



BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología, 16: 1155-1169, 2023.

<http://revistas.unam.mx/index.php/biocyt>

<https://doi.org/10.22201/fesi.20072082e.2023.16.86352>

ISSN: 2007-2082





Artículo de Investigación



Publicada en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México

Presencia de microplásticos en tracto digestivo de *Anchoa hepsetus* (Clupeiformes: Engraulidae) obtenidos de la pesca ribereña del municipio de Alvarado, Veracruz


Presence of microplastics in digestive tract of *Anchoa hepsetus* (Clupeiformes: Engraulidae) obtained from the artisanal fishing of the municipality of Alvarado, Veracruz

Lakshmi Sofia García-Jaramillo^{1,1}  0009-0005-2516-6829, Ángel Morán-Silva^{1,2}  0000-0002-7545-2269, Rafael Chávez-López^{1,3}  0000-0002-0936-7365, Sergio Cházaro-Olvera^{2,4}  0000-0002-0667-0043

¹Laboratorio de Ecología Costera y Pesquerías, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Avenida de los Barrios, No. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. C.P. 54090.

²Laboratorio de Crustáceos, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Avenida de los Barrios, No. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México. C.P. 54090.

¹sfigarci20@gmail.com

² cygamoran@gmail.com

³rafaelcl@unam.mx

⁴schazaro@gmail.com

RESUMEN

La producción mundial de plástico ha ido en incremento; se estima que para 2050 supere los 1000 millones de toneladas, lo que implica un impacto en los ecosistemas marinos. *Anchoa hepsetus* es una especie con importancia económica y ecológica para el golfo de México. Es una especie nerítica, consumidora de zooplancton y costera, por lo que es propensa a ingerir microplásticos suspendidos en la columna de agua que son generados por actividades antropogénicas. Se analizó la presencia de microplásticos en el contenido estomacal de *A. hepsetus* obtenida de la pesca ribereña en marzo de 2020 en el municipio de Alvarado, Veracruz. En laboratorio se identificó sexo, talla y peso de cada organismo, se analizó el contenido estomacal, se obtuvieron los microplásticos de manera directa y caracterizaron por sus propiedades físicas de forma, color y tamaño y fue determinada la frecuencia de ocurrencia. Se analizaron un total de 126 peces, la talla y peso promedio fue 10.5 ± 2.5 cm y 8.0 ± 4.7 g, respectivamente; en 18% de los organismos se encontraron microplásticos; las fibras fueron el único tipo encontrado de microplásticos con una longitud promedio de 1.17 ± 1.06 mm, predominando el color azul con 47%. La contaminación de ambientes marinos por plásticos está siendo una línea nueva y de importancia para la investigación debido a que es cada día más grande y se necesita llevar a cabo la toma de decisiones y acciones para la protección de los mares y debe ser una prioridad para las autoridades.

Palabras clave: Alvarado; *Anchoa hepsetus*; contenido estomacal; microplásticos; pesca ribereña; Veracruz.

Manuscrito recibido el 08 de abril de 2023, aceptado el 02 de junio de 2023.

ABSTRACT

World plastic production has been increasing; It is estimated that by 2050 it will exceed 1 billion tons, which implies an impact on marine ecosystems. *Anchoa hepsetus* is a species with economic and ecological importance in the Gulf of México. It is a neritic and coastal zooplankton-consuming species, which makes it prone to ingesting microplastics suspended in the water column that are generated by anthropogenic activities. The presence of microplastics in the stomach content of *A. hepsetus* obtained from coastal fishing in March 2020 in the municipality of Alvarado, Veracruz was analyzed. In the laboratory, sex, size, and weight of each organism were registered and the stomach contents were analyzed, the microplastics were obtained directly and they were characterized by their physical properties of shape, color and size and the frequency of occurrence was determined. A total of 126 fish were analyzed, the average size and weight was 10.5 ± 2.5 cm and 8.0 ± 4.7 g respectively; microplastics were found in 18% of the organisms; the fibers were the only type of microplastics found with an average length of 1.17 ± 1.06 mm, with a predominance of blue color with 47%. The contamination of marine environments by plastics is being a new and important line for research due to the need to take actions for the protection of the seas, which is growing every day and should be a priority for the authorities.

Key words: Alvarado; *Anchoa hepsetus*; inshore fishing; microplastics; stomach contents; Veracruz.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial se ha acelerado considerablemente en los últimos años, llevando esto consigo una creciente demanda de recursos, lo que ha provocado cambios en el entorno natural de otros organismos (Torres-Orozco y Pérez-Hernández, 2011; Gomez et al., 2019). La perturbación de su ambiente se da por diversas razones, destacando principalmente como causas de riesgo la contaminación y los usos inadecuados del agua (Torres-Orozco y Pérez-Hernández, 2011).

La ictiofauna en México destaca a nivel mundial debido a su riqueza, entre los vertebrados los peces son el grupo más abundante y diverso; sin embargo, es el grupo más amenazado debido a las actividades antropogénicas que día con día van en incremento (Torres-Orozco y Pérez-Hernández, 2011; Hidalgo-Ruz et al., 2012; OCDE, 2016; FAO, 2017; Forrest y Hindell, 2018; Halstead et al., 2018; Sánchez, 2018; Nuncio, et al., 2021).

Los desechos que se generaron hasta mediados del siglo XX, resultado de diversas actividades humanas, se caracterizaban por estar constituidos mayormente por desechos biodegradables, con la incorporación del plástico en la vida cotidiana a partir de la segunda mitad del siglo XX este se comenzó a acumular en el ambiente debido a la resistencia que tiene a la corrosión, degradación y a la intemperie. Como ejemplo, la descomposición en desechos orgánicos tarda semanas o meses; sin embargo, el plástico podría tardar hasta 500 años. La existencia de estos plásticos se convierte en un problema para los organismos que pueden llegar a presentar daños por ingesta o atragantamiento (Segura et al., 2007).

La producción mundial de plástico ha tenido un crecimiento constante desde 1950 con 1.7 millones de toneladas por años, alcanzando para 2012 un máximo de 320 millones de t (Gómez et al., 2019). Se estima que para 2050 la producción superará los 1000 millones de t (FAO, 2017). Lo anterior significa un impacto a los ecosistemas marinos, ya que de acuerdo con Gómez et al. (2019) un gran porcentaje de este material termina en los cuerpos de agua.

