/u omnívoros, los cuales se alimentan de materia orgánica en descomposición, y que tienen un espectro alimenticio más variado que las especies carnívoras, pudiendo balancear su dieta entre otras especies de animales, carroña o vegetales. Asimismo, para cada especie se describe la distribución en la columna de agua, catalogando a los organismos como peces demersales a aquellos que viven cerca del fondo de las zonas litoral, eulitoral y plataforma continental, llegando hasta profundidades de más o menos 500 metros.



Las especies seleccionadas, son especies de importancia comercial para el norte de Sinaloa, las cuales se describen en la siguiente tabla 1.

**Tabla 1. Volumen de producción pesquera por especie, peso vivo, en el estado de Sinaloa (toneladas métricas)**

Especie común)	(nombre	Nombre científico	Producción pesquera por año (capturas)			
			2014	2015	2016	2017
Corvina		<i>Cynoscion othonopterus</i>	1,342	1,196	1,693	1,200
Mojarra plateada		<i>Diapterus peruvianus</i>	11,114	12,178	17,174	11,906
Pargo		<i>Lutjanus sp</i>	1,010	1,354	1,818	1,399
Robalo		<i>Centropomus viridis</i>	505	349	570	371
Roncacho		<i>Pomadasys macracanthus</i>	323	226	275	172
Sierra		<i>Scomberomorus sierra</i>	2,170	2,154	2,054	2,173
TOTAL			18,478	19,472	25,600	19,238

Fuente: (Conapesca, 2017)

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de los Sistemas lagunares San Ignacio-Navachiste-Macapule y Topolobampo-Ohuira, ambos considerados como sitios RAMSAR, con número 1826 y 2025, respectivamente.

El complejo Lagunar de San Ignacio-Navachiste-Macapule se sitúa en el norte del estado de Sinaloa entre los 25°15' y 25°35' de latitud Norte y los 108°30' y 109°03' de longitud oeste (figura 1), y cuenta con un área aproximada de 280 km<sup>2</sup>. Mientras que el sistema lagunar Topolobampo-Ohuira-Santa María está compuesto por tres cuerpos costeros localizados en el noroeste del estado de Sinaloa (Escobedo-Urías, 2010).

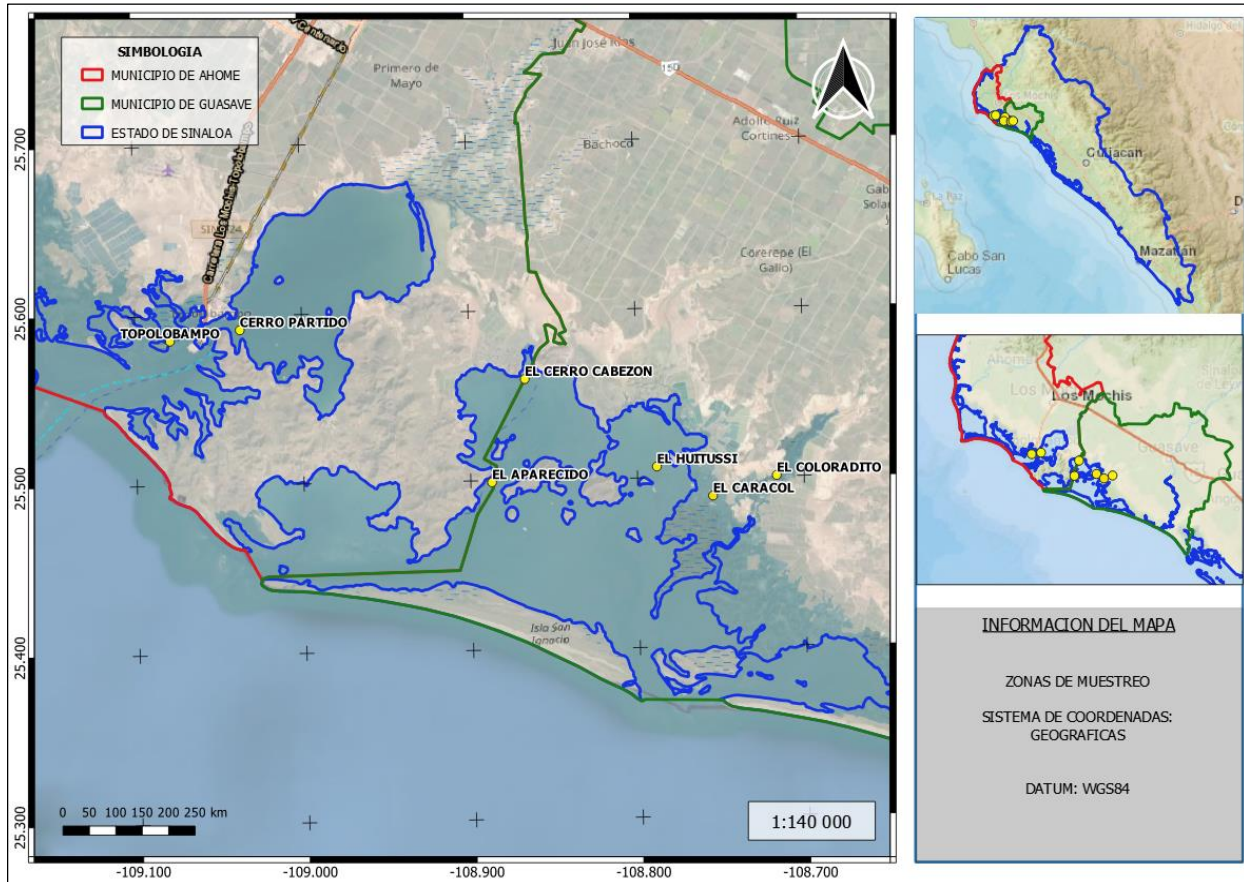
### Métodos y Técnicas de captura en campo

Con la finalidad de trabajar durante las cuatro estaciones del año, se realizaron cuatro muestreos durante un ciclo anual, iniciando en el mes de noviembre (otoño) del año 2018, y culminando en el mes de agosto del 2019 (verano). Los puntos de muestreo fueron seleccionados tomando en consideración referencias personales de pescadores de los principales campos pesqueros de los sistemas lagunares previamente mencionados.

Debido a variables multifactoriales [ajenas a nuestro control] que influyen en la pesca (viento, estación del año, marea, dinámica de corrientes, etc.,) el número de organismos capturados no estuvo bajo control en ningún muestreo, por lo que se obtuvieron tamaños



de muestras distintas para cada especie (tabla 2). La pesca se enfocó en seis especies ampliamente utilizadas para consumo humano en la zona norte del estado de Sinaloa (véase tabla 1). Los peces fueron capturados mediante el uso de “atarraya” en las zonas con profundidades (< 15 m) y se empleó el uso de “chinchorro” y caña de pesca para el caso de las zonas más profundas (>16m).



