



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE SUCRE  
INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE VENEZUELA  
COORDINACIÓN DE POSTGRADO EN CIENCIAS MARINAS  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS MARINAS

---



**ESTUDIO DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN EL CONTENIDO ESTOMACAL Y BRANQUIAS DE LA SARDINA, *Sardinella aurita* Valenciennes, 1810 (TELEOSTEI: CLUPEIDAE), Y EVALUACIÓN DE SU DINÁMICA REPRODUCTIVA, DURANTE LA ÉPOCA DE PESCA DEL AÑO 2022, EN EL ESTADO SUCRE, VENEZUELA**

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE *MAGISTER SCIENTARUM* EN CIENCIAS MARINAS, MENCIÓN BIOLOGÍA PESQUERA

POR: LCDO. JUAN JOSÉ LÓPEZ-MARCANO

CUMANÁ, 2023

### ACTA DE DEFENSA DE TRABAJO DE GRADO

Nosotros, *Dra. Ivis Marina Fermín, M. Sc Mariela Narváez Ruiz, M. Sc. Luis Alejandro Ariza A. y M. Sc Edgar Alexander García M.*, integrantes del jurado designado por la Comisión Coordinadora del Programa de Postgrado en Ciencias Marinas, para examinar el Trabajo de Grado intitulado: **“ESTUDIO DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN EL CONTENIDO ESTOMACAL Y BRANQUIAS, DE LA SARDINA, *Sardinella aurita* Valenciennes, 1810 (TELEOSTEI: CLUPEIDAE), Y EVALUACIÓN DE SU DINÁMICA REPRODUCTIVA, DURANTE LA ÉPOCA DE PESCA DEL AÑO 2022, EN EL ESTADO SUCRE, VENEZUELA”**, presentado por el **Licdo. Juan José López Marcano, C.I.: 24.130.735**, a los fines de cumplir con el requisito legal para optar al grado de *Magíster Scientiarum* en Ciencias Marinas, Mención: *Biología Pesquera*.

Hacemos constar que hemos examinado el mismo e interrogado al postulante en sesión pública celebrada hoy, a las 9:00 a.m., en el Edificio Rectorado II, Av. Gran Mariscal de Ayacucho, Cumaná estado Sucre.

Finalizada la defensa del trabajo de grado por parte del postulante, el jurado decidió **APROBARLO** por considerar, sin hacerse solidario de las ideas expuestas por el autor, que el mismo, se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado de la institución.

En fe de lo anterior, se levanta la presente acta, que firmamos conjuntamente con la Coordinadora del Postgrado en Ciencias Marinas en la ciudad de Cumaná, a los ocho días del mes de marzo de dos mil veintitrés.

Jurado Examinador:

*Dra. Ivis Marina Fermín*

(Tutora)

*Ivis Fermín*

C.I.: 10.291.815

*M. Sc. Mariela Narváez Ruiz*

C.I.: 18.416.876

*M. Sc. Luis Alejandro Ariza A.*

C.I.: 14.886.877

*M. Sc. Edgar A. García M.*

C.I.: 15.317.801

Coordinadora (E) Programa de Postgrado:

*Dra. Ivis Marina Fermín*  
C.I.: 10.291.815

*Ivis Fermín*  
Firma y Sello



## INDICE

INDICE .....	III
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
LISTA DE TABLAS .....	VIII
LISTA DE FIGURAS .....	IX
RESUMEN .....	XI
INTRODUCCIÓN .....	1
HIPÓTESIS .....	9
OBJETIVOS .....	10
GENERAL.....	10
ESPECÍFICOS.....	10
METODOLOGÍA .....	11
OBTENCIÓN DE MUESTRAS.....	11
PREPARACIÓN DEL ÁREA, MATERIALES Y EQUIPOS DE TRABAJO .....	12
ANÁLISIS MORFOMÉTRICOS .....	13
Relación talla-peso .....	13
Factor de condición ( $K$ ).....	13
DINÁMICA REPRODUCTIVA.....	14
Determinación de la madurez gonádica .....	14
Índice gonádico (IG) .....	15
Cronograma de madurez.....	15
Proporción sexual.....	16
ANÁLISIS DE MICROPLÁSTICOS EN EL CONTENIDO ESTOMACAL Y BRANQUIAS.....	16
Índice repleción .....	18
Índice de vacuidad.....	18
DISEÑO EXPERIMENTAL .....	18
ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	19
Herramientas computacionales (software) .....	19

RESULTADOS.....	20
Longitud total .....	20
Peso .....	22
Relación talla-peso .....	24
Factor de condición <i>K</i> .....	25
Cronograma de madurez.....	28
Índice gonadosomático.....	30
Proporción sexual.....	32
Índice de repleción .....	32
Índice de vacuidad.....	35
Abundancia de microplásticos y frecuencia de ocurrencia .....	35
Correlaciones .....	39
Caracterización física de los microplásticos .....	40
DISCUSIÓN .....	43
CONCLUSIÓN .....	49
BIBLIOGRAFÍA .....	50
HOJAS DE METADATOS.....	61

## DEDICATORIA

*En un mundo de plástico y ruido, quiero ser de barro y silencio...*

**Eduardo Galeano**

En memoria de Baumar Marín...

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia, por confiar en mis decisiones y por estar siempre presentes en el camino que decidí transitar.

A la Profesora Ivis Fermín, por brindarme la oportunidad de seguir creciendo Académica y Profesionalmente, justo cuando la situación del País, la Universidad y la Pandemia llevaron a muchos al abandono. Por ser mi asesora y bríndame sus consejos y la libertad intelectual que me permitieron desarrollar este trabajo de grado.

Al Profesor Edgar García, por complementar mis ideas científicas y brindarme soluciones oportunas a los problemas que se me presentaron. A su familia: su esposa Marianny Velásquez y sus dos hijos Fabiola y Fabián, por hacerme sentir parte de los suyos; mes tras mes y muestreo tras muestreo. Por ese espacio que acondicionaron en su casa que nos sirvió como laboratorio en la situación actual de los espacios universitarios. A ellos agradecido eternamente, fueron parte fundamental del todo.

A los Profesores Baumar Marín, Mariela Narváez, Luis Ariza y José Núñez, por formar parte de mi desarrollo académico y profesional, siempre serán fuente de inspiración y admiración.

Al Grupo de Investigaciones sobre Plásticos y Microplásticos en Ambientes y Organismos Marinos, por ser la plataforma en la cual desarrollamos múltiples investigaciones, incluyendo este trabajo de grado, avances científicos que nos permiten estar hoy en la vanguardia del tema en el país.

Al Instituto Oceanográfico de Venezuela y la Universidad de Oriente, por bríndame la institucionalidad y herramientas que permiten seguir avanzando en mi desarrollo Profesional y Académico.

Al Postgrado en Ciencias Marinas, por mantenerse de pie ante las situaciones tan complejas que estamos viviendo y no detenerse allí. Auguro grandes cosas para sus Profesores y Estudiantes.

Gracias a todos los anónimos que fueron parte de este proceso Académico, Profesional y Personal...

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Esquema del diseño ortogonal.....	18
Tabla 2. PERMANOVA de los datos de longitud total.....	20
Tabla 3. PERMANOVA de los datos de peso.. .....	22
Tabla 4. Prueba <i>a posteriori</i> del peso en gramos de los individuos por el factor mes.. .....	23
Tabla 5. PERMANOVA de los datos de peso.. .....	26
Tabla 6. Prueba <i>a posteriori</i> del factor de condición por el factor mes.....	26
Tabla 7. PERMANOVA de los datos del índice gonosomático.. .....	30
Tabla 8. Prueba <i>a posteriori</i> del índice gonadosomático por el factor mes.....	31
Tabla 9. PERMANOVA de los datos del índice de repleción.. .....	33
Tabla 10. Prueba <i>a posteriori</i> del índice de repleción por el factor mes.....	33
Tabla 11. PERMANOVA de los datos de abundancia de microplásticos.. .....	36
Tabla 12. Prueba <i>a posteriori</i> de la abundancia de microplásticos por el factor mes para machos.....	36
Tabla 13. Prueba <i>a posteriori</i> de la abundancia de microplásticos por el factor mes para hembras.. .....	37
Tabla 14. Prueba <i>a posteriori</i> de la abundancia de microplásticos por el factor mes para indeterminados.....	38

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa Georeferenciado que muestra la locación de la lonja pesquera de Cumaná, mercado de pescadores de San Antonio y los puertos de desembarque de sardina de Guayacán, Guaca y Morro de Puerto Santo.....	12
Figura 2. Longitud total (cm) de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022. ....	21
Figura 3. Longitud total (cm) para cada sexo de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados durante la época de pesca del año 2022. ....	21
Figura 4. Peso (g) de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022. ....	23
Figura 5. Peso (g) para cada sexo de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados durante la época de pesca del año 2022. ....	24
Figura 6. Relación talla-peso de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022. ....	25
Figura 7. Factor de condición ( $K$ ) de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022. ....	27
Figura 8. Factor de condición ( $K$ ) para cada sexo de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados durante la época de pesca del año 2022. ....	27
Figura 9. Frecuencia de madurez de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022. ....	28
Figura 10. Frecuencia de madurez por la longitud total de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados en la época de pesca del año 2022.....	29
Figura 11. Cálculo del $L_{50}$ de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022. ....	29
Figura 12. Índice gonadosomático (IG) de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022. ....	31
Figura 13. Índice gonadosomático (IG) para cada sexo de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados durante la época de pesca del año 2022. ....	32
Figura 14. Numero de estómagos vacíos, medios llenos y llenos de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022. ....	34
Figura 15. Índice de vacuidad que representa el número de estómagos vacíos de los individuos de <i>Sardinella aurita</i> colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022. ....	35

Figura 16. Abundancia de microplásticos en número de ítem presentes en los individuos machos de <i>Sardinella aurita</i> colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022. ....	37
Figura 17. Abundancia de microplásticos en número de ítem presentes en los individuos hembras de <i>Sardinella aurita</i> colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022. ....	38
Figura 18. Abundancia de microplásticos en número de ítem presentes en los individuos indiferenciados de <i>Sardinella aurita</i> colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022. ....	39
Figura 19. Correlaciones entre las variables longitud total (LT), peso (Peso), factor de condición (K), índice gonadosomático (IG), índice de repleción (IR) y abundancia de microplásticos (MP). ....	40
Figura 20. Microplásticos registrados y clasificados físicamente por forma y color. ....	41
Figura 21. Fotografías representativas de los microplásticos encontrados durante cada uno de los meses de muestreo. ....	42

## RESUMEN

La variabilidad natural e importancia del recurso *Sardinella aurita*, son razones para que se mantenga un seguimiento de la especie, que incluye estudios biológicos y pesqueros, que generen información actualizada sobre su estado actual. Si a esto le sumamos la problemática causada por la contaminación plástica, es necesario evaluar la presencia de microplásticos en el contenido estomacal y branquias de la especie, para obtener información necesaria que pueda ser incluida dentro del enfoque ecosistémico de gestión pesquera, resaltando las posibles implicaciones sanitarias si existiese transferencia en la trama trófica de estos contaminantes hacia las personas. Por tales motivos, en el siguiente trabajo se evaluaron mensualmente un total de 100 sardinias, en un periodo comprendido entre abril y noviembre del 2022, meses correspondientes a la época de pesca del recurso. Los organismos fueron adquiridos en los principales mercados y/o puertos pesqueros del estado Sucre. Se les midieron las variables morfológicas longitud total y peso, se les extrajo el tracto digestivo y se determinó el peso del estómago lleno y vacío, además del peso del contenido estomacal. A su vez, se evaluaron las gónadas de los ejemplares para estudiar su dinámica reproductiva. El contenido estomacal fue procesado para separar los microplásticos y caracterizarlos de forma física. La relación talla-peso fue definida por la ecuación  $\text{Peso} = 0,00059 \cdot \text{LT}^{3,132}$ . Las más altas frecuencias de organismos maduros se encontraron en los meses de mayo, julio, agosto y noviembre, en organismos con tallas mayores de 14 cm de LT, presentando un  $L_{50}$  de 16,194 cm de LT, la proporción sexual fue 1:1. El factor de condición promedio fue de 0,861, presentando diferencias significativas mensuales. La media del índice gonadosomático fue de 1,355, esta variable presentó diferencias significativas para ambos factores. El índice de repleción presentó diferencias significativas por el factor mes, su promedio fue de 0,311, valor que entra dentro del rango de estómagos vacíos. El índice de vacuidad promedio fue de 0,276, siendo los meses de septiembre y noviembre los que contabilizaron mayor número de estómagos vacíos, este índice no presentó diferencias. La abundancia de microplásticos promedio fue 3,066 ítems, con diferencias mensuales e interacción con respecto al sexo y una frecuencia de aparición de 70,125 %, se obtuvieron un total de 2 459 ítems, 2 402 fibras y 57 fragmentos, ambos tipos en diferentes colores, siendo las fibras de color negro las más abundantes con 947 ítems. Este estudio, aunque demostró la alta presencia de microplásticos dentro del contenido estomacal, y una baja correlación de esta abundancia con las variables estudiadas, no puede ser concluyente a la hora de hablar de las consecuencias causadas por este contaminante emergente. Es necesario profundizar más sobre el tema, incluyendo ensayos de laboratorios con metodologías estandarizadas.

Palabras claves: sardina, microplásticos, morfofisiológicos, índices, pesquería.

## INTRODUCCIÓN

Plástico es un término genérico que abarca una amplia gama de materiales a base de polímeros, que se caracterizan por diferentes propiedades. Estos polímeros se mezclan con diferentes aditivos para mejorar su rendimiento, según las propiedades requeridas en el producto final, plastificantes, antioxidantes, retardantes de llama, estabilizadores UV, lubricantes y colorantes (GARCÍA 2019). Existen varios tipos de plástico, pero la producción mundial se basa en cinco de ellos: el polietileno, el polipropileno, el policloruro de vinilo, el poliestireno y el tereftalato de polietileno (GRUPO MIXTO DE EXPERTOS SOBRE LOS ASPECTOS CIENTÍFICOS DE LA PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO - GESAMP 2015).

La producción y uso de microplásticos en el mundo ha aumentado exponencialmente desde la década de 1950 hasta alcanzar más de 320 millones de toneladas en 2015. Habida cuenta de que la demanda de productos plásticos sigue aumentando, se estima que la producción superará los 1 000 millones de toneladas en 2050 (PLASTICSEUROPE 2016). Los microplásticos provienen de diversas fuentes y se clasifican en dos categorías generales: Los microplásticos primarios, que se fabrican intencionalmente de un cierto tamaño, tales como los granulados, polvos y abrasivos domésticos e industriales. Los microplásticos secundarios, provenientes de degradación de materiales más grandes, sea por su fragmentación en microplásticos (como bolsas de plástico, materiales de embalaje de alimentos y cuerdas, por ejemplo) o las emisiones de microplásticos durante el transporte terrestre, la fuente más importante es la abrasión de los neumáticos de automóviles en uso (FAO 2017).

La creciente presencia de plásticos en los ecosistemas acuáticos ha sido considerada como un problema ambiental emergente a escala global (BROWNE *et al.* 2008, UNEP 2011, GRANEK *et al.* 2020, OLIVEIRA *et al.* 2020, STOCK *et al.* 2020), especialmente por su posible interferencia en las redes tróficas (BROWNE *et al.* 2007, PROVENCHER *et al.* 2015, AU *et al.* 2017). La erosión de los plásticos

da lugar a fragmentos de pequeño tamaño, incluyendo los denominados microplásticos que han sido definidos como partículas de plástico de menos de 5 mm (ORY *et al.* 2018), y que pueden ser clasificados según tamaño, origen, forma, polímero, tipo o color (DERRAIK 2002, BROWNE *et al.* 2011, COLE *et al.* 2011, RILLIG 2012, WAGNER *et al.* 2014).

Los plásticos o sus fragmentos se encuentran ampliamente distribuidos por el medio terrestre y pueden ser transportados por diversos medios (viento, escorrentía) y llegar a los sistemas acuáticos, tanto al mar como a hábitats lóticos y lénticos (THOMPSON *et al.*, 2009). Existe cierta preocupación acerca del impacto que las distintas formas, tamaños o composición de los plásticos puede tener sobre la biota acuática (THOMPSON *et al.* 2004, BROWNE *et al.* 2007, MOCHAMAD *et al.* 2019, WANG *et al.* 2020), por lo que es importante conocer su procedencia, prevalencia y abundancia en estos sistemas (AUTA *et al.* 2017, COLLARD *et al.* 2019). Una vez los plásticos llegan a los sistemas acuáticos, dependiendo de su densidad, pueden flotar y mantenerse en la columna de agua, o hundirse y acumularse en los sedimentos. En cualquier caso, estos plásticos continúan su proceso de erosión, dando lugar a fragmentos más pequeños que se acumulan en los sedimentos o quedan en suspensión en la columna de agua (VAN CAUWENBERGHE *et al.* 2013, 2015, DESFORGES 2014, LECHTHALER *et al.* 2020, PENGFEI *et al.* 2020, WENDT-POTTHOFF & GABEL 2020).

Existen estudios que han demostrado que los fragmentos de plásticos y microplásticos pueden ser ingeridos, intencionada o accidentalmente, por una amplia variedad de grupos taxonómicos acuáticos, como crustáceos (*Daphnia magna*, *Gammarus pulex* y *Notodromas monacha*), oligoquetos (*Lumbriculus variegatus*), moluscos (*Potamopyrgus antipodarum* y *Mytilus edulis*), peces (*Gobio gobio*) (ROSENKRANZ *et al.* 2009, IMHOF *et al.* 2013, WAGNER *et al.* 2014), además de aves, tortugas y mamíferos marinos (TEUTEN *et al.*, 2009, COLABUONO *et al.* 2010, LAVERS *et al.* 2014, PROVENCHER *et al.* 2015, GIL-DELGADO *et al.* 2017).

Por otro lado, también es importante investigar acerca de los procesos de transferencia trófica de microplásticos y su posible interacción con factores bióticos y abióticos. La identificación de los factores que influyen en su captura, ingesta y absorción, el tiempo de residencia en organismos acuáticos, su posible bioacumulación, los efectos físicos de su agregación en el tracto gastrointestinal, y su potencial para actuar como vectores para la transferencia de otros contaminantes, son aspectos importantes sobre los que se tiene escasa información (AU *et al.* 2017, ROCH *et al.* 2020). Además, durante la degradación del microplásticos, se pueden liberar sustancias químicas que generan un impacto negativo en los organismos y ecosistemas al cual están expuestos (ROYER *et al.* 2018, BUCOL *et al.* 2020).

Los microplásticos se han encontrado en diversos alimentos consumidos por seres humanos como cerveza, miel y sal de mesa (LIEBEZEIT & LIEBEZEIT, 2013, 2014, YANG *et al.* 2015). Sin embargo, la mayoría de los estudios científicos existentes tratan de su presencia en mariscos, convirtiéndolos en la fuente mejor conocida de microplásticos a los cuales se expone el ser humano. A pesar de que los filetes de pescado y los peces grandes son dos de los productos más consumidos de la pesca, estos no constituyen las fuentes más probables o significativas de microplásticos, dado que no se suelen consumir los intestinos de los mismos, donde se encuentra la mayoría de los microplásticos. Sin embargo, las pequeñas especies de peces, los crustáceos y los moluscos que se consumen enteros, sin eliminar los intestinos, representan la principal fuente de preocupación con respecto a la exposición a microplásticos a través del consumo de productos pesqueros y acuícolas (FAO 2017).

No obstante, los peces están en los últimos eslabones de la cadena trófica de sistemas acuáticos continentales y marinos, y tienen un papel destacado en la transferencia de energía entre niveles tróficos, así que los estudios centrados en la ingestión de microplásticos pueden tener relevancia en

estos hábitats. Además, debido a que en muchos peces el tipo de alimentación y la dieta puede variar en función de la edad (HYSLOP 1980, COSTELLO 1990, GRANADO 2002, BENNEMANN *et al.* 2006), las variaciones inter e intraespecíficas en la ingesta de microplásticos pueden ser considerables.

La ingestión y acumulación de fragmentos de plásticos pueden generar alteraciones fisiológicas y metabólicas en los organismos (BROWNE *et al.* 2008, MAOCAI *et al.* 2019, BOYERO *et al.* 2020, WANG *et al.* 2020). Estudios como el de DA COSTA ARAUJO & MALAFAIA (2020), demuestran que los peces son capaces de ingerir hasta 1,26 partículas de microplásticos/g de contenido estomacal, y que su acumulación puede alcanzar el nivel trófico superior y desencadenar cambios de comportamiento, concretamente falta de agregación social defensiva y reducción de la evaluación de riesgo. Por lo antes mencionado es sumamente importante estudiar la presencia de estos contaminantes dentro de la cadena trófica marina, empezando por los eslabones más bajos como lo son los pequeños pelágicos como la sardina y anchoas.

