Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Biológicas
Escuela Profesional de Ciencias Biológicas

Temporalidad de los microplásticos en el tejido blando del chorito negro *Semimytilus patagonicus* (Hanley, 1843) durante el 2019

TESIS

Para optar el Título Profesional de Bióloga con mención en Hidrobiología y Pesquería

AUTOR

Judith Angelica SÁNCHEZ BARBACHAN

ASESORA

Silvia Ysabel AGUILAR LUNA

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Sánchez, J. (2026). *Temporalidad de los microplásticos en el tejido blando del chorito negro Semimytilus patagonicus (Hanley, 1843) durante el 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Ciencias Biológicas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Judith Angelica Sánchez Barbachan
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70417436
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-6211-4858
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Silvia Ysabel Aguilar Luna
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09431714
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6123-3287
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Guillermo Odilon Alvarez Bejar
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06754707
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Betty Elena Shiga Oshige
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25739354
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Maribel Baylon Coritoma
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40039759
Datos de investigación	

Línea de investigación	A.1.1.1. Diversidad y Ecología de Ecosistemas Acuáticos
Grupo de investigación	GRUPO DE INVESTIGACION EN ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS
Agencia de financiamiento	Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vicerrectorado de Investigación y Posgrado. Programa de Promoción de Tesis de Pregrado. PCONFIGI B19100551.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Huaral Distrito: Chancay Latitud: 11.508458 Longitud: 77.315564
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2019 - 2020
URL de disciplinas OCDE	Ecología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.13 Biología marina, Biología de agua dulce, Limnología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.12

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SESIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGA CON MENCIÓN EN HIDROBIOLOGÍA Y PESQUERÍA (MODALIDAD: SUSTENTACIÓN PRESENCIAL DE TESIS)

Siendo las 10:06 horas del 17 de setiembre de 2026, en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Biológicas y en presencia del Jurado formado por los profesores que suscriben, se inició la sesión para optar al **Título Profesional de Bióloga con mención en Hidrobiología y Pesquería** de **JUDITH ANGELICA SÁNCHEZ BARBACHAN.**

Luego de dar lectura y conformidad al expediente **N.º UNMSM-20260007213**, la titulando expuso su tesis: **TEMPORALIDAD DE LOS MICROPLÁSTICOS EN EL TEJIDO BLANDO DEL CHORITO NEGRO *Semimytilus patagonicus* (HANLEY, 1843) DURANTE EL 2019**, y el Jurado efectuó las preguntas del caso calificando la exposición con la nota ..17.., calificativo: aprobado con mención honrosa

Finalmente, el expediente será enviado a la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y al Consejo de Facultad para que se apruebe otorgar el **Título Profesional de Bióloga con mención en Hidrobiología y Pesquería** a **JUDITH ANGELICA SÁNCHEZ BARBACHAN** y se eleve lo actuado al Rectorado para conferir el respectivo título, conforme a ley.

Siendo las 11:20 horas se levantó la sesión.

Ciudad Universitaria, 17 de setiembre de 2026.

GUILLERMO ODILON ALVAREZ BEJAR
PRESIDENTE

SILVIA YSABEL AGUILAR LUNA
ASESORA

BETTY ELENA SHIGA OSHIGE
MIEMBRO

MARIBEL BAYLON CORITOMA
MIEMBRO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Silvia Ysabel Aguilar Luna en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la EP N° 000038-2026-EPCB-FCB/UNMSM de la tesis, cuyo título es, "Temporalidad de los microplásticos en el tejido blando del chorito negro *Semimytilus patagonicus* (Hanley, 1843) durante el 2019", presentado por la bachiller JUDITH ANGELICA SÁNCHEZ BARBACHAN, para optar al título profesional de Bióloga con mención en Hidrobiología y Pesquería,

CERTIFICO, que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 5% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título profesional de Bióloga con mención en Hidrobiología y Pesquería.

Lima, 10 de setiembre de 2026

Firma del Asesor 

Nombres y Apellidos del asesor: Silvia Ysabel Aguilar Luna
DNI: 09431714

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

DEDICATORIA

A mis padres, Edgar y Judith; a mis hermanos, María y Walter; a mi abuela, Dolores, por su presencia constante y a mis pequeñas Nala y Kiru por su cariño infinito.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi asesora, la magíster Silvia Aguilar, por todo su apoyo y el seguimiento constante a lo largo de este proceso; y también al PhD Aldo Pacheco, por complementar ese apoyo con sus aportes y observaciones a mi documento.

Asimismo, este trabajo forma parte del proyecto PCONFIGI B19100551 “Contaminación por microplásticos en playas de uso pesquero artesanal y sus efectos en la biota marina”, desarrollado en el laboratorio de Ecología Acuática de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Agradezco también a quienes hicieron posible el monitoreo y procesamiento de muestras: Jenyffer Moran, Samantha Merino, José Carreño y Alexandra Cornejo por el tiempo y esfuerzo en campo y laboratorio.

Y finalmente, a mis amigos Arturo Alberca y Breydhi Segura, por el apoyo y por compartir su conocimiento y guía en este camino.

Agradezco también haber tenido la fortaleza y resiliencia para seguir persiguiendo mis objetivos, a mi propio ritmo.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN 1
2. MARCO TEÓRICO 3
2.1. Microplásticos 3
2.2. *Semimytilus patagonicus* 4
2.3. Mitílidos y los microplásticos 5
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS 7
3.1. Hipótesis 7
3.2. Objetivo general y específicos 7
4. MATERIAL Y MÉTODOS 8
4.1. Área de estudio y muestreo 8
4.2. Procesamiento de muestras en el laboratorio 8
4.2.1. Análisis biométrico y biológico 8
4.2.2. Degradación de la materia orgánica 8
4.3. Identificación y caracterización de microplásticos 9
4.4. Procesamiento y análisis estadístico 9
5. RESULTADOS 11
5.1. Clasificación de los microplásticos según tipo y color 11
5.2. Determinación del tamaño 13
5.3. Determinación de la abundancia de microplásticos 15
5.4. Biometría de S. *patagonicus* y su asociación con la abundancia 17
6. DISCUSIÓN 19
6.1. Tipo y color de los microplásticos 19
6.2. Longitud 20
6.3. Abundancia 21
6.4. Abundancia de microplásticos y la biometría de los organismos 22
7. CONCLUSIONES 24
8. RECOMENDACIONES 26
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 27

10. ANEXOS 32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1.- Tipos de microplásticos registrados: **(a)** fibra, **(b)** espuma y **(c)** fragmento. 11
Figura N°2.- Composición por tipo de microplásticos del tejido blando de S. patagonicus durante las temporadas cálida y fría. 12
Figura N°3.- Composición por color del microplástico en tejido blando de S. patagonicus durante las temporadas cálida y fría. 13
Figura N°4.- Composición porcentual de los intervalos del tamaño (mm) en las temporadas cálida y fría de microplásticos en tejido blando de S. *patagonicus*. 14
Figura N°5.- Composición porcentual del tamaño (mm) del microplástico en las temporadas cálida y fría de microplásticos en tejido blando de S. *patagonicus*. 15
Figura N°6.- Abundancia media y error estándar de microplásticos en tejido blando de S. *patagonicus* durante las temporadas cálida y fría. 16
Figura N°7.- Relación alométrica entre la longitud valvar y la masa del tejido blando en S. *patagonicus*. 17
Figura N°8.- Zona de muestreo en la Playa Chancayllo. 32
Figura N°9.- Playa Chancayllo-Lima, zona sur. 32
Figura N°10.- Extensión de la Playa Chancayllo-Lima. 33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.- Correlación de Spearman entre la abundancia de microplásticos y las variables biométricas de S. *patagonicus*. 18

RESUMEN

La presencia de plásticos en el ambiente marino constituye un problema ambiental que afecta a la biota marina y favorece su incorporación a la red trófica. La especie *Semimytilus patagonicus* (chorito negro), por ser un organismo sésil y de alimentación por filtración, se encuentra expuesta de manera directa a la contaminación por microplásticos, por lo que el objetivo del presente estudio fue caracterizar la presencia y determinar la variación temporal de microplásticos en la especie. El muestreo se realizó en la zona intermareal rocosa de la playa Chancayllo, Lima (11°30'30.45" S, 77°18'56.03" O), donde se recolectaron cinco réplicas aleatorias durante las temporadas cálida y fría de 2019. Se identificaron tres tipos de partículas: fibra, espuma y fragmento, siendo la espuma el tipo más abundante; asimismo, el color predominante de las partículas fue el blanco y la mayor proporción de partículas registradas se encontró en el rango de 0.005 – 0.25 mm. La composición por tipo de microplásticos no se vio influenciada de forma significativa por la temporalidad. La abundancia media fue de 5.83 ± 4.42 MP/ind en la temporada fría y 1.33 ± 1.81 MP/ind en la temporada cálida, mientras que la abundancia media por masa fue de 2.75 ± 2.14 MP/g en la temporada fría y 1.06 ± 1.56 MP/g en la temporada cálida. A pesar del alto coeficiente de variación registrado, la abundancia (MP/ind y MP/g) no se vio influenciada de forma significativa por la temporalidad. Los reportes de microplásticos encontrados en los especímenes de estudio están asociados a la contaminación local. Según la metodología aplicada, la biometría de *S. patagonicus* no estuvo relacionada de forma significativa con la abundancia por individuo y gramo.

