

3. Análisis de la presencia de microplásticos en estómago de la lisa *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) en playa La Robalera y bahía del Perro, Ahome, Sinaloa

SARAI GUADALUPE RODRIGO RUELAS¹

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA²

PEDRO HERNÁNDEZ SANDOVAL³

JUAN PABLO APÚN MOLINA⁴

MÁXIMO GARCÍA MARCIANO⁵

LUIS PARMENIO SUESCÚN BOLÍVAR⁶

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.292.03>

Resumen

Se ha calculado que a nivel global el 80% de la basura en el mar son plásticos. Dado que no se reciclan y se les vierte al medio marino, en donde se exponen al oleaje, salinidad, pH, luz ultravioleta, etc., los plásticos se fragmentan en partículas más pequeñas, como los microplásticos, que alcanzan tamaños entre 5 mm y 100 μm , y se pueden seguir degradando hasta nanoplásticos, menores a 100 nm. Estos micro- y nanoplásticos representan una amenaza para los animales, dado que provocan una ingesta incidental que afecta su crecimiento y reproducción, principalmente. En el presente estudio se encontró un gran número de plásticos en los estómagos de lisas en la playa La Robalera, en la estación de otoño, con una media de 2 625.33 μm , y un

¹ Licenciada en Biología. Estudiante de maestría en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5862-9328>; correo electrónico: sarairodrigo2000@gmail.com

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora-investigadora en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460>; correo electrónico: asantama@ipn.mx

³ Doctor en Ciencias Biológico-Agropecuarias. Profesor en la Universidad de Occidente, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7005-4555>

⁴ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor-investigador titular C en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

⁵ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Estudiante del Doctorado en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6530-5954>

⁶ Doctor en Ciencias del Mar y Limnología. Profesor-investigador de medio tiempo en la Universidad de Cartagena, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0707-403X>

número de 6.0 microplásticos por estómago, al tiempo que los organismos de 23.1 a 28.0 cm consumieron el mayor número de ellos. En relación con el tamaño (μm) de microplásticos por sexo (hembras, machos o indiferenciados), estos fueron mayores en machos, tanto en tamaño, aproximadamente 5.9 μm de longitud, como en número, con 9.8.

Palabras clave: tamaño, número de microplástico, océano Pacífico, Sinaloa México.

Introducción

La pesca es una actividad económica importante en México, sin embargo, enfrenta grandes retos principalmente por el asentamiento de comunidades humanas que se establecen en los litorales de los mares mexicanos y de los cuerpos de aguas interiores. En efecto, la presión sobre los recursos como fuentes de alimento y para generar empleos directos e indirectos se ha incrementado notablemente en los últimos años. En México, se incorporó el concepto de enfoque precautorio, en el cual se explicita el papel de la ciencia como elemento fundamental para el aprovechamiento de los recursos naturales bajo la premisa de un aprovechamiento económicamente óptimo, biológicamente sustentable y socialmente aceptado (SADER, 2017).

La lisa *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) se caracteriza por habitar en aguas costeras de la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales, su distribución abarca desde el Atlántico occidental, donde se le encuentra en Nueva Escocia, Canadá, hasta Brasil, incluyendo el Golfo de México. En el Atlántico oriental habita desde la bahía de Vizcaya (Francia) hasta Sudáfrica, incluyendo el mar Mediterráneo y el mar Negro; por último, en el Pacífico oriental abarca desde el sur de California hasta Chile (FAO, 2006). Pasa la mayor parte de su ciclo biológico en aguas protegidas (estuarios, lagunas y ríos con mareas). Esta especie prefiere fondos fango-arenoso y rocosos, en algunos casos con vegetación densa y se le encuentra desde la orilla hasta 120 m de profundidad (Castro-Aguirre, 1978; López, 1982). La alimentación de las lisas está basada en detrito orgánicos, algas fila-

mentosas, nematodos, anélidos, isópodos, fragmentos vegetales y diatomeas bentónicas (López, 1982). Durante las migraciones de desove, las lisas ingieren poco o nada de alimento (Santiago, 1987), durante el periodo de reproducción, se congregan en cardúmenes para emigrar a la zona pelágica costera a realizar el desove (García, 1982).

