



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

MICROPLÁSTICOS EN EL POLIQUETO (*Halosydna johnsoni*) (Darboux, 1899)

EN LA COSTA CENTRAL MARINA DEL PERÚ

**Línea de investigación:
Ecotoxicología y Química ambiental**

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Biología

Autor

Núñez Bolaños, Fredy Alonzo

Asesor

Iannacone Oliver, José Alberto

ORCID: 0000-0003-3699-4732

Jurado

Pariona Llanos, Ricardo

Cuya Briones, Miryan

Rivas Blas, Rolf

Lima - Perú

2025

RECONOCIMIENTO - NO COMERCIAL - SIN OBRA DERIVADA
(CC BY-NC-ND)



MICROPLÁSTICOS EN EL POLIQUETO (*Halosydna johnsoni*) (Darboux, 1899) EN LA COSTA CENTRAL MARINA DEL PERÚ

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	5%
2	repositorio.bicu.edu.ni Fuente de Internet	1%
3	Rolf Rivas, Soledad Hurtado, Dayanne Cornelio, Jorge Mendoza et al. "Imposex en <i>Crassilabrum crassilabrum</i> (Neogastropoda: Muricidae) en la Costa Central del Perú", Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 2017 Publicación	1%
4	Submitted to Universidad Científica del Sur Trabajo del estudiante	1%
5	boletin.invemar.org.co Fuente de Internet	<1%
6	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
8	niva.brage.unit.no Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

**MICROPLÁSTICOS EN EL POLIQUETO (*Halosydna johnsoni*) (Darboux, 1899) EN
LA COSTA CENTRAL MARINA DEL PERÚ**

Línea de Investigación
Ecotoxicología y Química ambiental

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología

Autor

Nuñez Bolaños, Fredy Alonzo

Asesor

Iannacone Oliver, José Alberto
ORCID: 0000-0003-3699-4732

Jurado

Pariona Llanos, Ricardo
Cuya Briones, Miryan
Rivas Blas, Rolf

**Lima –Perú
2025**

DEDICATORIA

A mis queridos padres y hermana, por su amor incondicional, su ejemplo de esfuerzo y apoyo constante en cada paso de este camino.

A mis amigos de la universidad, quienes se convirtieron en una segunda familia y con su compañía hicieron de esta etapa una experiencia inolvidable, en especial a ese angelito que sé me cuida desde el cielo.

AGRADECIMIENTOS

Al Ph. D. José Iannacone, por su asesoría, guía y valiosas orientaciones que hicieron posible la culminación de este trabajo. También por brindarme la oportunidad de realizar esta investigación en el Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) de la Universidad Nacional Federico Villareal.

Agradezco a Nao por alentarme y motivarme a realizar esta tesis, y por impulsarme a seguir adelante en mi camino como biólogo.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción y formulación del problema.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Objetivos	3
1.4. Justificación	4
1.5. Hipótesis	6
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Los poliquetos marinos	7
2.2. <i>Halosydna johnsoni</i>	8
2.3. Degradación de los plásticos.....	9
2.4. Bioacumulación de MPs en la cadena trófica	10
III. MÉTODO	12
3.1. Tipo de investigación	12
3.2. Ámbito temporal y espacial	12
3.3. Variables.....	12
3.4. Población y muestra	15
3.5. Instrumentos.....	15
3.6. Procedimientos.....	16
3.7. Análisis de datos	20
3.8. Consideraciones éticas	20
IV. RESULTADOS	22
4.1. Morfometría y Microplásticos en <i>Halosydna johnsoni</i>	22
4.2. Comparación entre playas de las variables morfométricas y abundancia de MPs ..	22
4.3. Asociaciones lineales entre las variables morfométricas de <i>Halosydna johnsoni</i> y la abundancia de MPs.....	24
4.4. Caracterización visual de los microplásticos	25
4.5. Análisis de calidad de agua y sedimento marino	28
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
VI. CONCLUSIONES.....	38
VII. RECOMENDACIONES	39
VIII. REFERENCIAS.....	40
IX. ANEXOS.....	52