Se calcula que cada año se vierten en el mar más de ocho millones de t de plástico, lo cual representa un riesgo en la vida de los organismos marinos (Sánchez, 2018). En este sentido Werner et al. (2019) mencionan que en la actualidad hay más de 5000 millones de piezas plásticas flotando en hábitats pelágicos. Según la FAO en 2017 se ha reportado que la fauna acuática ingiere desechos plásticos en condiciones naturales en los diferentes hábitats como lo son la superficie marina, columna de agua,

bentos, estuarios y playas y el 55% de estas especies tienen importancia comercial como los mejillones, sardinas, camarones y anchoas, entre otros.

Los plásticos constituyen el 25% del volumen total de los residuos sólidos urbanos (RSU) generados en México, debido al mal manejo de estos, una parte termina en el océano provocando problemas ambientales, los cuales no han sido estudiados (Mendoza, 2018).

Bajo estas circunstancias la contaminación de ambientes marinos por plásticos está siendo una línea nueva y de importancia para la investigación.

Los plásticos abarcan una amplia variedad de materiales a base de polímeros sintéticos que cuentan con propiedades específicas, estos polímeros se mezclan con aditivos como lo son plastificantes, retardantes de llama, estabilizadores UV, lubricantes, entre otros para mejorar el rendimiento. Existen muchas variedades de plásticos, pero la producción en general se basa en polietileno, polipropileno, policloruro de vinilo (PVC), poliestireno y el tereftalato de polietileno (PET) (FAO, 2017).

Estos plásticos pueden presentar alteraciones y fragmentarse debido a los procesos tanto físicos como químicos a los que están expuestos; bajo estos efectos las partículas de un tamaño superior a 25 mm son llamados macroplásticos, en un intervalo de 5 a 25 mm entran en la categoría de mesoplásticos, las partículas de 5 mm a 1mm se clasifican como microplásticos (mps) y menores a estas dimensiones se denominan nanoplásticos (np) (Gómez et al., 2019).

Así mismo y de acuerdo con la FAO (2017), los microplásticos se clasifican en primarios y secundarios. Los primarios son aquellos que intencionalmente son fabricados con estas dimensiones, como los gránulos y polvos. En tanto que los secundarios son aquellos que se fabrican de mayor tamaño, pero por diferentes condiciones se fragmentan, como las bolsas de plástico o la abrasión de neumáticos de automóviles. Las fuentes potenciales de microplásticos para los cuerpos de agua marinos en este caso son, el sector de la pesca y acuicultura, cosméticos, textiles, el transporte tanto terrestre como marítimo, la agricultura y las aguas residuales, entre otros.

Actualmente se pueden encontrar diversos trabajos recientes sobre el estudio del consumo de microplásticos por parte de peces con importancia comercial, realizados principalmente en países de América latina como Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, Perú y algunas regiones de Europa; donde se pueden registrar las principales características de los microplásticos ingeridos por los peces, así como si se tiene preferencia por algunos colores o tamaños; si se relaciona a características específicas de cada pez y si pueden existir ciertos efectos en los organismos derivados de la ingesta o si las partículas microplásticas se pueden transferir a través de los niveles tróficos. En algunos casos se ha observado la acumulación en los organismos provocando cambios conductuales, mutagénicos y citotóxicos; lo que también podría desencadenar enfermedades en los consumidores finales (Araújo, 2020).

Los engraulidos son de aguas tropicales, templadas, neríticas y estuarinas, comúnmente viven cerca de la costa y alcanzan una biomasa considerable a pesar de su talla pequeña, estos se alimentan de organismos bentónicos y planctónicos (Santos et al., 1998; Santos, 2002 y Morales, 2007). En el presente estudio se trabajó con *Anchoa hepsetus* (Linnaeus, 1758); que es una especie de importancia económica ya que se comercializa como producto fresco o bien como producto seco en forma de charal, cuenta con un alto valor alimenticio debido a su contenido de proteínas y dada su abundancia se considera un recurso potencial en el golfo de México (Santos et al., 1998).

De acuerdo con Fishbase (Froese y Pauly (2023) y Motta et al. (1995), *A. hepsetus* se posiciona en un nivel trófico de 3.3 a 3.5, significando que es un consumidor de zooplancton. Morales (2007) analizó el contenido estomacal de *A. hepsetus* encontrando restos de organismos como crustáceos, peces, cladóceros, copépodos, rotíferos, entre otros. Este tipo de alimentación genera que *A. hepsetus* sea propensa a ingerir cantidades significativas de microplásticos suspendidos en la columna de agua.

Veracruz cuenta con 753 kilómetros de litoral frente al golfo de México, en el territorio veracruzano fluye el 35% de los escurrimientos del país. De acuerdo con el Plan Veracruzano de desarrollo 2016-2018, el deterioro y contaminación de los cuerpos de agua ocurre por las descargas municipales e industriales de aguas residuales, así como un mal manejo de los residuos sólidos urbanos que en Veracruz se ha limitado a la disposición final. Aproximadamente solo 40% de los residuos se depositan en rellenos sanitarios y el resto termina en lugares que no cuentan con las condiciones necesarias. Por lo anterior, es importante identificar las condiciones y factores que afectan o intervienen en el desarrollo de los recursos que consumimos. En este caso tratándose de un recurso con importancia económica y alimenticia, que se encuentra en una zona influenciada por las descargas de sistemas estuarino-lagunares con algún grado de contaminación, se debe conocer si existe algún factor de riesgo como la presencia de microplásticos en la dieta de *A. hepsetus*.

El objetivo general del presente estudio fue caracterizar el contenido de microplásticos presentes en el tracto digestivo de *A. hepsetus* obtenidos de la pesca ribereña del municipio de Alvarado, Veracruz, México; analizando su frecuencia y principales propiedades físicas, y así mismo identificar los principales grupos alimenticios consumidos por *A. hepsetus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó con organismos obtenidos de la pesca ribereña en el mes de marzo de 2020 en la localidad de Las Barrancas (18° 99.85' N, 95° 96.67' O), municipio de Alvarado, Veracruz, colindante al sur con el Sistema Arrecifal Veracruzano, México (Fig. 1).