**Figura 1. Área de estudio y puntos de toma de muestras**

Se verificó que los peces capturados no se encontraran bajo algún estatus de protección especial, o riesgo de amenaza (NOM-059-SEMARNAT-2010), asimismo se constató que durante las fechas de captura no hubiera establecimiento de vedas para cada una de las especies con las que se estuvo trabajando en la presente investigación. Una vez que los organismos fueron capturados, estos fueron colocados en agua con hielo, para disminuir su metabolismo lentamente, hasta llegar a la fase de aletargamiento y, lograr de esta manera que los individuos muestreados recibieran el manejo más sensible que fuera posible. Es importante mencionar que el agua utilizada fue tomada del mismo sistema marino. Posteriormente los peces fueron trasladados al departamento de acuicultura en las instalaciones del Instituto Politécnico Nacional- CIIDIR Sinaloa, donde a través de la



colaboración del personal del laboratorio de reproducción de peces, se procedió a examinar el contenido gastrointestinal de los peces analizados.

### **Procesamiento de la muestra en laboratorio**

Después de cada muestreo, el total de la muestra fue separado por especies. Este paso se logró mediante previa identificación, ([Robertson & Allen, 2015](#); [Bussing & López, 2011](#); [Fischer et al., 1995](#)). Posteriormente se llevó a cabo la captura de los datos morfométricos básicos correspondientes para cada individuo, tales como; Longitud total (cm) con un ictiómetro convencional, peso total, peso sin vísceras y peso estomacal, con una balanza gramera marca *Ohaus*®. Las muestras fueron preservadas en congelación a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para posteriormente ser procesadas ante el análisis correspondiente.

Los peces y tractos digestivos fueron descongelados a temperatura ambiente antes de la observación. Para evitar la contaminación, las superficies de trabajo se limpiaron minuciosamente, asimismo se efectuó un lavado de las manos con agua corriente y jabón, para evitar que posibles partículas de plástico contaminaran las muestras. Se usaron guantes de nitrilo para la disección y manipulación de los peces y para la extracción de los tractos digestivos. Asimismo, el material de disección se limpió entre muestra y muestra. En todo momento se evitó en la medida de lo posible el uso de material plástico.

Los estómagos de los peces fueron inspeccionados y colocados inmediatamente en papel aluminio. Dependiendo de la fragilidad de los tractos digestivos, se realizó el siguiente procedimiento: Cuando el tejido estomacal mostraba ser resistente, se aplicaron lavados con agua destilada [Sánchez \(2018\)](#). Después se aplicó digestión con peróxido de hidrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) al 30 % durante 48 horas, lo anterior con la finalidad de llevar a cabo una desintegración de tejido orgánico. En contraste, cuando el tejido presentó textura frágil (caso observado en los peces de menor tamaño), se le aplicó digestión directamente con  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30%, omitiendo el lavado con agua, con el objetivo de mantener manejable la muestra al momento de la observación. Una vez concluida la digestión en ácido, se hizo una filtración para eliminar los restos de agua oxigenada. Posteriormente, al material restante se le aplicó una solución de Cloruro de Zinc ( $\text{ZnCl}_2$ ) al 97 %. El cloruro de zinc les confiere flotabilidad a algunos elementos plásticos, dejándolos suspendidos en la superficie de la muestra digerida, lo que permite rescatar una mayor cantidad de estos elementos dentro de la muestra analizada. Los elementos plásticos fueron rescatados mediante un proceso de filtración.

Cada estomago se observó detalladamente. Los elementos ingeridos que no presentaron relación con microplásticos (granos de arena, escamas, gastrolitos, etc.) fueron retirados con el uso de pinzas previamente lavadas. Después de la inspección, los restos fueron filtrados en hojas de papel filtro Whatman número 40, con diámetro de 90 mm, y una vez



filtrados se secaron en un horno de la marca Yamato modelo IC403CW®, a una temperatura de 50 °C por 24 horas, siguiendo el método adaptado por [Sánchez \(2018\)](#). Es importante señalar que, en el presente estudio no se preseleccionó algún grupo de microplásticos en particular, por lo que el punto de partida involucró a cualquier elemento y/o tipo de plástico que cumpliera con los requisitos para ser considerado parte del grupo de los microplásticos ([Carpenter et al., 1972](#)).

Una vez que los filtros se secaron, los microplásticos fueron observados con un microscopio digital marca Leica® modelo DM4000 con capacidad de aumento de 10x a 150 x y una cámara Leica® modelo DFC450 C de 5 megapíxeles acoplada a dicho microscopio. Los microplásticos encontrados fueron fotografiados y medidos de manera longitudinal.

Para la identificación de microplásticos, se empleó una combinación de técnicas de separación por filtración y por densidad adaptadas por [Barbosa \(2020\)](#)., en donde la pretensión principal fue separar los microplásticos de las muestras mediante técnicas básicas, para posteriormente aplicar una técnica de mayor precisión, siendo la técnica de estereoscopía de fluorescencia, la cual es una técnica adaptada de la espectroscopía de fluorescencia descrita a detalle por [Fu et al., \(2020\)](#), la cual se basa en la reacción de los componentes plásticos ante diferentes firmas espectrales.

### **Análisis de datos**

Debido a que el objetivo principal de esta investigación se centra en una descripción generalizada de los tipos de plásticos que se pudieran encontrar en el grupo de peces seleccionado, no se aplicó un análisis estadístico, sino, un procedimiento descriptivo que incluye porcentajes de contaminación por microplásticos a nivel inespecífico, a nivel de población y, rangos de tamaño por cada tipo de microplásticos encontrados, así como las principales características encontradas en cada uno de los microplásticos documentados.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De las seis especies estudiadas, solo cuatro mostraron contaminación por microplásticos, siendo la corvina y la mojarra plateada las que encabezan el mayor porcentaje de contaminación, ambas especies con un 13 % de individuos contaminados a nivel interespecífico. En segunda instancia, se observó que el roncacho presentó una incidencia del 12 %, posicionándose como la segunda especie más contaminada y el robalo fue la especie con menor índice de contaminación por microplásticos, con un 9% de individuos contaminados para este grupo de peces.

En contraste con las especies anteriores, el pargo y la sierra fueron las únicas dos que no presentaron ningún tipo de contaminante en sus tractos digestivos.

Los resultados se muestran a continuación en la tabla 2.



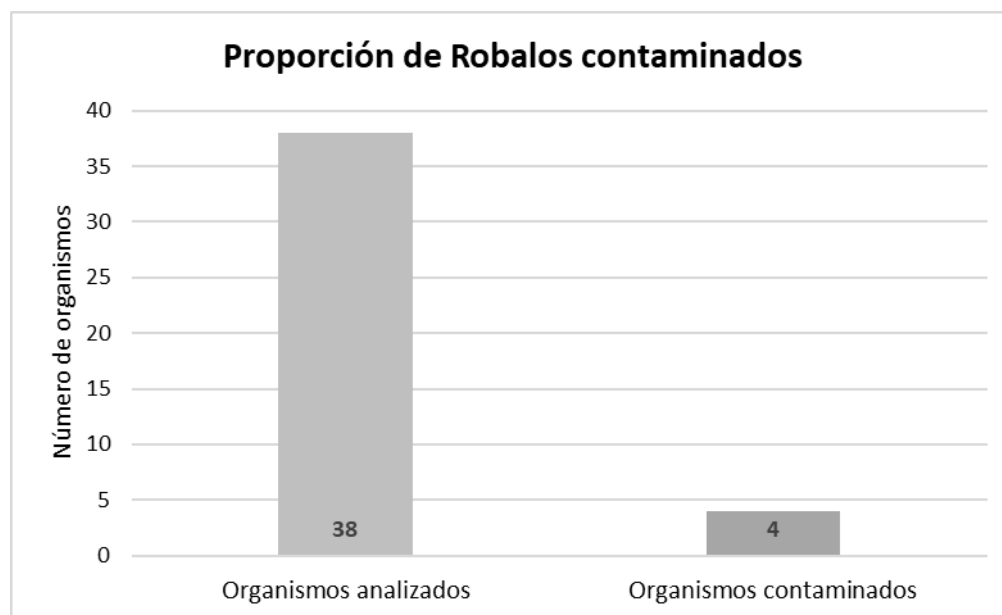
**Tabla 2. Organismos muestreados, contaminados y porcentaje de contaminación por especie**