RESUMEN

Los plásticos presentes en los ecosistemas marinos tienden a fragmentarse en partículas más pequeñas debido a procesos mecánicos y químicos, originando microplástico (MPs). Estos contaminantes no solo afectan las playas sino también a la fauna asociada, como los invertebrados macrozoobentónicos, los que pueden ingerir a los MPs al confundirlos con su alimento, facilitando así su bioacumulación en niveles tróficos superiores. El objetivo de este estudio fue determinar la presencia de MPs en el poliqueto *Halosydna johnsoni* (Darboux, 1899) en la costa central marina del Perú. Para ellos, se recolectaron 30 individuos en cada una de las tres playas seleccionadas: “El Boquerón” en el distrito de Pucusana (Lima), Bahía Blanca” en el distrito de Ventanilla (Callao) y “La Arenilla” en el distrito de La Punta (Callao). Se aplicó una digestión química con hidróxido de potasio (KOH) al 10% para extraer los MPs, los cuales fueron caracterizados visualmente mediante estereomicroscopio, identificándolos por su forma, tamaño y color. Los resultados evidenciaron la presencia de MPs en el 100% de los especímenes analizados, siendo las fibras (48%) y los fragmentos (40%) las formas más comunes; el color azul fue el más frecuente (51%) y la mayoría de las partículas presentaron un tamaño menor a 500 μm (59%). Estos hallazgos sugieren una posible relación con fuentes locales de contaminación, como residuos domésticos, actividad pesquera artesanal, turismo y comercio en las zonas evaluadas. La investigación proporciona información relevante para la gestión ambiental marino – costera de residuos plásticos.

Palabras claves: *Halosydna johnsoni*, macrozoobentos, microplásticos, Perú, poliqueto

ABSTRAC

Plastics present in marine ecosystems tend to fragment into smaller particles due to mechanical and chemical processes, giving rise to microplastics (MPs). These pollutants not only affect beaches but also associated fauna, such as macrozoobenthic invertebrates, which can ingest MPs by mistaking them for food, thus facilitating their bioaccumulation at higher trophic levels. The objective of this study was to determine the presence of MPs in the polychaete *Halosydna johnsoni* (Darboux, 1899) on the central marine coast of Peru. For this purpose, 30 individuals were collected from each of the three selected beaches: "El Boquerón" in the Pucusana district (Lima), "Bahía Blanca" in the Ventanilla district (Callao), and "La Arenilla" in the La Punta district (Callao). Chemical digestion with 10% potassium hydroxide (KOH) was used to extract MPs, which were visually characterized using a stereomicroscope, identifying them by shape, size, and color. The results showed the presence of MPs in 100% of the analyzed specimens, with fibers (48%) and fragments (40%) being the most common forms; blue was the most frequent color (51%), and most particles were smaller than 500 μm (59%). The objective of this study was to improve marine and coastal environmental management of plastic waste.

Keys words: *Halosydna johnsoni*, macrozoobenthos, microplastics, Peru, polychaete

I. INTRODUCCIÓN

La utilidad del plástico en nuestra vida diaria ha alcanzado una alta importancia. Estos polímeros orgánicos sintéticos y derivados del petróleo son muy versátiles, resistentes y flexibles; por lo que los hacen prácticos en aplicaciones cotidianas (Fernández, 2020). Su producción se ha incrementado desmesuradamente y no sigue un control, siendo un producto que no se degrada fácilmente. En el Perú, para el 2023 se producían 1.2 millones de T de residuos plásticos y en promedio un peruano usaría 30 kg de plásticos en un año (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2024). La problemática con los plásticos es global y es el factor más grave de contaminación marina, dulceacuícola y costera (De la Torre et al., 2020).

1.1. Descripción y formulación del problema

Se calcula que aproximadamente el 10% de los residuos sólidos plásticos producidos al año, terminan desechados en los mares (Román-Vega et al., 2024). Esto se evidencia en muchas playas de Lima y Callao en el Perú, que han sido consideradas no aptas para el baño y la recreación; y no solo es en un sector, ya que se observa contaminación en todo el litoral limeño, sobre todo, en los distritos más populares por los bañistas como Ancón, Barranco, Chorrillos, Callao, Miraflores, Lurín y Villa el Salvador (Instituto de la Calidad Ambiental, 2023).