El municipio de Alvarado se localiza en la zona central costera del estado de Veracruz, en las llanuras del sotavento; el clima es del tipo Aw2 (i) tropical, con temperatura promedio de 26.1 °C y precipitación pluvial media anual de 1,748 mm (García, 2004).

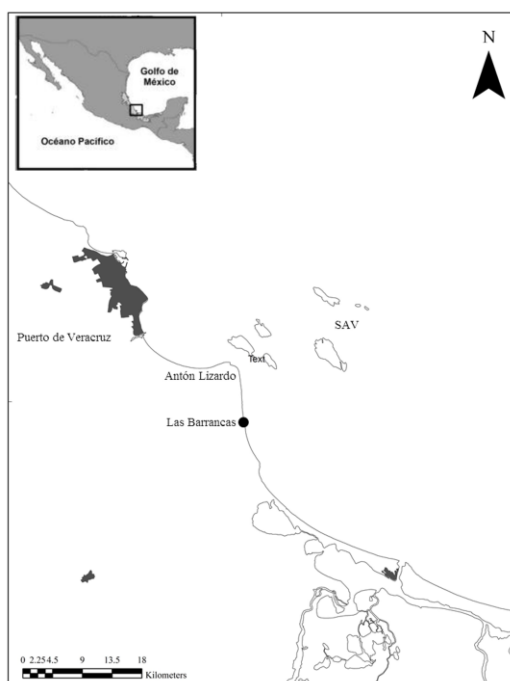


Fig. 1. Localización de la zona de muestreo, localidad de Las Barrancas, municipio Alvarado, Veracruz / Fig. 1. Location of the sampling area, Las Barrancas locality, Alvarado municipality, Veracruz.

Los organismos fueron capturados con un chinchorro playero de 750 m de relinga superior, 4 m de caída y luz de malla de 4", el cual es utilizado en la pesca ribereña de la zona. Se tomó una muestra de la captura, los organismos fueron fijados con formol al 4%, depositados en bolsas de polietileno y transportados al Laboratorio de Ecología Costera y Pesquerías de la UNAM FES Iztacala. La captura de los organismos se realizó de acuerdo con los lineamientos de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En el laboratorio se registró para cada organismo la longitud total (LT) con un ictiómetro y el peso (W) con una balanza digital. Posteriormente se determinó el sexo mediante la observación macroscópica de las gónadas (Morales, 2007). Se estimó la relación talla-peso (LT vs. W) a través del modelo exponencial (Le Cren, 1951), y se determinó el tipo de crecimiento con base al valor de la pendiente (b).

Se obtuvo el tracto digestivo de cada uno de los organismos analizados y se almacenaron en frascos de cristal de 20 ml, para su posterior análisis, los tractos digestivos fueron preservados en alcohol al 90%. Se examinó el contenido estomacal de cada organismo bajo un microscopio estereoscópico marca Zeiss con aumento de 2 y 4x.

Una vez revisadas todas las muestras, se llevó a cabo la identificación de *items* alimenticios a través del método de frecuencia que indica el porcentaje de estómagos en los que aparece el grupo taxonómico de la presa determinada (Lagler et al., 1977).

Para el análisis de la presencia de microplásticos en los tractos digestivos se identificaron de manera visual por su forma: esfera, fragmento, fibra, filamento, película, pellet o espuma (Toledo, 2019) y por paleta de colores (Abrante, 2022), con la ayuda de un microscopio estereoscópico (2x, 4x y 10x) y cámara digital. Se contabilizó la frecuencia y la cantidad de microplásticos ingeridos de manera individual; así como el tamaño de cada uno de estos utilizando papel milimétrico y fotomicroscopía para la obtención de medidas de longitud (Lusher et al., 2013, 2017; Gomez et al., 2019). Finalmente, se determinó la frecuencia de aparición como un ítem alimenticio (Lagler et al., 1977). Los organismos con estómagos dañados o vacíos fueron omitidos.

Todo el procedimiento se llevó a cabo con material de vidrio y metal, usando en todo momento bata de laboratorio y se mantuvieron limpias las superficies de trabajo para evitar la posible contaminación de las muestras (Cole et al., 2014).

Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluar cada conjunto de datos (Sokal y Rohlf, 2003). Posteriormente se determinó la abundancia, media y desviación estándar de microplásticos presentes por sexo e intervalo de talla. Los intervalos de talla se determinaron con los estimadores de densidad de Kernel (EDK) utilizando la función Gaussiana (Salgado-Ugarte et al., 1993, 1995). Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de microplásticos por sexo e intervalos de talla (Sokal y Rohlf, 2003).

Se organizaron los datos de acuerdo con el color del microplástico obtenido con la finalidad de analizar la composición de estos estimando los valores de diversidad y equitatividad de microplásticos a través de la aplicación del índice de Shannon y Weaver (Margalef, 1974).

RESULTADOS

Se analizaron un total de 180 individuos, de los cuales 69 fueron hembras, 51 machos y 60 no determinados por que eran juveniles. La proporción hembra-macho fue de 1.35:1.0. La longitud total promedio fue 10.5 ± 2.502 cm con un valor mínimo de 8.0 y un valor máximo de 24.4 cm, y peso promedio de 8.04 ± 4.7164 g con valor mínimo de 3.42 y máximo de 25.93 g.

La relación talla-peso (LT vs. W) estimada a partir de los registros obtenidos se presenta en la Tabla 1 y Fig. 2, el tipo de crecimiento observado fue alométrico.

Tabla 1. Parámetros de la relación entre talla (LT) y peso (W) para *A. hepsetus*, número de organismos (n), ordenada al origen (a), pendiente (b) y coeficiente de correlación (r²). Parameters of the relationship between length (LT) and weight (W) for *A. hepsetus*, number of organisms (n), ordinate to the origin (a), slope (b) and correlation coefficient (r²).

n	Ecuación $W=aLT^b$	a	b	r ²
180	$W=0.0311LT^{2.3262}$	0.0311	2.3262	0.499

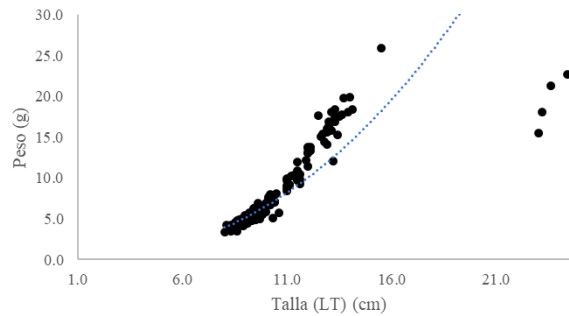


Fig. 2. Relación longitud-peso de *A. hepsetus*/Fig. 2. Length-weight relationship of *A. hepsetus*.