La sardina, *Sardinella aurita*, es un pequeño pez pelágico que está distribuida en el Atlántico, desde el sur-oeste de África hasta el sur de España y en el Mediterráneo. También se encuentra desde la costa este de América del Norte hasta el sur de Brasil. En el Indo Pacífico se localiza en el área sur de China, Malasia y alrededores del Archipiélago de Indonesia. En la mayoría de estas regiones esta especie es explotada por importantes pesquerías, fundamentalmente artesanales. Así mismo, las poblaciones importantes de *S. aurita* se encuentran en zonas de surgencia costera (WHITEHEAD 1985, GOURÈNE & TEUGELS 1990, HUQ 2003).

El recurso sardinero de Venezuela representa la pesquería más importante del país en aguas jurisdiccionales, en cuanto a volumen de producción se refiere. Se captura en la región nororiental y en zonas exclusivamente costeras. Este recurso representa una importante fuente de

empleo en las diferentes fases de captura, procesamiento y comercialización (HUQ 2003).

*Sardinella aurita* es una especie pelágica costera, explotada artesanalmente en Venezuela desde hace más de 70 años (GONZÁLEZ & ESLAVA 2000). Es utilizada como materia prima en la elaboración de conservas para consumo humano, harina para consumo animal y como carnada para la pesca de diversas especies de importancia comercial (GERLOTTO & GINÉS 1988, CERVIGÓN *et al.* 1992).

Las medidas de regulación vigentes incluyen la talla mínima de captura en 19 cm y la prohibición del uso de cerco de argolla con tamaño de malla inferior a 2,5 cm (Gaceta Oficial N° 41.295 del 7-12-2017). Sin embargo, en los últimos años se han observado aumentos paulatinos en las capturas de sardina, debido al incremento del esfuerzo de pesca (GONZÁLEZ *et al.* 2007; 2021) y de la demanda de empresas exportadoras. A partir del 2005 y hasta la actualidad, según estadísticas oficiales del Instituto Nacional Socialista para la Pesca y Acuicultura (INSOPESCA), las capturas han descendido de 122 646 toneladas en el año 2016 a 50 843 toneladas para el año 2020, lo que representa una disminución de más del 40 %. Ante este nuevo escenario, se hace necesario investigar continuamente procesos poblacionales como el crecimiento y la reproducción, indispensables para la evaluación del estado del recurso y su manejo (GONZÁLEZ & ESLAVA 2000).

El aparato de filtración de *S. aurita* presenta numerosas y largas branquispinas y cuatro pares de arcos branquiales, las branquispinas varían en su tamaño y forma. La mayor capacidad de filtración la presentan los adultos, lo cual se podría explicar por el número mayor de branquispinas. Igualmente se encontró que el número de branquispinas está relacionado con la longitud estándar del pez, ya que aumenta a medida que el pez crece, el número varía entre 72 y 365. La longitud del primer arco branquial es muy variable, entre 10 y 51 mm, y aumenta significativamente con la longitud estándar del pez. Por lo

tanto, el espacio interbranquispina es variable, entre 1,08 y 1,72 mm, y se incrementa significativamente con la longitud estándar del pez (BRUZUAL 1984, OROPEZA 1984, GARCÍA *et al.* 1985, RAMÍREZ *et al.* 1987, CALDERA 1988, HUQ 2003).

El tracto digestivo está formado por la cavidad buco-faríngea, el esófago, el estómago de paredes muy delgadas y lisas, siendo constreñido en la región pilórica. Esta región presenta una masa de ciegos pilóricos, y a continuación se encuentra el intestino que desemboca en el ano. El número de ciegos pilóricos en la especie es variable y aumenta significativamente con la longitud estándar del pez, en los juveniles tiene un rango entre 126 y 156, en los adultos oscila entre 105 y 193. El índice intestinal de *S. aurita* varía entre 0,78 y 1,36, indicando que la especie a menores tallas es carnívora, y a medida que crece se convierte en omnívora. Mientras que, el índice del tubo digestivo de la especie varió entre 1,28 y 1,98, es decir que aumenta significativamente a medida que el pez crece, indicando que la especie tiene hábitos omnívoros para todas las tallas (BRUZUAL 1984, OROPEZA 1984, GARCÍA *et al.* 1985, RAMÍREZ *et al.* 1987, CALDERA 1988, HUQ 2003).

Índice de repleción como el de vacuidad de *S. aurita* varía entre juveniles, adultos, sexos, espacio y tiempo. La especie presenta una dieta omnívora con tendencia zooplanctónica en tallas menores. En general se alimenta de organismos del plancton, con un amplio margen de tallas y formas, dependiendo de la distribución y abundancia de organismos del plancton. Presenta una alimentación filtradora y no selectiva, teniendo además la particularidad de ser, más que todo, oportunista. Los adultos consumen, como alimentos principales, dinoflagelados, diatomeas y copépodos, como alimentos secundarios, las micro algas, larvas de decápodos, bivalvos, copépodos, cirrípedos, ostrácodos, anfípodos, huevos de copépodos, de peces, cápsulas ovígeras y espermátóforos de moluscos. Los alimentos accidentales son: cladóceros, gasterópodos, apendiculados, foraminíferos, quetognatos,

tintínidos, larvas de anélidos y poliquetos (BRUZUAL 1984, OROPEZA 1984, GARCÍA *et al.* 1985, RAMÍREZ *et al.* 1987, CALDERA 1988, HUQ 2003).

Los alimentos principales de los juveniles son copépodos, diatomeas y dinoflagelados, mientras que los secundarios son huevos de copépodos y peces, cladóceros, cirrípedos, micro algas, anfípodos, larvas de ostrácodos, decápodos, bivalvos, espermátóforos y cápsulas ovígeras. Los alimentos accidentales son larvas de gasterópodos, bivalvos, misidáceos, peces, huevos de peces y apendiculados (BRUZUAL 1984, OROPEZA 1984, GARCÍA *et al.* 1985, CALDERA 1988).

Los peces han desarrollado estrategias reproductivas y características que aseguran la supervivencia de las especies bajo condiciones variables y a menudo desfavorables (POTTS & WOOTTON 1984). La estrategia reproductiva de cada especie se expresa por ciertas características tales como edad y tamaño fecundidad, tiempo de duración y frecuencia de desove, talla de primera madurez y comportamiento reproductivo (POTTS & WOOTTON 1984, WOOTTON 1998). Todas estas características son útiles para la gestión de la pesca (JENNINGS *et al.* 2001).

El conocimiento sobre los aspectos reproductivos es de gran utilidad para la comprensión de la biología básica de un recurso, siendo la fecundidad el factor que influye en la abundancia y recuperación de una población (PARKER 1985, TRESIERRA & CULQUICHICÓN 1993). En Venezuela se han realizado estudios sobre la biología reproductiva (FIGUERA 1967, REYES 1981, RAMÍREZ & HUQ 1986, FRÈON *et al.* 1997, GUZMÁN *et al.* 1999, BARRIOS 2002), pero poco se conoce sobre estimaciones de la población reproductora, fecundidad y stock-reclutamiento, conscientes que *S. aurita*, como todo clupeido, es sensible a los cambios ambientales y a la intensidad de pesca, motivo suficiente para ser evaluado regularmente y elaborar adecuados planes de manejo (GONZÁLEZ 1985, GUZMÁN & PENOTT 1999, GONZÁLEZ & ESLAVA 2000, GONZÁLEZ 2006). Ante esta realidad, se consideró oportuno determinar algunos aspectos reproductivos

de la sardina capturada en la costa norte del estado Sucre, donde se ubican los principales puertos de desembarque de la especie, con la finalidad de contribuir con datos sobre su dinámica reproductiva que puedan ser útiles en la administración de esta pesquería.

La variabilidad natural e importancia económica, social y ecológica de la Sardina, se consideran razones importantes para que se mantenga un seguimiento de la especie, que incluye estudios biológicos y pesqueros, incluyendo su dinámica reproductiva, que generen información actualizada sobre este recurso. Si a esto le sumamos la creciente problemática global causada por la contaminación plástica en nuestros mares, se puede considerar necesario evaluar la presencia de microplásticos en el contenido estomacal y branquias de la especie, para así obtener información necesaria que pueda ser incluida dentro del enfoque ecosistémico de gestión pesquera de la especie, resaltando las posibles implicaciones sanitarias que pueden ocurrir si existe transferencia en la trama trófica de estos contaminantes hacia los humanos.

## HIPÓTESIS

Si existe una relación entre la longitud y el peso de la especie, entonces el coeficiente de la variable predictiva longitud, será significativo bajo el modelo de regresión de mejor ajuste.

Hipótesis estadística nula:

$$H_0: \beta_i = 0$$

Si las variables longitud total, peso, factor de condición, índice gonadosomático, índice de repleción y abundancia de microplásticos, presentan cambios temporales a escala mensual, entonces existirán diferencias significativas mensuales entre las variables mencionadas.

Hipótesis estadística nula:

$$H_0: \bar{X}_{M1} = \bar{X}_{M2} = \bar{X}_{M3} = \dots = \bar{X}_{M8} = \mu$$

Si las variables longitud total, peso, factor de condición, índice gonadosomático, índice de repleción y abundancia de microplásticos, presentan cambios dependiendo del género, entonces existirán diferencias significativas en las variables mencionadas entre machos y hembras de la especie.

Hipótesis estadística nula:

$$H_0: \bar{X}_M = \bar{X}_H = \dots = \mu$$

Si la abundancia de microplásticos, está relacionada con las variables longitud total, peso, factor de condición, índice gonadosomático e índice de repleción, entonces habrá correlaciones estadísticamente distintas de cero entre las variables mencionadas.

Hipótesis estadística nula:

$$H_0: \rho (\text{rho}) = 0$$

## OBJETIVOS

### GENERAL

Estudiar la presencia de microplásticos en el contenido estomacal y branquias de la sardina, *Sardinella aurita* Valenciennes, 1810 (Teleostei: Clupeidae), y evaluar su dinámica reproductiva, durante la época de pesca del año 2022, en el estado Sucre, Venezuela.

### ESPECÍFICOS

1. Estimar los parámetros biométricos, el factor de condición y la relación Talla-Peso.
2. Estimar la dinámica reproductiva de la especie durante el periodo de muestreo.
3. Determinar el índice de repleción, índice de vacuidad y la frecuencia de ocurrencia de microplásticos, para el análisis del contenido estomacal de los peces muestreados.
4. Clasificar los microplásticos presentes en el contenido estomacal y branquias de los peces muestreados.
5. Establecer la frecuencia de ocurrencia de los microplásticos en el contenido estomacal de los peces muestreados.
6. Estudiar los cambios de la longitud total, peso, factor de condición, índice gonadosomático, índice de repleción y abundancia de microplásticos, entre los meses de muestreo y género de la especie.
7. Estudiar los cambios del índice de vacuidad y la proporción sexual, entre los meses de muestreo.
8. Comprobar la correlación entre la longitud total, peso, factor de condición, índice gonadosomático, índice de repleción y la abundancia de microplásticos.

## **METODOLOGÍA**

### **OBTENCIÓN DE MUESTRAS**

El periodo de muestreo empezó en abril del año 2022 y tuvo una duración de 8 meses, culminando en noviembre del mismo año. Los meses de enero a marzo y diciembre, se excluyeron por ser el periodo de veda de la especie. Los ejemplares fueron obtenidos en la Lonja Pesquera de Cumaná (Latitud: 10,473694° Longitud: -64,190303°) y el Mercado de Pescadores de San Antonio del Golfo (Latitud: 10,442583° Longitud: -63,789530°), ambas localidades pertenecen al estado Sucre. Las muestras obtenidas del Mercado de Pescadores de San Antonio del Golfo, provienen de las cavas de pescado que son traídas de la costa norte del estado, de los puertos pesqueros de las poblaciones de Guayacán (Latitud: 10,648638° Longitud: -63,831761°), Guaca (Latitud: 10,705780° Longitud: -63,090469°) y el Morro de Puerto Santo (Latitud: 10,740158° Longitud: -62,720452°). Se analizaron un total de 100 ejemplares mensualmente, en el Laboratorio para Estudios de microplásticos del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Las muestras se mantuvieron refrigeradas con la ayuda de un congelador a -20 °C hasta su procesamiento.

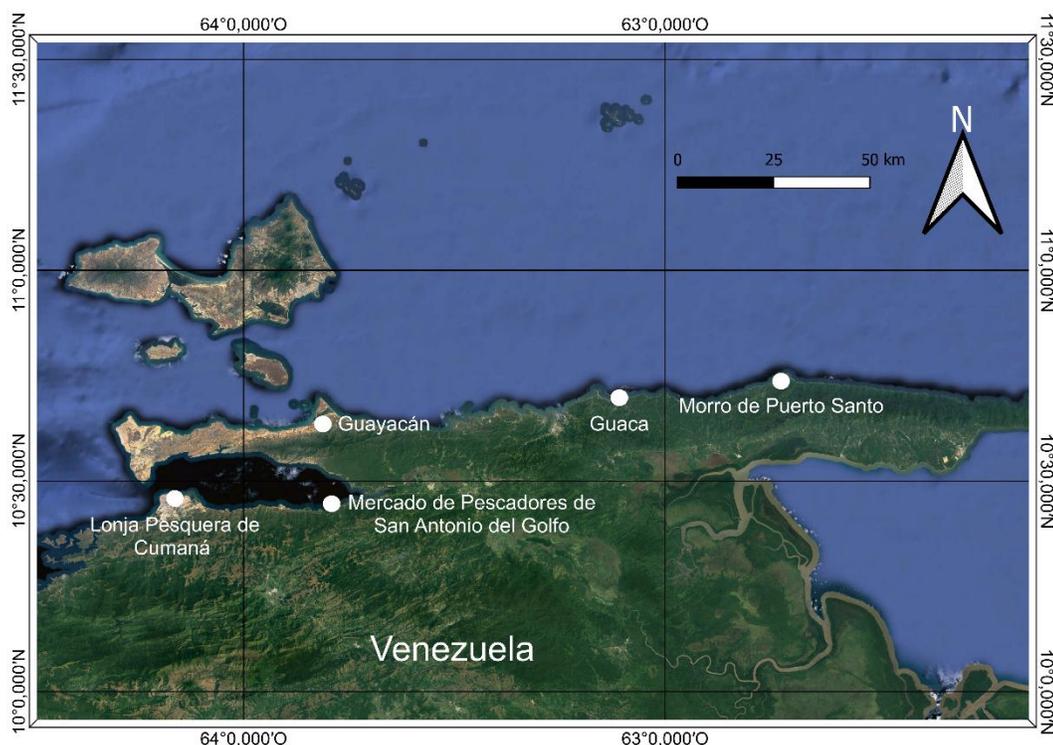


Figura 1. Mapa Georeferenciado que muestra la locación de la lonja pesquera de Cumaná, mercado de pescadores de San Antonio y los puertos de desembarque de sardina de Guayacán, Guaca y Morro de Puerto Santo.

## PREPARACIÓN DEL ÁREA, MATERIALES Y EQUIPOS DE TRABAJO

El agua utilizada para el lavado de las muestras y preparación de los reactivos fue destilada y filtrada con de papel filtro de borosilicato de 4,5  $\mu\text{m}$  de porosidad y 4,7 mm de diámetro, un equipo de kitasato y una bomba de vacío de 25,5 Hg - 60 psi, para evitar la contaminación por plásticos exógenos de las muestras.

El área de trabajo se limpió con Metanol al 70 % filtrado con papel de filtro de borosilicato de 4,5  $\mu\text{m}$  de porosidad y 4,7 mm de diámetro, un equipo de kitasato y una bomba de vacío de 25,5 Hg - 60 psi, para evitar la contaminación por plásticos exógenos de las muestras. Se emplearon materiales de vidrio o metal para evitar la contaminación de microplásticos.

## ANÁLISIS MORFOMÉTRICOS

### Relación talla-peso

A cada ejemplar se le midió la longitud total  $LT$  (cm), con la ayuda de un ictiómetro de un  $\pm 0,1$  cm de precisión, y el peso total (g) con la utilización de una balanza digital con una exactitud de  $\pm 0,1$  g.

Se construyó un modelo potencial para analizar datos de Talla-Peso de la especie en el periodo muestreado (SPARRE & VENEMA 1995).

Modelo potencial:

$$P = q * LT^b$$

El coeficiente  $b$  se calculó con la ecuación de predicción del modelo, este proporciona información acerca del tipo de crecimiento que exhibe la especie, si  $b = 3$ , el crecimiento es isométrico, y cuando  $b \neq 3$ , es alométrico (BAGENAL & TESCH 1978, RICKER 1975). Cuando  $b > 3$ , los individuos de mayor talla incrementan su peso en mayor proporción que su longitud (alometría positiva), cuando  $b < 3$ , se incrementa preferencialmente la longitud más que su peso (alometría negativa), además, se considerarán especies de crecimiento isométrico las que fluctúen dentro de los valores  $b = 2,5$  y  $b = 3,5$  (CARLANDER 1969, FROESE 2006).

### Factor de condición ( $K$ )

Se utilizó el índice de Fulton ( $K$ ), para medir la relación volumétrica en función del peso, ya que permite no solo comparar peces de las mismas longitudes, sino también determinar el grado de bienestar o robustez (RICKER 1975).

$$k = 100 * (P/LT^3)$$

Donde:

$P$ : es el peso del pez.

$LT$ : longitud total.

## **DINÁMICA REPRODUCTIVA**

Se extrajeron las gónadas de los ejemplares y serán pesadas con la utilización de una balanza analítica con una precisión de  $\pm 0,001$  g.

El sexo se determinó, de acuerdo a características externas de las gónadas según el criterio sugerido por HOLDEN & RAITT (1975).

### **Determinación de la madurez gonádica**

La estimación de la madurez se realizó macroscópicamente. Inicialmente, con la gónada completa, se determinó el estadio de madurez de las gónadas, de acuerdo a propiedades manifiestas como color y tamaño, así como otros caracteres visibles, tales como turgencia, presencia de vasos sanguíneos y ovocitos visibles. Se utilizó la escala de madurez de cinco estadios propuesta por el Manual de Ciencias Pesqueras de la FAO parte 2 (HOLDEN & RAITT 1975), que incluye descripciones para machos y hembras:

**Estadio I - virgen o inmaduro:** los órganos sexuales se presentan muy pequeños y delgados, colocados sobre la columna vertebral, son de aspecto traslucidos y no se observan ovocitos a simple vista. Ovarios rosáceos, traslucidos; testículos blancuzcos. Huevos invisibles a simple vista.

**Estadio II - madurando o recuperando:** ovarios y testículos cerca de 1/3 de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosáceos, traslucidos; testículos blancuzcos, más o menos simétricos. Huevos invisibles a simple vista.

**Estadio III - maduros:** ovarios y testículos cerca de 2/3 de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color rosáceos amarillo con aspecto granular; testículos blancuzcos a crema. No hay huevos transparentes o traslucidos visibles.

**Estadio IV - en desove:** ovarios y testículos cerca de 2/3 de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color naranja rosáceo con vasos

sanguíneos superficiales visibles. Grandes huevos maduros, transparentes. Testículos blancuzcos crema, blandos.

**Estadio V - desovados:** ovarios y testículos contraídos a cerca de ½ de la longitud de la cavidad abdominal. Paredes flojas. Los ovarios pueden contener restos de huevos opacos, maduros en desintegración, oscurecidos o traslucidos.

### **Índice gonádico (IG)**

Con la finalidad de identificar la época de desove se calculó el índice gonádico según la relación descrita por TSIKLIRAS & ANTONOPOULOU (2006).

$$IG = \frac{PG}{P} * 100$$

Donde:

*PG*: corresponde al peso de la gónada

*P*: es el peso del pez.

### **Cronograma de madurez**

La longitud promedio de maduración sexual ( $L_{50}$ ), que es la longitud al cual el 50 % de los ejemplares estuvieron sexualmente maduros, se calculará según la fórmula utilizada por HOYDAL *et al.* (1982), agrupando por clase de talla en dos categorías durante el periodo de estudio: inmaduras (estadio I) y maduras (estadios II-V).

$$M = 1/1 + e^{-a(LT-b)}$$

Donde:

*M*: representa la fracción de madurez.

*LT*: corresponde a la longitud total y

*a* y *b*: son parámetros a estimar.

## Proporción sexual

Para evaluar diferencias en la proporción sexual mensual de machos y hembras, se aplicó Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ), considerando la corrección de Yates (ZAR, 1996).

$$x^2 = (|f_{\text{♂}i} - f_{\text{♀}i}| - 1)^2 / Ni$$

Donde:

$f_{\text{♂}i}$ : es la frecuencia de machos en el mes  $i$ .