Especie	Organismos Muestreados	Organismos Contaminados *	Contaminación Por Especie (%)	Porcentaje De La Muestra Total **
Robalo	43	4	9.3	0.72
Corvina	52	7	13.46	1.25
Roncacho	137	17	12.4	3.05
Mojarra Plateada	202	27	13.36	4.85
Pargo	69	0	0	0.00
Sierra	53	0	0	0.00
<b>Total</b>	<b>556</b>	<b>55</b>	<b>--</b>	<b>9.89</b>

Nota: \*El porcentaje de organismos contaminados se obtuvo dividiendo el número de organismos contaminados/entre el número de organismos muestreados x 100.  
 \*\*Los valores del porcentaje de la muestra total, se obtuvo dividiendo el número de organismos contaminados de una especie / el tamaño total de la muestra x 100.

### Robalo plateado (*C. viridis*)

De 43 organismos analizados, pertenecientes al grupo del robalo, 4 presentaron contaminación por plásticos, encontrando un total de 12 fragmentos de nylon (figura 2).



**Figura 2. Organismos contaminados de la especie *C. viridis***



Los individuos contaminados, representan un 9.3 % del total de la muestra para esta especie (véase tabla 2). Los microplásticos que se lograron observar, corresponden a fragmentos de hilos que se asemejan a los utilizados en herramientas de pesca convencional para la zona (hilo de amarre de anzuelos y atarrayas-chinchorros). Los colores observados variaron desde transparente-blanco, hasta amarillo o ámbar, con tamaños que van desde 2.3 – 4.72 mm. (figuras 3 y 4).

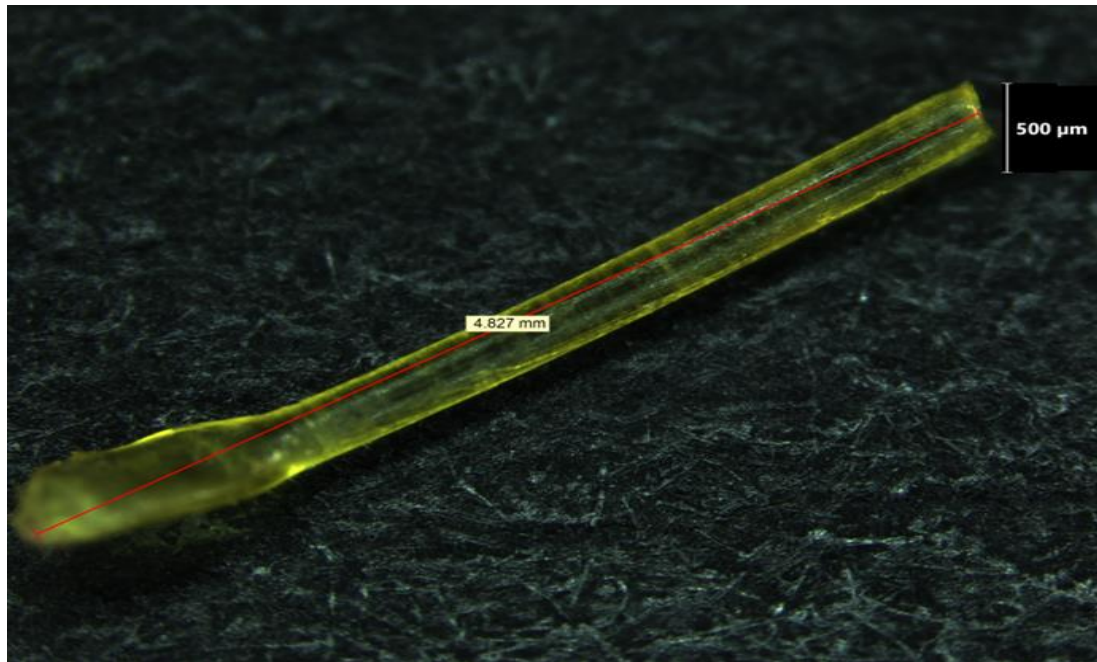


Figura 3. Fragmento de nylon color amarillo, observado en robalo plateado *C. viridis*

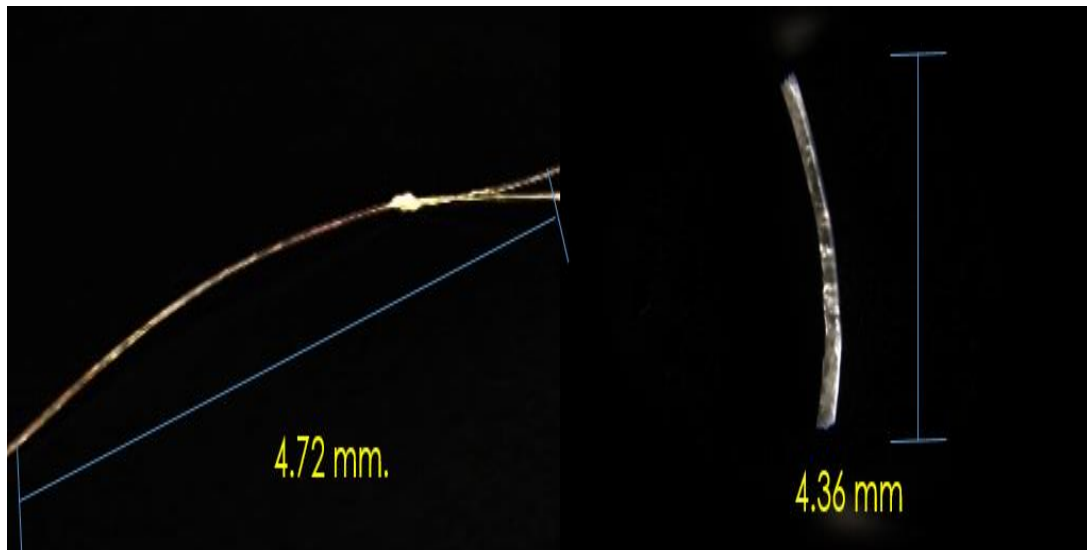


Figura 4. Fibras de nylon color blanco encontradas en robalo plateado *C. viridis*



### Corvina (*C. othonopterus*)

De los 52 organismos capturados para el presente estudio, *C. othonopterus*, presentó un total de 7 individuos contaminados por microplásticos, cifra que representa un 13.46 % de contaminación interespecífica (figura 5).