La presencia de plásticos en el ecosistema marino tiene múltiples orígenes: el sistema de alcantarillado, las corrientes de viento y la cercanía a ambientes costeros (Gündoğdu, 2024). Estos residuos plásticos, debido a procesos de degradación química, se fragmentan en partículas más pequeñas conocidas como microplásticos (MPs), definidos como aquellos menores de 5 mm y se quedan suspendidos en la columna de agua o en ocasiones llegan a sedimentarse en el fondo marino, mayormente en forma de fragmentos (Fernández, 2020; Zambrano et al., 2025). También pueden provenir de cosméticos, dentífrico, exfoliantes y productos de limpieza en forma de microesferas y como fibras sintéticas provenientes de textiles (Ebanks, 2023)

Las partículas denominadas MPs son contaminantes asiduos en los ecosistemas marinos a nivel mundial. Se ha documentado la ingesta de estas micropartículas en invertebrados marinos, debido a que las confunden por su parecido en el color con su alimento; sin embargo, también pueden afectar a vertebrados (Cevallos, 2024). De igual forma, tiene un papel vital las redes de la ecología trófica porque en el proceso de alimentación, si un organismo que contiene MPs es consumido por otro, éste estará incorporándolo por bioacumulación y biomagnificación (Fragozo-Velásquez, 2023; Vivas- Sánchez et al., 2023).

Halosydna johnsoni es un poliqueto detritívoro, que se alimenta de materia orgánica del fondo marino (Fauchald & Jumars, 1979). Este organismo responde activamente a sustancias contaminantes como: desechos industriales, hidrocarburos y MPs en su hábitat por su sensibilidad y pudiera manifestar cambios en su reproducción, crecimiento e incluso mortandad (Elías et al., 2021)

Para esta investigación se plantea la siguiente interrogante: ¿Existe contaminación por MPs en el poliqueto *H. johnsoni* en la costa central marino costera del Perú?

1.2. Antecedentes

En dos playas de Ancón en Lima, Perú se han identificado poliquetos, y se han contabilizado un total de 847 individuos distribuidos en nueve familias, siendo las más abundantes la familia Nereididae y Sabellariidae (Alfaro & Sánchez, 2012). Otra investigación en el norte del Perú identificó 57 especies de poliquetos asociados al biotopo intermareal del manglar del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes (Cabanillas et al., 2016).

Se ha estandarizado un protocolo para la extracción y caracterización de MPs en invertebrados marinos, usando el hidróxido de potasio (KOH) al 10% para la degradación orgánica sin que este afecte la estructura de los MPs (Dehaut et al., 2016). Además, se han recopilado estudios científicos sobre la importancia económica de los poliquetos en la industria farmacéutica, bioingeniería, médica y alimenticia; además de su valor ecológico, donde se ha

enfaticado algunas especies como bioindicadoras marinas empleando varios índices de impacto y calidad ambiental (Elías et al., 2021).

Los estudios a nivel mundial entre la relación de los poliquetos y los MPs son escasos, por ejemplo: en Corea del Sur se investigó la fragmentación de residuos de poliestireno expandido (EPS) por el poliqueto *Marphysa sanguinea* (Montagu, 1813), encontrando gran cantidad de partículas de EPS (131 partículas/individuo) en los tractos digestivos de estos poliquetos excavadores (Jang et al., 2018). En la Plataforma Continental Noruega se han recolectado muestras de sedimentos y poliquetos tubulares; encontrando MPs $\geq 45 \mu\text{m}$, en niveles cuantificables, en nueve de las 10 muestras agrupadas de poliquetos y con 11 a 880 partículas/g (Knutsen et al., 2020).

Se han estudiado la interacción entre 'poliquetos-MPs' en dos especies de poliquetos bentónicos con diferentes ecologías y estrategias de alimentación, *Sabella spallanzanii* (Gmelin, 1791) y *Hermodice carunculata* (Pallas, 1766), encontrando MPs en el 42% y 93% de los individuos respectivamente (Vecchi et al., 2021), En Setiu, Malasia se extrajeron MPs de muestras de poliquetos *Namalycastis* sp después de una digestión en la solución alcalina (10M NaOH), identificándose un total de 3277 partículas, predominando los filamentos con un 99,79% y el color transparente con un 84,71% (Hanzah et al., 2021). Y por último en Kochi, India evaluaron la distribución de MPs en sedimentos y en poliquetos, donde se observó que los fragmentos de polietileno (PE) de color blanco y azul dominaron en el sedimento y en los tubos digestivos de los poliquetos (James et al., 2023)

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la contaminación por MPs en el poliqueto *H. johnsoni* en la costa central marina del Perú.

1.3.2. Objetivos Específicos

Cuantificar la abundancia de MPs en el poliqueto *H. johnsoni* en la costa central marina del Perú.

Caracterizar por forma, tamaño y color los MPs en el poliqueto *H. johnsoni* en la costa central marina del Perú.

Comparar la cantidad y características de los MPs en el poliqueto *H. johnsoni* entre playas de la costa central marina del Perú.