$f_{\text{♀}i}$ : es frecuencia de hembras en el mes  $i$ .

$Ni$ : es el número de individuos con sexo determinado en el mes  $i$ .

## ANÁLISIS DE MICROPLÁSTICOS EN EL CONTENIDO ESTOMACAL Y BRANQUIAS

Se extrajo el tracto digestivo y las branquias de los peces, el tracto digestivo se pesó antes y después de la extracción de su contenido, con la ayuda de una balanza analítica con una precisión de  $\pm 0,001$  g, para establecer de maneras gravimétrica, por diferencia, el peso húmedo del estómago y del contenido estomacal (HYSLOP 1980).

El tracto digestivo se diseccionó de manera perpendicular y se procedió a extraer todo su contenido con la utilización de espátulas y un lavado junto a las branquias, con agua destilada y metanol previamente filtrados con papel de filtro de borosilicato de  $4,5 \mu\text{m}$  de porosidad y  $4,7$  mm de diámetro, un equipo de kitasato y una bomba de vacío de  $25,5$  Hg -  $60$  psi, vertiendo el líquido resultante en viales rotulados para su posterior digestión y filtrado (BUCOL *et al.* 2020).

Se siguió el protocolo establecido por LUSHER & HERNANDEZ-MILIAN (2018) con modificaciones, en el proceso de filtración. Para la digestión de las muestras se utilizó una solución de KOH al  $10\%$ , (previamente filtrada con papel de filtro de borosilicato de  $4,5 \mu\text{m}$  de porosidad y  $4,7$  mm de diámetro, un equipo de kitasato y una bomba de vacío de  $25,5$  Hg -  $60$  psi, para evitar la

contaminación por plásticos exógenos de las muestras), en una proporción de 4:1 (KOH: muestra). Las muestras fueron incubadas a 60 °C durante 24 horas y agitadas cada 8 horas utilizando agitadores de vidrio por 2 minutos.

Terminada la digestión se procedió a filtrar con papel filtro de borosilicato de 4,5 µm de porosidad y 4,7 mm de diámetro, un equipo de kitasato y una bomba de vacío de 25,5 Hg - 60 psi. Finalmente, los filtros fueron secados a temperatura ambiente por un mínimo de 48 horas.

Se utilizó una lupa estereoscópica y un microscopio para inspeccionar visualmente cada papel de filtro, y se tomó registro fotográfico de lo encontrado empleando un sistema de video integrado de una cámara digital conectada a un microscopio estereoscópico y una computadora portátil con software de video, se utilizó el programa AmScope para el análisis posterior de las fotografías.

Para la caracterización visual de microplásticos se estableció un rango entre 5 mm y 0,001 mm, se siguieron los criterios de LUSHER *et al.* (2013, 2016). Se tomaron registros numéricos de abundancia de la forma (fibra “plástico delgado o fibroso, y recto”, fragmento “partícula de plástico duro e irregular”, film “plástico endeble plano y delgado” o pellet “partícula de plástico duro y redondeado”) (SRUTHY & RAMASAMY 2017) y color (azul, fucsia, verde, negro y blanco).

La frecuencia de ocurrencia (FO) de los microplásticos presentes en el contenido estomacal se midió, adaptando la fórmula de Frecuencia de Aparición de un componente alimenticio en porcentaje aplicada por HYSLOP 1980. Aplicando la escala, que distingue tres categorías: FO <10 % Accidental, 10 % < FO < 40 % Poco Común y FO > 40 % Común.

$$FO = \frac{n}{N} * 100$$

Donde:

*n*: número de estómagos donde se encontró microplásticos en el contenido estomacal.

*N*: el número total de los tractos o estómagos analizados.

### **Índice repleción**

Se calculó el índice de repleción (IR), el cual indicó la condición de llenado del estómago, se expresa con la siguiente fórmula:

$$IR = \frac{PCE}{P} * 100$$

Donde:

*PCE*: es el peso del contenido estomacal.

*P*: es el peso del pez.

Para determinar el estado de llenado del estómago, se tomó en cuenta la escala propuesta por FRANCO & BASHIRULLAH (1992): IR < 0,5 Estómago Vacío, 0,5 < IR < 1 Estómago Medio Lleno y IR > 1 Estómagos Llenos.

### **Índice de vacuidad**

Para calcular el índice de vacuidad (IV) se aplicó la siguiente fórmula:

$$IV = \frac{NEV}{NEE} * 100$$

Donde:

*NEV*: es el número de estómagos vacíos.

*NEE*: es el número de estómagos examinados.

La cual indica el porcentaje de estómagos vacíos en el total de los organismos muestreados.

## **DISEÑO EXPERIMENTAL**

La presente investigación plantea un diseño ortogonal de dos factores (mes y sexo), con ocho niveles en el primero y tres en el segundo (TABLA 1). Ambos factores son fijos.

Tabla 1. Esquema del diseño ortogonal. (M = machos, H = hembras y I = indeterminados).

Abr			May			Jun			Jul			Ago			Sep			Oct			Nov					
M	H	I	M	H	I	M	H	I	M	H	I	M	H	I	M	H	I	M	H	I	M	H	I	M	H	I

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para determinar el tipo de crecimiento que exhibe la especie, se comparó al parámetro  $b$  de la relación Talla-Peso, utilizando la prueba  $T$ -student (SOKAL & ROHLF 1979).

Para comprobar si existen diferencias mensuales y/o entre sexos para los datos longitud total, peso, factor de condición, índice gonadosomático, índice de repleción y abundancia de microplásticos, se utilizaron análisis de varianza multivariados con base en permutaciones (PERMANOVA) para someter a prueba la hipótesis nula (ANDERSON & ROBINSON 2003; ANDERSON ET AL. 2008). Posteriormente a aquellos PERMANOVA donde hubo diferencia significativa al menos en uno de los factores evaluados, se realizó una prueba de comparaciones pareadas múltiples Pair-wise test para así detectar diferencias entre pares de grupos (ANDERSON ET AL. 2008).

Se realizó una correlación de rangos de Spearman (ZAR 1974), entre los datos longitud total, peso, factor de condición, índice gonadosomático, abundancia y frecuencia de aparición de microplásticos.

### **Herramientas computacionales (software)**

La construcción y manejo de las bases de datos, se hicieron mediante la utilización del programa Excel del paquete Office de Microsoft para Windows. Las pruebas estadísticas, modelos, gráficos exploratorios y demás rutinas se desarrollaron utilizando el Software Libre R v4.2.2, bajo la interfaz gráfica R Studio (R CORE TEAM 2016).

## RESULTADOS

### Longitud total

El promedio de la longitud total en el periodo de muestreo fue 16,43 cm, alcanzando una medida máxima de 22 cm en el mes de mayo y una mínima de 12 cm para esta variable en el mes de junio. Los factores estudiados no presentaron interacciones entre sí ( $F= 0,9660$   $p= 0,3307$ ; TABLA 2). No se consiguieron diferencias significativas entre los meses de muestreo ( $F= 1,6618$   $p= 0,1899$ ; Fig. 2; TABLA 2). Con respecto al sexo, la longitud total de los individuos, presentaron diferencias significativas ( $F= 9,3397$   $p= 0,0018$ ; Fig. 3; TABLA 2). Al realizar la prueba *a posteriori* Pair-wise, se determinó que los organismos indeterminados fueron los que aportaron las diferencias significativas con respecto al sexo; entre machos e indeterminados ( $F=24,071$   $p=1e-04$ ), entre hembras e indeterminados ( $F= 23,624$   $p= 1e-04$ ) y entre machos y hembras ( $F= 0,7244$   $p= 0,3933$ ), estos últimos pueden considerarse como un mismo grupo.

Tabla 2. PERMANOVA de los datos de longitud total. (GL= grados de libertad, SC= suma de cuadrados,  $R^2$ = cuadrados medios, F= Pseudo-F y  $p$ = probabilidad calculada).

	GL	SC	$R^2$	F	Pr (>F)
Mes	1	3,16	0,00206	1,6618	0,1933
Sexo	1	17,77	0,01156	9,3397	0,0020
Mes: Sexo	1	1,84	0,00120	0,9660	0,3229
Residual	796	1514,85	0,98519		
Total	799	1537,62	1,00000		

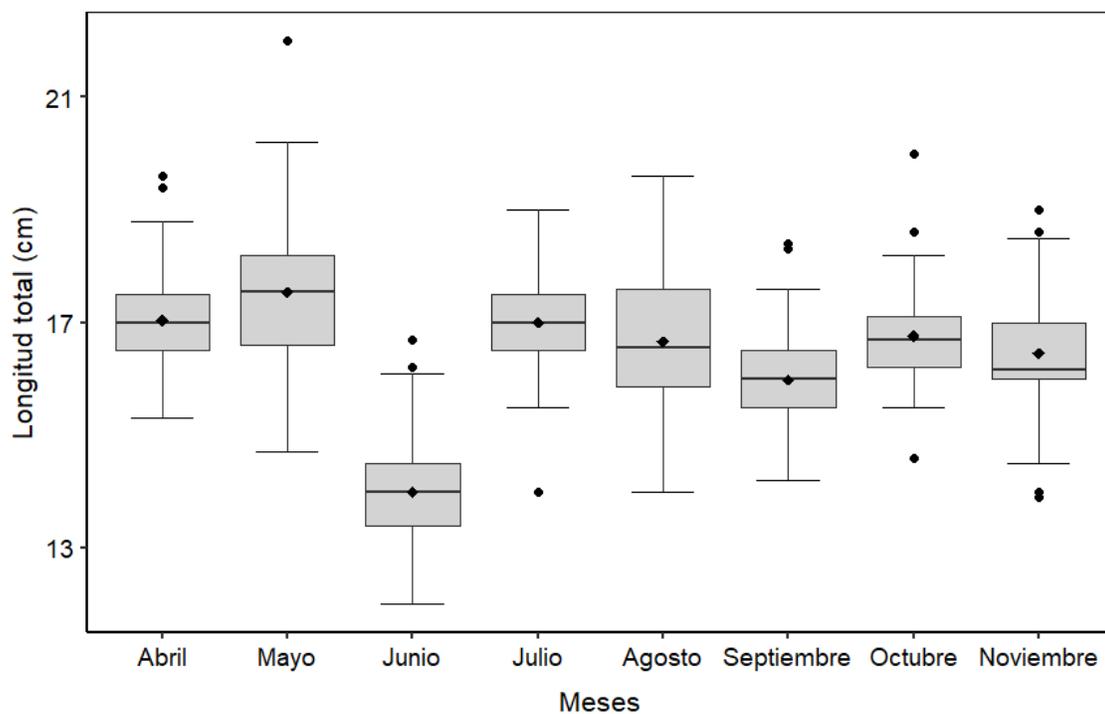


Figura 2. Longitud total (cm) de los individuos de *Sardinella aurita* colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022.

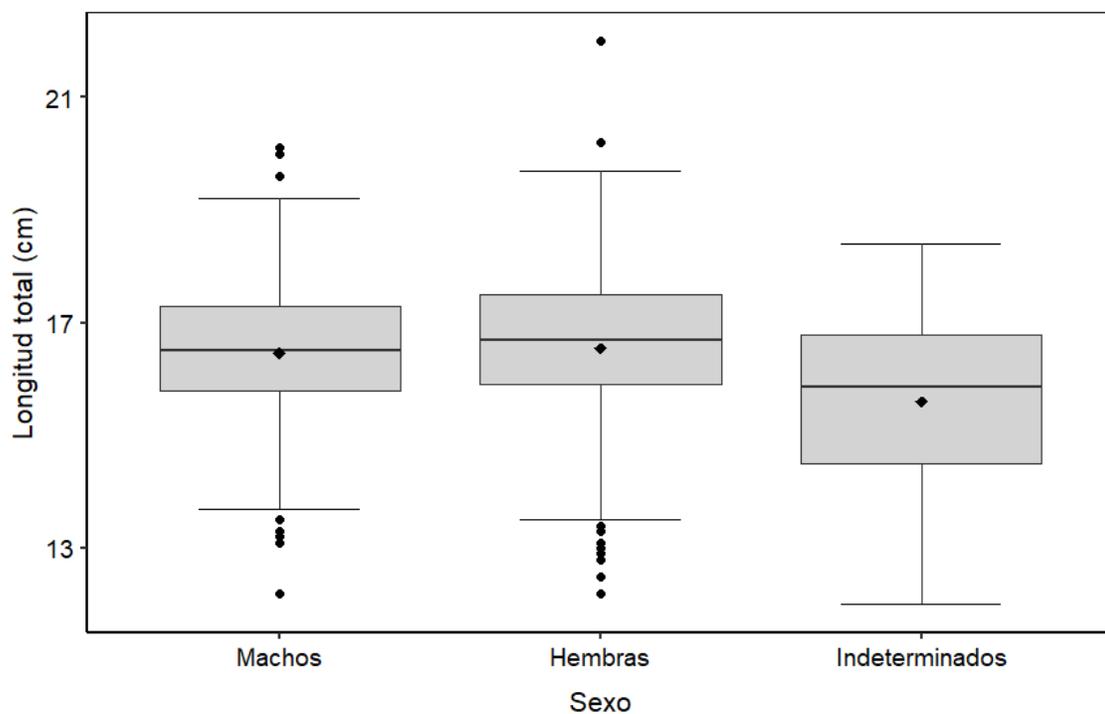


Figura 3. Longitud total (cm) para cada sexo de los individuos de *Sardinella aurita* colectados durante la época de pesca del año 2022.

## Peso

El promedio del peso en el periodo de muestreo fue 39,02 g, alcanzando una medida máxima de 85,60 g en el mes de mayo y una mínima de 14,30 g para esta variable en el mes de junio. Los factores estudiados no presentaron interacciones ( $F= 1,5661$   $p= 0,2080$ ; TABLA 3). Se consiguieron diferencias significativas con respecto a los meses de muestreo y el sexo de los individuos ( $F= 38,6685$   $p= 0,0001$ ; Fig. 4;  $F= 9,2019$   $p= 0,0021$ ; Fig. 5; TABLA 3). Al realizar la prueba *a posteriori* Pair-wise, se determinó que los organismos indeterminados fueron los que aportaron las diferencias significativas con respecto al sexo; entre machos e indeterminados ( $F= 9,6688$   $p= 0,0024$ ), entre hembras e indeterminados ( $F= 10,174$   $p= 0,0013$ ) y entre machos y hembras ( $F= 0,6942$   $p= 0,3964$ ), estos últimos pueden considerarse como un mismo grupo. En relación a los meses de muestreo, abril-mayo, julio-agosto Septiembre-noviembre y octubre y noviembre, pueden considerarse como iguales (TABLA 4).

Tabla 3. PERMANOVA de los datos de peso. (GL= grados de libertad, SC= suma de cuadrados,  $R^2$ = cuadrados medios, F= Pseudo-F y  $p$ = probabilidad calculada).

	GL	SC	$R^2$	F	Pr (>F)
Mes	1	4002	0,04578	38,6685	0,0001
Sexo	1	952	0,01090	9,2019	0,0027
Mes: Sexo	1	75	0,00086	0,7247	0,3934
Residual	796	82380	0,94246		
Total	799	87409	1,00000		

Tabla 4. Prueba *a posteriori* del peso en gramos de los individuos por el factor mes. (\* = nivel de significancia y - = sin diferencias significativas).

	Abr								
Abr	x	May							
May	-	x	Jun						
Jun	***	***	x	Jul					
Jul	***	***	***	x	Ago				
Ago	*	**	***	-	x	Sep			
Sep	***	***	***	***	***	x	Oct		
Oct	***	***	***	***	***	***	x	Nov	
Nov	***	***	***	***	***	-	-	x	

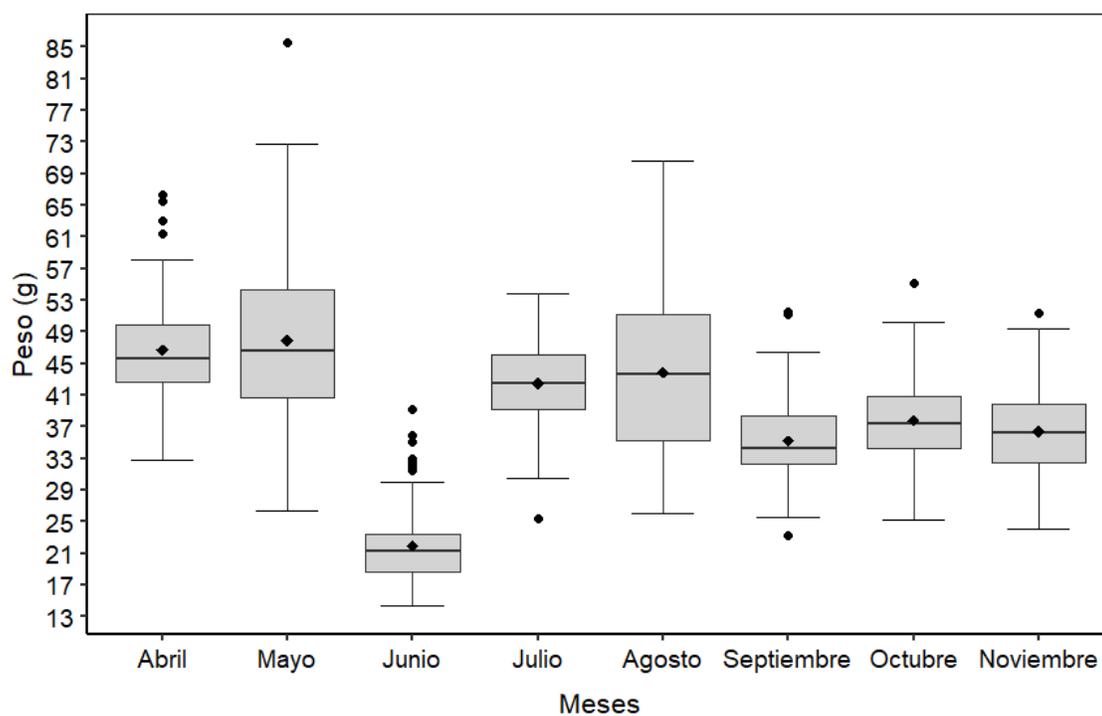


Figura 4. Peso (g) de los individuos de *Sardinella aurita* colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022.

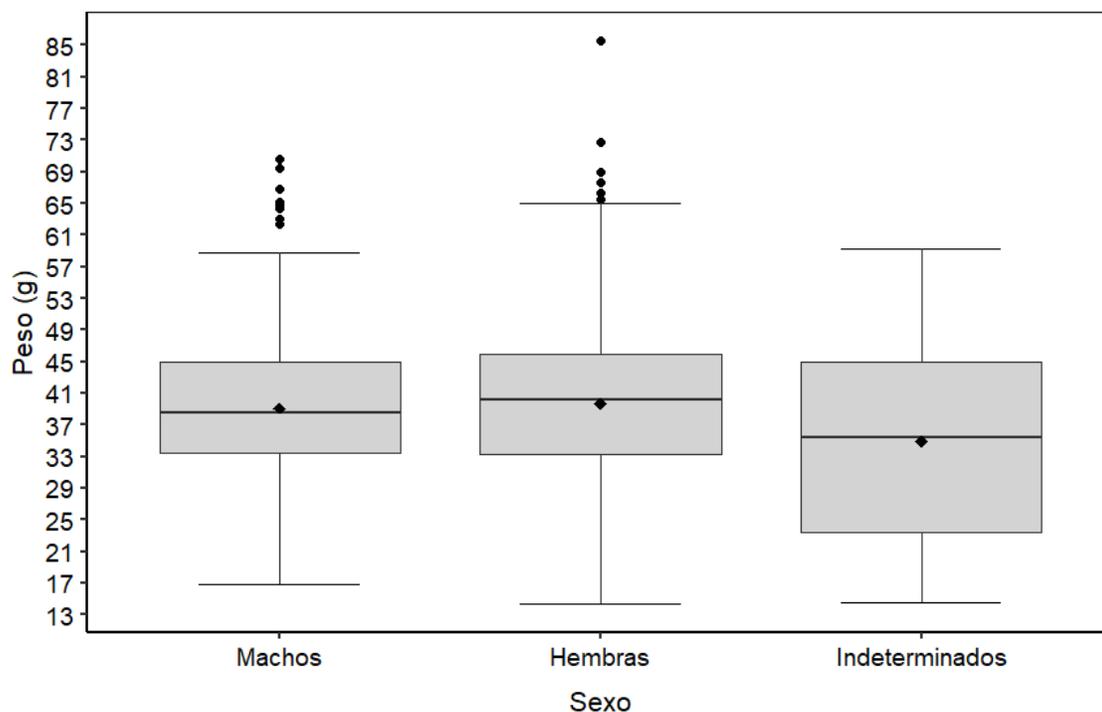


Figura 5. Peso (g) para cada sexo de los individuos de *Sardinella aurita* colectados durante la época de pesca del año 2022.