El plástico es uno de los materiales más utilizados a nivel mundial en distintos productos debido a su característica moldeable y ligera. Estas características lo hacen casi indestructible, por lo que desechar plásticos es problemático y afecta negativamente los ecosistemas (UNEP, 2005). Una de las principales formas en que estos contaminantes llegan al medio marino es a través de fuentes continentales, como los ríos, los drenes de desechos urbanos, agrícolas y acuícolas; y los que son directamente colocados en las playas. Sin embargo, existen otras fuentes de entrada de las basuras plásticas hacia los mares y océanos, tal es el caso de los desechos que derivan de distintas actividades marítimas como la pesca y el turismo (Derraik, 2002). El plástico presente en el mar posee diferentes configuraciones químicas, tamaños y formas, pero con el tiempo, el efecto de las olas y los rayos UV, los trozos de plástico flotante comienzan a degradarse en fracciones de menor tamaño, llegando a escalas micro, que pueden acumularse en el sedimento y estar biodisponibles, por su pequeño tamaño, para los organismos bentónicos; los contaminantes orgánicos se les pueden adherir durante su consumo y absorción (Opitz, 2017).

Los plásticos pueden provocar efectos negativos en los organismos marinos, causan lesiones físicas externas, como estrangulamiento, amputación y lesiones internas que causan la muerte (Williams et al., 2011). Algunos de los daños ocasionados por los microplásticos en los peces están relacionados con obstrucciones en las branquias, el tracto digestivo, impresión de saciedad alimenticia y laceración en los tejidos, lo cual limita la ingesta de alimento y disminuyen la actividad locomotora, volviéndolos presas más vulnerables a los depredadores (Sarria, 2016).

La presencia de microplásticos se ha convertido en un problema de carácter mundial, por ello se han realizado diversos estudios enfocados en su presencia en cuerpos de agua, en el tracto digestivo de algunas especies, en arena y sedimentos.

Debido a la falta de eficiencia sobre la gestión y disposición de dichos residuos, estos han logrado convertirse en una amenaza para los ecosistemas y para los organismos. Estos contaminantes y sus componentes no pueden degradarse mediante procesos metabólicos, por lo que se acumulan en el tracto digestivo a través de las cadenas alimenticias, transfiriéndose de un eslabón a otro. Considerando que la especie *Mugil cephalus* constituye un recurso comercial importante para las zonas lagunares del norte de Sinaloa, fue de vital importancia realizar un monitoreo que permitiera conocer si estos organismos presentan contaminación por microplásticos, para contribuir con información básica que permita un manejo sustentable en su pesquería.

El objetivo de este trabajo fue determinar la presencia de microplásticos en el estómago de la lisa *Mugil cephalus* en los sitios conocidos como La Robalera y bahía del Perro en Ahome, Sinaloa. Los sitios de muestreos son muy concurridos por bañista, además de que son zonas de pesca. Situada al norte de Sinaloa, La Robalera forma parte de una bahía llamada bahía del Perro.

Se realizaron dos muestreos estacionales, se inició en el mes de diciembre (otoño) del año 2022, y se culminó en febrero (invierno) de 2023, en los dos puntos de muestreos: punto A (La Robalera) y punto B (bahía del Perro). Se capturaron 20 organismos por cada lugar de muestreo en la estación de otoño, en invierno se tomaron 20 organismos del punto A y 13 organismos del punto B. Se verificó que los peces capturados no se encontraran bajo algún *estatus* de protección especial o riesgo de amenaza, asimismo se constató que durante las fechas de captura no hubiera establecimiento de vedas para la especie con la que se estuvo trabajando en la presente investigación. Los peces fueron capturados con una red de enmalle “chinchorro” con 300 metros de largo, 2 metros de ancho, con luz de malla de 2 ¼. Una vez que los organismos fueron capturados, se etiquetaron del 1 al 40 y colocaron en una hielera a baja temperatura (hielo) para disminuir su metabolismo lentamente, hasta llegar a la fase de aletargamiento y lograr, de esta manera, que los organismos muestreados recibieran el manejo más sensible que fuera posible.