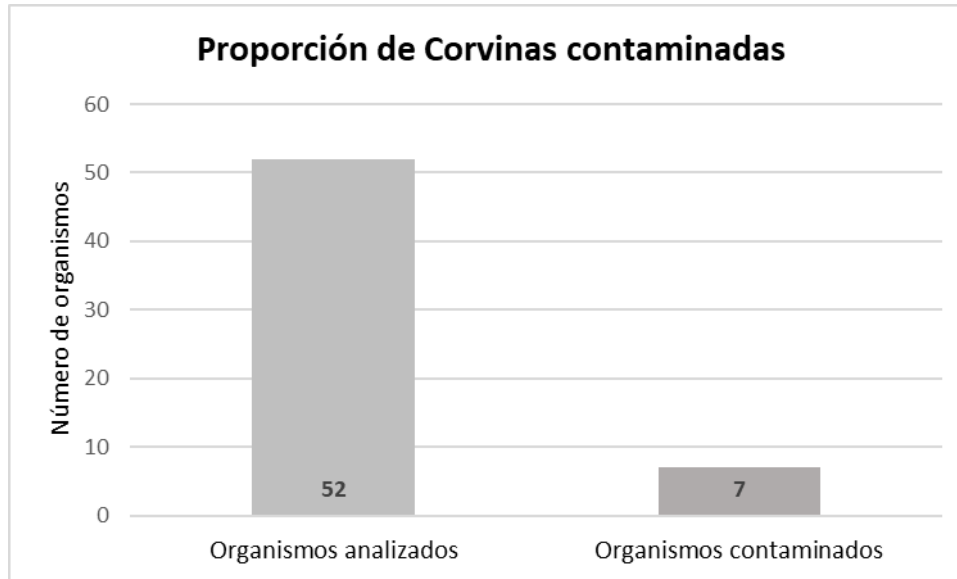


Figura 5. Organismos contaminados de la especie *C. othonopterus*

Los fragmentos que se observaron en *C. othonopterus*, corresponden a 2 fragmentos aglomerados de fibras de poliéster (figura 6), y 16 piezas de nylon, mismos que presentaron tamaños de 1.98 – 2.27 mm., (figura 7).

El color que presentaba el poliéster fue azul, mientras que el nylon, en su totalidad era de color blanco, los cuales variaron en tamaños de 3.45 – 4.21 mm.

Las fibras de poliéster encontradas, se asemejan a restos de tela, en forma de “pelusa”, las cuales presentaron mayor flotabilidad durante la técnica de adición de cloruro de zinc, con respecto al nylon encontrado en esta especie.

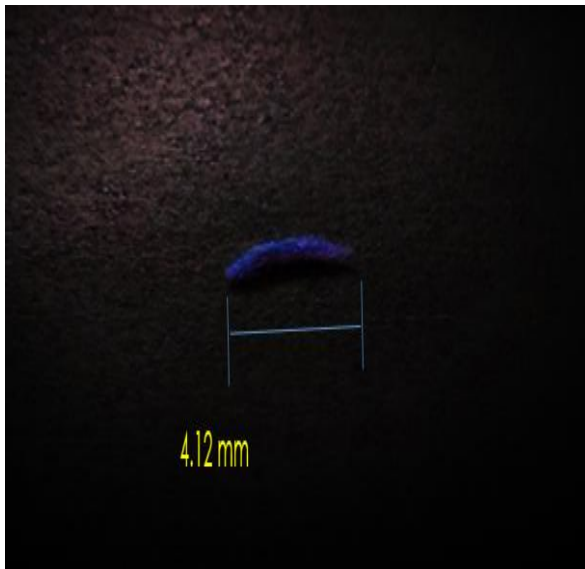


Figura 6. Fibras de poliéster recuperada del estómago de una corvina *C. othonopterus*

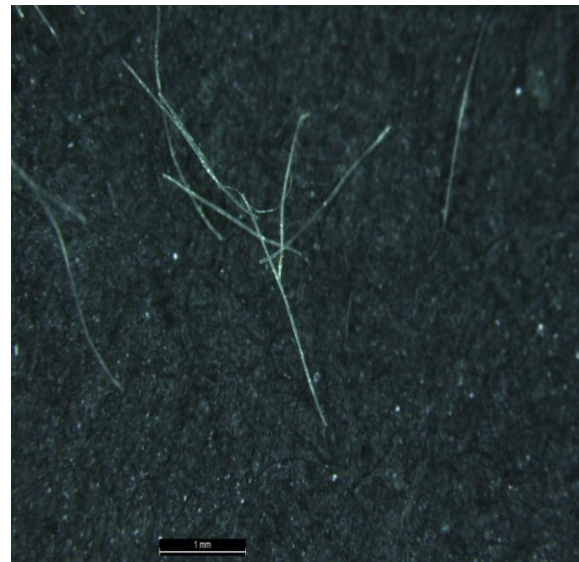


Figura 7. Fibras de nylon recuperada del estómago de una corvina *C. othonopterus*

### Roncacho (*P. macracanthus*)

De 137 individuos de *P. macracanthus* estudiados en la presente investigación, 17 se mostraron contaminados por microplásticos, lo que significa que existió un índice de contaminación del 12.4 % para esta especie (figura 8).