### Relación talla-peso

El modelo potencial Talla-Peso de la especie para el periodo de muestreo, arrojó que la variabilidad del peso es explicada un 86,9 % ( $R^2=0,8696$ ) por la longitud total, la regresión es altamente significativa ( $F\text{-statistic}=5322$   $p=2,2e-16$ ) y tanto el parámetro b ( $t\text{-value}=72,95$   $p < 2e-16$ ) como el intercepto ( $t\text{-value}=-42,73$   $p < 2e-16$ ), son estadísticamente diferentes a cero. La ecuación de la línea que mejor se ajusta es:

$$Peso = 0,0059 * LT^{3,132}$$

El tipo de crecimiento que exhibe la especie es alométrico positivo, es decir los individuos de mayor talla incrementan su peso en mayor proporción que su longitud ( $ts_{0,05}=2,575$   $ts_{exp}=2,6367$ ; Fig. 6).

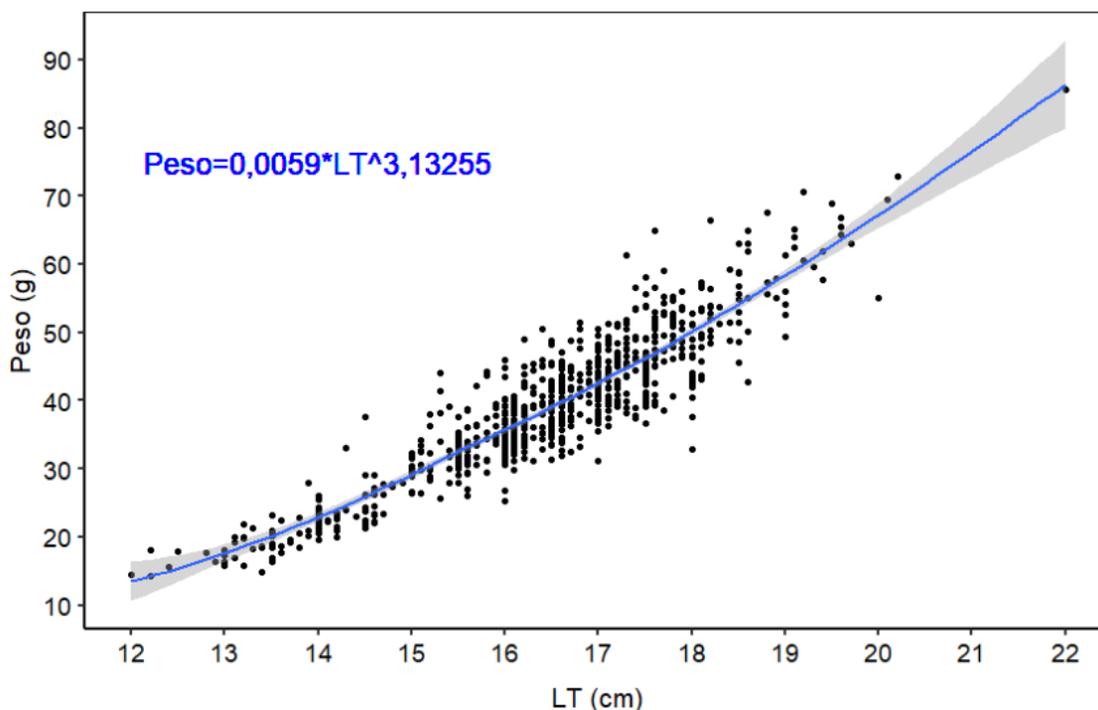


Figura 6. Relación talla-peso de los individuos de *Sardinella aurita* colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022.

### Factor de condición *K*

El promedio del factor de condición en el periodo de muestreo fue 0,861, alcanzando una medida máxima de 1,233 y un mínimo de 0,562, ambos valores para el mes de noviembre. Los factores estudiados no presentaron interacciones ( $F= 0,025$   $p= 0,875$ ; TABLA 5). Esta variable presentó diferencias significativas en los meses de muestreo ( $F= 83,715$   $p= 0,0001$ ; Fig. 7; TABLA 5). Con respecto al sexo, el factor de condición no presentó diferencias ( $F= 3,708$   $p= 0,054$ ; Fig. 8; TABLA 5). Al realizar la prueba *a posteriori* Pair-wise, en relación a los meses de muestreo, se denotó la formación de grupos entre los meses abril-agosto, mayo-julio, junio-octubre, junio-noviembre, julio-septiembre y octubre-noviembre (TABLA 6).

Tabla 5. PERMANOVA de los datos de peso. (GL= grados de libertad, SC= suma de cuadrados, R<sup>2</sup>= cuadrados medios, F= Pseudo-F y p= probabilidad calculada).

	GL	SC	R <sup>2</sup>	F	Pr (>F)
Mes	1	0,6446	0,09476	83.7152	0,0001
Sexo	1	0,0285	0,00420	3.7076	0,0545
Mes: Sexo	1	0,0002	0,00003	0.0248	0,8729
Residual	796	6,1292	0,90102		
Total	799	6,8025	1,00000		

Tabla 6. Prueba *a posteriori* del factor de condición por el factor mes. (\* = nivel de significancia y - = sin diferencias significativas).

	Abr								
Abr	x	May							
May	***	x	Jun						
Jun	***	***	x	Jul					
Jul	***	-	***	x	Ago				
Ago	-	***	***	***	x	Sep			
Sep	***	*	***	-	***	x	Oct		
Oct	***	***	-	***	**	***	x	Nov	
Nov	***	***	-	***	***	**	-	x	

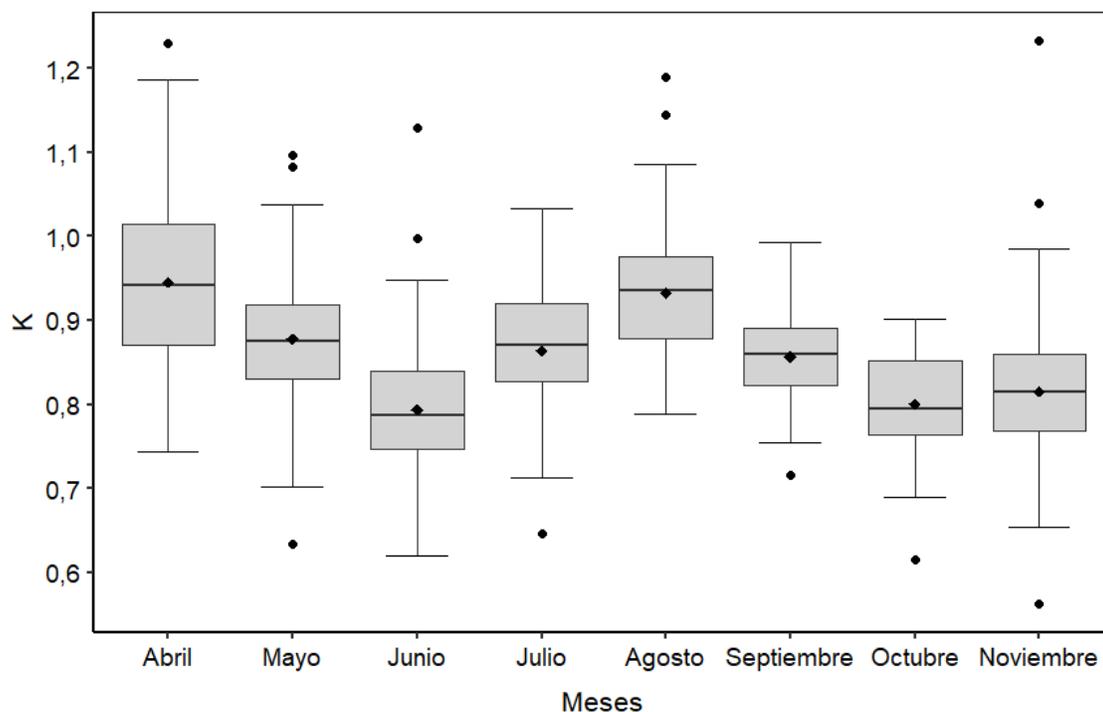


Figura 7. Factor de condición ( $K$ ) de los individuos de *Sardinella aurita* colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022.

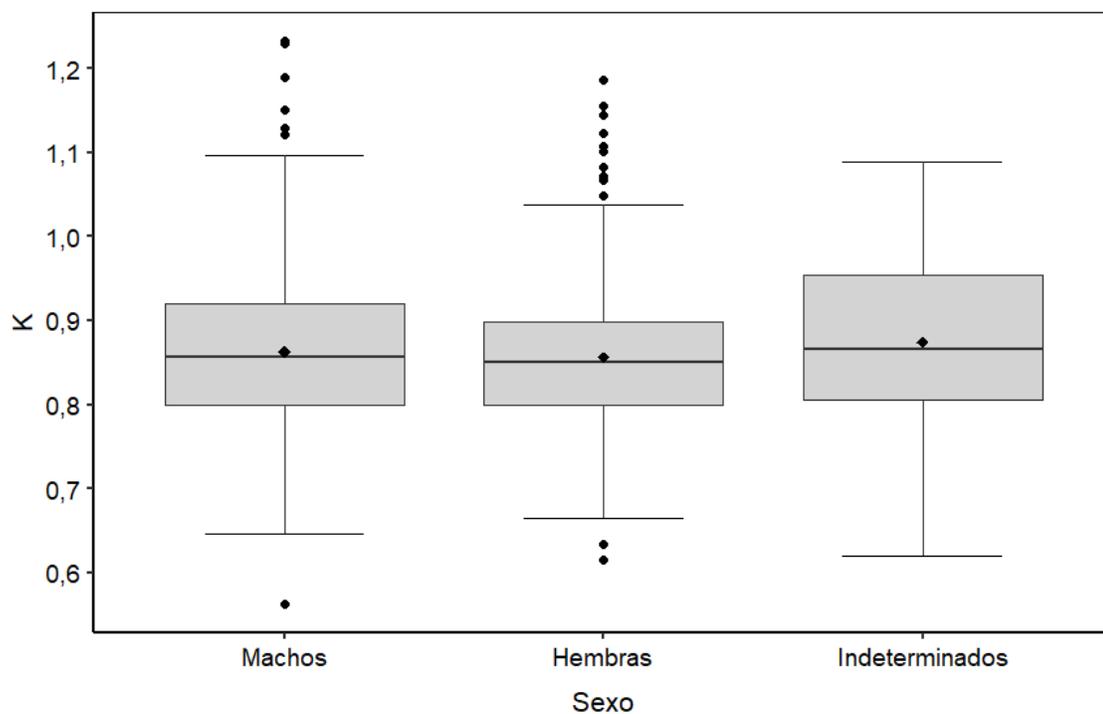


Figura 8. Factor de condición ( $K$ ) para cada sexo de los individuos de *Sardinella aurita* colectados durante la época de pesca del año 2022.

## Cronograma de madurez

El análisis de cronograma de madurez arrojó, que las más altas frecuencias de organismos maduros se encontraron en los meses de mayo, julio, agosto y noviembre, en organismos con tallas mayores de 14 cm de LT (Figs. 9 y 10). Al calcular el  $L_{50}$  con un modelo logístico y utilizando el método de Bootstrap para determinar los intervalos de confianza de los parámetros de la regresión, se obtuvo que la longitud a la cual el 50 % de los organismos se encuentran maduros es de 16,194 cm de LT, con una variabilidad explicada de la madurez por la longitud total con intervalos del 95 % de confianza, la pendiente se encuentre entre (0,558 y 0,941;  $p= 4,348e-13$ ) y el intercepto entre (-15,29 y -9,01;  $p= 1,422e-12$ ; Fig. 11).

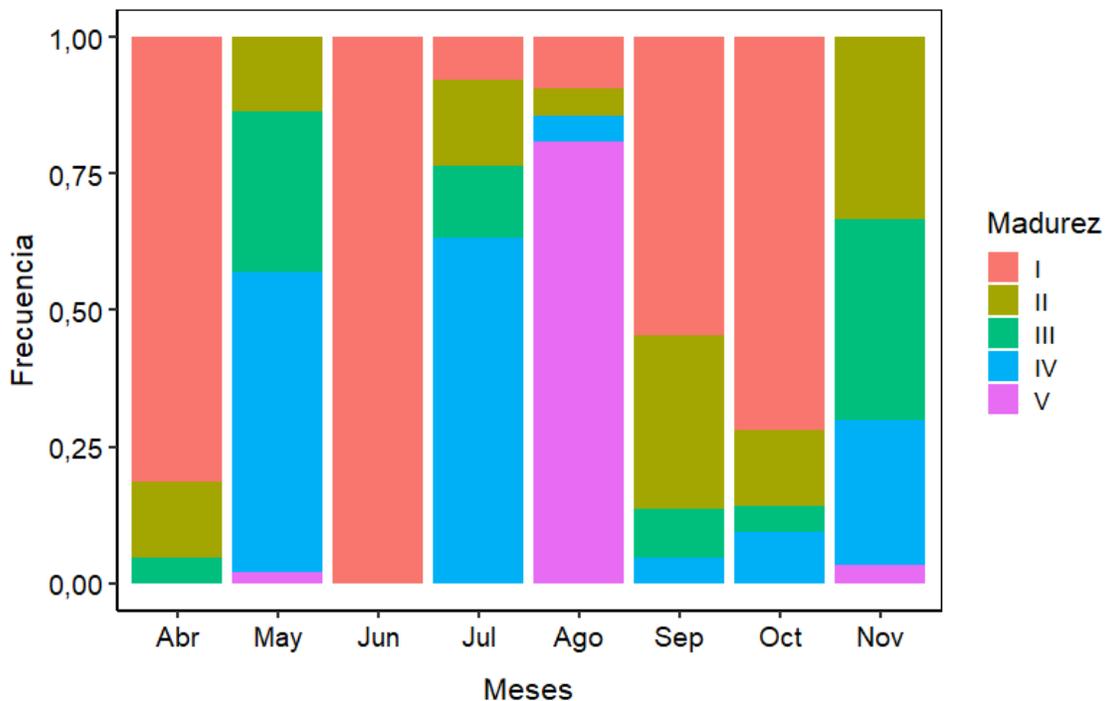


Figura 9. Frecuencia de madurez de los individuos de *Sardinella aurita* colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022.

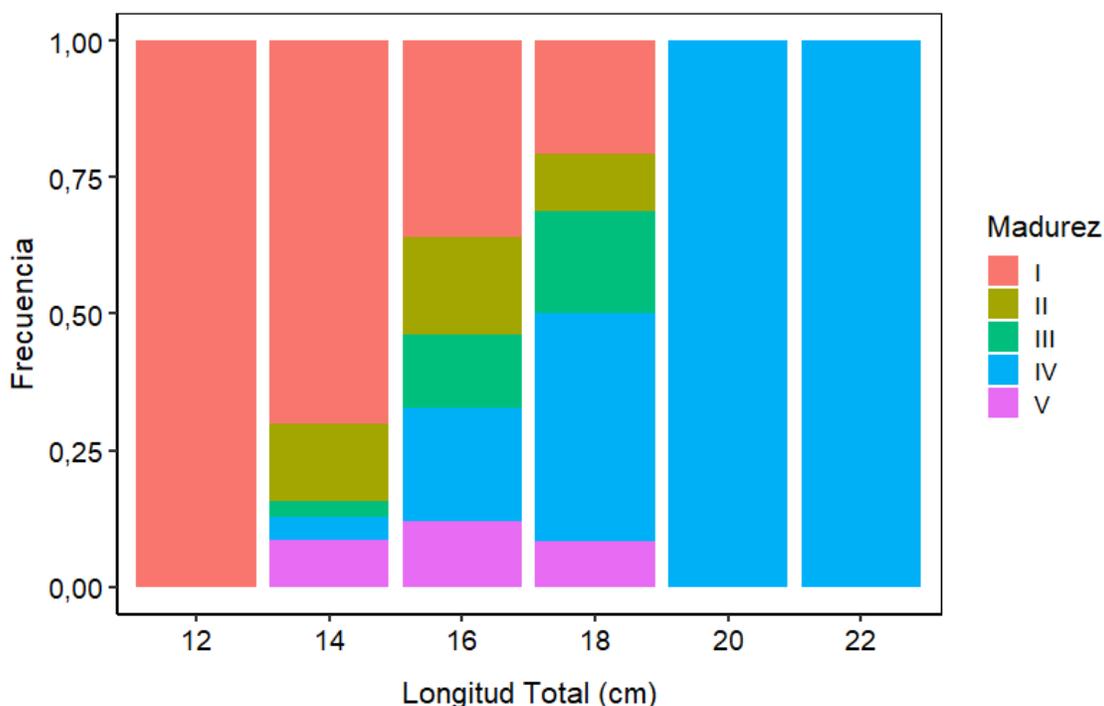


Figura 10. Frecuencia de madurez por la longitud total de los individuos de *Sardinella aurita* colectados en la época de pesca del año 2022.

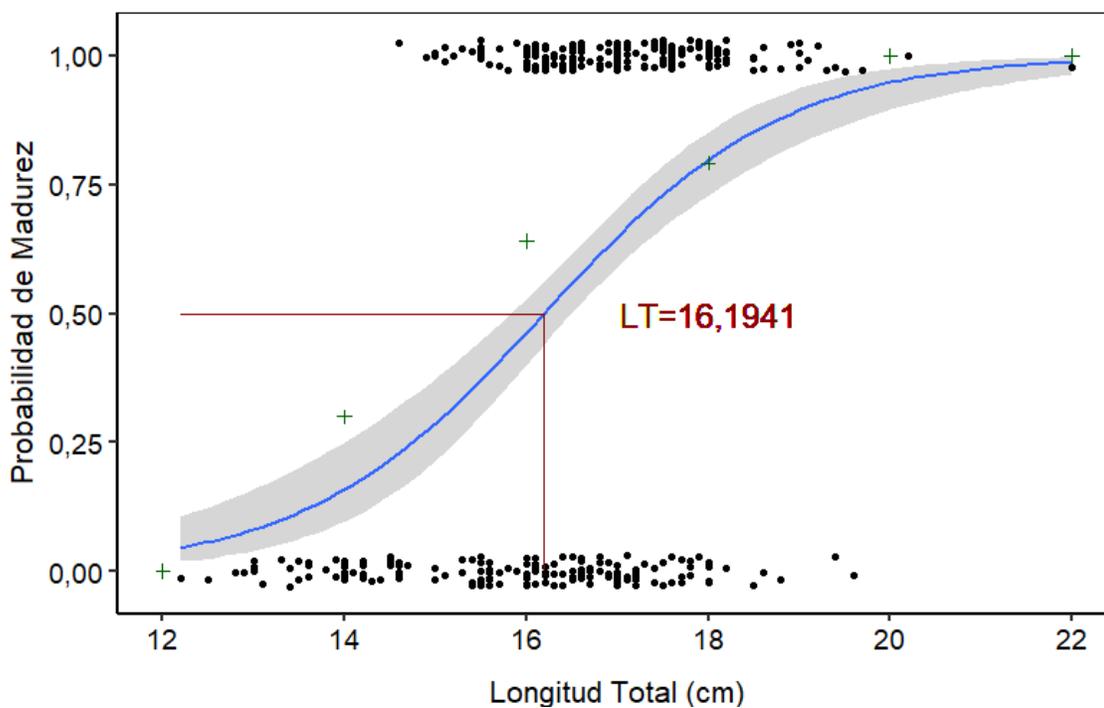


Figura 11. Cálculo del  $L_{50}$  de los individuos de *Sardinella aurita* colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022.

## Índice gonadosomático

El promedio del índice gonadosomático en el periodo de muestreo fue 1,332, alcanzando una medida máxima de 8,804 para esta variable en el mes de mayo, y una mínima de 0,012 en el mes de junio. Los factores estudiados no presentaron interacciones ( $F= 3,008$   $p= 0,0827$ ; TABLA 7). Se consiguieron diferencias significativas con respecto a los meses de muestreo y el sexo de los individuos ( $F= 40,048$   $p= 0,0001$ ; Fig. 12;  $F= 63,512$   $p= 0,0001$ ; Fig.13; TABLA 7). Al realizar la prueba *a posteriori* Pair-wise, se determinó, que machos, hembras e indeterminados, son grupos separados con respecto al índice gonadosomático (machos-indeterminados  $F= 41,25$   $p= 1e-04$ , hembras-indeterminados  $F= 21,895$   $p= 1e-04$  y machos-hembras  $F= 9,7629$   $p= 0,0018$ ). Esta misma prueba denota la formación de un grupo con un índice gonadosomático relativamente bajos entre agosto, septiembre y octubre, diferenciados con el resto de los meses de muestreo (TABLA 8). Los meses con mayor índice fueron mayo, julio y noviembre.