Una vez que se obtuvo el total de organismos capturados se procedió a transportarlos al departamento de acuacultura en las instalaciones del Ins-

tituto Politécnico Nacional-CIIDIR Sinaloa, donde se procedió a la toma de datos morfométricos (longitud y talla), disección de los órganos internos para la estimación del peso estomacal, hígado, gónada y determinación de sexo a través de observación directa. Se usaron guantes de nitrilo para la disección y manipulación de los especímenes y para la extracción de los tractos digestivos. Asimismo, el material de disección se limpió entre cada muestra, se limpió el área de trabajo y se evitó en la medida de lo posible el uso de material plástico.

Para la obtención de los microplásticos se llevó a cabo la digestión de los contenidos estomacales, se realizó el siguiente procedimiento: cada estómago se lavó con agua destilada, para desintegrar la materia orgánica se le agregó 30 mL de peróxido de hidrógeno al 50%.

Después de la digestión, se filtraron los restos con una bomba de vacío a través de filtros Whatman #1 0.7 μm con un diámetro de 47 mm; una vez filtrados, cada muestra se colocó en cajas Petri y se secó en un horno (Yamato modelo IC403CWr) a una temperatura de 50 °C por 24 horas.

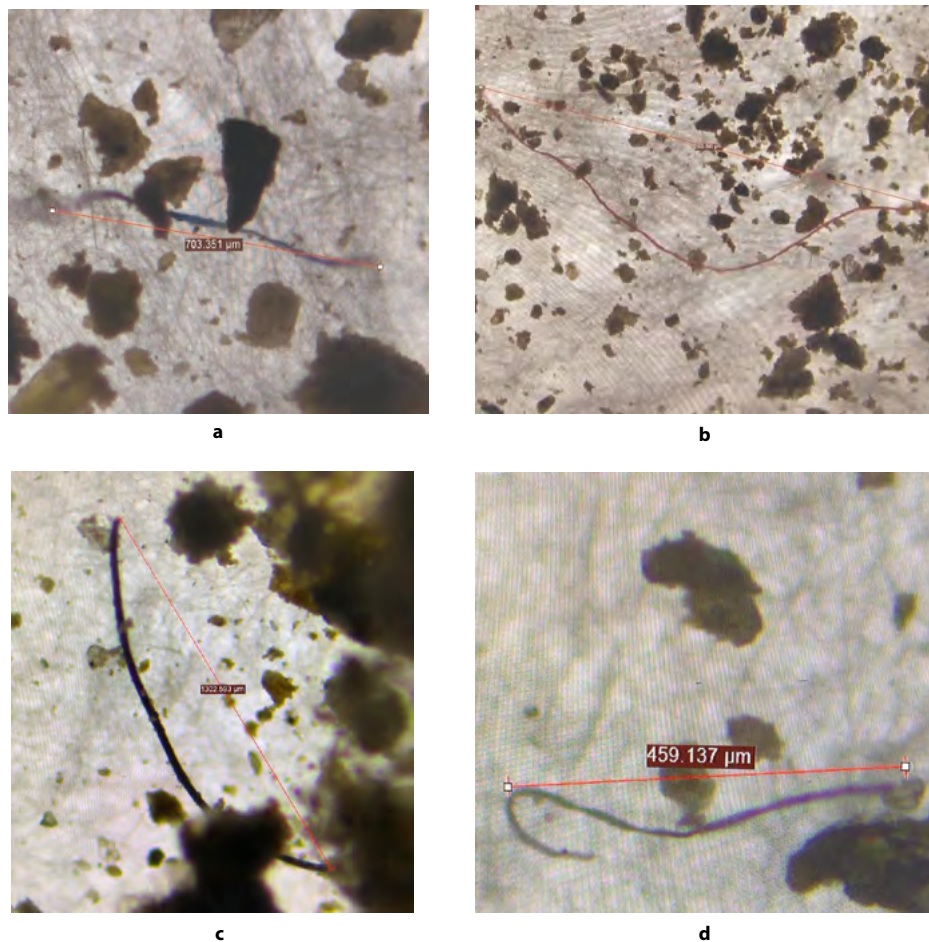
Una vez que los filtros estuvieron secos, se localizaron los microplásticos con un microscopio estereoscópico (Leica modelo DM4000r) con aumento de 4x y una cámara (Leica® modelo DFC450 C) de 5 megapíxeles acoplada a dicho microscopio. Se sobrepuso una escala de 1 000 μm .

Resultados y discusiones

Al revisar los sistemas digestivos de los especímenes se pudo observar e identificar distintos tipos de microplásticos, los cuales se lograron clasificar por colores (figura 3.1).