Respecto al análisis de frecuencia de tallas (LT), se obtuvo un intervalo de frecuencia de 0.76 cm, presentándose un patrón unimodal, la mayoría de los organismos se ubicaron entre las tallas de 8.0 a 9.9 cm (60.55%), en tanto que el segundo grupo con 19.44% correspondió a organismos con tallas de entre 10.0 a 11.90 y el tercero con 16.11% fueron organismos con tallas entre 12.0 y 13.90 cm (Fig. 3).

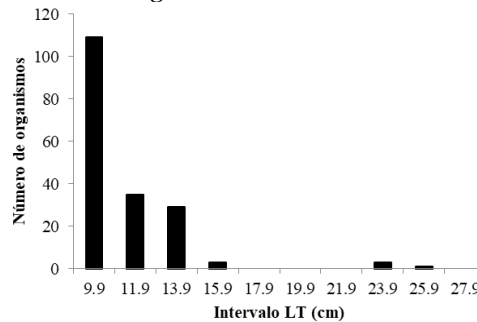


Fig. 3. Histograma de frecuencia de tallas obtenido para *A. hepsetus*/Fig. 3. Histogram of length frequency obtained for *A. hepsetus*.

Análisis de contenido estomacal

De los 180 organismos analizados, 54 fueron descartados debido a que los tractos digestivos se encontraban vacíos. De esta forma los resultados del análisis del contenido estomacal corresponden a 126 organismos, de los cuales se obtuvieron de manera general, cinco ítems alimenticios, representados por peces, crustáceos, moluscos, algas y materia orgánica no identificada (MONI) debido al estado de digestión. De lo anterior se obtuvo la frecuencia de aparición para cada uno de los ítems alimenticios (Fig. 4), así como la frecuencia de ocurrencia de las presas (Tabla 2).

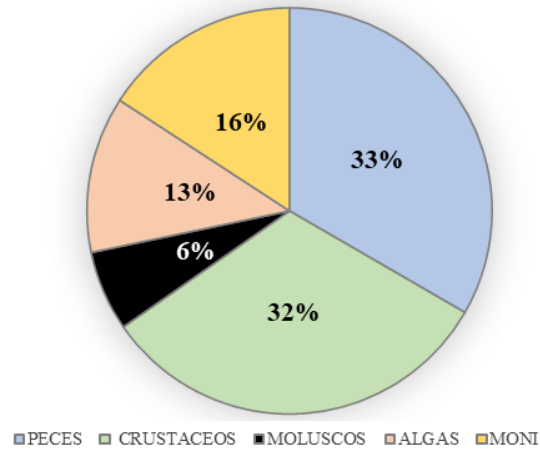


Fig. 4. Porcentaje numérico de ítems alimenticios identificados en tractos digestivos de *A. hepsetus*/Fig. 4. Numerical percentage of food items identified in digestive tracts of *A. hepsetus*.



Fig. 5. Se presentan las imágenes obtenidas a través del microscopio estereoscópico del contenido estomacal de *A. hepsetus*. (A) larvas de pez, (B) misidáceos, (C) larva de anomuro, (D) peracárido, (E) sergéstido, (F) bivalvos, (G) gasterópodo, (H) pterópodo, (I) nemátodo/ Fig. 5. The images obtained through the stereoscopic microscope of the stomach contents of *A. hepsetus* are presented. (A) fish larvae, (B) mysidaceans, (C) anomuran larva, (D) peracarid, (E) sergestid, (F) bivalves, (G) gasteropod, (H) pteropod, (I) nematode.

Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia (FO) de presas en porcentaje (%) observada para *A. hepsetus* / **Table 2.** Frequency of occurrence (FO) of prey in percentage (%) observed for *A. hepsetus*.

Presas	FO (%)
peces	92.52
crustáceos	88.78
MONI	43.92
algas	34.58
moluscos	17.76

Microplásticos

La identificación de microplásticos implicó el análisis de los contenidos estomacales a través del microscopio estereoscópico, registrándose el tipo y el tamaño por sexo y talla. En la Tabla 3 se presentan las longitudes promedio de los microplásticos de acuerdo con el sexo, los organismos juveniles fueron los que presentaron un mayor número de microplásticos, en tanto que las hembras fueron las que presentaron el valor promedio de tamaño más alto.

Tabla 3. Número total de microplásticos (n), valor promedio (Prom.) y desviación estándar (D.E.) por sexo para *A. hepsetus* / **Table 3.** Total number of microplastics (n), mean value (Prom.) and standard deviation (D.E.) by sex for *A. hepsetus*.

Sexo	n	Prom.	D. E.
Juvenil	13	1.07	1.4331
Machos	9	0.99	0.7590
Hembras	8	1.43	0.8413
Total	30	1.14	1.1006

Se registró la presencia de microplásticos en 23 organismos, se obtuvo una frecuencia de ocurrencia de 18%, en todos ellos no se encontraron microplásticos de otras características, solo fibras con longitudes que van de 0.1 a 5.0 mm con una longitud promedio de 1.14 ± 1.1006 mm y de color transparente, café y rojo con los menores porcentajes y negro y azul con los porcentajes de aparición mayores (Fig. 6).

Por otra parte, de acuerdo con el color y longitud de las fibras identificadas como microplásticos en contenidos estomacales de *A. hepsetus*, la fibra que presentó el mayor tamaño fue de color transparente, en tanto que la de menor tamaño correspondió a la fibra de color café (Tabla 4).

Tabla 4. Longitud promedio de fibras (Prom) y desviación estándar (D.E.) obtenidas por color de microplásticos (n), para *A. hepsetus* / **Table 4.** Mean fiber length (Prom) and standard deviation (D.E.) obtained by color of microplastics (n), for *A. hepsetus*.