Tabla 7. PERMANOVA de los datos del índice gonadosomático. (GL= grados de libertad, SC= suma de cuadrados,  $R^2$ = cuadrados medios, F= Pseudo-F y  $p$ = probabilidad calculada).

	GL	SC	$R^2$	F	Pr (>F)
Mes	1	58,63	0,04457	40,048	0,0001
Sexo	1	92,99	0,07068	63,512	0,0001
Mes: Sexo	1	4,40	0,00335	3,008	0,0859
Residual	796	1159,57	0,88140		
Total	799	1315,59	1,00000		

Tabla 8. Prueba *a posteriori* del índice gonadosomático por el factor mes. (\* = nivel de significancia y - = sin diferencias significativas).

	Abr								
Abr	x	May							
May	***	x	Jun						
Jun	***	***	x	Jul					
Jul	***	***	***	x	Ago				
Ago	***	***	***	***	x	Sep			
Sep	**	***	***	***	-	x	Oct		
Oct	***	***	**	***	-	-	x	Nov	
Nov	***	***	***	***	***	***	***	x	

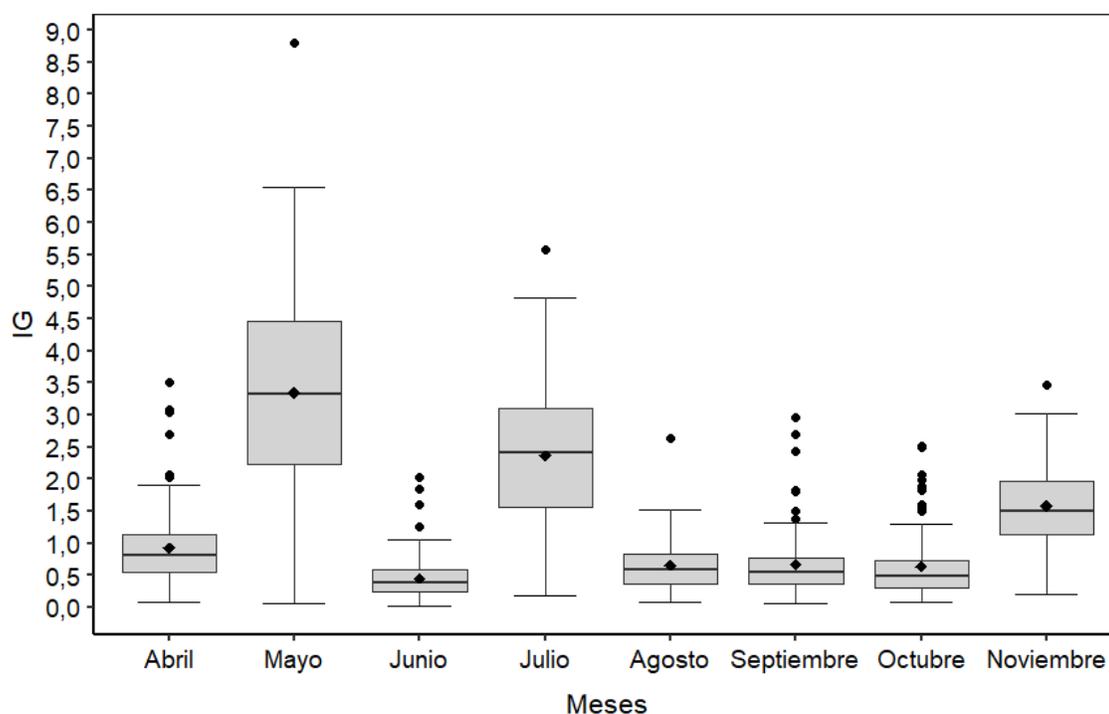


Figura 12. Índice gonadosomático (IG) de los individuos de *Sardinella aurita* colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022.

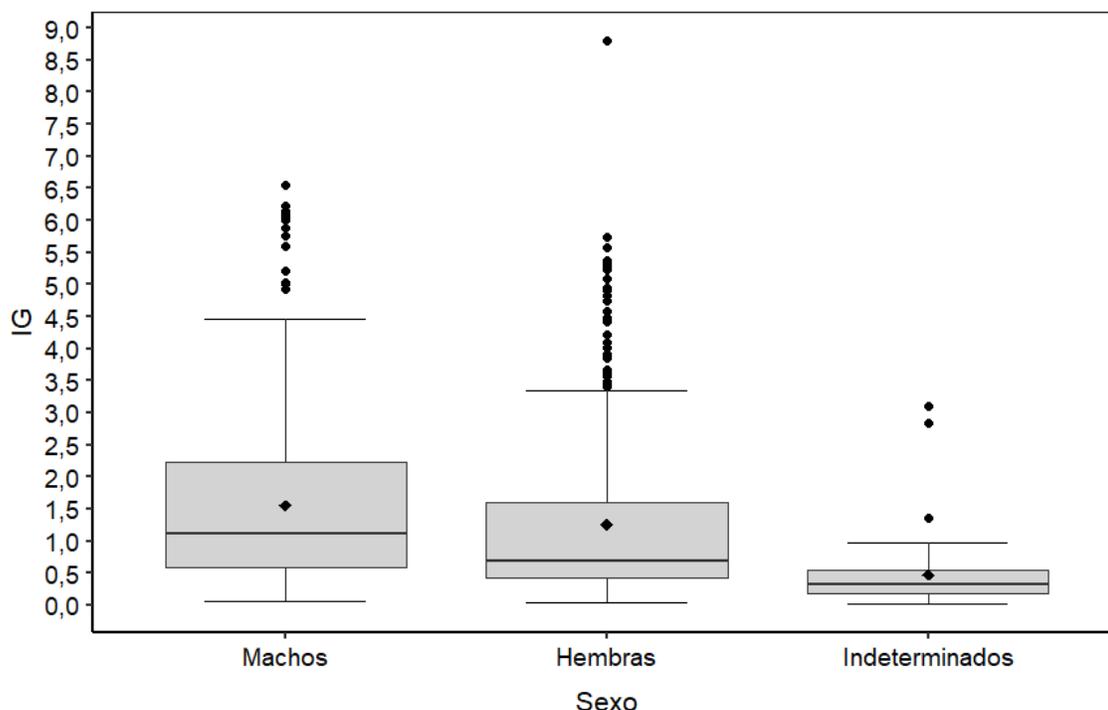


Figura 13. Índice gonadosomático (IG) para cada sexo de los individuos de *Sardinella aurita* colectados durante la época de pesca del año 2022.

### Proporción sexual

La proporción en todo el muestreo para los 800 individuos estudiados fue de 0,471 para machos, 0,446 para hembras y 0,0825 para organismos indeterminados. Con respecto a la prueba Chi-Cuadrado, la proporción entre machos y hembras fue de 1:1 ( $\chi^2= 0,545$   $p$ -value= 0,460).

### Índice de repleción

El promedio del índice de repleción en el periodo de muestreo fue 0,311, valor que entra dentro del rango de estómagos vacíos. Esta variable alcanzó una medida máxima de 2,221 y un mínimo de 0,003. Los factores estudiados no presentaron interacciones ( $F=2,3590$   $p=0,1188$ ; TABLA 9). Se encontraron diferencias significativas en los meses de muestreo ( $F= 16,9738$   $p=0,0001$ ; Fig. 14; TABLA 9). Con respecto al sexo, el índice de repleción no presentó diferencias ( $F=2,9071$   $p=0,0896$ ; TABLA 9). Al realizar la prueba *a posteriori* Pair-wise, en relación a los meses de muestreo, se denotó la formación de

grupos entre los meses abril-junio, abril-agosto, abril-octubre, mayo-noviembre, junio-agosto, agosto-octubre y agosto-noviembre (Tabla 10).

Tabla 9. PERMANOVA de los datos del índice de repleción. (GL= grados de libertad, SC= suma de cuadrados, R2= cuadrados medios, F= Pseudo-F y p= probabilidad calculada).

	GL	SC	R <sup>2</sup>	F	Pr (>F)
Mes	1	1,113	0,02074	16,9738	0,0001
Sexo	1	0,191	0,00355	2,9071	0,0919
Mes: Sexo	1	0,155	0,00288	2,3590	0,1247
Residual	796	52,187	0,97282		
Total	799	53,645	1,00000		

Tabla 10. Prueba *a posteriori* del índice de repleción por el factor mes. (\* = nivel de significancia y - = sin diferencias significativas).

	Abr								
Abr	x	May							
May	***	x	Jun						
Jun	-	***	x	Jul					
Jul	***	***	***	x	Ago				
Ago	-	**	-	***	x	Sep			
Sep	***	***	***	***	***	x	Oct		
Oct	-	***	*	***	-	***	x	Nov	
Nov	**	-	***	***	-	***	**	x	

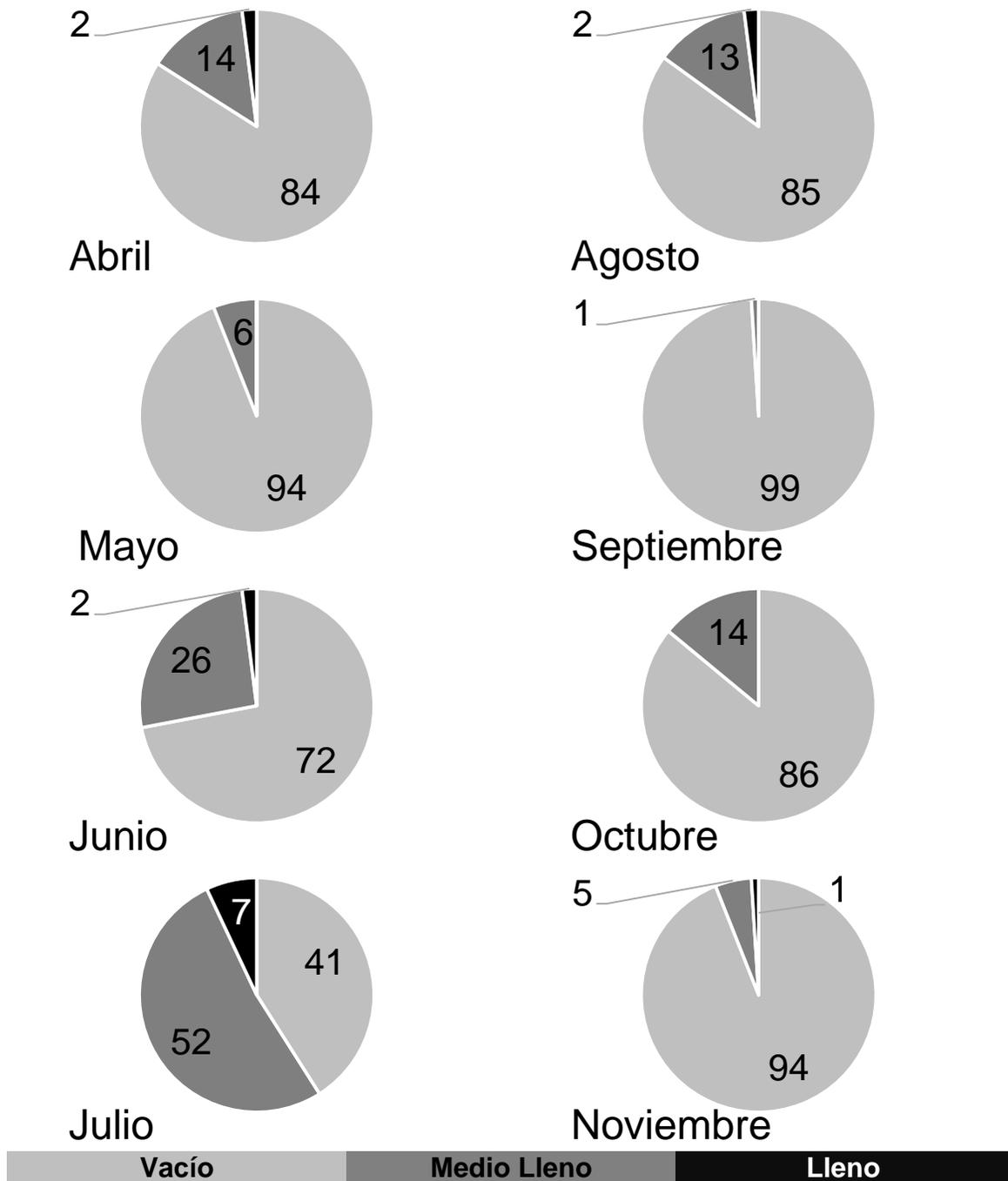


Figura 14. Numero de estómagos vacíos, medios llenos y llenos de los individuos de *Sardinella aurita* colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022.

## Índice de vacuidad

El promedio del índice de vacuidad durante el periodo de muestreo fue de 0,276, obteniendo el valor mayor o número de estómagos vacíos para el mes de septiembre (0,560) y el menor para el mes de mayo (0,110; Fig. 15).

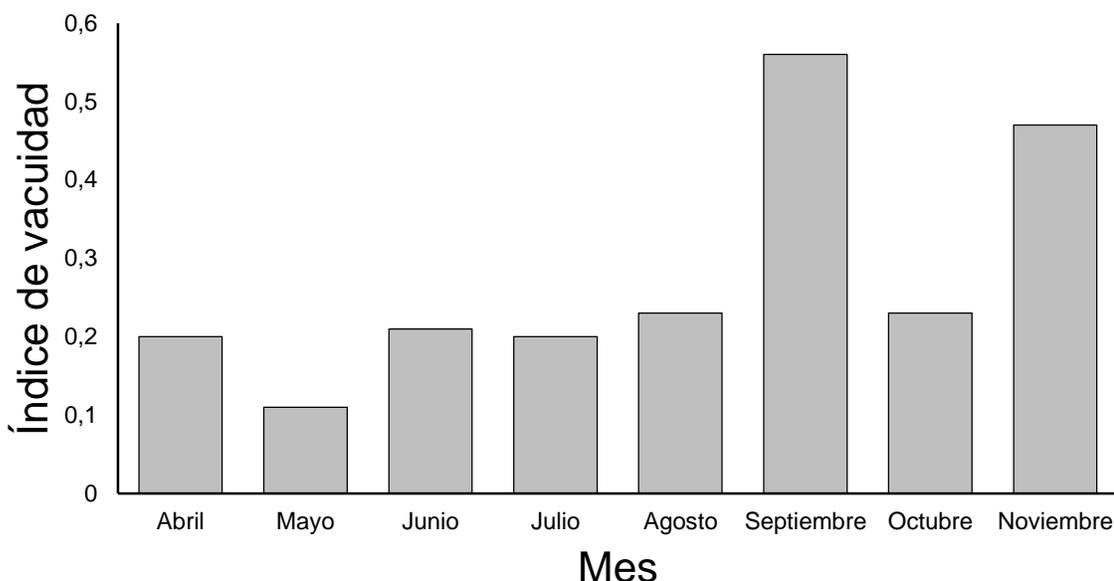


Figura 15. Índice de vacuidad que representa el número de estómagos vacíos de los individuos de *Sardinella aurita* colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022.

## Abundancia de microplásticos y frecuencia de ocurrencia

El promedio de la abundancia de microplásticos en el periodo de muestreo fue 3,066 ítems, alcanzando un conteo máximo de 58 partículas en un organismo en el mes de noviembre. Los factores estudiados presentaron interacciones significativas ( $F=2,1526$   $p=0,0277$ ; TABLA 11). Esto quiere decir, que la abundancia de microplásticos presenta una dinámica temporal diferente para cada sexo. Por su parte, la frecuencia de ocurrencia de los microplásticos dentro del contenido estomacal y branquias de las sardinas, fue de 70,125 %, porcentaje que coloca a estos ítems dentro de la categoría de comunes. Al realizar la prueba *a posteriori* Pair-wise, se denotó la formación de grupos

amplios entre los meses para los datos de esta variable entre sexo (TABLA 12; Fig 16: TABLA 13; Fig. 17; TABLA 14; Fig. 18)

Tabla 11. PERMANOVA de los datos de abundancia de microplásticos. (GL= grados de libertad, SC= suma de cuadrados,  $R^2$ = cuadrados medios, F= Pseudo-F y  $p$ = probabilidad calculada).

	GL	SC	$R^2$	F	Pr (>F)
Mes	1	220,6	0,01365	11,0839	0,0011
Sexo	1	5,7	0,00035	0,2852	0,5905
Mes: Sexo	1	96,6	0,00598	4,8531	0,0288
Residual	796	15840,7	0,98003		
Total	799	16163,5	1,00000		

Tabla 12. Prueba *a posteriori* de la abundancia de microplásticos por el factor mes para machos. (\* = nivel de significancia y - = sin diferencias significativas).

	Abr								
Abr	x	May							
May	-	x	Jun						
Jun	-	-	x	Jul					
Jul	-	-	-	x	Ago				
Ago	-	-	***	-	x	Sep			
Sep	**	***	-	**	***	x	Oct		
Oct	-	**	-	-	-	-	x	Nov	
Nov	-	-	-	-	-	*	-	x	

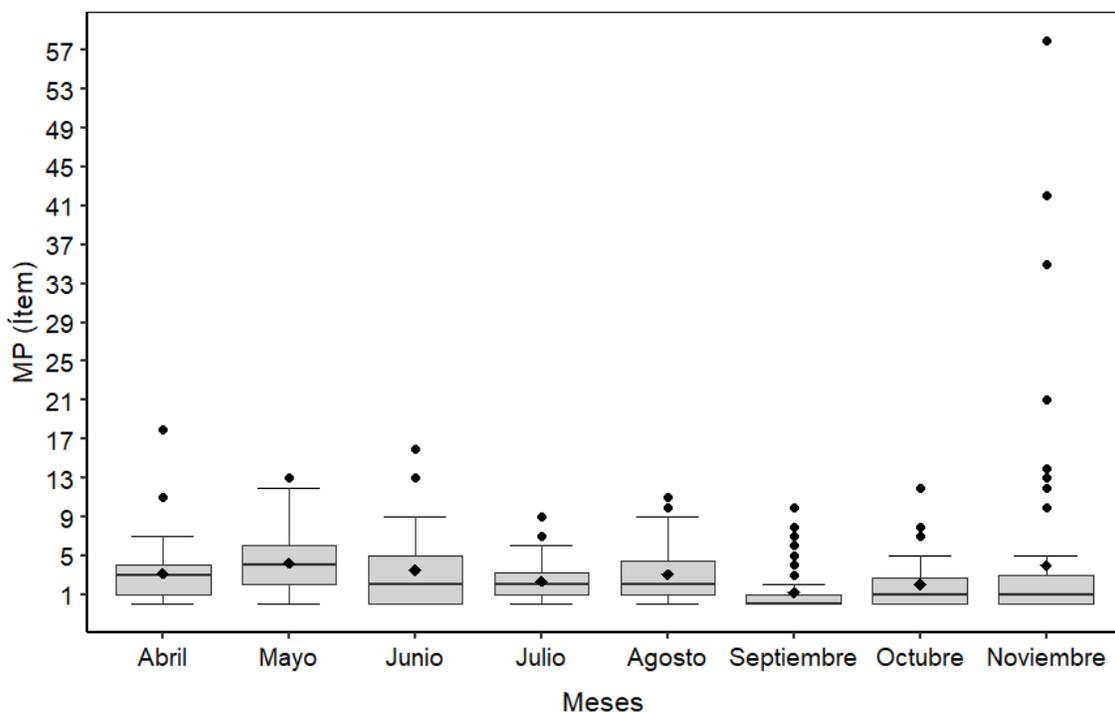


Figura 16. Abundancia de microplásticos en número de ítem presentes en el contenido estomacal y branquias de los individuos machos de *Sardinella aurita* colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022.

Tabla 13. Prueba *a posteriori* de la abundancia de microplásticos por el factor mes para hembras. (\* = nivel de significancia y - = sin diferencias significativas).