ABSTRACT

The presence of plastics in the marine environment constitutes an environmental problem that affects marine biota and facilitates their incorporation into the food web. The species *Semimytilus patagonicus* (black mussel), being a sessile, filter-feeding organism, is directly exposed to microplastic contamination; therefore, the objective of the present study was to characterize the presence and determine the temporal variation of microplastics in the species. Sampling was conducted in the rocky intertidal zone of Chancayllo beach, Lima (11°30'30.45" S, 77°18'56.03" W), where five random replicates were collected during the warm and cold seasons of 2019. Three types of particles were identified: fiber, foam, and fragment, with foam being the most abundant type; likewise, the predominant particle color was white, and the highest proportion of recorded particles fell within the 0.005 – 0.25 mm range. The composition by microplastic type was not significantly influenced by seasonality. The mean abundance was 5.83 ± 4.42 MP/ind in the cold season and 1.33 ± 1.81 MP/ind in the warm season, while the mean abundance by mass was 2.75 ± 2.14 MP/g in the cold season and 1.06 ± 1.56 MP/g in the warm season. Despite the high coefficient of variation recorded, abundance (MP/ind and MP/g) was not significantly influenced by seasonality. The microplastics reported in the specimens studied are associated with local contamination. Based on the methodology applied, the biometry of S. *patagonicus* was not significantly related to abundance per individual and per gram.

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de plásticos en el ambiente marino constituye un problema ambiental, ya que no se degradan fácilmente y permanecen durante largos periodos de tiempo, además su producción y uso se han incrementado de manera exponencial debido a su bajo costo de producción. Se estima que en la superficie de los océanos flotan al menos 5.25 billones de partículas, con un peso aproximado de 268 940 toneladas (Eriksen *et al*., 2014). Con el tiempo, estos plásticos se fragmentan en partículas de menor tamaño, clasificadas como nanoplásticos, microplásticos, mesoplásticos y macroplásticos (Hanvey *et al*., 2017). Debido a esta fragmentación, los microplásticos pueden ser ingeridos por diferentes organismos ingresando así a la red trófica marina (Wright *et al*., 2013), donde pueden producir efectos adversos en la salud de los organismos.

En el Perú, las playas presentan contaminación por plásticos provenientes de actividades humanas locales. Asimismo, estos residuos son transportados por el oleaje, el viento y la escorrentía pluvial (Thiel *et al*., 2011). El estudio realizado por Gonzales *et al*., (2023) en playas de la región de Lima evidenció una contaminación por residuos sólidos donde predominan los plásticos asociados a la pesca artesanal y a la desembocadura de ríos. Otros autores como De-la-Torre *et al*. (2024) reportaron que las playas de la costa peruana presentan diferentes niveles de contaminación por residuos marinos, siendo los plásticos el material predominante. Asimismo, Purca y Henostroza (2017) reportaron la presencia de fragmentos de plásticos duros en cuatro playas de Lima.

El distrito de Chancay, en Lima, presenta playas de uso pesquero artesanal (Baldeón y Ganoza, 2022), entre ellas la playa Chancayllo, que además es utilizada con fines recreativos y colinda con áreas de cultivo, por lo que se encuentra expuesta a diferentes fuentes de contaminación de origen antropogénico. En la zona de roquería habita *Semimytilus patagonicus*, un bivalvo filtrador que forma agregaciones y que, debido a

su estrategia de alimentación, puede ingerir partículas suspendidas en la columna de agua entre ellas, los microplásticos.

A pesar de los antecedentes disponibles, aún existe poca información sobre la caracterización de microplásticos en *Semimytilus patagonicus* y sobre cómo varían entre temporadas en ambientes intermareales rocosos. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar los microplásticos presentes en el tejido blando de *Semimytilus patagonicus* durante las temporadas cálida y fría del año 2019 en la playa Chancayllo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Microplásticos

El plástico está constituido por polímeros formados a partir de monómeros mediante el proceso de polimerización. Entre los polímeros más utilizados se encuentran el polietileno, polipropileno, poliestireno y policloruro de vinilo. Además, se conocen dos tipos de plásticos: los termoplásticos que presentan tolerancia al calor y al frío y pueden reciclarse, y los polímeros termoestables, que son menos moldeables y más difíciles de reciclar (Crawford y Quinn, 2017).

Entre los polímeros asociados a microplásticos más comúnmente reportados en el ambiente acuático se encontraron el polietileno (PE) con un 25 %, el tereftalato de polietileno (PET) con 16,5 %, la poliamida (PA) con 12 %, el polipropileno (PP) con 14 %, el poliestireno (PS) con 8,5 %, el alcohol polivinílico (PVA) (6 %) y el policloruro de vinilo (PVC) con 2 % (Ashrafy *et al*., 2023).

Por otro lado, los microplásticos pueden clasificarse según su fuente en primarios, de origen manufacturero, y secundarios, producto de la fragmentación de plásticos (Cole *et al*., 2011). Esta fragmentación se distingue según Hanvey *et al*. (2017), por categorías de tamaño: macroplástico (>20 cm), mesoplástico (5-20 cm), microplástico largo (1 - 5 mm), microplástico pequeño (1 - 1000 µm) y nanoplástico (<1000 nm).

Los estudios sobre microplásticos (MP) se han enfocado principalmente en describir su presencia, distribución y características en distintos componentes del ecosistema, como el plancton, los organismos vertebrados e invertebrados, así como en los sustratos y en las interacciones con contaminantes químicos (Ivar do Sul y Costa, 2014). En estos estudios, los MP se caracterizan según su fuente, tipo, forma, grado de erosión y color (Hidalgo-Ruz *et al*., 2012).

Diversas investigaciones experimentales han documentado efectos adversos asociados a la exposición a microplásticos en organismos marinos. Entre ellos se encuentran

alteraciones en las reservas y el balance energético (Bour *et al*., 2018b), disminución del potencial energético y reducción significativa del rendimiento reproductivo (Cole *et al*., 2015), así como modificaciones en el sistema inmunológico y respuestas inflamatorias relacionadas con la incorporación de MP a nivel tisular y celular (Pittura *et al*., 2018). Asimismo, se han reportado procesos de disrupción endocrina y alteraciones en los sistemas reproductivos (Sussarellu *et al*., 2016). Desde el punto de vista sobre efectos físicos por su tamaño, forma y acumulación, los microplásticos pueden ocasionar obstrucciones a lo largo del sistema digestivo o abrasiones por objetos afilados (Wright *et al*., 2013).

La presencia y la distribución de MP en los distintos niveles tróficos pueden contribuir a la predicción de posibles consecuencias ecológicas (Bour *et al*., 2018a). Además, de los efectos físicos derivados de su ingestión, los MP pueden generar una contaminación química por bioacumulación de sustancias tóxicas, entre estos contaminantes se tienen los compuestos orgánicos persistentes (POPs) (Gouin *et al*., 2011); los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) (Rochman *et al*., 2013); los pesticidas organoclorados, plastificantes (bisfenol A y éteres difenílicos polibromados) (Teuten *et al*., 2009) y la acumulación de metales pesados cuanto más tiempo permanecen en el ambiente marino (Rochman *et al*., 2014). La ingestión, por parte de los organismos, de estos contaminantes químicos puede generar efectos como daño celular y genético (Rios *et al*., 2007); alteración de procesos como la alimentación, el metabolismo energético y la reproducción (Cole *et al*., 2015); alteración de disruptores endocrinos y aumentar la mortalidad, afectando directamente el crecimiento, la reproducción y la supervivencia de los organismos acuáticos (Ziani *et al*., 2023; Zhou *et al*., 2026).

2.2. *Semimytilus patagonicus*

Semimytilus patagonicus (Hanley, 1843), conocido comúnmente como “chorito negro” es un mitílido, principalmente sésil, filtrador y de alimentación en suspensión,

perteneciente a la familia Mytilidae, de la clase Bivalvia. Se distribuye a lo largo de la costa del Pacífico, desde Ecuador hasta Chile (Stanley, 1970; Villegas *et al*., 2006; Pinochet *et al*., 2018). Habita en la orilla rocosa de la zona intermareal baja (Caro & Castilla, 2004), donde forma agregaciones que brindan refugio a numerosas especies, especialmente en estados juveniles (Romero *et al*., 1988). Debido a la formación de estas agregaciones, los mitílidos desempeñan un papel importante como organismos bioingenieros (Baldarrago *et al*., 2017). Entre sus depredadores se encuentran moluscos como *Nucella crassilabrum* y *Concholepas concholepas*, así como crustáceos como *Homalaspis plana* y *Acanthocyclus gayi* (Morales y Antezana, 1983; Caro y Castilla, 2004). Estas interacciones ecológicas evidencian su importancia dentro de las comunidades intermareales rocosas.