Color	n	Prom(mm)	D. E.
Azul	14	1.23	0.9135
Rojo	6	0.82	0.6940
Negro	8	1.08	1.6576
Café	1	1.00	---
Transparente	1	2.50	---
Total	30	1.14	1.1006

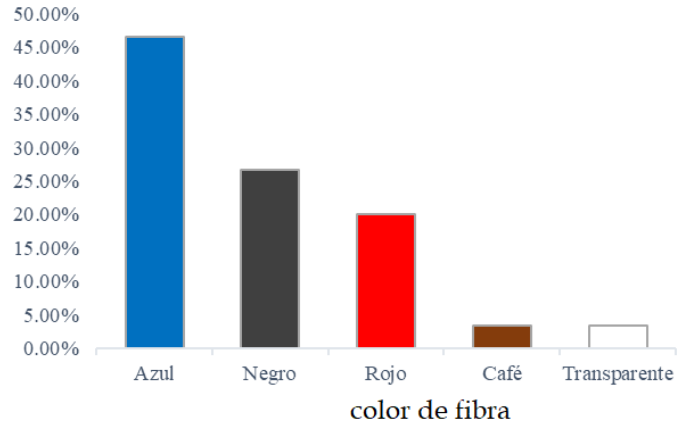


Fig. 6. Presencia de fibras por colores (%) encontradas en contenido estomacal de *A. hepsetus*/Fig. 6. Presence of fibers by color (%) found in stomach contents of *A. hepsetus*.

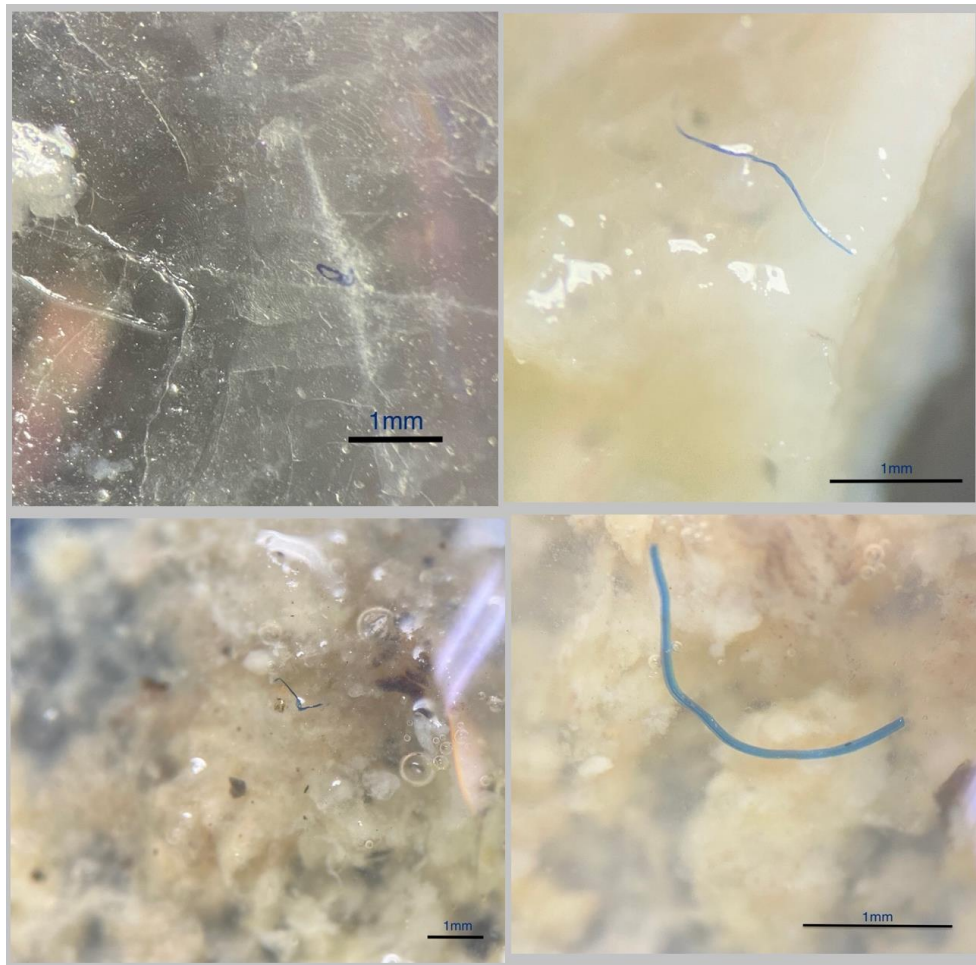


Fig. 7. Imágenes obtenidas en microscopio estereoscópico (4x) de microplásticos encontrados en contenido estomacal de *A. hepsetus*/Fig. 7. Images obtained under a stereoscopic microscope (4x) of microplastics found in the stomach contents of *A. hepsetus*.

No se observaron diferencias significativas en el tamaño de los microplásticos entre organismos juveniles, machos y hembras ($p=0.6988$). Así mismo para el caso de las tallas (LT), no existen diferencias entre el tamaño de los microplásticos y las diferentes clases de edad ($p=0.1518$).

El valor del Índice de Shannon (H') obtenido para el contenido estomacal de *A. hepsetus* fue de 1.81 bits/ind, con una H_{\max} de 2.32 y una equitatividad (J') de 0.78, lo que indica una alta dominancia en la muestra determinada por la mayor cantidad de fibras azules encontradas en los organismos.

DISCUSIÓN

Estudios recientes confirman que los microplásticos se encuentran lo suficientemente esparcidos en el medio marino para encontrarlos tanto en la superficie como en las costas y en el fondo del mar; con la abundancia en aumento de estos microplásticos la ingesta de estos por parte de los peces se ha convertido en una crisis ambiental (Lusher et al., 2013 y Phillips y Bonner, 2015). Así mismo, Lusher et al. (2013), mencionan que la ingesta de microplásticos parece ser común en cantidades pequeñas en diversas especies de peces, como es el caso de *A. hepsetus*.

Investigaciones recientes en países costeros como Chile, Portugal, Estados Unidos (California) y México presentan resultados similares a los obtenidos en el presente estudio, entre 1.4 y 5 partículas/individuo (Lusher et al., 2013; Neves et al., 2015; Phillips y Bonner, 2015; Rochman et al., 2015 y Mendoza y Mendoza, 2020).