	Abr								
Abr	x	May							
May	**	x	Jun						
Jun	-	-	x	Jul					
Jul	-	**	-	x	Ago				
Ago	-	*	-	-	x	Sep			
Sep	-	**	-	-	-	x	Oct		
Oct	*	***	**	-	**	-	x	Nov	
Nov	-	**	-	-	-	-	-	x	

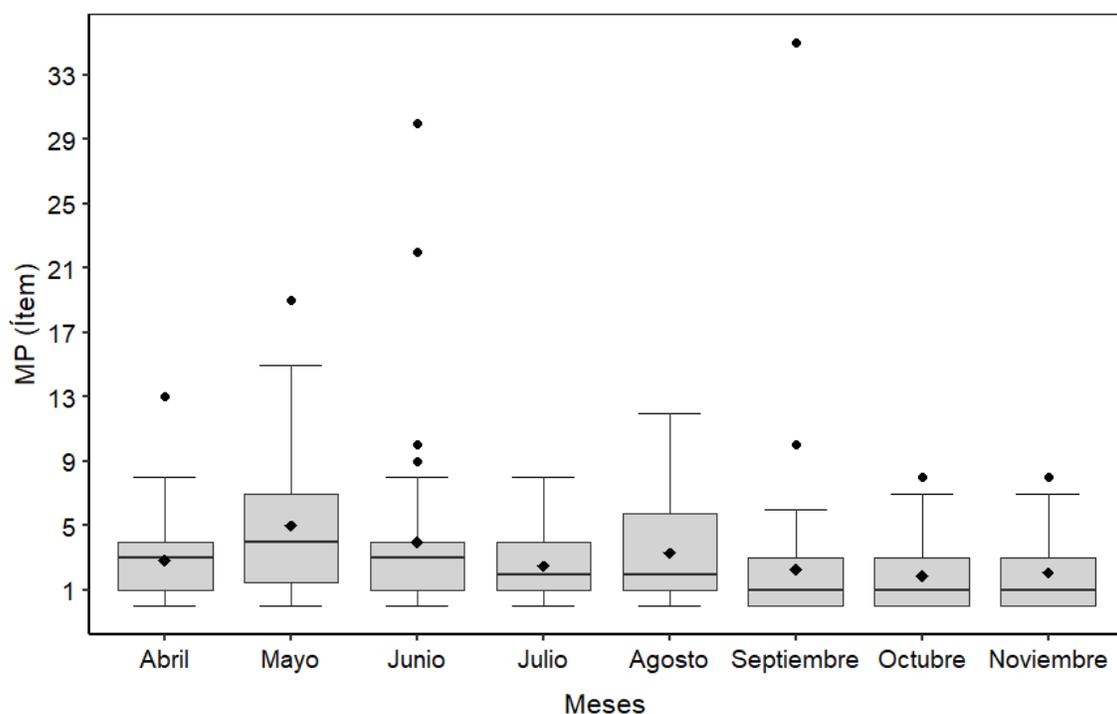


Figura 17. Abundancia de microplásticos en número de ítem presentes en el contenido estomacal y branquias de los individuos hembras de *Sardinella aurita* colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022.

Tabla 14. Prueba *a posteriori* de la abundancia de microplásticos por el factor mes para indeterminados. (\* = nivel de significancia y - = sin diferencias significativas).

	Abr								
Abr	x	May							
May	*	x	Jun						
Jun	-	*	x	Jul					
Jul	-	-	-	x	Ago				
Ago	-	**	-	-	x	Sep			
Sep	-	-	-	-	-	x	Oct		
Oct	-	-	-	-	-	-	x	Nov	
Nov	-	-	-	-	-	-	-	x	

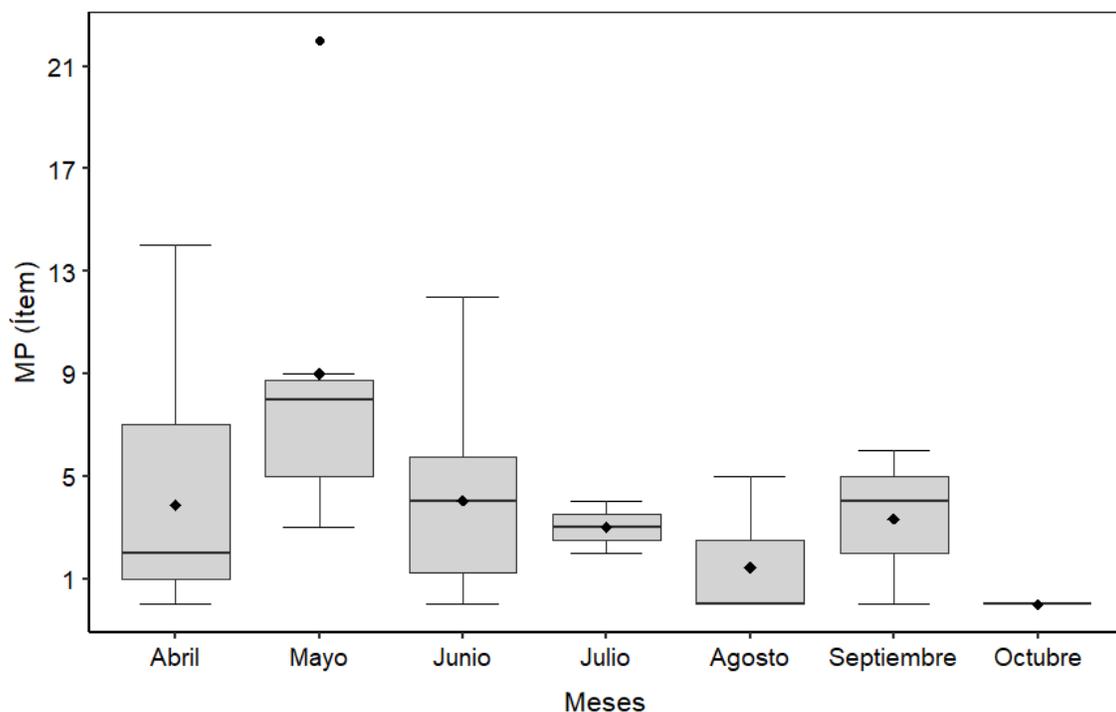


Figura 18. Abundancia de microplásticos en número de ítem presentes en el contenido estomacal y branquias de los individuos indiferenciados de *Sardinella aurita* colectados en cada mes de muestreo durante la época de pesca del año 2022.

### Correlaciones

Existen correlaciones altamente positivas entre las variables longitud total, peso y factor de condición. Con respecto al índice gonadosomático, este presentó correlaciones positivas bajas con las variables longitud total, peso y factor de condición. La abundancia de microplásticos, presentó correlaciones positivas, aunque muy bajas con las variables peso e índice gonadosomático (Fig. 19).

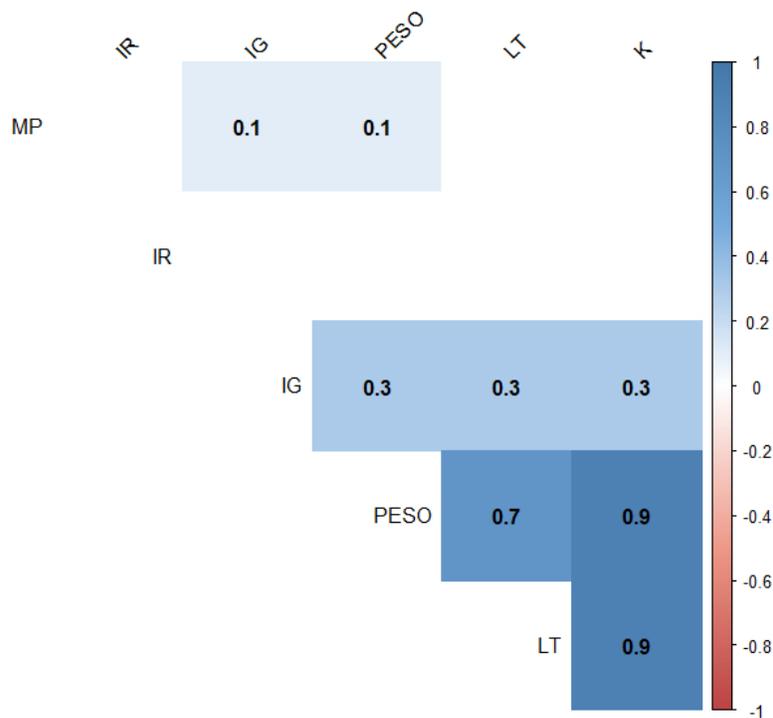


Figura 19. Correlaciones entre las variables longitud total (LT), peso (Peso), factor de condición (K), índice gonadosomático (IG), índice de repleción (IR) y abundancia de microplásticos (MP).

### Caracterización física de los microplásticos

En los 800 ejemplares estudiados, se contabilizaron un total de 2 459 partículas de microplásticos, de las cuales 2 402 fueron fibras y 57 fueron fragmentos, ambas clasificaciones dentro del espectro multicolor. Las fibras de color negro fueron las más abundantes dentro de todo el periodo de muestreo (947 ítems), mientras que las fibras marrones y purpuras junto a los fragmentos de color negro, fueron los menos abundantes en el muestreo, alcanzando un (1) ítem cada uno. Cabe destacar, que los microplásticos registrados, con respecto al tamaño, se encontraban dentro del rango de microplásticos y nanoplásticos (Figs. 20 y 21).

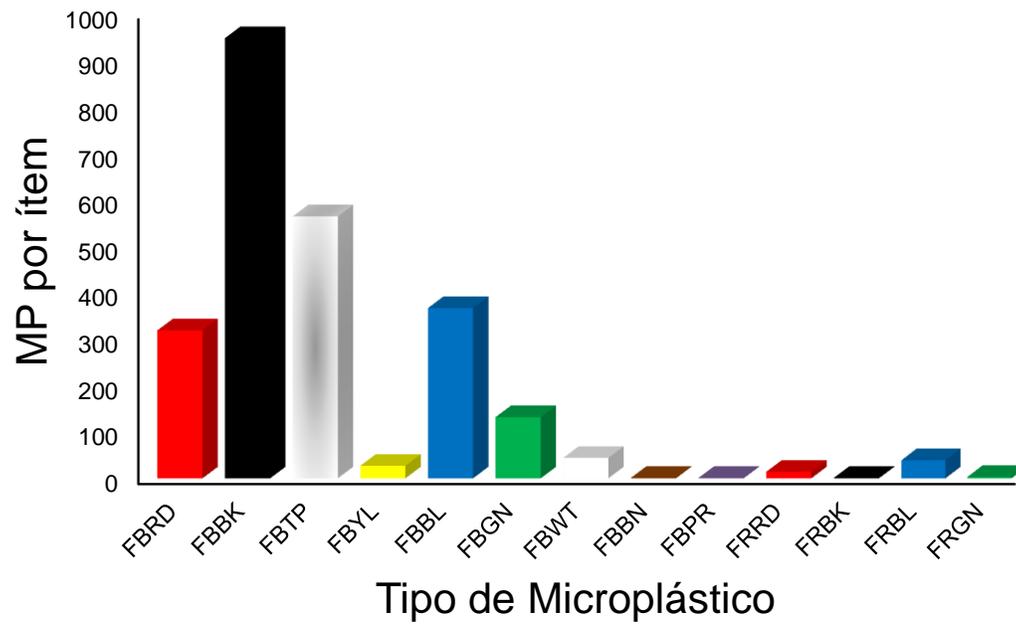


Figura 20. Microplásticos registrados y clasificados físicamente por forma y COLOR. (Fibras = FB y Fragmentos = FR; Rojo = RD, Negro = BK, Transparente = TP, Amarillo = YL, Azul = BL, Verde = GN, Blanco = WT, Marrón y Purpura = PR).

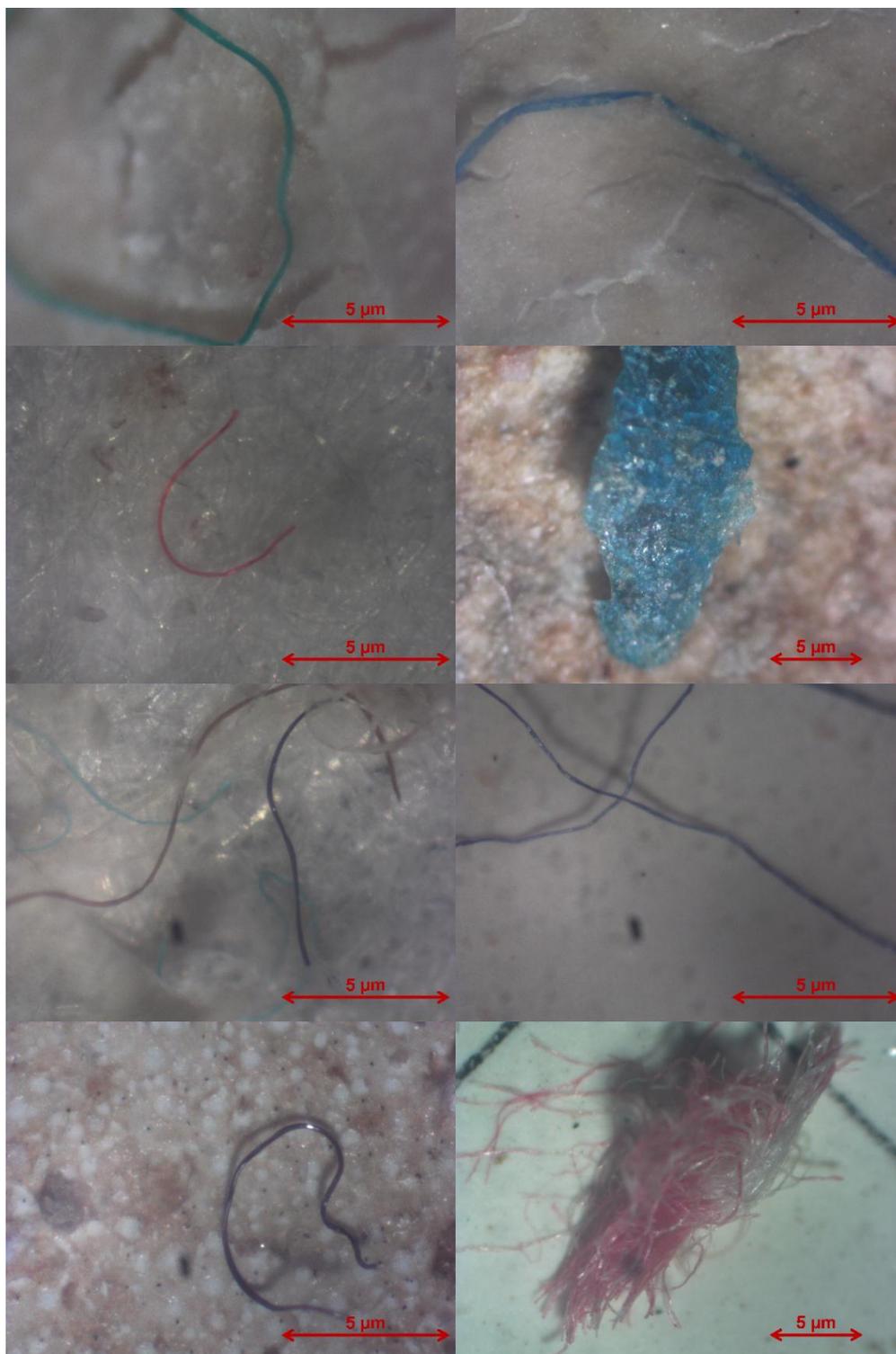


Figura 21. Fotografías representativas de los microplásticos encontrados en el contenido estomacal y branquias de los individuos de *Sardinella aurita* durante cada uno de los meses de muestreo. (Escala: 5  $\mu\text{m}$ ).

## DISCUSIÓN

La longitud total de los organismos muestreados, fueron inferiores a los encontrados GASSMAN *et al.* (2008), TAGLIAFICO *et al.* (2008), BARRIOS *et al.* (2010) y GONZÁLEZ *et al.* (2021), quienes obtuvieron sus mayores valores de longitud total entre el rango de 23 y 26 cm. El peso total de los organismos, obtuvo el mismo patrón, GASSMAN *et al.* (2008) y GONZÁLEZ *et al.* (2021), alcanzaron valores mayores a los 85,60 g reportado en este trabajo, superando los 100 g de peso total.

La relación talla-peso demostró un crecimiento alométrico positivo, lo que quiere decir, que los organismos de mayor talla incrementan su peso en mayor proporción que la longitud (CARLANDER 1969, FROESE 2006). Este patrón de crecimiento corresponde a aquellas especies en la que individuos de mayor talla son más elongados que los pequeños (FROESE, 2006). Estos resultados son similares a los encontrados por GONZÁLEZ *et al.* (2021), quienes determinaron un coeficiente  $b$  de 3,15. Cabe destacar que, según MENDOZA *et al.* (2003), la talla de reclutamiento a la pesquería es de 10 cm y es alcanzada a los seis meses de edad relativa, mientras que la talla de la primera madurez sexual se presenta alrededor del año de edad, y la mayor parte del crecimiento se desarrolla particularmente en los dos primeros años.

Nuestro cálculo del  $L_{50}$ , es de 15,619 cm, valor que difiere de los determinados por: MENDIALDÚA (2004), GASSMAN *et al.* (2008), TAGLIAFICO *et al.* (2008) y GONZÁLEZ *et al.* (2021), que registraron valores que oscilaron entre 18,5 hasta 20 cm. Destacamos que la talla obtenida en este trabajo está muy por debajo de la mínima de captura establecida en nuestra regulación actual, lo que podría indicar un descenso del stock adulto maduro por la presión de pesca o por el efecto de la presión de pesca sobre el recurso (GONZÁLEZ 1985, GONZÁLEZ & ESLAVA 2000), o que los intervalos de tallas utilizados en ambos trabajos sean diferentes. La presencia de óvulos de diferente tamaño en los ovarios maduros reportados por GASSMAN *et al.* (2008), pone en evidencia el

carácter parcial y continuo del desove de *S. aurita* al no madurar los óvulos al mismo tiempo, tal como lo afirman FIGUERA (1967), REYES (1981), RAMÍREZ & HUQ (1986) y GUZMÁN *et al.* (2001). En este trabajo los meses que presentaron mayor número de organismo maduros estuvieron entre mayo y agosto, al calcular el índice gonadosomático, se reportó la formación de un grupo entre agosto y septiembre, donde los valores fueron relativamente bajos. Los Mayores valores del índice se encontraron en los meses de mayo, julio y noviembre, este patrón es parecido al reportado por GASSMAN *et al.* (2012), quienes determinaron que el índice de gónadas presenta variación a lo largo del año, reconociéndose un desove continuo con dos periodos de relativa intensidad reproductiva, uno de mayor actividad que ocurre de febrero a abril con un valor máximo en marzo y otro de menor magnitud de octubre a diciembre con un valor máximo en el mes de noviembre. Este patrón móvil de los meses de mayor desove, pueden estar asociados a los pulsos de surgencia costera en el nororiente del país, que en los últimos años se han reportado de manera asincrónica con lo esperado, posiblemente por los cambios globales causados por el calentamiento global (LÓPEZ-MARCANO *et al.* 2021). CÁRDENAS & ARCHURY (2000), señalaron a la temperatura como indicador rector que condiciona de manera importante las demás variables ambientales y los focos de surgencia. Es importante acotar que la duración de los periodos reproductivos puede cambiar en función de la variabilidad ambiental anual asociados con épocas de alta productividad GONZÁLEZ *et al.* (2021), esto puede asociarse a la estrategia reproductiva oportunista de la sardina, quien desova cuando las condiciones ambientales le son favorables para la supervivencia de sus huevos y larvas, en la mejor ventana óptima ambiental (CURY & ROY 1989). Cabe destacar, que el patrón anual reproductivo de la especie no se puede formular ni constatar porque los muestreos se realizaron solo en la temporada de pesca quedando interrumpidos los muestreos durante la veda que empieza desde el 15 de diciembre hasta el 15 de marzo (Resolución DM/N.º 043-17 del 04/12/2017) publicado en Gaceta Oficial N.º 41.295 del 07/12/2017. Cabe

destacar que, durante el periodo de muestreo, específicamente en los meses de junio, julio y agosto, hubo una disminución de la presencia de la especie en los mercados, los pescadores atribuyeron este fenómeno a que los individuos capturados se encontraban por debajo de la talla mínima establecida y eran decomisados. Esto generó la práctica de comercializar los llamados “tronquitos” que son sardinas vendidas sin cabeza ni cola, esta actividad puede acarrear consecuencias a largo plazo ya que impide que los organismos competentes puedan controlar la talla mínima de los individuos, entendiéndose la necesidad de regular las diferentes formas de comercialización de la especie.

Con respecto a la proporción sexual, la reportada en este trabajo (1:1), y es igual a la encontrada por REYES (1981), RAMÍREZ & HUQ (1986), HUQ & RODRÍGUEZ (1988) y Simpson (citado por la FAO 1963), pero difiere por las reportadas por GASSMAN *et al.* (2012), TAGLIAFICO *et al.* (2008) y GONZÁLEZ *et al.* (2021), quienes encontraron mayor número de hembras.