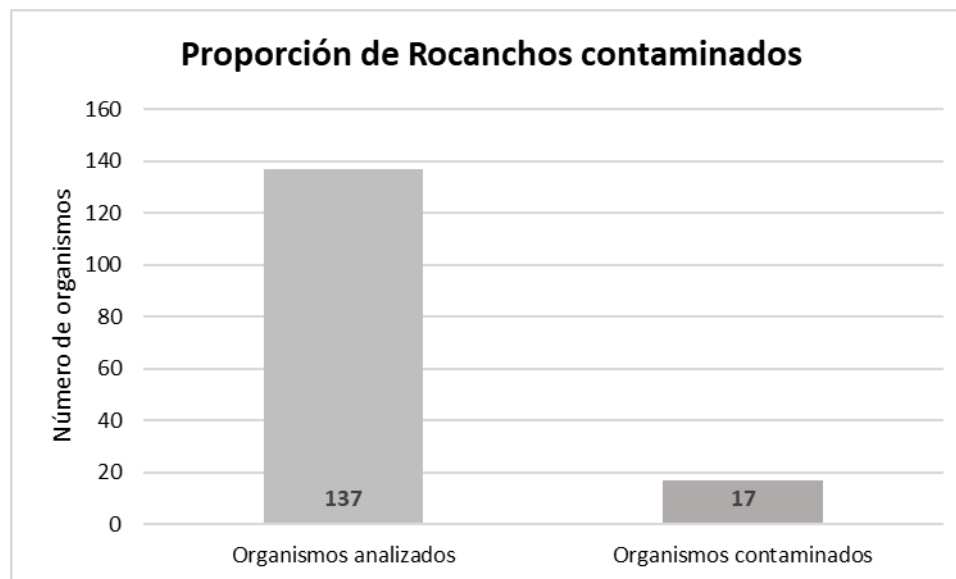


Figura 8. Organismos contaminados de la especie *P. macracanthus*

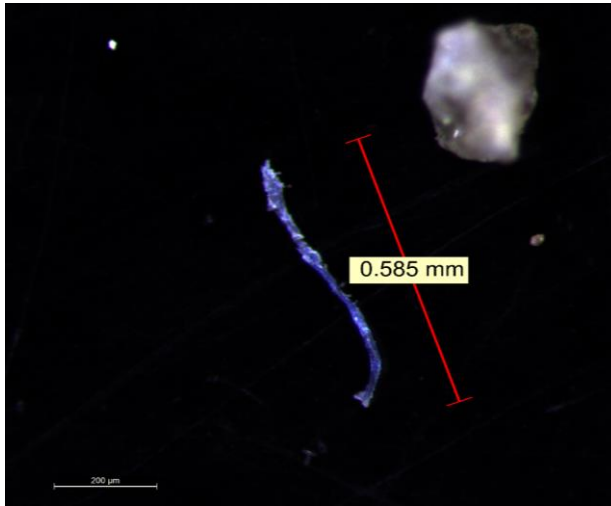


Figura 9. Fibras de nylon recuperada del estómago del Roncacho *P. macracanthus*

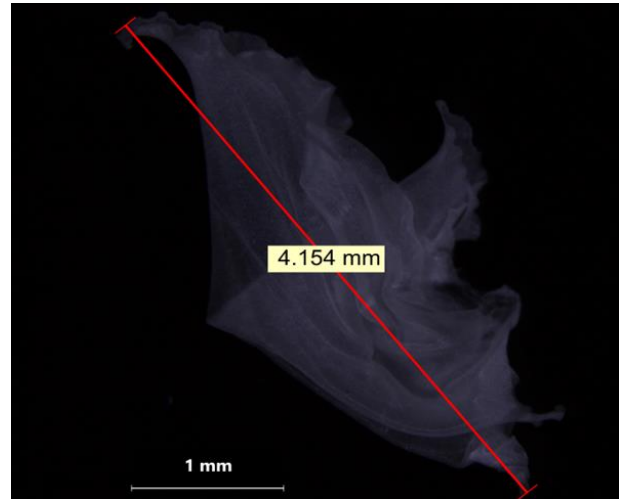


Figura 10. Fragmento de bolsa de polietileno encontrada en estómago del roncacho *P. macracanthus*

Entre los fragmentos de plástico que se encontró en el roncacho, se apreciaron fragmentos de nylon y de polietileno, estos últimos, mostraron ser trozos de bolsa plástica, aparentemente del tipo de bolsa empleada para empaque de productos de super mercado (bolsa de “camiseta”).

Los fragmentos de nylon encontrados fueron de color azul y ámbar, con tamaños que van desde 0.58 – 4.82 mm., (figura 9). Por otro lado, los trozos de polietileno, eran en su mayoría de un color que variaba entre blanco y transparente, con tamaños de entre 0.97 – 4.15 mm. (figura 10).

### **Mojarra plateada (*Diapterus peruvianus*)**

El contenido intestinal de la especie *D. peruvianus* (Mojarra plateada), presentó 27 organismos contaminados, de un total de 202 individuos para esta especie (figura 11).

Esta cantidad representa un índice de contaminación interespecífico del 13.36 % (Véase tabla 2).

Entre los microplásticos localizados en esta especie, destaca la presencia de poliuretano, con un total de 42 fragmentos, los cuales variaron entre 0.33 – 2.58 mm., (figuras 12 y 13) y Tereftalato de polietileno (PET), con tamaños que variaron entre los 1.33 – 2.11 mm.

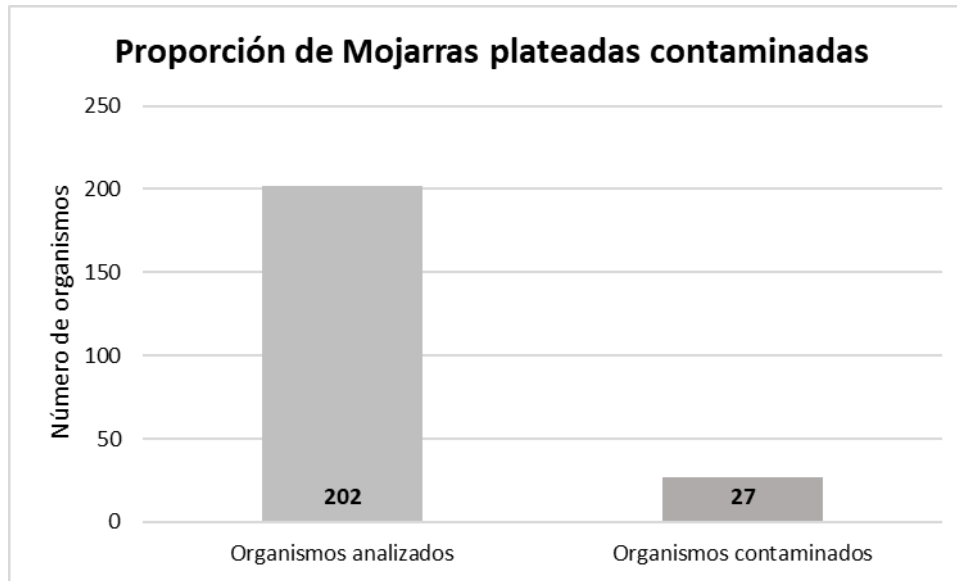


Figura 11. Organismos contaminados de la especie *D. peruvianus*

### Pargo (*Lutjanus sp*)

En lo que respecta a este grupo de peces, no se encontró presencia de microplásticos (figura 14). En total se analizaron 69 organismos de esta especie, los estómagos de estos, solo mostraron presencia de pequeños crustáceos y escamas de otros peces que muy probablemente fueron presas que forman parte de su dieta.

Al digerir las muestras en la solución de peróxido de hidrógeno, estos restos fueron totalmente desintegrados.

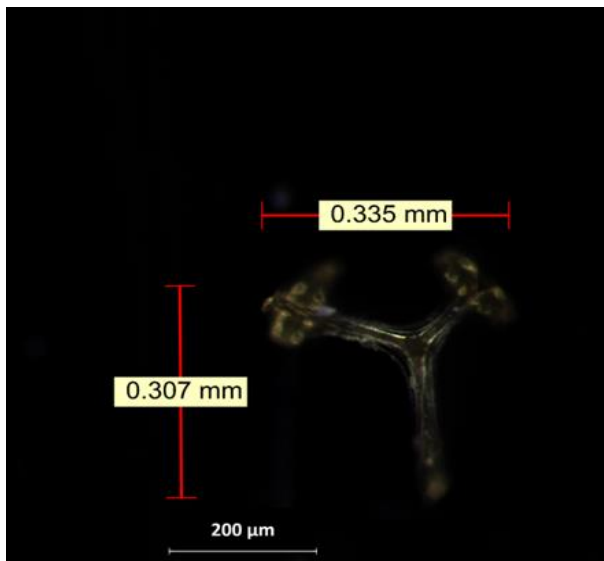


Figura 12. Celda de poliuretano fragmentado, observado en una muestra de contenido intestinal de mojarra plateada *D. peruvianus*