Autores como Lino (2019), Santos et al. (2019) y Werner et al. (2019), llevaron a cabo estudios sobre microplásticos en contenido estomacal de varias especies de peces, concluyeron que debido a la flotabilidad de las partículas microplásticas los peces tienen la facilidad de ingerirlas, presentando preferencias por algunos colores y tamaños específicos; mencionan la confusión que pueden tener los organismos al relacionar el plástico con su alimento y concluyen que los tamaños, así como la preferencia por algún color de partículas ingeridas, está en función al tamaño del pez; también mencionan que no hay efectos en el crecimiento de estos organismos relacionado al consumo de microplásticos, pero señalan que las partículas microplásticas se pueden transferir a través de niveles tróficos, lo que podría desencadenar enfermedades en los consumidores finales.

En este sentido Parker et al. (2020) mencionan que la cantidad y tamaño de los microplásticos encontrados en los contenidos estomacales de peces está en función de la talla del organismo, como lo descrito para *Anchoa mitchilli* (Valenciennes, 1848) que contuvo un promedio de 1.9 microplásticos por pez, lo que es similar a lo reportado en el presente estudio.

Anchoa hepsetus es una presa importante para varios depredadores piscívoros, por lo que probablemente, constituye una vía para la entrada de microplásticos a la trama trófica que afecta a niveles tróficos más altos. Una consecuencia de lo anterior es la afectación de la conducta de algunas especies, como lo cita Araújo (2020), quien probó que el polietileno puede acumularse en los organismos y provoca cambios conductuales, mutagénicos y citotóxicos; cuantificó el polietileno en alevines del género *Danio* Hamilton, 1822, sugiere la absorción, adherencia y traslocación dentro del organismo.

En el presente estudio se encontró que los microplásticos de tipo fibra fueron los dominantes con un 100% de aparición y con una frecuencia de ocurrencia de 18% respecto a un total de 126 peces examinados. De manera general, los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con otros estudios en donde se ha reportado que las fibras son el tipo de microplástico más predominante que ingieren los peces (Vendel et al., 2017; Halstead et al., 2018; Su et al., 2019). Así mismo, es consistente con lo obtenido por Neves et al., (2015) quienes encontraron en el 19.8% de los individuos piezas plásticas; mientras que Foekema et al., (2013) reportaron 13%.

En contraste, se reportan estudios en donde la frecuencia de ocurrencia se dio por debajo del 10%, como es el caso de Ory et al. (2018) con 2.1%, Steer et al. (2017) con 2.9 % y Phillips y Bonner (2015) quienes reportan un 8% de microplásticos en el tracto intestinal. Ory et al. (2018) explican los bajos porcentajes de ocurrencia respecto a otros estudios con el hecho de que pueden ser excluidas las fibras de los resultados debido a que puede existir contaminación por el aire.

En otros trabajos se han reportado porcentajes mayores al 35% de frecuencia de ocurrencia de microplásticos en estómagos (Lusher et al., 2013; Boerger et al., 2010).

Es de resaltar que el 100% de las fibras encontradas es compatible con los resultados obtenidos por diferentes autores; de acuerdo con diversos trabajos el tipo de microplástico más recurrente en peces de diferentes niveles tróficos son las fibras, ejemplo de lo anterior se encuentra en los trabajos de Lusher et al., (2013), Mizraji et al., (2017), Steer et al., (2017) y Pozo et al., (2019), donde encontraron fibras como componente principal con un intervalo de 100% a 65.8% de fibras; en contraste Mizraji et al. (2017) mencionan en su trabajo que los peces omnívoros presentan mayor cantidad de fibras a diferencia de peces herbívoros y carnívoros.

Respecto a la longitud de las fibras Foekema et al., (2013) obtuvieron un tamaño medio de partícula de 0.8 mm y Lusher et al. (2013), registraron el tamaño de los plásticos en un intervalo de 0.13 mm a 14.3 mm, donde la clase de tamaño más común fue de 1 y 2 mm, similar a los resultados obtenidos en el presente estudio, en el cual la longitud osciló entre 0.1 a 5 mm, encontrando que el promedio de la longitud de fibra fue 1.14 ± 1.10 mm. Pozo et al. (2019), reportaron que del 40 al 50% de las fibras encontradas en tractos digestivos de peces costeros y oceánicos carnívoros son menores a 0.5 mm, seguidas del intervalo de 0.5 a 1 mm con 25-27%.

En la clasificación por color se encontró que el azul fue el color más recurrente con 47%, seguido del negro con 27% y posteriormente el rojo con solo 20%, esto contrasta con Pozo et al. (2019) y Mizraji et al. (2017) quienes encontraron un mayor número de fibras con coloración roja (80%), seguida de las blancas (20%); y por el contrario Steer et al. (2017) reportaron un 66% de fibras azules y 21.5% de fibras negras, en tanto Miele (2020) registró como color más representativo el azul con 68%, presente en 39 de 50 individuos analizados. Por su parte Ory et al. (2018) encontraron que el 80% de los peces estudiados habían ingerido principalmente fibras de polietileno azules que son similares en color y tamaño al copépodo azul; de igual manera Boerger et al. (2010) mencionan que los colores de los microplásticos más encontrados fueron blanco y azul y que estos colores son similares a los del plancton de la zona, que es la fuente principal de alimento para los peces de alimentación superficial en los que realizó el estudio.

De acuerdo con Miele (2020), es probable que la composición y características de los microplásticos ingeridos varíe de acuerdo con la especie, hábitos alimenticios y proximidad a las costas, por ejemplo entre más cercanas sean las especies a las costas estas podrían presentar un mayor porcentaje de ingesta de microplásticos, debido a la cercanía con las actividades humanas; de igual manera, la época del año y el lugar de captura de los organismos; pero con la abundancia en aumento de estos microplásticos se convierte en una crisis ambiental ya que aumenta la probabilidad de ingesta de estos contaminantes por los peces (Lusher et al., 2013; Phillips y Bonner, 2015).

En el mismo sentido, Pozo et al. (2019) mencionan que existe una concentración mayor de microplásticos en especies costeras que en oceánicas, debido a que existe una mayor exposición a las actividades antropogénicas por su proximidad, así como por el impacto de las entradas fluviales a la zona costera. Así mismo Steer et al. (2017) reportan que la concentración de microplásticos en contenido estomacal disminuye conforme existe mayor distancia a la costa.