2.3. Mitílidos y los microplásticos

La incidencia de MP en bivalvos que habitan la zona intermareal, como *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus edulis*, ha sido registrada por diversos autores (De Witte *et al*., 2014; Li *et al*., 2015; Van Cauwenberghe y Janssen, 2014; Kolandhasamy *et al*., 2018). Estos estudios reportan la presencia de MP en bivalvos, lo que evidencia su exposición constante a estos contaminantes en ambientes costeros. Sin embargo, Leppes *et al*., (2024) reportan niveles mínimos y similares de microplásticos en las especies *Mytilus chilensis* y *Choromytilus chorus*.

Asimismo, existe evidencia de la presencia de MP en otras especies de bivalvos bentónicos que habitan en fondos arenosos, como *Argopecten purpuratus* (De-la-Torre *et al*., 2019) y en zonas poco profundas, como *Crassostrea virginica* (Waite *et al*., 2018). Estos registros muestran que la ingestión de MP ocurre en distintos hábitats bentónicos.

El primer registro de microplásticos en organismos de la zona intermareal de la orilla rocosa fue realizado por De-la-Torre *et al*. (2020b) en la playa Las Sombrillas,

Lima - Perú. En este estudio se evaluó la ingestión de microplásticos y la ecología alimentaria de tres especies: *Chiton granosus*, *Tegula atra* y *Semimytilus patagonicus*. Este antecedente evidencia la presencia de microplásticos en organismos intermareales de la costa peruana.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. Hipótesis

La especie *Semimytilus patagonicus*, presente en la playa Chancayllo, contiene microplásticos en su tejido blando, los cuales pueden caracterizarse según su tipo, color, tamaño y abundancia.

3.2. Objetivo general y específicos

Objetivo general: Caracterizar los microplásticos presentes en el tejido blando de *Semimytilus patagonicus* durante las temporadas cálida y fría del 2019 en la playa Chancayllo.

Objetivo específico:

- Clasificar los microplásticos presentes en el tejido blando de *Semimytilus patagonicus* según el tipo y color durante las temporadas cálida y fría del 2019.
- Determinar el tamaño de los microplásticos.
- Determinar la abundancia de microplásticos por individuo y por gramo del tejido blando en *Semimytilus patagonicus*.
- Explorar la asociación entre la abundancia de microplásticos y la biometría de los organismos.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio y muestreo

Se realizaron dos muestreos de S. *patagonicus* en la zona sur de la playa Chancayllo en el distrito de Chancay (11°30'30.45" S, 77°18'56.03" O), durante el año 2019, los cuales se llevaron a cabo en la zona mediolitoral rocosa durante las temporadas cálida (abril) y fría (setiembre). En cada muestreo se tomaron cinco réplicas mediante una cuadrante de 10 cm × 10 cm colocada de forma aleatoria sobre rocas, de la cual se extrajo la agregación de mitílidos correspondiente a una réplica; posteriormente, estas fueron rotuladas y colocadas en un contenedor térmico con gel refrigerante para su conservación y posterior transporte al laboratorio. Se mantuvo una distancia de 5 a 7 metros entre réplicas y el área total de muestreo fue de 609.69 m².

4.2. Procesamiento de muestras en el laboratorio

4.2.1. Análisis biométrico y biológico

De cada réplica (cuadrante) se seleccionaron aleatoriamente 20 individuos, a los cuales se les registró la longitud valvar desde el umbo hasta la zona posterior utilizando un calibrador Vernier. Posteriormente, con ayuda de pinzas se extrajo el tejido blando, el cual fue pesado en una balanza analítica. Finalmente, la muestra, conformada por el tejido blando de los veinte individuos, fue colocada en un vaso de precipitado de 50 ml y procesada *in toto*.

4.2.2. Degradación de la materia orgánica

La muestra fue colocada a baño María y se le adicionó peróxido de hidrógeno al 20% en un volumen no mayor de 20 ml, manteniéndose a 60 °C hasta la degradación de la materia orgánica. Este procedimiento fue repetido por cada muestra. Posteriormente, la muestra obtenida fue transferida a un vaso de precipitado de 1000 ml; al extracto se le añadió NaCl al 50%, agregando un volumen equivalente al doble del volumen del

extracto. La mezcla se agitó durante 5 minutos y se dejó reposar durante 10 minutos. Finalmente, el sobrenadante fue filtrado al vacío mediante filtros de celulosa estéril de 47 µm. Cada filtro se colocó en una placa de Petri de vidrio, correspondiendo cada uno a una muestra procesada *in toto*, siguiendo la metodología de Li *et al*. (2015).

4.3. Identificación y caracterización de microplásticos

Las muestras fueron observadas en el estereoscopio Euromex equipado con una cámara NexiusZoom, y el análisis de imágenes se realizó mediante el programa Image Focus Alpha. Los microplásticos se caracterizaron por tipo y color según Hidalgo-Ruz *et al*. (2012). Asimismo, fueron clasificados por tamaño de acuerdo con Hanvey *et al.* (2017) en macroplástico (> 20 cm), mesoplástico (5-20 cm), microplástico largo (1-5 mm), microplástico pequeño (1-1000 µm) y nanoplástico (<1000 nm); así como agrupados en los intervalos de tamaño propuestos por Li *et al*. (2015): 0.005 – 0.25, 0.25 – 0.50, 0.50 – 1 y 1.0 – 5.0 mm.

4.4. Procesamiento y análisis estadístico

A partir de estas características, se calcularon las proporciones por temporada. Asimismo, se evaluaron la normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente, utilizando el software R. De acuerdo con el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se realizó la prueba paramétrica de t de Student o la prueba no paramétrica de Wilcoxon-Mann-Whitney (De-la-Torre *et al*., 2019) para comparar las temporadas, considerando un nivel de significancia de $p < 0,05$. Estos análisis se aplicaron a las variables de tamaño del microplástico, abundancia (ítems por individuo [MP/ind] y ítems por gramo de tejido [MP/g]) y a las variables biométricas (longitud valvar y masa del tejido blando). La relación entre la longitud valvar y la masa del tejido blando se evaluó mediante un modelo alométrico obtenido a partir de una regresión lineal de los datos transformados mediante logaritmos. Finalmente, se aplicó el coeficiente de correlación

de Spearman (Pitt *et al*., 2024) para evaluar la asociación entre las variables biométricas (longitud valvar promedio y masa promedio del tejido blando) y la abundancia de microplásticos expresada como ítems por individuo (MP/ind) e ítems por gramo de tejido (MP/g).

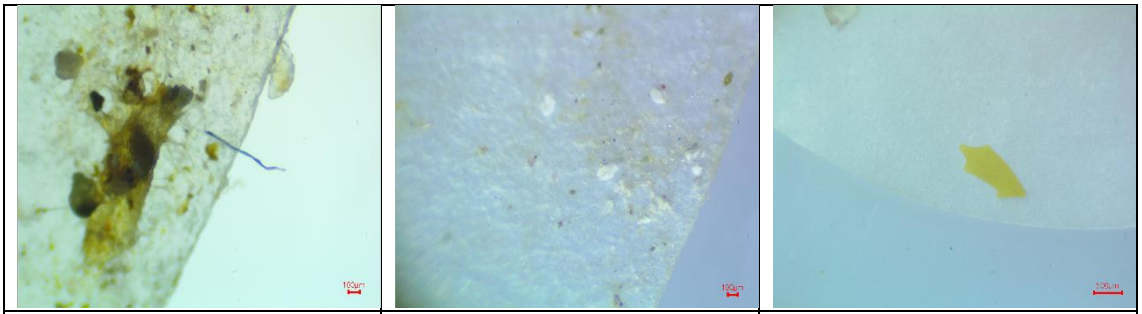
5. RESULTADOS

Las tallas de S. *patagonicus* registradas oscilaron entre 10.0 y 61.2 mm de longitud valvar, con una media ± error estándar de 30.63 ± 0.47 mm (29.00 ± 0.27 mm, cálida y 32.20 ± 0.89 mm, fría). La masa del tejido blando estuvo comprendida entre 0.13 y 21.97 g, con una media ± error estándar de 2.15 ± 0.18 g (1.46 ± 0.05 g, temporada cálida y 2.85 ± 0.35 g, temporada fría). Al comparar la longitud valvar entre temporadas no se encontraron diferencias significativas (t = -0.97865, p = 0.3564). De igual manera, la masa del tejido blando tampoco presentó diferencias significativas entre temporadas (t = -1.2889, p = 0.2335).

5.1. Clasificación de los microplásticos según tipo y color

En el tejido blando de *S. patagonicus* se registraron un total de 716 microplásticos para las temporadas cálida (133) y fría (583) del 2019. En todas las réplicas de ambas temporadas se identificaron tres tipos de microplásticos: fibra, espuma y fragmento (Figura N°1).