1.4. Justificación

Los MPs son componentes tóxicos que derivan de los plásticos de mayor tamaño, a los que se les agregan sustancias químicas y de esa manera obtienen ciertas características como la flexibilidad, grosor, color o dureza. Estos compuestos tóxicos, al estar en contacto con el agua, aceleran su lixiviación contaminando también el ecosistema marino (Cisneros et al., 2021). Además, existe la preocupación en la ingesta de MPs en los bentos marinos por los contaminantes hidrófobos adheridos a los MPs; debido a que podrían generar una respuesta tóxica en invertebrados filtradores, considerados como bioindicadores marinos (Cole et al., 2013; De la Torre et al., 2020).

Los poliquetos son indicadores de contaminación, debido a que, al presentar hábitos epibentónicos y modos de alimentación que implican la interacción directa con la columna de agua y sedimento, pueden retener y acumular contaminantes presentes en el ambiente marino (Elías et al., 2021); *H. johnsoni* es considerado una especie bioindicadora de contaminación por su estrecha relación con el sedimento intermareal. Asimismo, se confirmó la presencia de esta especie y su abundancia en las playas seleccionadas mediante un estudio preliminar (Fernandez & Londoño-Mesa, 2015). Al ser parte de la cadena trófica como presa de algunos moluscos, equinodermos y crustáceos pueden transferirles los MPs a niveles tróficos

superiores. Esta transferencia se ha evidenciado en la presencia de MPs en las heces de vertebrados marinos (Gómez et al., 2019).

En el Perú no existen estudios de MPs en poliquetos y menos en *H. johnsoni* por lo complicada que es la labor de identificarlos taxonómicamente y por la falta de información (Salazar-Silva, 2006). Existen reportes de *H. johnsoni* en playas del Perú y de su distribución a lo largos del Pacífico sur (Tasso et al., 2018). Estudiar la presencia y características de los MPs en *H. johnsoni*, poliqueto ubicado en las zonas intermareal rocosa no solo permite establecer una línea base de contaminación, sino que también aporta evidencia científica necesaria para futuras evaluaciones ecotoxicológicas, políticas públicas de gestión marino – costera y estrategias de mitigación de residuos plásticos.

La contaminación por MPs en ambientes marinos puede generar impactos económicos negativos al afectar sectores estratégicos como la pesca, el turismo costero y la salud pública. *H. johnsoni* sirve como alimento para peces y otros organismos de interés económico que son consumidos por el humano, contaminándose por la bioacumulación de MPs (Abd-Elkader, 2023; Aguirre-Sánchez, 2025). Asimismo, las playas contaminadas con residuos plásticos reducen su atractivo turístico afectando ingresos locales derivados del turismo, un sector clave en regiones marino – costeras (Patiño, 2024).

Esta investigación puede servir como evidencia científica de base para sustentar la toma de decisiones en políticas públicas relacionadas con la gestión ambiental marina y costera en el Perú; al identificar la presencia, tipo, color y tamaño de los MPs se aporta información específica sobre su contaminación a nivel biológico. Además, el análisis comparativo entre playas marinas permite identificar zonas críticas y posibles fuentes locales de contaminación (Bringas, 2021). Esta información puede utilizarse para modificar o actualizar las normas técnicas por el MINAM (D.S. N°028-2021-MINAM, 2021), los gobiernos regionales

(Ordenanza Regional N°005-2024; 2024) y municipales como el Plan de Manejo de Residuos Sólidos del distrito de Pucusana (Ordenanza Municipal N°132-2013/MDP, 2013).

1.5. Hipótesis

Hi: Existe contaminación por MPs en el poliqueto *Halosydna johnsoni* en la costa central marina del Perú.

Ho: No existe contaminación por MPs en el poliqueto *Halosydna johnsoni* en la costa central marina del Perú.

Hi1: Existe diferencias significativas entre la forma de los MPs en el poliqueto *H. johnsoni* entre playas de la costa central marina del Perú.

Ho1: No existe diferencias significativas entre la forma de los MPS en el poliqueto *H. johnsoni* entre playas de la costa central marina del Perú.

Hi2: Existe diferencias significativas entre el tamaño de los MPS en el poliqueto *H. johnsoni* entre playas de la costa central marina del Perú.

Ho2: No existe diferencias significativas entre el tamaño de los MPS en el poliqueto *H. johnsoni* entre playas de la costa central marina del Perú.

Hi3: Existe diferencias significativas entre el color de los MPS en el poliqueto *H. johnsoni* entre playas de la costa central marina del Perú.