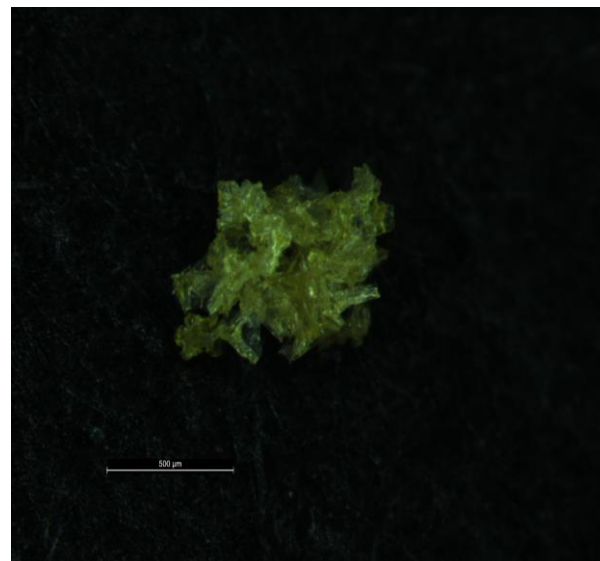


Figura 13. Aglomerado de poliuretano, observado en una muestra de contenido intestinal de mojarra plateada *D. peruvianus*



Figura 14. Organismos contaminados de la especie *Lutjanus sp*

### Sierra *Scomberomorus sierra*

Al igual que en los pargos, para la especie *S. sierra*, no se encontró presencia de microplásticos en los intestinos de los individuos analizados (figura 15).

Al someter el contenido estomacal de los organismos, se mostró una digestión completa del tracto digestivo, junto con la materia que se encontraba presente en el interior, por lo que se sugiere que no había presencia de materia inorgánica dentro de estos.

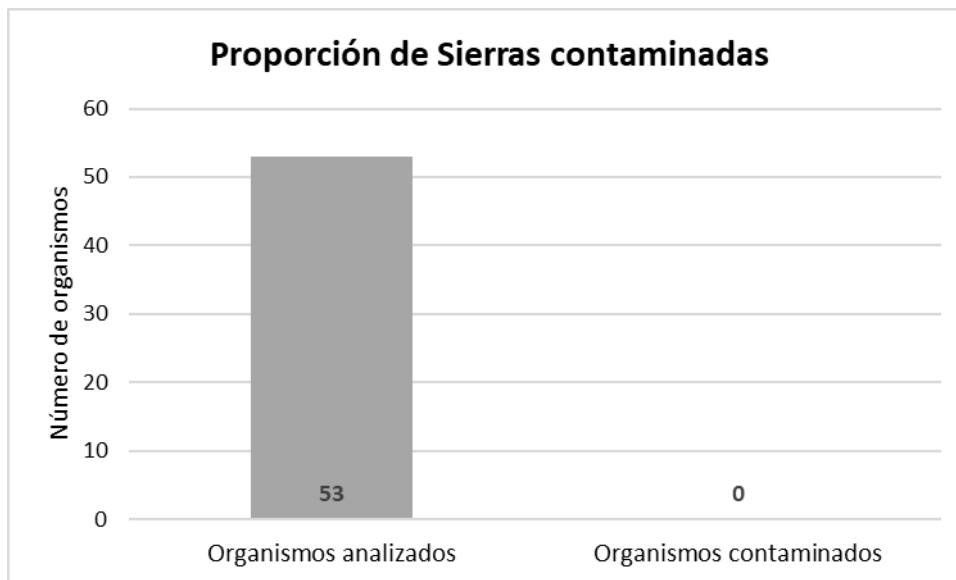
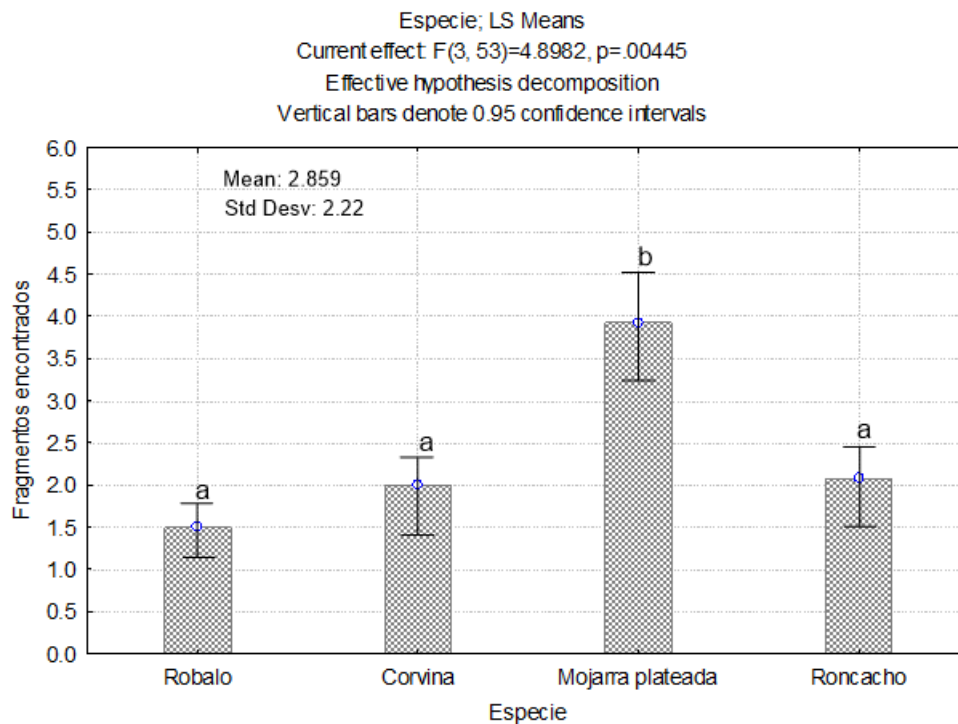


Figura 15. Organismos contaminados de la especie *S. sierra*



Al comparar los resultados de los tamaños promedio de microplásticos, en función de la especie, se encontró que, la mojarra plateada presentó un consumo de microplásticos más elevado que el resto de las especies contaminadas. La cantidad promedio de microplásticos encontrada en esta especie fue  $3.92 \pm 2.60$  partículas plásticas por individuo. Siendo esta, la única especie que mostró diferencia significativa, en contraste con los demás peces.

En lo que respecta al roncacho, el robalo y la corvina; no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de microplásticos encontrados en el contenido gastrointestinal de los individuos analizados, siendo el robalo el que mostró el menor índice de contaminación ( $1.5 \pm 0.53$ ), seguido por la corvina con ( $2.0 \pm 1.22$ ), y finalmente el roncacho con un promedio de ( $2.07 \pm 1.25$ ) microplásticos por individuo (figura 16).



Nota: Letras distintas indican diferencia estadística. Valor  $P = < 0.05$ .