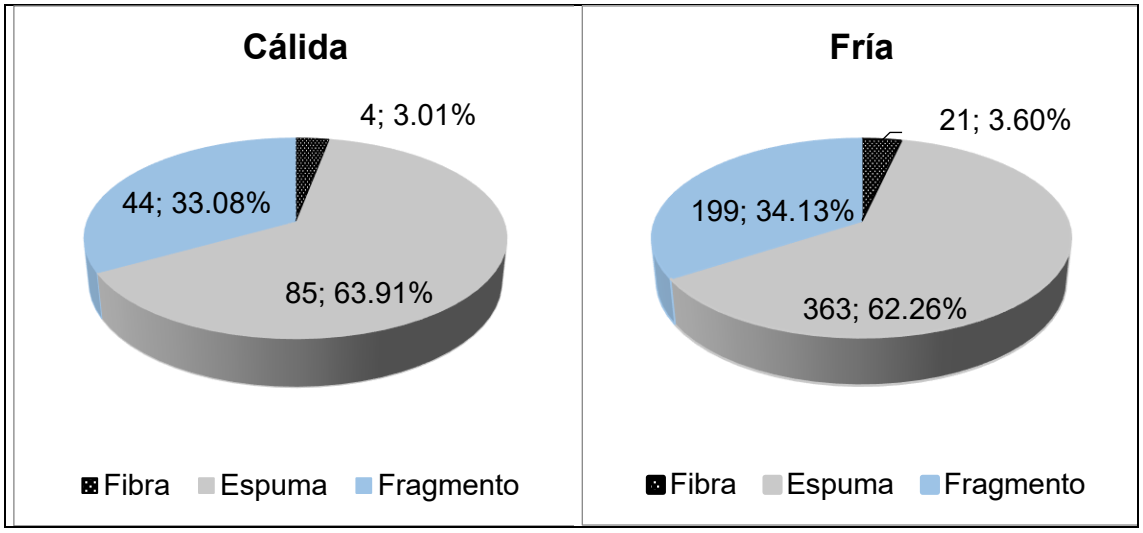
Figura N°1.- *Tipos de microplásticos registrados:* ***(a)*** *fibra,* ***(b)*** *espuma y* ***(c)*** *fragmento.*



(a)	(b)	(c)

Se observó que la espuma fue la predominante, superando el 62 % en ambas temporadas, seguida del fragmento con valores superiores al 33 % y, finalmente, la fibra con proporciones superiores al 3 %. A pesar de la diferencia en el número de partículas por temporada, la composición porcentual de los tipos de microplásticos se mantuvo en ambas (Figura N°2).

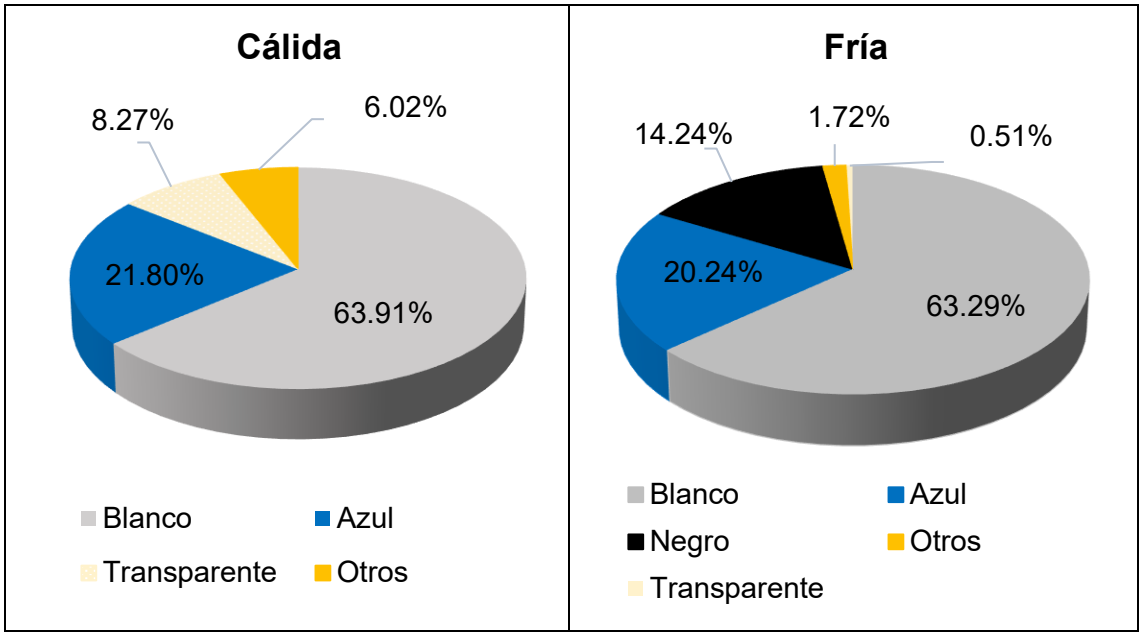
Figura N°2.- *Composición por tipo de microplásticos del tejido blando de S. patagonicus durante las temporadas cálida y fría.*



Dentro de los colores observados, el blanco fue el predominante en ambas temporadas, representando aproximadamente el 63 % del total de microplásticos registrados. El segundo color más representativo fue el azul, con proporciones del 20.24 % en la temporada fría y 21.80 % en la cálida. A partir del tercer color con mayor proporción se observaron diferencias entre temporadas: durante la temporada fría, el color negro presentó una proporción de 14.24 %, mientras que en la temporada cálida fue el color transparente, con 8.27 %.

En conjunto, los demás colores representaron el 6.02 % de los microplásticos en la temporada cálida y el 2.23 % en la fría. Asimismo, la temporada fría reportó una mayor cantidad de colores, registrándose 11 diferentes, mientras que en la temporada cálida se identificaron ocho; además, en esta última no se observaron partículas de color negro (Figura N°3).

Figura N°3.- *Composición por color del microplástico en tejido blando de S. patagonicus durante las temporadas cálida y fría.*

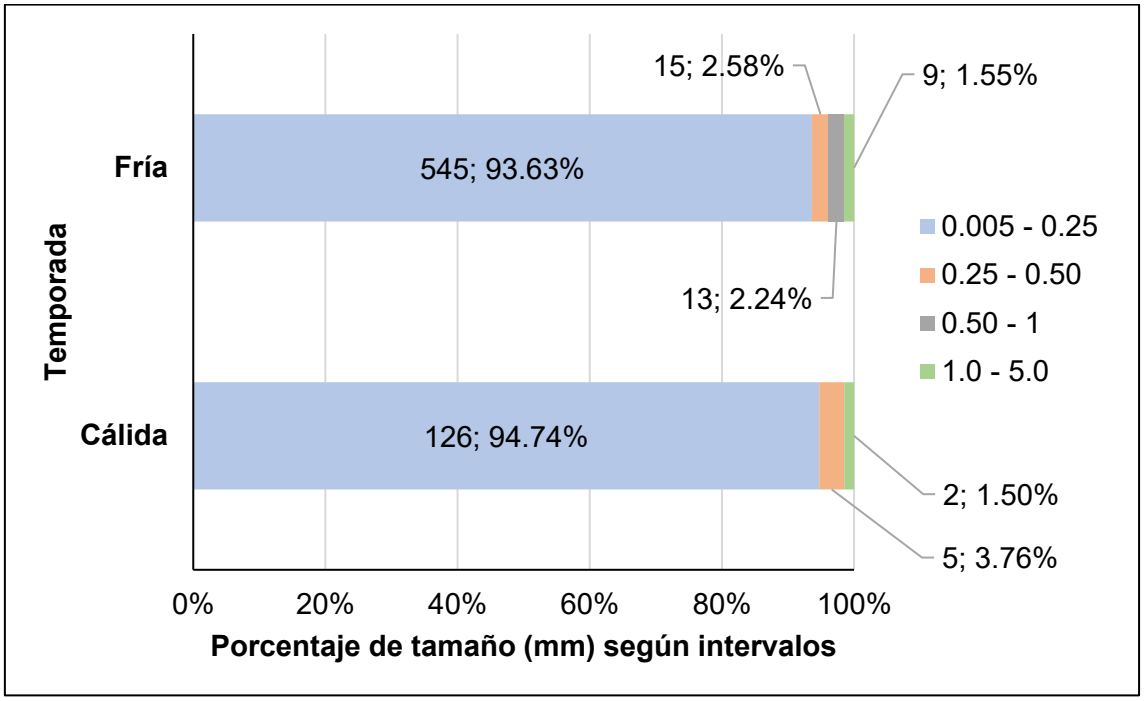


5.2. Determinación del tamaño

El análisis de los intervalos del tamaño de los microplásticos según Li *et al*. (2015) mostró que, en ambas temporadas, el intervalo 0.005 – 0.25 mm predominó, con una concentración del 94.74 % en la cálida y 93.63 % en la fría. Asimismo, el intervalo 0.25 – 0.50 mm presentó la segunda mayor concentración, con 3.76 % para la temporada cálida y 2.58 % para la fría. A partir de este punto, la distribución de los intervalos de tamaño difirió entre temporadas. La temporada cálida registró únicamente tres intervalos de tamaño, siendo 1.0 – 5.0 mm el último intervalo con una concentración de 1.50 %. En cambio, la temporada fría presentó cuatro intervalos de tamaño, donde el tercer intervalo 0.50 – 1.0 mm presentó una proporción de 2.24 % y, finalmente, el intervalo 1.0 – 5.0 mm con una proporción de 1.55 % (Figura N°4).