Al analizar el tamaño de los microplásticos encontrados entre las estaciones climáticas de muestreo se identificó una diferencia considerable entre ellas, se puede observar que el tamaño promedio fue mayor en otoño (gráfica 3.1). Por otro lado, en la gráfica 3.2, se muestra el número promedio de microplásticos por organismo en cada sitio de recolecta, donde se observa que este fue mayor en La Robalera. Los microplásticos de mayor tamaño con respecto a las estaciones climáticas fueron encontrados durante el otoño con una media de 2625.33 μm . Al respecto Mendoza y Men-

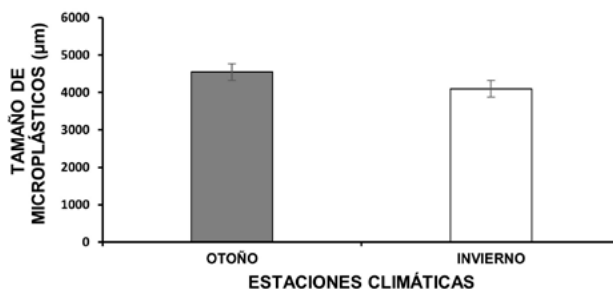
Figura 3.1. Microplásticos en el contenido estomacal de organismos de *M. cephalus* analizados en las dos estaciones climáticas (otoño e invierno), se clasificaron por colores (a: azul, b: rojo, c: negro y d: lila)



doza (2020) reportaron que para los peces *Selene peruviana* predomina el tamaño de microplásticos de 100-200 μm en un 46%, en *Diplectrum conceptione* de 1 000-2 000 μm en un 38% y en *Thunnus alalunga* mayores a 2 000 μm en un 34%. Por su parte, Chota-Macuyama y Chong-Mendoza (2020) obtuvieron resultados similares en un estudio realizado en la ciudad de Iquitos, amazonía peruana, con la especie de pez *Prochilodus nigricans*, donde todas las muestras estuvieron dentro del rango de 400 a 4 390 μm. Al analizar los estómagos de los especímenes se pudieron obser-

var e identificar distintos tipos de microplásticos, y fueron clasificados por colores (a: azul; b: rojo; c: negro; y d: lila).

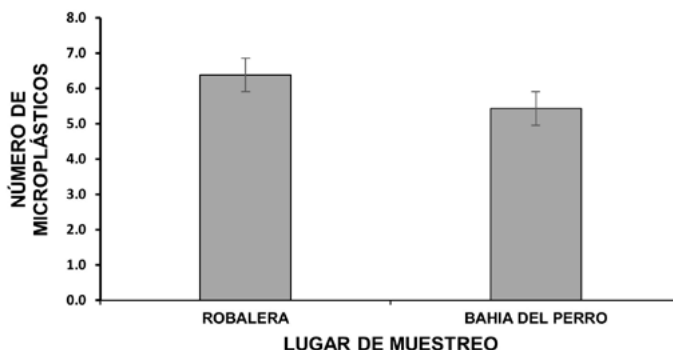
Gráfica 3.1. *Tamaño de microplásticos (μm) encontrados en estómagos de *M. cephalus* en relación con dos estaciones climática (otoño e invierno). Se muestran valores promedio*



Fuente: elaboración propia.

El mayor número de microplásticos presentes en el contenido estomacal en relación con el lugar de muestreo se encontró en sitio La Robalera con un total de 252, siendo más elevado que lo reportado por Godoy-Balcarel et al. (2020) en un estudio realizado en peces comerciales, con un total de 103 microplásticos, debido a que reciben una alta carga de contaminantes, además de recibir el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Gráfica 3.2. *Número de microplásticos presente en el contenido estomacal en *M. cephalus* en relación con el lugar de muestreo, se muestran los valores promedio*

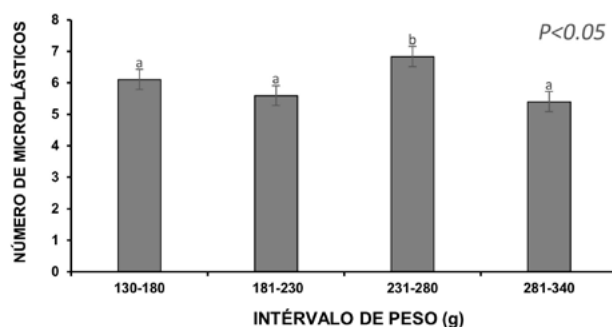


Fuente: elaboración propia.