El factor de condición de la especie presentó un comportamiento similar al índice de gonadosomático, cuyos mayores valores mensuales concuerdan con la época de mayor disponibilidad de alimento, ya que el factor de condición en sí, se utiliza para comparar cambios estacionales del estado nutricional de los individuos de una población (BLACKWELL *et al.* 2000, FROESE 2006), utilizando una relación volumétrica entre la longitud total y el peso, lo que a su vez explica la alta correlación que hay entre el factor de condición, la longitud total y el peso de los organismos. Los resultados obtenidos del factor condición de los organismos durante el periodo de muestreo, se encuentran en promedio por debajo de 1, lo que indica que los organismos muestreados se encuentran por debajo del peso esperado.

La correlación positiva que existe entre el índice gonadosomático, la longitud total y el peso, es más evidente en el mes de mayo, donde esta correspondencia es indicativa de organismos con alto grado de madurez y mayor tamaño, lo que es de esperarse por la preparación metabólica previa de

los individuos para la época reproductiva (IZQUIERDO & FERNÁNDEZ-PALACIOS 2004).

Los índices de repleción y vacuidad están inversa y estrechamente relacionados, su comportamiento puede ser explicado por el propio hábito alimenticio de la especie, la sardina presenta alimentación plantónica sin preferencia o selectividad alimenticia por especie alguna (CELLAMARE & GÓMEZ 2007). En el nororiente de Venezuela, este comportamiento se ve influenciado por la época de surgencia, en los meses cuya disponibilidad de alimento es mayor el número de estómagos vacíos será menor y el índice de repleción será mayor. Es importante mencionar que, en este estudio, fueron muy pocos los estómagos que se encontraron completamente llenos, lo que indicaría el metabolismo rápido de la especie.

En los organismos cuyo estomago se caracterizaron según el índice de repleción como vacíos, o aquellos que entraron dentro del índice de vacuidad, la presencia de microplásticos fue menor, incluso llegando a no presentar registros, esto podría indicar que existe una alta probabilidad de que los microplásticos este siendo excretados efectivamente por los individuos. Aunque está claro que muchas especies de peces comerciales ingieren microplásticos, sabemos poco sobre su impacto en la fisiología de los peces y su consumo (FAO 2017). Por su parte, MAZURASIS *et al.* 2015, han propuesto que es posible la obstrucción gástrica. Sin embargo, se ha observado que los microplásticos ingeridos en el rango de 3 y 5 mm, pasan directamente a través del sistema digestivo y son excretado (DOS SANTOS & JOBLING 1991). El problema puede ser generado por las partículas inferiores al rango de microplásticos, se han reportado que partículas más pequeñas (< 600  $\mu\text{m}$ ) son trasladadas desde el tracto digestivo a los tejidos hepáticos del salmonete gris (*Mugil cephalus*) (AVIO *et al.* 2015). Además, se aislaron microplásticos en branquias, hígado y tracto digestivo de la cebra danio (*Danio rerio*), que causó inflamación, oxidación estrés y alteración del metabolismo energético (LU *et al.* 2016). Este aspecto es

de tener en consideración, ya que las partículas plásticas encontradas eran realmente pequeñas, entre los rangos de nano y microplásticos.

Otro punto importante para resaltar, según BATEL *et al.* 2016, es que existe la transferencia trófica de microplásticos (proceso mediante el cual se consume una presa que contiene microplásticos por un depredador), este asunto, es realmente preocupante, ya que nuestra especie de estudio es base fundamental de la cadena trófica marina del nororiente venezolano, y su afectación podría generar graves implicaciones ecológicas y económicas.

La frecuencia de ocurrencia y el promedio de microplásticos encontrados en este trabajo son similares a los conseguidos por IANNAcone *et al.* (2021), quienes reportaron la presencia de microplásticos en todos los peces muestreados de distintas especies de importancia comercial para el Perú. De igual forma denotan, en concordancia con nuestro estudio, que fibras fueron las partículas más comunes y que el color negro estuvo entre las tres principales clasificaciones por color. Por su parte, RODRÍGUEZ-SIERRA *et al.* (2020), reportaron a las fibras como las más abundantes, esquema que nos podría indicar que son las fibras entre los microplásticos el ítem que se encuentra mayormente disponible para el consumo de los peses, las más abundantes en el ambiente. Las fibras de microplásticos presentan propiedades similares a las esponjas, pueden concentrar contaminantes hasta un millón de veces su concentración en el agua de mar (TAKADA 2013), lo cual hace que su amplia distribución y abundancia sea realmente preocupante. Este hallazgo está en línea con muchos estudios previos que muestran que las fibras son el tipo de microplásticos más abundante en el medio ambiente (PIÑON-COLIN *et al.* 2018), representando más del 90% del total de microplásticos identificados en playas europeas (LOTS *et al.* 2017). En las playas de la península de Baja California, México, las fibras representó un promedio del 91% del total de microplásticos identificados (PIÑON-COLIN *et al.* 2018). Además del desprendimiento directo de la ropa y de las actividades relacionadas con el turismo, las fibras también

pueden resultar del lavado a máquina de telas sintéticas (BROWNE *et al.* 2011; HERNÁNDEZ *et al.* 2017). Estas microfibras pueden ingresar al medio ambiente a través de descargas de efluentes del tratamiento de aguas residuales (BROWNE *et al.* 2011; MURPHY *et al.* 2016). Es importante resaltar la posibilidad de que estas fibras provengan de la actividad pesquera propia de la extracción de los organismos muestreados, motivado al desgates de las artes de pesca.

La variación en la abundancia de microplásticos mensuales en el contenido estomacal y branquias, puede ser un indicador altamente relacionado con la disponibilidad de las partículas en el ambiente, que se puede ver afectada por factores como la profundidad, distancia a la costa, desembocaduras de ríos, centros poblados, puntos de pesca y entre otros (DE-LA-TORRE *et al.* 2019, BERMÚDEZ-GUZMÁN *et al.* 2020). En nuestro estudio podemos denotar, que existe una similitud entre el patrón de la abundancia de microplásticos y el peso de los organismos, esta relación nos permite concluir que la ingesta de estas partículas en el nororiente del país, puede estar influenciado por la disponibilidad de alimento en las épocas de surgencia costera.

Con respecto a la correlación que existe entre la abundancia de microplásticos en el contenido estomacal y branquias con el peso de los organismos, no podemos clarificar que consecuencias podría generar. IANACONE *et al.* (2021), reportaron una correlación similar en la especie *Mugil cephalus*, comportamiento que abre las puertas a otros estudios por ser este tema de investigación muy desconocido. PAZOS *et al.* (2017), también obtuvieron asociación entre las variables longitud total y peso, con los microplásticos en el tracto digestivo en peces costeros de agua dulce del estuario del Río de la Plata. Por su parte, (PHILLIPS & BONNER 2015, CALDERÓN & HANSEN 2018), no encontraron una correlación significativa entre estas variables en peces de cuencas hidrográficas del Golfo de México y de la Ciénaga Grande de Santa Marta, respectivamente.

## CONCLUSIÓN

Los parámetros morfométricos de la especie, arrojaron en el periodo de muestreo, un factor de condición relativamente alto que es configurado por la disponibilidad de alimento en los meses de surgencia, proceso que han sido bien documentados en la zona de muestreo.

La especie presenta un crecimiento alométrico positivo descrito por un modelo potencial cuya ecuación es:  $Peso = 0,0059 * LT^{3,132}$ .

En el periodo de muestreo un 47 % de los organismos fueron machos y un 44 % fueron hembras, el 9 % restante que fueron clasificados como indeterminados, esto se debió a que los individuos presentaron un grado de madurez sexual difícil de clasificar visualmente.

En los meses donde la condición de los peces es menor, el número de estómagos vacíos aumenta, disminuyendo el índice de repleción y con ello la frecuencia de microplásticos encontrados.

En promedio en todo el periodo de muestreo, la frecuencia de microplásticos fue relativamente alta, esto quiere decir que es común encontrarlos dentro del contenido estomacal de individuos de la especie.

Las mayores abundancias de microplásticos se encuentran entre los clasificados, según su forma, como fibras, siendo las de color negro las más abundantes. Las partículas encontradas estuvieron dentro del rango de micro y nanoplásticos.

Las correlaciones entre los microplásticos y las condiciones fisiológicas de los organismos no son claras ni concluyentes, lo que nos indica la necesidad de aumentar los ensayos de toxicidad en laboratorios, utilizando metodologías estandarizadas.

## BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, M. & J. ROBINSON. 2003. Generalized discriminant analysis based on distances. *Aust. NZ. J. Stat.* 45: 301-318.

ANDERSON, M., R. GORLEY & K. CLARKE. 2008. *Permanova+ for primer: guide to software and statistical methods*. Primer-e. Plymouth, UK. 214 pp.

AU, S., C. LEE, J. WEINSTEIN, P. VAN DEN HURK & S. KLAINÉ. 2017. Trophic transfer of microplastics in aquatic ecosystems: Identifying critical research needs. *Integr. Environ. Assess. Manage.* 13 (3): 505-509.

AUTA, H., C. EMENIKE & S. FAUZIAH. 2017. Distribución e importancia de los microplásticos en el medio marino Una revisión de las fuentes, el destino, los efectos y las posibles soluciones. *Environ. Int.* 102: 165-176.

AVIO, G., S. GORBI, & F. REGOLI. 2015. Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: first observations in commercial species from Adriatic Sea. *Mar. Environ. Res.* 111: 18-26.

BAGENAL, B. & F. TESCH. 1978. *Age and growth*. En: *Methods for assessment of fish production in freshwaters*. Ed. BAGENAL, T. (3th Ed.). Oxford: Blackwell Scientific publication, Inglaterra, Reino Unido, 101-136.

BARRIOS, A. 2002. Periodicidad del reclutamiento y formación de cohortes juveniles en la sardina, *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 (Pisces: Clupeidae) en el Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 78 pp.

BARRIOS, A., R. GUZMÁN, J. MENDOZA, G. GÓMEZ & G. VIZCAINO. 2010. Parámetros de crecimiento y mortalidad total de la sardina *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1810) en el Nororiente Venezolano durante el período 1990 a 2008. *Zoot. Trop.* 28(4): 457-466.

BATEL, A., F. LINTI, M. SCHERER, L. ERDINGER & T. BRAUNBECK. 2016. The transfer of benzo [a] pyrene from microplastics to *Artemia nauplii* and further to zebrafish via a trophic food web experiment—CYP1A induction and visual tracking of persistent organic pollutants. *Environ. Toxicol. Chem.* 35 (7): 1656-1666.

BENNEMANN, S., L. CASATTI & D. DE OLIVEIRA. 2006. Alimentação de peixes: proposta para análise de itens registrados em conteúdos gástricos. *Biota Neotropica* 6 (2): 1-8.

BERMÚDEZ-GUZMÁN, L., C. ALPÍZAR-VILLALOBOS, J. GATGENS-GARCÍA, G. JIMÉNEZ-HUEZO, M. RODRÍGUEZ-ARIAS, U. MOLINA, J. VILLALOBOS, S. PANIAGUA, J. VEGA & K. ROJAS. 2020. Microplastic ingestion by a herring *Opisthonema* sp, in the Pacific coast of Costa Rica. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 38: 101367.

BLACKWELL, B., T. SEAMANS, D. HELON & R. DOLBEER. 2000. Early loss of Herring Gull glutches after egg-oiling. *Wildl. Soc. Bull.* 28 (1):70-75.

BROWNE, M., T. GALLOWAY & R. THOMPSON. 2007. Microplastic - An emerging contaminant of potencial concern? *Integr. Environ. Assess. Manage.* 3 (4): 559-566.

BROWNE, M., A. DISSANAYAKE, T. GALLOWAY, D. LOWE & R. THOMPSON. 2008. Ingested Microscopic plastic translocates to the circulatory system of the Mussel, *Mytilus edulis* (L). *Environ. Sci. Technol.* 42 (13): 5026-5031.

BROWNE, M., P. CRUMP, S. NIVEN, E. TEUTEN, A. TONKIN, T. GALLOWAY & R., THOMPSON. 2011. Accumulations of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ. Sci. Technol.* 45 (21): 9175-9179.

BRUZUAL, M. 1984. Aspectos alimenticios de la sardina, *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847, (Pisces: Clupeidae) de los Golfos de Cariaco y Santa Fé, Estado Sucre, Venezuela. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 146 pp.

BUCOL, L., E. ROMANO, S. CABCABAN, L. SIPLONA, G. MADRID, A. BUCOL & B. POLIDORO. 2020. Microplastics in marine sediments and rabbitfish (*Siganus fuscescens*) from selected coastal areas of Negros Oriental, Philippines. *Mar. Pollut. Bull.* 150: 110685.

CALDERA, M. 1988. Aspectos Alimenticios de *Sardinella aurita* Valenciennes, 1947 (Pisces: Clupeidae) de la Región Noroccidental de la Península de Araya y alrededores de las Islas de Coche y Cubagua, Venezuela. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 123 pp.

CALDERÓN E. & P. HANSEN. 2018. Microplastics in the digestive tract of fish from the estuary Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Trab. Grad. M. Denmark: Roskilde University. 32 pp.

CÁRDENAS, J. & A. ARCHURY. 2000. Acústica pesquera de los recursos marinos del nororiente de Venezuela: evaluación y seguimiento espacio-temporal del stock de sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847). *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 154: 39-54.

CARLANDER, K. 1969. *Handbook of freshwater fishery biology.* (Vol. I). University Press, Iowa, EEUU. 752pp.

CELLAMARE, M. & A. GÓMEZ. 2007. Alimentación de la sardina *Sardinella aurita* (Clupeidae) en el sureste de la isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 46 (1): 23-36.

CERVIGÓN, F., R. CIPRIANI, W. FISCHER, L. GARIBALDI, M. HENDRICKX, A. LEMUS, R. MÁRQUEZ, J. POUTIERS, G. ROBAINA & B. RODRÍGUEZ. 1992. *Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América.* FAO, Roma. 513 pp.

COLABUONO, F., S. TANIGUCHI & R. MONTONE. 2010. Polychlorinated biphenyls and organochlorines pesticides in plastics ingested by seabirds. *Mar. Pollut. Bull.* 60: 630-634.

COLE, M., P. LINDEQUE, C. HALSBAND & T. GALLOWAY. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar. Pollut. Bull.* 62: 2588-2597.

COLLARD, F., J. GASPERI, G. GABRIELSEN & B. TASSIN. 2019. Plastic particle ingestion by wild freshwater fish: A critical Review. *Environ. Sci. Technol.* 53 (22): 12974-12988.

COSTELLO, M. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *J. Fish. Biol.* 36: 261-263.

CURY, P. & C. ROY. 1989. Optimal environmental Window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 670-680.

DA COSTA, A. & G. MALAFAIA. 2020. Ingestion of microplastics induces behavioral disorders in mice: a preliminary study on the effects of trophic transfer through tadpoles and fish. *J. Hazard. Mater.* 401 (123263).

DE-LA-TORRE, G., D. DIOSES-SALINAS, B. PÉREZ-BACA & L. Santillán. 2019. Microplastic abundance in three commercial fish from the coast of Lima, Peru. *Braz. J. Nat. Sci.* 2: 171-171.

DERRAIK, J. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 44: 842- 852.

DESFORGES, J., M. GALBRAITH, N. DANGERFIELD & P. ROSS. 2014. Widespread distribution of microplastics in subsurface seawater in the NE Pacific Ocean. *Mar. Pollut. Bull.* 79: 94- 99.

DOS SANTOS, J. & M. JOBLING. 1991. Gastric emptying in cod, *Gadus morhua* L.: emptying and retention of indigestible solids. *J. Fish Biol.* 38 (2): 187-197.

FAO. 1963. Development of the marine fisheries research program Report to the Government of Venezuela. Expanded program of Technical Assistance 1606. 61 pp.

FAO. 2017. Microplastics in fisheries and aquaculture. Fisheries and Aquaculture Technical Paper 615. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i7677e.pdf>. (revisada enero 2022).

FIGUERA, F. 1967. Contribución a los conocimientos de la fecundidad en la *Sardinella sp.* del Golfo de Cariaco. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 31 pp.

FRANCO, L. & K. BASHIRULLAH. 1992. Alimentación de la lisa (*Mugil curema*) del Golfo de Cariaco–Estado Sucre, Venezuela. *Zoot. Trop.* 10 (2): 219-238.

FRÉON, P., M. EL KHATTABI, J. MENDOZA & R. GUZMÁN. 1997. Unexpected reproductive strategy of *Sardinella aurita* of the coast of Venezuela. *Mar. Biol.* 128: 363-372.

FROESE, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J. Appl. Ichthyol.* 22: 241-253.

GARCÍA, J. 2019. Microplásticos en el ambiente y su impacto en la cadena trófica. Trab. Grad. M. Sc. en Nutrición y Salud, Universidad Abierta de Cataluña, Barcelona, España. 48 pp.

GARCÍA, O., M. HUQ & I. RAMÍREZ. 1985. Aspectos alimenticios de la sardina, *Sardinella aurita* Valenciennes 1847 (Pisces: Clupeidae) de los alrededores de la Isla de Margarita, Edo. Nueva Esparta. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 24 (1-2): 31-42.

GASSMAN, J., N. ESLAVA & L. GONZÁLEZ. 2008. Reproducción de la sardina *Sardinella aurita* (Cupleiforme: Clupeidae) del sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 56: 11.

Gassman, J., N. Eslava, L. W. González & N. Aguado. 2012. Indicadores reproductivos de la sardina *Sardinella aurita* (Clupeiformes: Clupeidae) del sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Cent. Invest. Biol.* 4 (2): 121-136.

GERLOTTO, F. & HNO. GINÉS. 1988. Diez años de ecointegración en EDIMAR, referida a la sardina del oriente venezolano (*Sardinella aurita*). *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle.* 48 (3): 311-324.

GESAMP. 2015. *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment*. En: Reports and Studies GESAMP No. 90. Ed. KERSHAW, P. (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). 96 pp.

GIL-DELGADO, J., D. GUIJARRO, R. GOSÁLVEZ, G. LÓPEZ-IBORRA, A. PONZ & A. VELASCO. 2017. Presence of plastic particles in waterbirds faeces collected in Spanish Lakes. *Environ. Pollut.* 220: 732- 736.

GONZÁLEZ, L. 1985. Determinación de edad y crecimiento de la sardina, *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 (Pisces: Clupeidae) de la región nororiental de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 24: 111-128.

GONZÁLEZ, L. 2006. Análisis de la pesquería artesanal de la sardina (*Sardinella aurita*) del estado Nueva Esparta, Venezuela: un enfoque bioeconómico precautorio. Trab. Grad. PH. D., Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, Mérida, México. 171 pp.

GONZÁLEZ, L. & N. ESLAVA. 2000. Crecimiento y mortalidad natural de la sardina, *Sardinella aurita* (Teleostei: Clupeidae) del estado Nueva Esparta, Venezuela. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 35 (1): 83-91.

GONZÁLEZ, L., N. ESLAVA & E. GÓMEZ. 2007. Parámetros poblacionales de la sardina (*Sardinella aurita*) del sureste de la Isla de Margarita. *Bol. Centro. Invest. Biol.* 41 (4): 457-470.

GONZÁLEZ, L., N. ESLAVA, F. GUEVARA & E. NÚÑEZ. 2021. Dinámica poblacional de sardina (*Sardinella aurita*) del estado Nueva Esparta, Venezuela. *TECNOCENCIA CHIHUAHUA* 14 (3): 149-165.

GOURÈNE, G. & G. TEUGELS. 1990. Clupeidae. En: Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Ed. Lévêque, C., D. Paugy & G. Teugels. Tome I. Coll. Faune Tropicale n° XXVIII. Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren and O.R.S.T.O.M., Paris, Francia. 98-111.

GRANADO, C. 2002. *Ecología de Peces. Alimentación*. Universidad de Sevilla. Sevilla, España. 353 p.

GRANEK, E., S. BRANDER & E. HOLLANDS. 2020. Microplastics in aquatic organisms: Improving understanding and identifying research directions for the next decade. *Limnol. Oceanogr. Lett.* (5): 1-4.

GUZMÁN, R. & M. PENOTT. 1999. Monitoreo del recurso sardina, *Sardinella aurita* en las costas de la Península de Araya. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 38: 37-38.

GUZMÁN, R., F. AROCHA & G. GÓMEZ. 2001. Tipo de desove de la sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) en el nororiente de Venezuela: Resultados preliminares. *Zoot. Trop.* 19, 173-183.

GUZMÁN, R., G. GÓMEZ, M. PENOTT & G. VIZCAINO. 1999. Estructura de tallas y reproducción de la sardina *Sardinella aurita* en el nororiente de Venezuela. *Zool. Trop.* 17: 155-174.

HERNANDEZ, E., B. NOWACK & D.M. MITRANO. 2017. Polyester textiles as a source of microplastics from households: a mechanistic study to understand microfiber release during washing. *Environ. Sci. Technol.* 51: 7036-7046.