Cabe resaltar que debido a que los rangos presentados por los autores Li *et al*. (2015) fueron más restrictivos se retiraron 2 registros de microplásticos: uno es menor que 0.005 mm y el otro mayor a 5 mm.

Figura N°4.- *Composición porcentual de los intervalos del tamaño (mm) en las temporadas cálida y fría de microplásticos en tejido blando de S. patagonicus.*



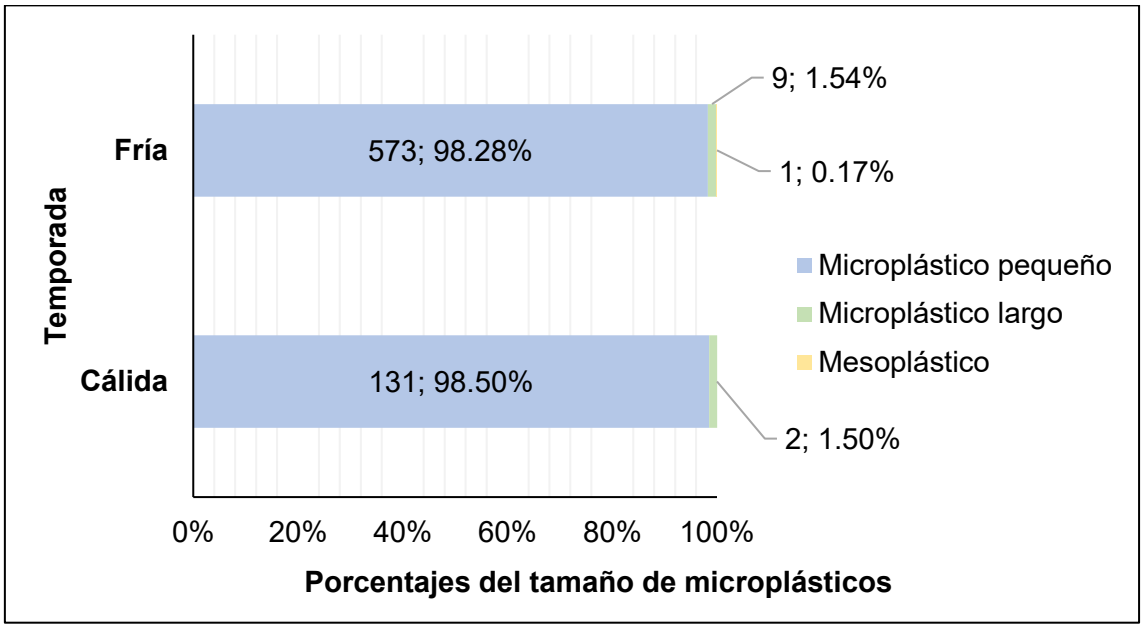
De acuerdo con la clasificación propuesta por Hanvey *et al*. (2017), en el presente estudio se registraron microplásticos pequeños (1 – 1000 µm), microplásticos largos (1 – 5 mm) y mesoplásticos (5 – 20 cm).

En ambas temporadas predominó el microplástico pequeño (0.001 – 1 mm) con una proporción de 98.50 % en la temporada cálida y 98.28 % en la fría, lo cual se acerca a la proporción mostrada en la Figura N°4 (mayor al 93 %). Le siguió el microplástico largo (1 – 5 mm), con proporciones similares entre la temporada cálida (1.50 %) y la fría (1.54 %).

La temporada cálida registró dos categorías de tamaño, mientras que la temporada fría presentó tres. Por otro lado, solo en la temporada fría se registró la categoría mesoplástico (5 – 20 cm) representada por un único registro con 0.17 % (Figura N°5). Cabe señalar que esta partícula correspondió a una fibra, cuya longitud la coloca dentro de dicha categoría.

Cabe tener en cuenta que, al ser estos intervalos más amplios, engloban un mayor número de registros en comparación con la Figura N°4, por lo que los porcentajes son mayores.

Figura N°5.- *Composición porcentual del tamaño (mm) del microplástico en las temporadas cálida y fría de microplásticos en tejido blando de S. patagonicus.*



Al comparar la longitud de los microplásticos (µm) entre temporadas, se observó que la longitud media ± desviación estándar fue mayor en la temporada cálida (168.29 ± 125.67 µm) que en la fría (144.46 ± 103.16 µm), aunque la diferencia entre ellas fue pequeña. Además, en ambas temporadas se observó una alta dispersión de los datos, siendo los coeficientes de variación superiores al 70 % (74.67 %, cálida y 71.41 %, fría). Finalmente, el análisis estadístico indicó que estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($t = 0.3277$; $gl = 8$; $p = 0.7515$).

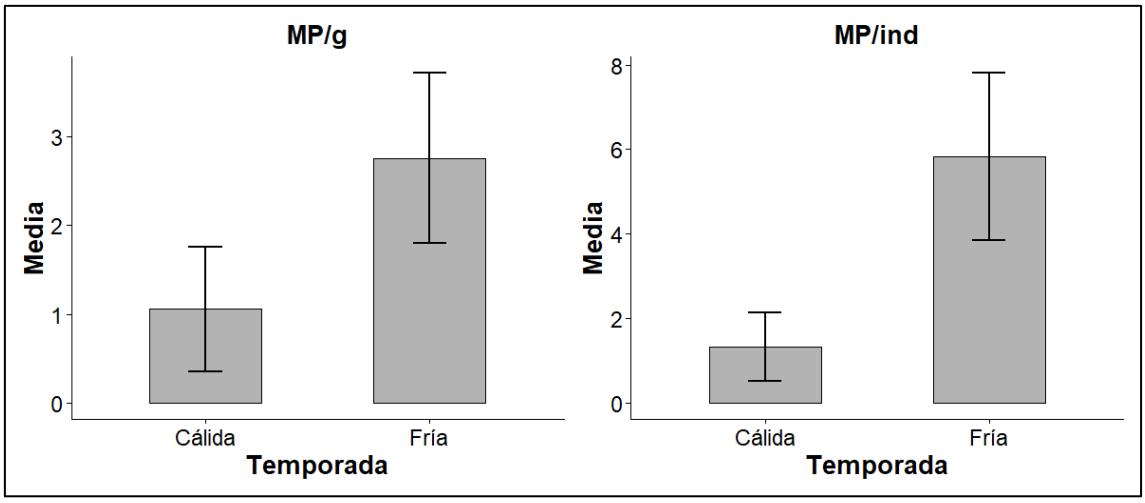
5.3. Determinación de la abundancia de microplásticos

El número total de microplásticos por individuos en las diferentes muestras varió entre 0.05 y 10.80 MP/ind, mientras que el número total por gramo de tejido osciló entre 0.03 y 6.27 MP/g considerando ambas temporadas.

La abundancia media por individuo ± desviación estándar fue de 5.83 ± 4.42 MP/ind en la temporada fría y de 1.33 ± 1.81 MP/ind en la cálida (Figura N°6), siendo la abundancia media general ± error estándar de 3.58 ± 1.25 MP/ind. La temporada cálida presentó un coeficiente de variación mayor (135.72 %) que la temporada fría con (75.77 %), indicando una mayor dispersión de los datos. Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (W = 3; p = 0.0601).

La abundancia por gramo del tejido blando ± desviación estándar fue mayor en la temporada fría (2.75 ± 2.14 MP/g) que en la cálida (1.06 ± 1.56 MP/g) (Figura N°6), siendo la abundancia media general ± error estándar 1.90 ± 0.63 MP/g. De igual manera, la temporada cálida presentó un coeficiente de variación mayor (147.79 %) que la temporada fría (77.83 %), evidenciando una mayor dispersión de los datos. Al comparar ambas temporadas, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas (W = 4; p = 0. 09469).