Para el caso del presente estudio se encontró que la alimentación está basada en peces, crustáceos, moluscos, algas y materia orgánica no identificada, esto es similar a lo reportado por Morales (2007)

quien previamente revisó contenido estomacal de *A. hepsetus* encontrando restos de organismos como crustáceos, peces, cladóceros, y copépodos, entre otros. En la presente investigación los restos de peces presentaron una mayor ocurrencia con un 92.5%, seguido de los crustáceos con 88.7%. Este tipo de alimentación hace propensa a *A. hepsetus* a consumir los microplásticos que se encuentren en la columna de agua. Como mencionan Eriksen et al. (2013), la relación que existe entre el área y el volumen de la partícula plástica interfiere en la flotabilidad que esta tiene en el medio, lo que podría ser una explicación a el tipo de microplástico encontrado en este y diversos estudios.

Para el caso específico de *A. hepsetus*, los trabajos sobre presencia de microplásticos son escasos, sin embargo, se han realizado estudios en otros organismos pertenecientes a la misma familia. Ossa y Murillo (2016) evaluaron el grado de ingestión de microplásticos en *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 en costas de la región de Coquimbo, Chile; concluyeron que en el 1.9% hubo incidencia de material plástico menor a 5 mm. Por su parte Cartón de las Cuevas (2019) determinó para *Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758, *Sardina pilchardus* Walbaum, 1792, *Callionymus lyra* Linnaeus, 1758 y *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 en la costa de Galicia, España, la frecuencia de ocurrencia y cuantificó la cantidad de microplásticos por individuo, no encontró diferencias significativas en cuanto a la ingesta de microplásticos de acuerdo al tipo de hábitat o a los hábitos alimenticios, pero si destaca que en especies pelágicas se encontraron microplásticos de tipo fragmento.

Algunos de los trabajos antes mencionados fueron realizados con especies similares a *A. hepsetus* respecto a sus hábitos y de acuerdo con fishbase (Froese y Pauly, 2023) algunos se sitúan en niveles tróficos semejantes; estos estudios se efectuaron en diferentes partes de mundo por lo que es importante que se lleve a cabo una investigación continúa con niveles tróficos semejantes para realizar comparaciones más certeras, así como de la evaluación entre distintos niveles tróficos para la determinación de la especie más propensa a la ingesta de estas partículas.

Es importante que se realicen más estudios en la zona y con diferentes especies para tener información más detallada sobre el impacto de los microplásticos en especies comerciales. De la misma forma, contar con el inventario de las probables fuentes de contaminación, tendencias a ser un lugar contaminado y los diferentes contaminantes existentes para lograr estrategias de manejo integrales y eficientes. Así mismo lograr un consenso sobre las técnicas de manejo del material para minimizar el error y contaminación de las muestras. Finalmente, la contaminación de ambientes marinos por plásticos se ha convertido en una línea de investigación emergente debido a la necesidad de tomar acciones para la protección de los mares y por tal motivo debe ser una prioridad para las autoridades.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, a todos y cada uno de mis maestros. Al laboratorio de Ecología Costera y Pesquerías por las facilidades brindadas para poder llevar a cabo las actividades relacionadas con el presente estudio. Al Dr. Ángel Morán-Silva. A los doctores Sergio Cházaro-Olvera, Rafael Chávez-López, Horacio Vázquez-López y al maestro Edgar Peláez por su apoyo, disposición y conocimientos aportados para la conclusión del presente estudio.