**Figura 16. Cantidad promedio de microplásticos en el grupo de especies contaminadas**

Se cree que debido a que la mayoría de los microplásticos, poseen formas y tamaños similares a los sedimentos y a ciertos organismos planctónicos del medio marino, estos muestran gran biodisponibilidad para ser ingeridos por grupos de peces que se alimentan en los fondos marinos, o cerca de este estrato, ya que estos se encuentran altamente



biodisponibles al poder ser ingeridos por organismos forrajeros en el bentos, como son los que se alimentan del fondo marino, además de filtradores, detritívoros y planctívoros (Browne *et al.*, 2011; Thompson *et al.*, 2004), muchos de los cuales ocupan un nivel bajo en la cadena alimenticia (tal es el caso de *D. peruvianus*), constituyendo un medio de reingreso de plásticos precipitados en el fondo marino a eslabones tróficos compuestos por especies pelágicas y nectónicas (Katsanevakis *et al.*, 2007).

Bajo este contexto, se han generado reportes, acerca de la ingestión de plásticos por parte de organismos vertebrados (Yamashita *et al.*, 2011), reportando la existencia de impactos a nivel mundial que incluyen, abrasiones y úlceras internas y externas, bloqueos del tracto digestivo, que pueden resultar en falsa saciedad, inanición y deterioro físico, a consecuencia de esto se puede presentar problemas reproductivos, ahogamiento, disminución del sentido de alerta, para huir de los depredadores, dificultad para alimentarse, la potencial transferencia de tóxicos del medio circundante y finalmente la muerte (Gregory, 2009). Existe un riesgo potencial por microplásticos de bloquear los apéndices que ayudan a la alimentación de invertebrados marinos o introducirse en los tejidos (Derraik, 2002).

Por otro lado, algunas sustancias como los ftalatos, usados ampliamente en la manufactura de los plásticos que fueron observados en el presente estudio, son considerados cancerígenos y agentes promotores de tumores, al igual que ciertos aditivos y monómeros (Halden, 2010; Oehlmann *et al.*, 2009; Talsness *et al.*, 2009). Cuando estos elementos se encuentran presentes en el medio marino, son absorbidos con gran lentitud y concentrados en los microplásticos, ya que estos poseen mayor afinidad por este tipo de compuestos, que la del agua de mar y los sedimentos, los plásticos son entonces por así decirlos “agentes limpiadores” al retener los contaminantes químicos disueltos, debido a la gran área de superficie en relación al volumen, estos pueden llegar a estar altamente contaminados hasta alcanzar concentraciones, de seis órdenes de magnitud mayor que la del medio (Endo *et al.*, 2013).

El problema de la contaminación por microplásticos se acentúa cuando se tiene en cuenta la cadena alimenticia y la conjugación entre las sustancias químicas absorbidas del medio, junto con la acumulación de químicos añadidos a los materiales plásticos durante los procesos de manufactura, debido a que una gran porción de la comida consumida por los humanos proviene del mar, la acumulación de químicos en la fauna marina sin lugar a dudas, también tendrá un efecto sobre la salud humana (Thompson, 2015).

Es posible que algunos componentes de los microplásticos encontrados en el presente estudio pudieran encontrarse en el sistema circulatorio y en los tejidos de las especies estudiadas, debido a que ciertos componentes tienen la capacidad de atravesar los tejidos epiteliales e incluso las membranas celulares, mediante un proceso de





translocación (Setälä *et al.*, 2014; Wright *et al.*, 2013) Por ejemplo, se ha documentado que después de una exposición de 3 horas al polietileno, en el sistema digestivo los mejillones, este tiende a acumularse en el sistema lisosomal de los mismos (Von Moos *et al.*, 2012), este componente (polietileno), forma parte de un tipo de plástico (fragmento de bolsa plástica) encontrado en *P. macracanthus*, [situación que podría replicarse en estos organismos], dicha situación se manifiesta debido a que los microplásticos no pueden ser digeridos ni absorbidos, pero muestran capacidad de atravesar las membranas celulares, transportarse a través de la capa interna del epitelio intestinal hacia el sistema circulatorio y entrar en los tejidos después de la ingestión (Andrady, 2011; Browne *et al.*, 2008). Por lo tanto, los microplásticos podrían translocarse y acumularse en células y tejidos especializados, como las branquias y los intestinos (Watts *et al.*, 2014) el hígado (Romeo *et al.*, 2015), el sistema lisosomal y la hemolinfa en las células sanguíneas (Browne *et al.*, 2008) de los organismos contaminados.

Es innegable que, en un futuro cercano, la presencia de microplásticos en el ambiente marino tendrá un incremento significativo, afectando su biodisponibilidad y las probabilidades de que puedan entrar en contacto con múltiples especies de organismos, causando graves impactos sobre la base de la cadena trófica marina (Andrady, 2011).

## CONCLUSIONES

La presencia de microplásticos en las especies estudiadas en la presente investigación, resulta ser un tema preocupante, debido a que las especies en las que se observó contaminación plástica, son altamente valoradas por las personas de las comunidades en las que se llevó a cabo el estudio presentado. Sin embargo, debido a la falta de información complementaria para efectos de conclusiones más precisas, se sugiere llevar a cabo estudios detallados sobre la posible movilización de los componentes que conforman a los distintos microplásticos encontrados, con la finalidad de conocer si estos son capaces de moverse más allá de los intestinos, y observar si están llegando a partes comestibles de los peces (filetes).

Gran parte de los microplásticos encontrados están relacionados con actividades pesqueras, por lo que se sugiere trabajar en conjunto con las comunidades de los pueblos pesqueros de la zona, para fortalecer las bases de conocimiento en torno a esta problemática ambiental, ya que dichos grupos sociales son pieza clave para la disminución de la problemática planteada. Asimismo, se considera necesario establecer programas de recolección de redes de pesca en las diferentes cooperativas ubicadas en el área de estudio para minimizar su abandono en áreas naturales, así como una gestión más efectiva y persistente con respecto a la basura plástica generada cerca de los cuerpos de agua marinos.



## LITERATURA CITADA

ANDRADY AL. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. 62(8):1596–1605). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>

BARBOSA F, Adeyemi JA, Bocato MZ, Comas A, Campiglia A. 2020. A critical viewpoint on current issues, limitations, and future research needs on micro- and nanoplastic studies: From the detection to the toxicological assessment. *Environmental Research*. 182, e109089.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935119308850?via%3DiHub>

BROWNE MA, Dissanayake A, Galloway TS, Lowe DM, Thompson RC. 2008. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environmental Science and Technology*. 42(13):5026–5031.

[https://doi.org/10.1021/ES800249A/SUPPL\\_FILE/ES800249A-FILE002.PDF](https://doi.org/10.1021/ES800249A/SUPPL_FILE/ES800249A-FILE002.PDF)

BROWNE MA, Crump P, Niven, SJ, Teuten E, Tonkin A, Galloway T, Thompson R. 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks. *Environmental Science and Technology*. 45(21): 9175–9179.

<https://doi.org/10.1021/es201811s>

BUSSING WA, Lopez MI. 2017. Demersal and Pelagic inshore fishes of the Pacific Coast of lower Central America: An illustrated guide. *Revista De Biología Tropical*. 47(2): 1–164.

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/30499>

CARPENTER EJ, Anderson SJ, Harvey GR, Miklas HP, Peck BB. 1972. Polystyrene Spherules in Coastal Waters. *Science*. 178(4062):749–750.