Figura N°6.- *Abundancia media y error estándar de microplásticos en tejido blando de S. patagonicus durante las temporadas cálida y fría.*

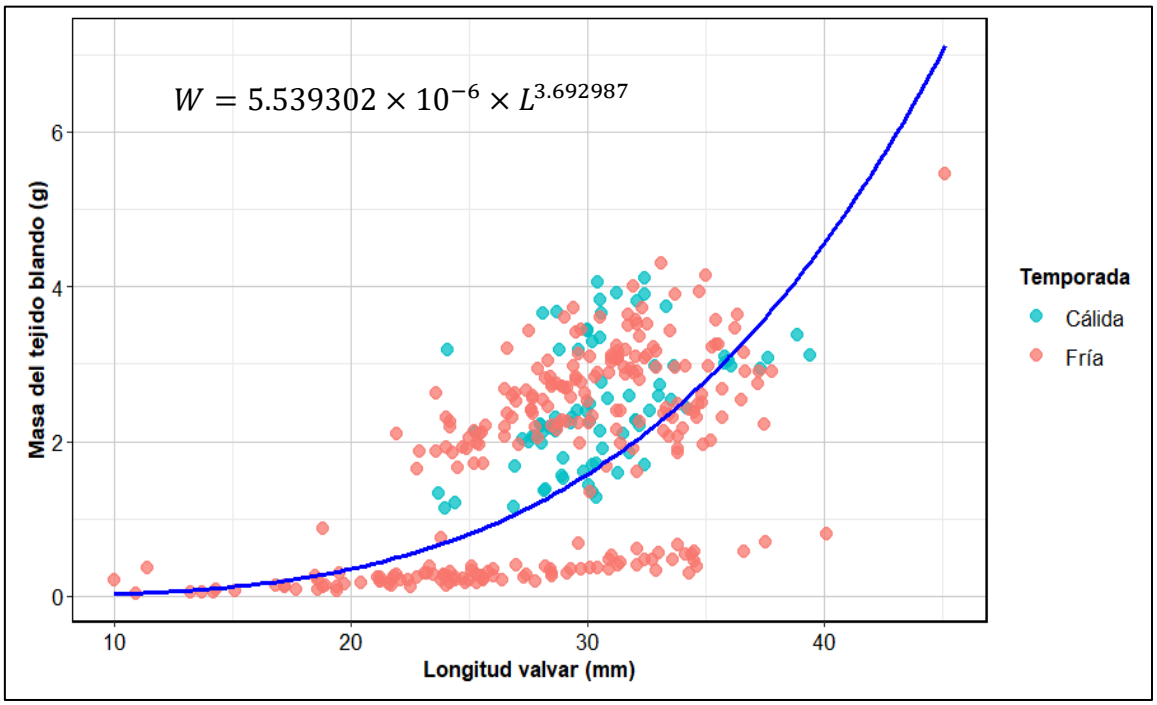


5.4. Biometría de S. *patagonicus* y su asociación con la abundancia

Se ajustó el modelo de crecimiento alométrico mediante una regresión lineal de las variables transformadas logarítmicamente, con el objetivo de evaluar la relación entre la longitud valvar y la masa del tejido blando. El modelo fue estadísticamente significativo ($F = 288.2$; $p < 2.2 \times 10^{-16}$) y presentó un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.4602$, indicando que el 46.02 % de la variación de la masa del tejido blando es explicada por la longitud valvar.

A partir de los coeficientes obtenidos en el modelo de regresión (intercepto = −12.1036 y pendiente = 3.692987), se obtuvo la siguiente ecuación alométrica: $W = 5.539302 \times 10^{-6} \times L^{3.692987}$, donde **W** representa la masa del tejido blando (g) y **L** la longitud valvar (mm). El valor de la pendiente (b = 3.692987) indica un crecimiento alométrico positivo, dado que es superior a 3, lo que señala que la masa del tejido blando aumenta proporcionalmente a una tasa mayor que la longitud valvar (Figura 7).

Figura N°7.- *Relación alométrica entre la longitud valvar y la masa del tejido blando en S. patagonicus.*



Se evaluó la relación entre la abundancia de microplásticos y las variables biométricas de *S. patagonicus* mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Tabla N°1).

Tabla N° 1.- *Correlación de Spearman entre la abundancia de microplásticos y las variables biométricas de S. patagonicus.*

Relación	rho	p-value
MP/ind vs. longitud valvar	0.505	0.1369
MP/ind vs. masa del tejido blando	0.455	0.1909
MP/g vs. longitud valvar	−0.158	0.6628
MP/g vs. masa del tejido blando	−0.224	0.5367

En conjunto, los resultados indicaron que no se encontraron correlaciones estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre la abundancia de microplásticos (MP/ind y MP/g) y las variables biométricas (longitud y masa del tejido blando) de *S. patagonicus*. Además, para MP/ind se observaron correlaciones positivas moderadas con la biometría del bivalvo; en contraste, para MP/g se observaron correlaciones negativas débiles.

6. DISCUSIÓN

6.1. Tipo y color de los microplásticos

Se observó que, a pesar de que la abundancia de microplásticos fue mayor en la temporada fría que en la cálida, ambas temporadas presentaron una composición similar del tipo de microplásticos. Esto sugirió que, aunque la abundancia se intensificó en la temporada fría, las fuentes de contaminación presentes en la zona podrían ser similares en ambas temporadas. Estudios sobre residuos sólidos señalaron que la contaminación antropogénica estuvo asociada a la zona (Gambini *et al*., 2019). Asimismo, estas fuentes de contaminación estuvieron relacionadas a las embarcaciones de alta mar, la pesquería artesanal de la orilla y la desembocadura de ríos cercanos a la zona (Gonzales *et al*., 2023).

Entre los tipos de microplásticos, predominó la espuma, seguida de los fragmentos, mientras que las fibras representaron la menor proporción. Este resultado difirió de lo reportado en diversos estudios realizados en bivalvos, donde las fibras representaron una mayor proporción. En especies de la familia Mytilidae, *Mytilus galloprovincialis* reportó un 67 % de fibras (Li *et al*., 2015); mientras que en *Semimytilus patagonicus* se reportó un 60.23 % (De-la-Torre *et al*., 2020b). Estos resultados mostraron una mayor representación de fibras en comparación con lo observado en el presente estudio.

En otros bivalvos también se reportó una mayor proporción de fibras. *Venerupis philippinarum* presentó una dominancia del 90 % (Davidson y Dudas, 2016), mientras que *Crassostrea virginica* presentó un 66.87 % (Waite *et al*., 2018) y *Argopecten purpuratus* reportó un 61.11 % (De-la-Torre *et al*., 2019).

En contraste con estos resultados, De-la-Torre *et al*. (2020a) reportaron una dominancia de espuma (78.3 %) en cuatro playas de Lima, cuyas partículas correspondieron en su mayoría a poliestireno expandido (EPS), el cual proviene de envases utilizados para transportar alimentos. Los diferentes tipos de poliestireno (termoplástico) fueron PS

(rígido), EPS (“foam”-expandido), XPS (“foam”-extruido) según Crawford y Quinn (2017).

Esto sugirió que la mayor presencia de espuma en los bivalvos estudiados estuvo relacionada con las fuentes de contaminación presente en el área. El presente estudio se realizó procesando todo el tejido blanco, lo cual implicó considerar tanto a los microplásticos adheridos a las zonas expuestas como a los ingeridos por el bivalvo. Por lo tanto, si bien los diferentes estudios realizados por otros autores señalan una mayor proporción por las fibras, también se encontraron otros tipos de microplásticos en los organismos.

Respecto al color, el blanco fue el predominante, seguido del azul. La predominancia del color blanco podría estar relacionada con la mayor presencia de espuma. En diferentes especies de bivalvos se observó que el color azul también presentó una alta proporción, aunque no siempre fue predominante, y esta composición varió según la ubicación del estudio. Por ejemplo, De Witte *et al*. (2014) reportaron una mayor proporción del color anaranjado, relacionada con los artes de pesca utilizados en la zona, mientras que De-la-Torre *et al*. (2019) reportaron una mayor proporción del color rojo en *Argopecten purpuratus*.

En conjunto, los tipos y colores de microplásticos encontrados mostraron que su composición pudo variar según el contexto geográfico y la contaminación antropogénica local. Siendo la contaminación por espuma la predominante en la playa Chancayllo.

6.2. Longitud

En el presente estudio predominaron los microplásticos pequeños comprendidos en el intervalo de 0.001 - 0.25 mm, lo que coincidió con lo reportado por Li *et al*. (2015) para *Mytilus galloprovincialis*. Asimismo, en menor proporción se reportó la presencia de microplásticos largos y un mesoplástico, lo cual pudo estar asociadas a la adhesión sobre el manto y no necesariamente a su ingestión (Kolandhasamy *et al*., 2018).

No se encontraron diferencias significativas en la longitud de los microplásticos entre temporadas, lo que indicó que, a pesar de la temporalidad, las longitudes se mantuvieron similares. Si bien la temporada fría presentó una mayor abundancia de microplásticos, también mostró una mayor variación en las tallas; sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente representativa. Esto sugirió que la variación temporal estuvo relacionada principalmente con la abundancia y no con el tamaño de las partículas.

6.3. Abundancia

En la temporada fría se observó una mayor abundancia media de microplásticos (MP/ind y MP/g) en comparación con la temporada cálida. Esta diferencia presentó una abundancia aproximadamente 4.4 veces mayor en MP/ind y 2.6 veces mayor en MP/g durante la temporada fría. Sin embargo, a pesar de esta diferencia descriptiva, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambas temporadas.