HOLDEN, M. & D. RAITT. 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. *FAO. Tec. Paper.* 115: 214.

HUQ, M. 2003. *Estado del conocimiento biológico pesquero de la sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) en el Oriente de Venezuela*. En: *La sardina (*Sardinella aurita*), su medio ambiente y explotación en el Oriente de Venezuela: una síntesis*. Eds. FRÉON, P. & J. MENDOZA. IRD Editions, Colloques et Séminaires, Cumaná, Venezuela. 331-356.

HOYDAL, K., C. RORVIK & P. SPARRE. 1982. Estimation of effective mesh sizes and their utilization in assessment. *Dana* 2: 69-95.

HUQ, M. & J. RODRÍGUEZ. 1988. Algunos aspectos biométricos y reproductivos de la sardina, *Sardinella aurita* (Pisces: Clupeidae) de la zona Nor-Oriental de Venezuela en el periodo 1958-1966. *Acta. Cient. Venez.* 39 (1): 228.

HYSLOP, E. 1980. Stomach contents analysis a review of methods and their application. *J. Fish. Biol.* 17: 411-429.

IMHOF, H., N. IVLEVA, J. SCHMID, R. NIESSNER & C. LAFORSCH. 2013. Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Curr. Biol.* 23: R867-R868.

IANNACONE, J., F. PRINCIPE, D. MINAYA, G. PANDURO, M. CARHUAPOMA & L. ALVARIÑO. 2021. Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 32 (2): 1-15.

IZQUIERDO, M. & H. FERNÁNDEZ-PALACIOS. 2004. Importancia de la nutrición en la reproducción de peces. *ITEA* 100 (3): 289-296

JENNINGS, S., M. KAISER & J. REYNOLDS. 2001. *Marine fisheries ecology*. Blackwell Science, Inglaterra, Reino Unido. 432 p.

LAVERS, J., A. BOND & I. HUTTON. 2014. Plastic ingestion by flesh-footed shearwaters (*Puffinus carneipes*): implications for fledgling body condition and the accumulation of plastic-derived chemicals. *Environ. Pollut.* 187: 124-129.

LECHTHALER, S., R. DOLNY, V. SPELTHAHN, J. PINNEKAMP & V. LINNEMANN. 2020. Sampling concept for microplastics in combined sewage-affected freshwater and freshwater sediments. *Fundam. Appl. Limnol.* 194 (1): 37-48.

LIEBEZEIT, G. & E. LIEBEZEIT. 2013. Non-pollen particulates in honey and sugar. *Food. Addit. Contam. Part. A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess.* 30: 2136-2140.

LIEBEZEIT, G. & E. LIEBEZEIT. 2014. Synthetic particles as contaminants in German beers. *Food. Addit. Contam. Part. A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess.* 31: 1574-1578.

LÓPEZ-MARCANO, J., J. NÚÑEZ & B. MARÍN. 2022. Abundancia y distribución vertical-temporal de la densidad de huevos y larvas de peces en aguas oceánicas superficiales de la Fosa de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venez.* 61 (01): 57-78.

LOTS, F.A.E., P. BEHRENS, M.G. VIJVER, A.A. HORTON & T. BOSKER. 2017. A large-scale investigation of microplastic contamination: abundance and characteristics of microplastics in European beach sediment. *Mar. Pollut. Bull.* 123: 219-226.

LU, Y., Y. ZHANG, Y. DENG, W. JIANG, Y. ZHAO, J. GENG, L. DING & H. REN. 2016. Uptake and Accumulation of Polystyrene Microplastics in Zebrafish (*Danio rerio*) and Toxic Effects in Liver. *Environ. Sci. Technol.* 50 (7): 4054-4060.

LUSHER, A., M. MCHUGH & R. THOMPSON. 2013. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Mar. Pollut. Bull.* 67: 94-99.

LUSHER, A., C. O'DONNELL, R. OFFICER & I. O'CONNOR. 2016. Microplastic interactions with North Atlantic mesopelagic fish. *CIEM. J. Mar. Sci.* 73: 1214-1225.

LUSHER, A. & G. HERNANDEZ-MILIAN. 2018. Microplastic extraction from marine vertebrate digestive tracts, regurgitates and scats: A protocol for researchers from all experience levels. *Bio-protocol* 8: 1-12.

MAOCAI, S., Z. YAXIN, Z. YUAN, S. BIAO, Z. GUANGMING, H. DUOFEI, W. XIAOFENG & R. XIAOYA. 2019. Recent advances in toxicological research of nanoplastics in the environment: A review. *Environ. Pollut.* 252 (A): 511-521.

MAZURAS, D., B. ERNANDE, P. QUAZUGUEL, A. SEVERE, C. HUELVAN, L. MADEC, O. MOUCHEL, P. SOUDANT, J. ROBBENS, A. HUVET & J. ZAMBONINO-INFANTE. 2015. Evaluation of the impact of polyethylene microbeads ingestion in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Mar. Environ. Res.* 112: 78-85.

MENDIALDÚA, J. 2004. Aspectos reproductivos de la sardina (*Sardinella aurita*) del sureste de la Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta, Venezuela. (. Trab. Grad. Lic. Biología Marina, Universidad de Oriente, Boca de Río, Venezuela. 37 pp.

MENDOZA, J., P. FRÉON & R. GUZMÁN. 1994. VPA estimates of fishing mortality and exploited biomass from *Sardinella aurita* catch at length data in eastern Venezuela. *Naga* 17 (4): 32-36.

MENDOZA, J., P. FRÉON & R. GUZMÁN. 2003. Estimaciones de crecimiento, mortalidad y biomasa explotada de la sardina (*Sardinella aurita*) en el oriente venezolano por medio de frecuencias de longitudes. En: La sardina (*Sardinella aurita*), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela. Eds. FRÉON, P. & J. MENDOZA. IRD Editions, Colloques et Séminaires, Cumaná, Venezuela. 331-356.

MOCHAMAD, R., L. WAHYUDIN & D. PRIHADI. 2019. Microplastics Ingestion by Fish in The Pangandaran Bay, Indonesia. *World News of Natural Sciences* 23: 173-181.

OLIVEIRA, C., C. CORRÊA, & W. SMITH. 2020. Food ecology and presence of microplastic in the stomach content of neotropical fish in an urban river of the upper Paraná River Basin. *Revista Ambiente & Agua* 15 (4): 2551.

OROPEZA, A. 1984. Aspectos alimenticios de la sardina, *Sardinella aurila* Valenciennes 1847 (Pisces: Clupeidae) de la costa norte de la Península de Paria, Estado Sucre, Venezuela. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 128 pp.

ORY, N., C. GALLARDO, M. LENZ & M. THIEL. 2018. Capture, swallowing, and egestion of microplastics by a planktivorous juvenile fish. *Environ. Pollut.* 240: 566- 573.

PARKER, K. 1985. *Biomass model for the egg production method*, En: *An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the Northern Anchovy, Engraulis mordax*. Ed. R. Lasker. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Technical Report, EEUU. 5-6.

PAZOS, R., T. MAIZTEGUI, D. COLAUTTI, A. PARACAMPO & N. GÓMEZ. 2017. Microplastics in gut contents of coastal freshwater fish from Río de la Plata estuary. *Mar. Pollut. Bull.* 122: 85-90.

PENGFEEI, W., T. YUANYUAN, D. MIAO, W. SIQING, J. HANGBIAO, L. YUNSONG, J. HAO, Z. CHUNMIAO, Y. SHUPING & C. ZONGWEI. 2020. Spatial-temporal distribution of microplastics in surface water and sediments of Maozhou River within Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Sci. Total. Environ.* 717: 135-187.

PHILLIPS, M. & T. BONNER. 2015. Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico. *Mar. Pollut. Bull.* 100: 264-269.

PIÑON-COLIN, T., R. RODRIGUEZ-JIMENEZ, M.A. PASTRANA-CORRAL, E. ROGEL-HERNANDEZ & F.T. WAKIDA. 2018. Microplastics on sandy beaches of the Baja California Peninsula, Mexico. *Mar. Pollut. Bull.* 131: 63-71.

PLASTICSEUROPE. 2016. *Plastics - the Facts 2016*. Disponible en: [www.plasticseurope.org](http://www.plasticseurope.org). (revisada enero 2022).

POTTS, G. & R. WOOTTON. 1984. *Fish Reproduction: Strategies and Tactics*. Academic Press, Inglaterra, Reino Unido. 410 p.

PROVENCHER, J., A. BOND & M. MALLORY. 2015. Marine birds and plastic debris in Canada: a national synthesis and a way for forward. *Environ. Rev.* 23: 1-13.

RAMÍREZ, I. & M. HUQ. 1986. Aspectos reproductivos de la sardina, *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 (Pisces: Clupeidae) del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 25: 3-20.

RAMÍREZ, I., M. HUQ, M. BRUZUAL, M. CALDERA, O. GARCÍA & A. OROPEZA. 1987. *Aspectos alimenticios de la sardina, Sardinella aurita (Pisces: Clupeidae), del Nor-Oriente de Venezuela*. Segundo Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar. Lima, Perú. 160 p.

R CORE TEAM. 2016. *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria. Disponible en: <https://www.R-project.org/>. (revisada enero 2022).

REYES, D. 1981. Aspectos reproductivos de *Sardinella aurita* (Pisces: Clupeidae). Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 56 pp.

RICKER, W. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board. Can.* 191: 1-382.

RILLIG, M. 2012. Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? *Environ. Sci. Technol.* 46: 6453-6454.

ROCH, S., C. FRIEDERICH & A. BRINKER. 2020. Uptake routes of microplastics in fishes: practical and theoretical approaches to test existing theories. Nature research. *Sci. Rep.* 10: 3896.

RODRÍGUEZ-SIERRA, C., M. ANTÓN-PARDO, X. QUINTANA & X. ARMENGOL. 2020. Ingesta de microplásticos por el pez exótico *Gambusia holbrooki* en dos lagunas costeras mediterráneas. *Ecosistemas.* 29 (3): 1-9.

ROYER, S., S. FERRÓN, S. WILSON & D. KARL. 2018. Production of methane and ethylene from plastic in the environment. *PLoS. One.* 13 (8): e0200574.

ROSENKRANZ, P., Q. CHAUDRY, V. STONE & T. FERNANDES. 2009. A comparison of nanoparticle and fine particle uptake by *Daphnia magna*. *Environ. Toxicol. Chem.* 28 (10): 2142-2149.

SOKAL, R. & F. ROHLF. 1979. *Biometría*. Editorial Blume. Madrid, España. 831 p.

SOKAL, R. & F. ROHLF. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. Editorial Freeman. New York, EEUU, 887 p.

SPARRE, P. & S. VENEMA. 1995. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. Parte 1. Manual. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Editorial Universitaria, Santiago de Chile, Chile. 420 p

SRUTHY, S. & E. RAMASAMY. 2017. Microplastic pollution in Vembanad Lake, Kerala, India: the first report of microplastics in lake and estuarine sediments in India. *Environ. Pollut.* 222: 315-322.

STOCK, F., C. KOCHLEUS, D. SPIRA, N. BRENNHOLT, B. BÄNSCH-BALTRUSCHAT, S. DEMUTH & G. REIFFERSCHIED. 2020. Plastic in aquatic environments -Results of an international survey. *Fundam. Appl. Limnol.* 194 (1): 67-76.

TAGLIAFICO, A., L. GONZÁLEZ & N. ESLAVA. 2008. Estimación de los parámetros de crecimiento y reproducción de la sardina (*Sardinella aurita*), del sureste de la isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 37 (2): 45-54.

TAKADA, S. 2013. International pellet watch: Studies of the magnitude and spatial variation of chemical risks associated with environmental plastics. En: Accumulation: The Material Politics of Plastic. Ed. Gabrys, J., G., Hawkins, & M., Michael. Routledge, Nueva York, EEUU. 184-207.

TEUTEN, E., J. SAQUING, D. KNAPPE, M. BARLAZ, S. JONSSON, A. BJORN, S. ROWLAND, R. THOMPSON, T. GALLOWAY, R. YAMASHITA, D. OCHI, Y. WATANUKI, C. MOORE, P. HUNG, T. SEANG, M. PRUDENTE, R. BOONYATUMANOND, M. ZAKARIA, K. AKKHAVONG, Y. OGATA, H. HIRAI, S. IWASA, K. MIZUKAWA, Y. HAGINO, A. IMAMURA, M. SAHA & H. TAKADA. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philos. Trans. R. Soc. Lond., B.* 364: 2027-2045.

THOMPSON, R., Y. OLSEN, R. MITCHELL, A. DAVIS, S. ROWLAND, A. JOHN, D. MCGONIGLE & A. RUSSELL. 2004. Lost at sea: Where is all the plastic? *Science* 304: 838.

THOMPSON, R., S. SWAN, C. MOORE & F. VOM SAAL. 2009. Our plastic ages. *Philos. Trans. R. Soc. Lond., B.* 364: 1973-1976.

TRESIERRA, A. & M. CULQUICHICÓN. 1993. *Biología Pesquera*. Libertad, Perú. 432 p.

TSIKLIRAS, A. & E. ANTONOPOULOU. 2006. Reproductive biology of round sardinella (*Sardinella aurita*) in the north-eastern Mediterranean. *Sci. Mar.* 70 (2): 281-290.

UNEP. 2011. UNEP Year book. Emerging issues in our global environment. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11822/8276>. (revisada enero 2022).

VAN CAUWENBERGHE, L., L. DEVRIESE, F. GALGANI, J. ROBBENS & C. JANSSEN. 2015. Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. *Mar. Environ. Res.* 111: 5-17.

VAN CAUWENBERGHE, L., A. VANREUSEL, J. MEES & C. JANSSEN. 2013. Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environ. Pollut.* 182: 495-499.

WAGNER, M., C. SCHERER, D. ALVAREZ-MUÑOZ, N. BRENNHOLT, X. BOURRAIN, S. BUCHINGER, E. FRIES, C. GROBOIS, J. KLASMEIER, T. MARTI, S. RODRIGUEZ-MOZAZ, R. URBATZKA, A.D. VETHAAK, M. WINTHER-NIELSEN & G. REIFFERSCHIED. 2014. Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environ. Sci. Europe.* 26: 12.

WANG, W., J. GE & X. YU. 2020. Bioavailability and toxicity of microplastics to fish species: A review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 189:109913.

WENDT-POTTHOFF, K. & F., GABEL. 2020. Plastic in freshwater ecosystems. *Fundam. Appl. Limnol.* 194 (1): 33-35.

WHITEHEAD, P. 1985. FAO Species Catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the

herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. *FAO Fish. Synop.* 125 (7/1):1-303.

WOOTTON, R. 1998. *Ecology of teleost fishes*. Kluwer Academic Publishers. Fish and Fisheries Series, no. 24. Dordrecht, Países Bajos. 386 p.

YANG, D., H. SHI, L. LI, J. LI, K. JABEEN & P. KOLANDHASAMY. 2015. Microplastic pollution in table salts from China. *Environ. Sci. Technol.* 49: 13622-13627.

ZAR, H. 1974. *Bioestatistical analysis*. Prentice Hall. Biological Sciences Series, Illinois, EEUU. 620 p.

## HOJAS DE METADATOS

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	ESTUDIO DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN EL CONTENIDO ESTOMACAL Y BRANQUIAS DE LA SARDINA, <i>Sardinella aurita</i> Valenciennes, 1810 (TELEOSTEI: CLUPEIDAE), Y EVALUACIÓN DE SU DINÁMICA REPRODUCTIVA, DURANTE LA ÉPOCA DE PESCA DEL AÑO 2022, EN EL ESTADO SUCRE, VENEZUELA
<b>Subtítulo</b>	

#### Autor (es):

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
López-Marcano, Juan José	<b>CVLAC</b>	24 130 735
	<b>e-mail</b>	<i>juanjj5826@gmail.com</i>
	<b>e-mail</b>	<i>juanjj5826@hotmail.com</i>
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

#### Palabras o frases claves:

Sardina
Microplásticos
Morfofisiológicos
Índices
Pesquería

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Biología Pesquera

### Resumen (abstract):

La variabilidad natural e importancia del recurso *Sardinella aurita*, son razones para que se mantenga un seguimiento de la especie, que incluye estudios biológicos y pesqueros, que generen información actualizada sobre su estado actual. Si a esto le sumamos la problemática causada por la contaminación plástica, es necesario evaluar la presencia de microplásticos en el contenido estomacal y branquias de la especie, para obtener información necesaria que pueda ser incluida dentro del enfoque ecosistémico de gestión pesquera, resaltando las posibles implicaciones sanitarias si existiese transferencia en la trama trófica de estos contaminantes hacia las personas. Por tales motivos, en el siguiente trabajo se evaluaron mensualmente un total de 100 sardinas, en un periodo comprendido entre abril y noviembre del 2022, meses correspondientes a la época de pesca del recurso. Los organismos fueron adquiridos en los principales mercados y/o puertos pesqueros del estado Sucre. Se les midieron las variables morfométricas longitud total y peso, se les extrajo el tracto digestivo y se determinó el peso del estómago lleno y vacío, además del peso del contenido estomacal. A su vez, se evaluaron las gónadas de los ejemplares para estudiar su dinámica reproductiva. El contenido estomacal fue procesado para separar los microplásticos y caracterizarlos de forma física. La relación talla-peso fue definida por la ecuación  $\text{Peso} = 0,00059 * \text{LT}^{3,132}$ . Las más altas frecuencias de organismos maduros se encontraron en los meses de mayo, julio, agosto y noviembre, en organismos con tallas mayores de 14 cm de LT, presentando un  $L_{50}$  de 16,194 cm de LT, la proporción sexual fue 1:1. El factor de condición promedio fue de 0,861, presentando diferencias significativas mensuales. La media del índice gonadosomático fue de 1,355, esta variable presentó diferencias significativas para ambos factores. El índice de repleción presentó diferencias significativas por el factor mes, su promedio fue de 0,311, valor que entra dentro del rango de estómagos vacíos. El índice de vacuidad promedio fue de 0,276, siendo los meses de septiembre y noviembre los que contabilizaron mayor número de estómagos vacíos, este índice no presentó diferencias. La abundancia de microplásticos promedio fue 3,066 ítems, con diferencias mensuales e interacción con respecto al sexo y una frecuencia de aparición de 70,125 %, se obtuvieron un total de 2 459 ítems, 2 402 fibras y 57 fragmentos, ambos tipos en diferentes colores, siendo las fibras de color negro las más abundantes con 947 ítems. Este estudio, aunque demostró la alta presencia de microplásticos dentro del contenido estomacal, y una baja correlación de esta abundancia con las variables estudiadas, no puede ser concluyente a la hora de hablar de las consecuencias causadas por este contaminante emergente. Es necesario profundizar más sobre el tema, incluyendo ensayos de laboratorios con metodologías estandarizadas.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Fermín, Ivis Marina	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/>
	CVLAC	10 291 815
	e-mail	<i>lvismarina@gmail.com</i>
	e-mail	
Narváez, Mariela	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	18 416 876
	e-mail	<i>mnarvaezruiz@gmail.com</i>
	e-mail	
Ariza, Luis Alejandro	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	14 886 877
	e-mail	<i>luisalejandrariza@gmail.com</i>
	e-mail	
García, Edgar	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	15 317 801
	e-mail	<i>tukani82@gmail.com</i>
	e-mail	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2023	03	08

Lenguaje: SPA

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

### Archivo (s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TGMSC-Lópezj.doc	Word 2021

### Alcance:

**Espacial:** Nacional (Opcional)

**Temporal:** Temporal (Opcional)

### Título o Grado asociado con el trabajo:

*Magister Scientarum* en Ciencias Marinas, mención Biología Pesquera

**Nivel Asociado con el Trabajo:** *Magister Scientarum*

**Área de Estudio:** Biología Pesquera

### Institución (es) que garantiza (n) el Título o grado:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO DE SUCRE

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Letdo el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR *Martínez*  
FECHA 05/8/09 HORA 5:30

Cordialmente,

*Juan A. Bolanos Cumbelo*  
Secretario



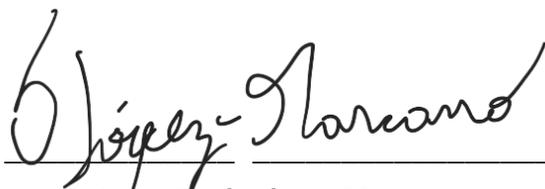
C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

**Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6**

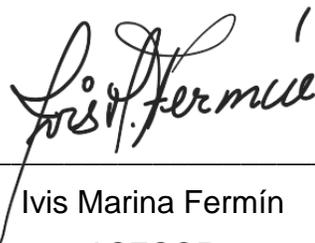
**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE GRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009):** “los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”.



---

Juan José López-Marcano

AUTOR



---

Ivis Marina Fermín

ASESOR