Al analizar el número de MP en relación con el peso de los organismos se encontró que en el intervalo 231-280 g fue donde hubo mayor cantidad. No se observó una relación directa ni inversa entre peso (g) y número de MP (gráfica 3.3). La presencia de microplásticos en el contenido estomacal respecto al peso del organismo fue mayor en organismos con peso de 231-280 gr; sin embargo, se observaron diferencias significativas en el factor de condición en relación con el número de microplásticos. Este resultado fue similar a lo reportado por Mizraji et al. (2017), quienes registraron una relación negativa, es decir, mientras aumenta el número de microplásticos disminuye el factor de condición. Iannacone et al. (2021) no reportaron diferencias significativas en la mayoría de las especies de peces marinos, respecto al peso y la longitud total de los peces con la cantidad de microplásticos en el tracto digestivo. Sin embargo, Mazariegos-Ortíz et al. (2021) encontraron en *Gobionellus microdon* una correlación negativa entre el factor de condición y el número de microplásticos, pero no para el caso del peso y la longitud total. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Foekema et al. (2013), quienes estudiaron seis especies de peces y únicamente en una se apreció la disminución del factor de condición en relación con el número de microplásticos. Estos resultados son importantes ya que hasta el momento no hay evidencia que permita confirmar que los microplásticos estén afectando el factor de condición de los peces. Por otro lado, en organismos con tallas pequeñas es difícil observar el efecto de los microplásticos en el factor de condición (Morgana et al., 2018), pero se debe profundizar más sobre cómo están afectando, ya sea bloqueando el proceso de digestión intestinal o causando una falsa saciedad. Cabe mencionar que el factor de condición es un índice que no sólo indica la condición de un animal, sino también que está relacionado con el peso y la longitud total.

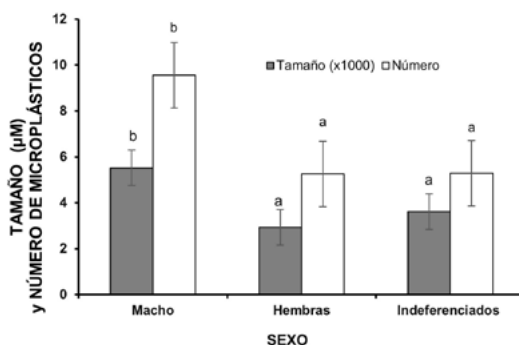
En la gráfica 3.4 se puede observar una relación entre el sexo de los organismos respecto al tamaño y número de MP, siendo los machos donde se encuentran en mayor número y tamaño. El tamaño y número de microplásticos mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) respecto al sexo de los organismos, siendo mayor en los machos y, en segundo lugar, las hembras, lo cual difiere a lo reportado por Iannacone et al. (2021) en un estudio realizado en peces marinos, donde no observaron diferencias signifi-

Gráfica 3.3. Se muestra el valor promedio del número de microplásticos en el contenido estomacal en *M. cephalus* en relación con el peso del organismo



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 3.4. Tamaño de microplásticos (μm) y número de microplásticos en relación con el sexo del organismo en *M. cephalus*



Fuente: elaboración propia.

cativas entre hembras y machos en relación con las medidas biométricas con el número de partículas de microplásticos.

Referencias

Castro-Aguirre, J. L. (1978). Catalogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográfico y ecológicos. *Serie Científica*, 19, 1-290.

- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca [Conapesca]. (2018, mayo 18). *Mayor vigilancia de Conapesca en las zonas pesqueras de Sinaloa*. Gobierno de México <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/mayor-vigilancia-de-conapesca-en-las-zonas-pesqueras-de-sinaloa-157562>.
- Chota-Macuyama, W. y 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>
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 842-852. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Foekema, E. M., De Gruijter, C., Mergia, M. T., Van Franeker, J. A., Murk, A. J. y Koelmans, A. A. (2013). Plastic in North Sea fish. *Environmental Science and Technology*, 47(15), 8818-8824. <https://doi.org/10.1021/es400931b>
- García Sandoval, S. (1982). *Evaluación de las capturas de lisa en el NE del Golfo de México. Periodo 1965-1979* (Documento interno). Instituto Nacional de la Pesca, Centro de Investigación Pesquera-Tampico.
- Global Names Usage Bank. (2015). *Mugil cephalus* Linnæus, 1758 in Global Names Architecture [Base de datos]. Bernice Pauahi Bishop Museum. <https://doi.org/10.15468/pwn0bl>
- Godoy-Balcarcel, B., Ponciano-Nuñez, M., Alpuche-Palma, A., Vera-Quiñones, F. y Mendiola-Campuzano, J. (2020). Identificación de microplástico en el contenido gastrointestinal de peces comerciales. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 8(3), 124-134. <http://www.reibci.org/publicados/2021/dic/4400107.pdf>
- Gómez-Ortiz, G. A., González-Cruz y I. Hernández-Tabares. (2006). Lisa y lebrancha en el Golfo de México y mar Caribe. En F. Arreguín-Sánchez, L. Beléndez-Moreno, I. M. Gómez-Humarán, R. Solana-Sensores y C. Rangel-Dávalos (Eds.), *Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y manejo* (pp. 477-502). SAGARPA, Instituto Nacional de la Pesca.
- Iannacone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M. y Alvariño, L. (2021). Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(2). <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20038>
- Ibáñez-Aguirre, A. L., Gallardo-Cabello, M. y Chiappa-Carrara, X. (1999). Growth analysis of striped mullet, *Mugil cephalus*, and white mullet, *M. curema* (Pisces: Mugilidae), in the Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 97(4), 861-872. https://www.researchgate.net/publication/285682770_Growth_analysis_of_striped_mullet_Mugil_cephalus_and_white_mullet_M_curema_Pisces_Mugilidae_in_the_Gulf_of_Mexico
- López, C. J. (1982). *Descripción de la unidad de pesquerías de la lisa Mugil cephalus Linnaeus, 1758 y de la lebrancha Mugil curema Valenciennes, 1836 del Golfo de México* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mazariegos-Ortiz, C., Xajil-Sabán, M., Blanda, E. y Delvalle-Borrero, D. (2021). Ocurrencia de microplásticos en el tracto digestivo de peces de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Guatemala. *Ecosistemas* 30(2), 1-7. <https://doi.org/10.7818/ecos.2188>

- Mendoza Zambrano, M. J. y 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 Ingeniería]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. <https://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/1327>
- Mizraji, R., Ahrendt, C., Pérez-Venegas, D., Vargas, J., Pulgar, J., Aldana, M., Ojeda, P., Duarte, C. y Galbán Malagón, C. (2017). Is the feeding type related with the content of microplastics in intertidal fish gut. *Marine Pollution Bulletin*, 116, 498-500. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.008>
- Morgana, S., Ghigliotti, L., Estévez-Calvar, N., Stifanese, R., Wieckzorek, A., Doyle, T. y Garaventa, F. (2018). Microplastics in the Arctic: A case study with sub-surface water and fish samples off Northeast Greenland. *Environmental Pollution*, 242, 1078-1086. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.001>
- Opitz Burgos, T. S. (2017). Evaluación de los efectos de la contaminación con microplástico, en el balance energético del recurso pesquero *Choromytilus chorus* [Tesis de Maestría]. Universidad de Chile. <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Opitz%20Tania.pdf>
- Saleh, M. A. (2009). *Mugil cephalus (Linnaeus, 1758) [Mugilidae]*. FAO.
- Santiago, Z. A. (1987). *Determinación de la edad y crecimiento de lisa Mugil cephalus Linnaeus, en el sistema lagunar del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sarria, R. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 21-27. <https://jci.uniautonoma.edu.co/2016/2016-3.pdf>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SADER]. (2017). (2017, 23 noviembre). *¿Cuál es la importancia de la sustentabilidad pesquera?* Gobierno de México <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/cual-es-la-importancia-de-la-sustentabilidad-pesquera>
- United Nations Environment Programme [UNEP]. (2005). *Making tourism sustainable: A guide for policy makers*. UNEP.
- Williams, R., Ashe, E. y O'Hara, P.D. (2011). Marine mammals and debris in coastal waters of British Columbia, Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 62(6), 1303-1316. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.02.029>