En contraste, la temporada cálida presentó coeficientes de variación mayores al 135 %, mientras que en la temporada fría fue mayor al 75 % para ambas abundancias, lo que evidenció una mayor variabilidad durante la temporada cálida. Las diferencias observadas en la abundancia entre temporadas pudieron estar relacionadas con factores ambientales como el viento y las corrientes, los cuales pudieron actuar como posibles vectores en la abundancia de microplásticos, debido a que el viento impulsa de manera eficiente los materiales; asimismo, el flujo de corrientes de marea pudo ejercer una fuerza impulsadora sobre ellos (Kim *et al*., 2015).

Los resultados presentados en el presente monitoreo fueron mayores que los reportados en playa Las Sombrillas (Lima-Perú) por De-la-Torre *et al*. (2020b) registrando cerca de 2 MP/ind en la misma especie. En comparación con otras especies de bivalvos estudiadas en Chile, como *Mytilus chilensis* y*Choromytilus chorus* (Leppes *et al*., 2024),

estas presentaron niveles muy por debajo de los reportados en el presente estudio, aproximadamente entre -4 y -1 log partículas/g.

Estudios de microplásticos en bivalvos realizados en países europeos y asiáticos reportaron mayor abundancia que en el presente estudio, en especies comerciales como: *M. edulis* y *M. galloprovincialis* registraron entre 2,6 y 5,1 fibras por cada 10 g de mejillón (De Witte *et al*., 2014). Las especies pertenecientes a la zona intermareal *Tegillarca granosa*, *Alectryonella plicatula*, *Sinonovacula constricta*, *Ruditapes philippinarum*, *Meretrix lusoria*, *Cyclina sinensis*, y los bivalvos del submareal *Scapharca subcrenata*, *Mytilus galloprovincialis* y *Patinopecten yessoensis* reportaron entre 2.1 y 10.5 ítems/g y entre 4.3 y 57.2 ítems/individuo, siendo la especie *Scapharca subcrenata* la que presentó niveles más altos con 10.5 ítems/g por peso (Li *et al*., 2015). Asimismo, *Mytilus edulis* reportó 0.36 ± 0.07 partículas/g, mientras *Crassostrea gigas* reportó 0.47 ± 0.16 partículas/g (Van Cauwenberghe y Janssen, 2014). Además, estudios experimentales han evidenciado la transferencia de microplásticos a lo largo de la cadena trófica, desde el bivalvo *Mytilus edulis* al decápodo *Carcinus maenas* (Farrell y Nelson, 2013), lo que demostró que estos contaminantes pudieron movilizarse entre niveles tróficos.

En conjunto se observó que a pesar de que no hubo una diferencia significativa entre las abundancias por temporadas, se observó una alta variabilidad de datos, posiblemente relacionada con la acción de vectores como el viento y el flujo de corrientes.

6.4. Abundancia de microplásticos y la biometría de los organismos

Los datos obtenidos no mostraron una relación estadísticamente significativa entre la abundancia de microplásticos y la biometría, lo cual indicó que la abundancia de microplásticos no estuvo estrictamente relacionada con la biometría (longitud valvar y la masa del tejido blando) de la especie S. *patagonicus*.

Se observó una tendencia hacia una correlación positiva moderada entre la abundancia por individuo (MP/ind) y las variables biométricas. Esto podría sugerir que, a mayor tamaño y masa del individuo, podría presentarse una mayor abundancia de microplásticos por individuos. En contraste, para la abundancia por gramo (MP/g), los coeficientes presentaron correlaciones negativas débiles, lo que podría sugerir una tendencia hacia una menor abundancia de microplásticos por gramo a medida que aumenta el tamaño y masa del bivalvo.

En conjunto, se observaron tendencias diferentes según la abundancia de microplásticos por individuo y por gramo. Sin embargo, debido a que ninguna de estas relaciones fue estadísticamente significativa, se podría sugerir que la abundancia de microplásticos en *S. patagonicus* no estuvo estrictamente relacionada a la biometría de los organismos evaluados.

7. CONCLUSIONES

- Los tipos de microplásticos presentes en la playa Chancayllo fueron: espuma, fragmento y fibra; asimismo, los colores más abundantes fueron blanco, azul, transparente y negro.
- Ambas temporadas presentaron la misma composición según el tipo y color de microplásticos, siendo la mayor abundancia registrada la espuma (62 %), seguido del fragmento (valores superiores al 33 %) y, finalmente, la fibra (3 %). Asimismo, el color blanco presentó la mayor proporción (mayor al 63 %), seguido del azul (mayor al 20 %).
- La composición por tipo de microplásticos en la playa Chancayllo no se ve influenciada por la temporalidad.
- El rango predominante fue de 0.005 – 0.25 mm, seguido del intervalo 0.25 – 0.50 mm. Asimismo, el microplásticos predominante fue el tipo pequeño seguido de microplásticos largos en ambas temporadas.
- La longitud valvar de *S. patagonicus* estuvo comprendida entre 10.0 y 61.2 mm, mientras que la masa del tejido blando estuvo comprendida entre 0.13 y 21.97 g.
- Se registró un total de 716 microplásticos en el tejido blando de *S. patagonicus*, en ambas temporadas.
- La abundancia media por individuo fue de 5.83 MP/ind en la temporada fría y 1.33 MP/ind en la temporada cálida. La abundancia media por masa fue de 2.75 MP/g en la temporada fría y de 1.06 MP/g en la temporada cálida.
- La abundancia de microplásticos por individuo y por gramo no se ve influenciada por la temporalidad.
- Según la metodología aplicada la biometría de *S. patagonicus* no estuvo relacionada de forma significativa con la abundancia por individuo y gramo.

- Los reportes de microplásticos encontrados en los especímenes de estudio están asociados a la contaminación local.

8. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis mediante “Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy” (ATR-FTIR) para identificar el tipo de polímero y tener mayor certeza de la fuente de contaminación.
- Ampliar el periodo de evaluación considerando un mayor espectro de temporadas con evaluaciones trimestrales o mensuales durante un año para conocer si la dinámica temporal de los microplásticos varía o se mantiene a lo largo del tiempo.
- Complementar los análisis de microplásticos en especímenes con análisis de microplásticos en agua y sedimentos para aproximar la fuente externa de contaminación.
- Considerar un mayor número de individuos y réplicas, utilizando organismos de tallas similares, para reducir la variabilidad asociada al tamaño de los organismos y mejorar la comparación de la abundancia de microplásticos por individuo y gramo entre temporadas.
- Realizar estudios que consideren la variabilidad asociada a la talla y edad de los organismos, con el fin de evaluar una posible correlación o tendencia entre estas características y la abundancia de microplásticos por individuo y por gramo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ashrafy, A., Liza, A. A., Islam, M. N., Billah, M. M., Arafat, S. T., Rahman, M. M., & Rahman, S. M. (2023). Microplastics Pollution: A Brief Review of Its Source and Abundance in Different Aquatic Ecosystems. Journal of Hazardous Materials Advances, 9, 100215. https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100215

Baldarrago, D., Pastor Cuba, R., Aragón, B., Liza, C., & Tejada Cáceres, A. (2017). Diversidad y abundancia de las comunidades bentónicas en matrices de organismos de bioingenieros de las Regiones Moquegua y Tacna. 2015. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3224

Baldeón, A., Ganoza, F. (2022). Desembarques de recursos demersales y costeros que sustentan la pesca artesanal en el puerto de Chancay, 2011 – 2017. Inf Inst Mar Perú. 49(4): 509-522. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. https://hdl.handle.net/20.500.12958/5915

Bour, A., Haarr, A., Keiter, S., & Hylland, K. (2018a). Environmentally relevant microplastic exposure affects sediment-dwelling bivalves. *Environmental Pollution*, *236*, 652-660. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.006

Bour, A., Avio, C. G., Gorbi, S., Regoli, F., & Hylland, K. (2018b). Presence of microplastics in benthic and epibenthic organisms: Influence of habitat, feeding mode and trophic level. *Environmental Pollution*, *243*, 1217-1225. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.09.115

Caro, A. U., & Castilla, J. C. (2004). Predator-inducible defences and local intrapopulation variability of the intertidal mussel Semimytilus algosus in central Chile. *Marine Ecology Progress Series*, *276*, 115-123. https://doi.org/10.3354/meps276115

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. Marine Pollution Bulletin, 62(12), 2588-2597. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025

Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2015). The Impact of Polystyrene Microplastics on Feeding, Function and Fecundity in the Marine Copepod Calanus helgolandicus. *Environmental Science & Technology*, *49*(2), 1130-1137. https://doi.org/10.1021/es504525u

Crawford, C.B. & Quinn, B. (2017). *Microplastic pollutants*. Published by Elsevier Inc. Library of Congress. Cap. 1-4.