REFERENCIAS

- Abrante, F. A. B. (2022). *Evaluación microbiológica de microplásticos en las playas de Tenerife*. Universidad de La Laguna, España. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/28335/Evaluacion%20microbiologica%20de%20microplasticos%20en%20playas%20de%20Tenerife.pdf?sequence=1>
- Araújo, A. P. D. C. (2020). Toxicidade e transferencia trofica do microplastico polietileno de *Poecilia reticulata* para *Danio rerio*: efeito da exposicao via dieta e da captacao direta [Tesis de Maestría, Instituto Federal de Educacao, Brasil]. <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1120>
- Boerger, C. M., ...y Moore, C. J. (2010). Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 60(12), 2275–2278. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.007>
- Cartón de las Cuevas, A. (2019). Análisis de microplásticos en el contenido estomacal de peces pelágicos y demersales de Galicia y el mar Cantábrico [Tesis de Maestría, Universitat de les Illes Balears]. <https://dspace.uib.es/xmlui/discover>
- Cole, M., ...y Galloway, T. (2014). Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms. *Scientific Report*, 4, 4528. <https://doi.org/10.1038/srep04528>
- Eriksen, M., ...y Rifman, S. (2013). Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*. 68(1-2), 71-76. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.12.021>
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2017). *Microplastics in fisheries and aquaculture Status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety*. <https://www.fao.org/3/i7677e/i7677e.pdf>
- Foekema, E., ...y Koelmans, A. (2013). Plastic in North Sea fish. *Environmental Science and Technology*, 47(15), 8818-8824. <https://doi.org/10.1021/es400931b>
- Forrest, A. y Hindell, M. (2018). Ingestion of plastic by fish destined for human consumption in remote South Pacific Islands. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 10(2), 81-97. <https://doi.org/10.1080/18366503.2018.1460945>
- Froese, R. y Pauly, D. (Eds.) (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. Versión (02/2023). www.fishbase.org
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>
- Gómez, F., Valenzuela, A. y Acosta, J. (2019). Registro de micro y mesoplásticos en el tracto digestivo de la especie vulnerable *Oliveichthys cuyanus* (Siluriformes: Diplomystidae), en el rio cordillerano Los Patos, San Juan, Argentina. *Multequina*. 28(1), 21-28.
- Halstead, J., ...y Johnston, E. (2018). Assessment tools for microplastics and natural fibres ingested by fish in an urbanised estuary. *Environmental Pollution*. (234), 552-561. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.085>
- Hidalgo-Ruz, V., ...y Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science and Technology*. 46(6), 3060-3075. <http://dx.doi.org/10.1021/es2031505>
- Lagler, K., ...y May, D. (1977). *Ichthyology*. Wiley.
- Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20(2), 201-219. <http://dx.doi.org/10.2307/1540>
- Lino, D. J. G. (2019). Microplástico en el tracto digestivo de *Scomber japonicus*, *Opisthonema libertate* y *Auxis thazard*, comercializados en el puerto pesquero de Santa Rosa, provincia de Santa Elena-Ecuador [Tesis profesional, Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena, Libertad-Ecuador]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5246>
- Lusher, A. L., McHugh, M. y 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., ...y Cole, M. (2017). Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Analytical Methods*, 9, 1346-1360. <https://doi.org/10.1039/C6AY02415G>
- Margalef, R. (1974). *Ecología*. Omega.
- Mendoza, N. (2018). Adsorción de contaminantes en microplásticos en ambientes marinos [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Metropolitana].
- Mendoza, M. J. Z. y Mendoza, K. T. G. (2020). Presencia de microplásticos en peces pelágicos de mayor comercialización, en el mercado de "Playita Mia" de la ciudad de Manta [Tesis de Licenciatura, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Ecuador]. <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1327>
- Mieles, C. (2020). Microplásticos en el tracto digestivo de *Ariopsis seemanni* en el sector de Puerto Hondo [Tesis Profesional, Universidad de Guayaquil, Ecuador].
- Mizraji, R., ...y Galván-Malagón, C. (2017). Is the feeding type related with the content of microplastics in intertidal fish gut? *Marine Pollution Bulletin*, 116(1-2), 498-500. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.008>
- Morales, A. A. A. (2007). Aspectos biológicos del charal *Anchoa hepsetus* (Linnaeus, 1758; Pisces: Engraulidae) de la playa Villa Rica, Veracruz [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/pd2007/0619021/0619021.pdf>
- Motta, P., ...y Wilcox, R. (1995). Feeding relationships among nine species of seagrass fishes of Tampa Bay, Florida. *Bulletin of Marine Science*. 56(1), 185-200.
- Neves, D., ...y Pereira, T. (2015). Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1), 119-126 <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.008>
- Nuncio, L. M. G., Esquivel, D. M. C. y Reyes, Y. (2021). Micro y nanoplásticos en agua, contaminantes emergentes de los que poco se sabe. *Impluvium*, (17), 55-61.
- OCDE (Organización para la cooperación y el desarrollo económico). (2016). *Recomendación del Consejo de la OCDE sobre el agua*. <https://www.oecd.org/water/Recomendacion-del-Consejo-sobre-el-agua.pdf>
- Ory, N., ...y Thiel, M. (2018). Low prevalence of microplastic contamination in planktivorous fish species from the southeast Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 211-216. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.016>
- Ossa, L. M. y Murillo, V. (2016). *Evaluación del grado de ingestión de microplásticos en el recurso anchoveta (Engraulis ringens) frente a las costas de la IV región de Coquimbo-Chile, durante el invierno de 2016*. Instituto de Fomento Pesquero. Chile. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.16777.29287>
- Parker, B. W., ...y Sancho, G. (2020). Microplastic and tire wear particle occurrence in fishes from an urban estuary: Influence of feeding characteristics on exposure risk. *Marine Pollution Bulletin*. 160, 111539. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111539>
- Phillips, M. B. y Bonner, T. H. (2015). Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of México. *Marine Pollution Bulletin*, 100(1), 264-269. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.08.041>
- Pozo, K., ...y Klánová, J. (2019). Presence and characterization of microplastics in fish of commercial importance from the Biobío region in central Chile. *Marine Pollution Bulletin*. 140, 315-319. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.025>
- Rochman, C. M., ...y Teh, S. W. (2015). Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific Reports*. 5, 14340. <https://doi.org/10.1038/srep14340>
- Salgado-Ugarte, I. H., Shimizu, M. y Taniuchi, T. (1993). Exploring the shape of univariate data using kernel density estimators. En S. Beckett (Ed.), *Stata Technical Bulletin* (pp. 155-173). Stata Corporation.
- Salgado-Ugarte, I. H., Shimizu, M. y Taniuchi, T. (1995). Practical rules for bandwidth selection in univariate density estimation. En S. Beckett (Ed.), *Stata Technical Bulletin* (pp. 172-190). Stata Corporation.
- Sánchez, J. (2018). Plásticos y microplásticos en agua, un problema mundial que afecta nuestros sistemas acuáticos. *Ingeniería y Región*, 19. <https://doi.org/10.25054/22161325.2027>

- Santos, G., ...y Flores-Gomez, S. (2019). Microplásticos en contenido estomacal de la "lisa" *Mugil cephalus*, Lima, Peru. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*. 5(2), 38-45. <https://doi.org/10.17162/rictd.v5i2.885>
- Santos, J. C. V. (2002). Análisis biológico-pesquero y evaluación de la pesquería de charal *Anchoa hepsetus* (Linnaeus, 1758, Pisces: Engraulidae) en la comunidad pesquera de Seybaplaya, Campeche, México [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/pdtestdf/0312996/0312996.pdf>
- Santos, J. V., ...y Seca, E. M. (1998). Características de la reproducción de *Anchoa hepsetus* (Linnaeus, 1758, Pisces: Engraulidae) en Seybaplaya, Campeche, México. Memorias del 50 Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute (pp. 969-990). <https://aquadocs.org/handle/1834/29157>
- Segura, D., Noguez, R. y Espin, G. (2007). Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Biotecnología*. (14), 361-371.
- Sokal, R. y Rohlf, F. (2003). *Biometry*. W. H. Freeman and Co.
- Steer, M., ...y Lindeque, P. K. (2017). Microplastic ingestion in fish larvae in the western English Channel. *Environmental Pollution*, 226, 250-259. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.062>
- Su, L., ...y Shi, H. (2019). The occurrence of microplastic in specific organs in commercially caught fishes from coast and estuary area of east China. *Journal of Hazardous Materials*, 365, 716-724. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.11.024>
- Toledo, M. A. M. (2019). Revisión bibliográfica de los métodos de análisis de micro (nano) plásticos en el medioambiente y en la biota marina. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Educación a Distancia, España]. <http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Matoledo>
- Torres-Orozco, R. y Pérez-Hernández, M. (2011). Los peces de México: Una riqueza amenazada. *Revista Digital Universitaria*, 12(1), 1-15.
- Vendel, A. L., ...y Palma, A. R. (2017). Widespread microplastic ingestion by fish assemblages in tropical estuaries subjected to anthropogenic pressures. *Marine Pollution Bulletin*, 117(1-2), 448-455. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.081>
- Werner, E. E. C., ...y Huiman, C. A. (2019). Impacto de la Ingesta de Residuos Plásticos en Peces. *Revista Kawsaypacha sociedad y medio ambiente*. (4), 79-92. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.201902.004>