<https://doi.org/10.1126/science.178.4062.749>

COLE M, Lindeque P, Halsband C, Galloway TS. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*. 62(12): 2588–2597.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>

Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA). 2017. Anuario estadístico de Acuacultura y Pesca 2017. [www.gob.mx/conapesca](http://www.gob.mx/conapesca). [Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca | Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](#)



Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA). 2022. Fechas y zonas de capturas de camarón 2022-2023 en el litoral del océano Pacífico. [www.gob.mx/conapesca](http://www.gob.mx/conapesca). <https://www.gob.mx/conapesca/prensa/anuncia-agricultura-fechas-y-zonas-de-capturas-de-camaron-2022-2023-en-el-litoral-del-oceano-pacifico>

DERRAIK GB. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine Pollution Bulletin*. 44(9):842–852. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)

ENDO S, Yuyama M, Takada H. 2013. Desorption kinetics of hydrophobic organic contaminants from marine plastic pellets. *Marine Pollution Bulletin*. 74(1):125–131. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2013.07.018>

ESCOBEDO-URÍAS DC. 2010. Diagnóstico y descripción del proceso de eutrofización en lagunas costeras del norte de Sinaloa. *Tesis Doctoral*. IPN-CICIMAR. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/18907>

FISCHER W, Krupp F, Schneider W, Sommer C, Carpenter KE. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico centro-oriental. Volúmenes 1-3. FAO. [Guia FAO para la Identificacion de Especies para los Fines de la Pesca - Pacifico Centro-Oriental - Volumen I. Plantas e Invertebrados \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/235411111-Guia-FAO-para-la-Identificacion-de-Especies-para-los-Fines-de-la-Pesca-Pacifico-Centro-Oriental-Volumen-I-Plantas-e-Invertebrados)

FRIAS JP, Nash R. 2019. Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*. 138:145–147. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.11.022>

FU W, Min J, Jiang W, Li Y, Zhang W. 2020. Separation, characterization and identification of microplastics and nanoplastics in the environment. *Science of The Total Environment*, 721, e137561. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896972031072X?via%3Dihub>

GREGORY MR. 2009. Environmental implications of plastic debris in marine settings-entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *The Royal Society*. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2008.0265>

HALDEN RU. 2010. Plastics and health risks. *Annual Review of Public Health*. 31:(179–194). <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.012809.103714>



KATSANEVAKIS S, Verriopoulos G, Nicolaidou A, Thessalou M. 2007. Effect of marine litter on the benthic megafauna of coastal soft bottoms: A manipulative field experiment. *Marine Pollution Bulletin*. 54(6): 771–778.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.12.016>

LAVENDER K, Thompson R. 2014. Microplastics in the seas Concern is rising about widespread contamination of the marine environment by microplastics. *Science*: 345:145.

<https://doi.org/10.1126/science.1254065>

LI WC, Tse HF, Fok L. 2016. Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of The Total Environment*. 566–567:333–349.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084>

LUSHER A, Hollman P, Mendozal J. 2017. Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. In *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 615*. <https://doi.org/978-92-5-109882-0>

MOORE CJ. 2008. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*. 108(2):131–139.

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.07.025>

NOM-059-SEMARNAT-2010. 2010. Norma Oficial Mexicana. SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, en Diario Oficial de la Federación. [NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-SEMARNAT-2010 | Procuraduria Federal de Proteccion al Ambiente | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](https://www.gob.mx/normas-Oficiales)

OEHLMANN J, Schulte-Oehlmann U, Kloas W, Jagnytsch O, Lutz I, Kusk KO, Wollenberger L, Santos EM, Paull GC, Van KJ, Tyler CR. 2009. A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 364(1526): 2047–2062.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0242>

PLASTICEUROPE, 2012: Plastics e the Facts. 2012. In: *An Analysis of European Plastics production. Demand and Waste Data for 2011*. Pp. 36. [Plastics - the Facts 2012 • Plastics Europe](https://www.plastics-europe.eu/)



PLASTICEUROPE, 2022: Plásticos – Situación en 2022. 2022. Demand and Waste Data for 2011. Pp. 36. [Plastics - the Facts 2012 • Plastics Europe](#)

ROBERTSON DR, Allen GR. 2015. Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific: *online information system. Version 2.0. Shorefishes - Homepage (si.edu)*

ROMEO T, Pietro B, Pedà C, Consoli P, Andaloro F, Fossi, MC. 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>

ROYER SJ, Ferrón S, Wilson ST, Karl DM. 2018. Production of methane and ethylene from plastic in the environment. *PLoS ONE*. 13(8).

<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0200574>

SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ LJ. 2018. Evaluación de la presencia de microplásticos en peces comerciales, agua y sedimento del estuario de Tecolutla, Veracruz. *Tesis de posgrado. Universidad Autónoma Metropolitana – México.*

<https://doi.org/10.24275/uami.q237hr94j>

SETÄLÄ O, Fleming-Lehtinen V, Lehtiniemi M. 2014. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*. 185:77–83.

<https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2013.10.013>

TALSNESS CE, Andrade AJ, Kuriyama, SN, Taylor JA, Saal, FS. 2009. Components of plastic: Experimental studies in animals and relevance for human health. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 364(1526):2079–2096.

<https://doi.org/10.1098/RSTB.2008.0281>

THOMPSON RC, Olsen Y, Mitchell RP. 2004. Lost at Sea: Where is all the plastic? *Science*. 304:838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>

THOMPSON RC. 2015. Microplastics in the marine environment: Sources, consequences and solutions. *Marine Anthropogenic Litter*. 185–200. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3\\_7/FIGURES/6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_7/FIGURES/6)

VON N, Burkhardt-Holm P, Köhler A. 2012. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental Science and Technology*. 46(20):11327–11335.

[https://doi.org/10.1021/ES302332W/SUPPL\\_FILE/ES302332W\\_SI\\_001.PDF](https://doi.org/10.1021/ES302332W/SUPPL_FILE/ES302332W_SI_001.PDF)



WATTS JR, Lewis C, Goodhead RM, Beckett SJ, Moger J, Tyler CR, Galloway TS. 2014. Uptake and retention of microplastics by the shore crab *Carcinus maenas*. *Environmental Science and Technology*. 48(15):8823–8830.

[https://doi.org/10.1021/ES501090E/SUPPL\\_FILE/ES501090E\\_SI\\_001.ZIP](https://doi.org/10.1021/ES501090E/SUPPL_FILE/ES501090E_SI_001.ZIP)

WRIGHT SL, Rowe D, Thompson RC, Galloway TS. 2013. Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Current Biology*. 23(23):1031–1033.

<https://doi.org/10.1016/J.CUB.2013.10.068>

YAMASHITA R, Takada H, Fukuwaka M, Watanuki Y. 2011. Physical and chemical effects of ingested plastic debris on short-tailed shearwaters, *Puffinus tenuirostris*, in the North Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*. 62(12):2845–2849.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.10.008>

ZHAO S, Zhu L, Li D. 2015. Microplastic in three urban estuaries, China. *Environmental Pollution*. 206:597–604. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.08.027>

[Errata, Erratum](#)

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-agroforestal/errata>