Davidson, K., & Dudas, S. E. (2016). Microplastic Ingestion by Wild and Cultured Manila Clams (Venerupis philippinarum) from Baynes Sound, British Columbia. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, *71*(2), 147-156. https://doi.org/10.1007/s00244-016-0286-4

De-la-Torre, G., Mendoza-Castilla, L., & Pilar, R. (2019). Microplastic contamination in market bivalve Argopecten purpuratus from Lima, Peru. *Manglar*, *16*(2), 85-89. https://doi.org/10.17268/manglar.2019.012

De-la-Torre, G. E., Dioses-Salinas, D. C., Castro, J. M., Antay, R., Fernández, N. Y., Espinoza-Morriberón, D., & Saldaña-Serrano, M. (2020a). Abundance and

distribution of microplastics on sandy beaches of Lima, Peru. *Marine Pollution Bulletin*, *151*, 110877. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110877

De-la-Torre, G. E., Apaza-Vargas, D. M., & Santillán, L. (2020b). Ingestión de microplásticos y ecología alimentaria en tres especies de moluscos intermareales de Lima, Perú. Revista de biología marina y oceanografía, 55(2), 167-171. https://doi.org/10.22370/rbmo.2020.55.2.2502

De-la-Torre, G. E., Dioses-Salinas, D. C., Ribeiro, V. V., Castro, Í. B., Ben-Haddad, M., & Ortega-Borchardt, J. Á. (2024). Marine litter along the Peruvian coast: Spatiotemporal composition, sources, hazard, and human modification relations. *Environmental Science and Pollution Research*, *31*(48), 58396-58412. https://doi.org/10.1007/s11356-024-34834-1

De Witte, B., Devriese, L., Bekaert, K., Hoffman, S., Vandermeersch, G., Cooreman, K., & Robbens, J. (2014). Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): Comparison between commercial and wild types. *Marine Pollution Bulletin*, *85*(1), 146-155. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.006

Eriksen M, Lebreton LCM, Carson HS, Thiel M, Moore CJ. (2014) Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. PLoS ONE 9(12): e111913. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913

Farrell, P., & Nelson, K. (2013). Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental Pollution*, *177*, 1-3. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.01.046

Gambini, R., Palma, Y., Ricra, O., Vivas, G., & Vélez Azañero, A. (2019). Cuantificación y caracterización de residuos sólidos en la playa san pedro de lurín, Lima, Peru. *The Biologist*, *17*(1), 197-205.

Gonzales, R., Ganoza, F., Corasma, R., Pinto, E. & Barreto, J. (2023). Evaluación y caracterización de residuos sólidos en Playa Grande, Huacho, Región Lima. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/8269

Gouin, T., Roche, N., Lohmann, R., & Hodges, G. (2011). A Thermodynamic Approach for Assessing the Environmental Exposure of Chemicals Absorbed to Microplastic. *Environmental Science & Technology*, *45*(4), 1466-1472. https://doi.org/10.1021/es1032025

Hanvey, J. S., Lewis, P. J., Lavers, J. L., Crosbie, N. D., Pozo, K., & Clarke, B. O. (2017). A review of analytical techniques for quantifying microplastics in sediments. *Analytical Methods*, *9*(9), 1369-1383. https://doi.org/10.1039/C6AY02707E

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. Environmental Science & Technology, 46(6), 3060-3075. https://doi.org/10.1021/es2031505

Ivar do Sul, J. A., & Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, *185*, 352-364. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036

Kim, I.-S., Chae, D.-H., Kim, S.-K., Choi, S., & Woo, S.-B. (2015). Factors Influencing the Spatial Variation of Microplastics on High-Tidal Coastal Beaches in Korea. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, *69*(3), 299-309. https://doi.org/10.1007/s00244-015-0155-6

Kolandhasamy, P., Su, L., Li, J., Qu, X., Jabeen, K., & Shi, H. (2018). Adherence of microplastics to soft tissue of mussels: A novel way to uptake microplastics beyond ingestion. *Science of The Total Environment*, *610-611*, 635-640. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.053

Leppes, N. M., Ramírez, B., Martel, S. I., Segovia, N. I., Gelcich, S., & Lardies, M. A. (2024). *Exploring Microplastics in Commercial Bivalve Species: Insights from Southern Chile*. SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.4912893

Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., & Shi, H. (2015). Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental Pollution*, *207*, 190-195. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.09.018

Morales, C., & Antezana, T. (1983). Diet selection of the Chilean stone crab Homalaspis plana. *Marine Biology*, *77*(1), 79-83. https://doi.org/10.1007/BF00393212

Pinochet, J., Domínguez, J., Neira, E., Rojas, C., Acuña, E., Cancino, J. M., & Brante, A. (2018). Tidal height and sand as potential drivers of the ecological interaction of the two intertidal mussels Perumytilus purpuratus and Semimytilus algosus. *Marine Ecology*, *39*(4), e12503. https://doi.org/10.1111/maec.12503

Pitt, J. A., Gallager, S. M., Youngs, S., Michel, A. P. M., Hahn, M. E., & Aluru, N. (2024). The abundance and localization of environmental microplastics in gastrointestinal tract and muscle of Atlantic killifish (Fundulus heteroclitus): A pilot study. Microplastics and Nanoplastics, 4(1), 23. https://doi.org/10.1186/s43591-024-00101-w

Pittura, L., Avio, C. G., Giuliani, M. E., d'Errico, G., Keiter, S. H., Cormier, B., Gorbi, S., & Regoli, F. (2018). Microplastics as Vehicles of Environmental PAHs to Marine Organisms: Combined Chemical and Physical Hazards to the Mediterranean Mussels, Mytilus galloprovincialis. *Frontiers in Marine Science*, *5*. https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00103

Purca, S., & Henostroza, A. (2017). Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú. *Revista Peruana de Biología*, *24*(1), 101-106. https://doi.org/10.15381/rpb.v24i1.12724

Rios, L. M., Moore, C., & Jones, P. R. (2007). Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. *Marine Pollution Bulletin*, *54*(8), 1230-1237. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.03.022

Rochman, C. M., Hoh, E., Hentschel, B. T., & Kaye, S. (2013). Long-Term Field Measurement of Sorption of Organic Contaminants to Five Types of Plastic Pellets: Implications for Plastic Marine Debris. *Environmental Science & Technology*, *47*(3), 1646-1654. https://doi.org/10.1021/es303700s

Rochman, C., Hentschel, B., & Teh, S. (2014). Long-Term Sorption of Metals Is Similar among Plastic Types: Implications for Plastic Debris in Aquatic Environments. *PloS one*, *9*, e85433. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085433

Romero, L., Guzmán Cárdenas, S., & Paredes, C. (1988). La recolonización de las comunidades de Mitílidos en la costa central del Perú de El Niño 1982-83. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/1089

Stanley, S. M. (1970). Relation of Shell Form to Life Habits of the Bivalvia (Mollusca). Geological Society of America.

Sussarellu, R., Suquet, M., Thomas, Y., Lambert, C., Fabioux, C., Pernet, M. E. J., Le Goïc, N., Quillien, V., Mingant, C., Epelboin, Y., Corporeau, C., Guyomarch, J., Robbens, J., Paul-Pont, I., Soudant, P., & Huvet, A. (2016). Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *113*(9), 2430-2435. https://doi.org/10.1073/pnas.1519019113

Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P. H., Tana, T. S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Akkhavong, K., … Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *364*(1526), 2027-2045. https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284

Thiel, M., Bravo, M., Hinojosa, I. A., Luna, G., Miranda, L., Núñez, P., Pacheco, A. S., & Vásquez, N. (2011). Anthropogenic litter in the SE Pacific: An overview of the problem and possible solutions. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, *11*(1), 115-134. https://doi.org/10.5894/rgci207

Van Cauwenberghe, L., & Janssen, C. R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*, *193*, 65-70. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010

Villegas, M. J., Stotz, W., & Laudien, J. (2006). First record of an epibiosis between the sand crab Emerita analoga (Stimpson, 1857) (Decapoda: Hippidae) and the mussel Semimytilus algosus (Gould, 1850) (Bivalvia, Mytilidae) in southern Peru. *Helgoland Marine Research*, *60*(1), 25-31. https://doi.org/10.1007/s10152-005-0012-5

Waite, H. R., Donnelly, M. J., & Walters, L. J. (2018). Quantity and types of microplastics in the organic tissues of the eastern oyster Crassostrea virginica and Atlantic mud crab Panopeus herbstii from a Florida estuary. *Marine Pollution Bulletin*, *129*(1), 179-185. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.026

Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, *178*, 483-492. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031

Ziani, K., Ioniță-Mîndrican, C.-B., Mititelu, M., Neacșu, S. M., Negrei, C., Moroșan, E., Drăgănescu, D., & Preda, O.-T. (2023). Microplastics: A Real Global Threat for Environment and Food Safety: A State of the Art Review. *Nutrients*, *15*(3), 617. https://doi.org/10.3390/nu15030617

Zhou, G., Li, J., Chen, Y., Cui, Y., Wang, Y., Zheng, L., Zhang, D., & Luo, T. (2026). Size-dependent toxicological effects of microplastics: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *311*, 119831. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2026.119831

10. ANEXOS

Figura N°8.- *Zona de muestreo en la Playa Chancayllo.*



Figura N°9.- *Playa Chancayllo-Lima, zona sur.*



Figura N°10.- *Extensión de la Playa Chancayllo-Lima.*