Ho3: No existe diferencias significativas entre el color de los MPS en el poliqueto *H. johnsoni* entre playas de la costa central marina del Perú.

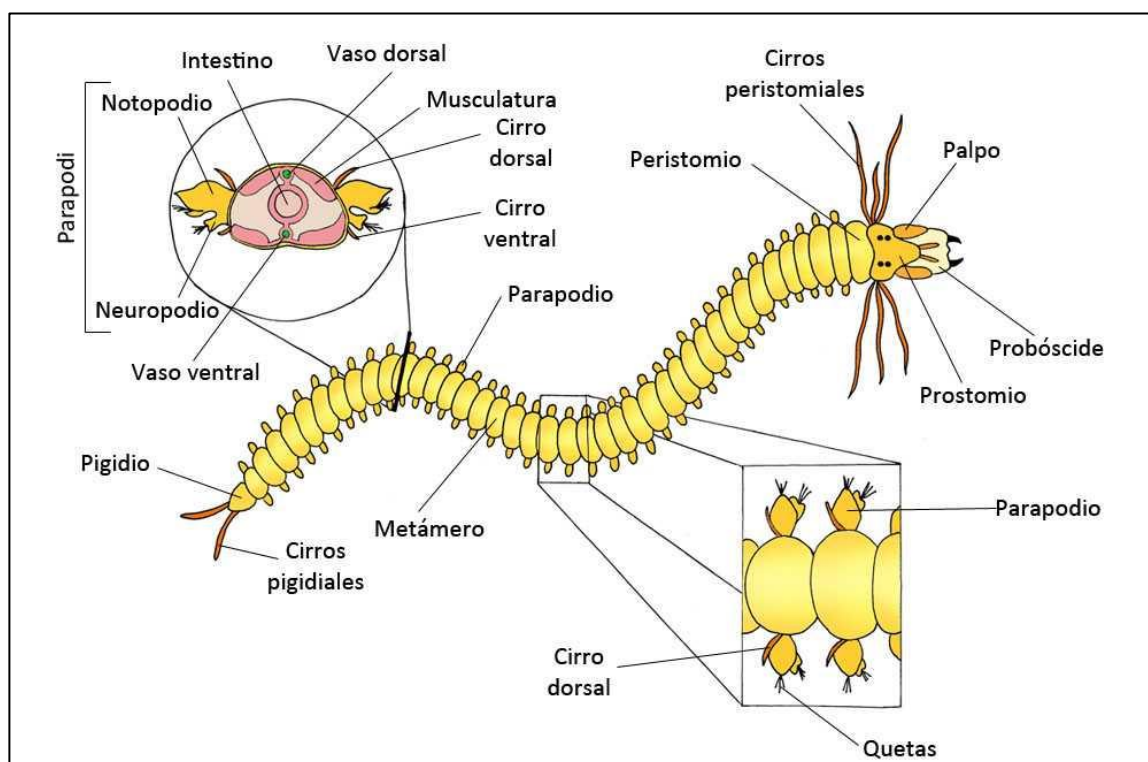
II. MARCO TEÓRICO

2.1. Los poliquetos marinos

Pertencientes al phylum Annelida, y se caracterizan por presentar setas en sus proyecciones somáticas llamadas parapodios y órganos sensoriales especializados en el prostomio y peristomio (Figura 1) (Valencia, 2020). Invertebrados principalmente marinos, aunque también encontramos algunas especies terrestres y dulceacuícolas; dominando desde la zona intermareal, columna de agua y constituyen el bento marino en su totalidad (Díaz-Díaz, 2017).

Figura 1.

Morfología general de un poliqueto errante



Nota: Peristomio y prostomio cerca de la cabeza y probóscide, además de las quetas en los parapodios alrededor de los metámeros del cuerpo. Modificado de Club D'Immersion Biología (2024).

El hábitat de los poliquetos es diverso, y pueden subsistir en fondos blandos, duros, rocas porosas, caparazón de algunos bivalvos y entre colonias de algas o algunos moluscos (Cabanillas et al., 2016). Cumplen un papel fundamental en la ecología marina ya que forman parte de la red trófica como detritívoros, filtradores o carnívoros además de ser presa de otros depredadores como moluscos, crustáceos, peces y aves (Salazar-Vallejo & Londoño-Mesa, 2004).

Tienen importancia en la industria farmacológica, médico, alimentaria, bioenergética y medioambiental (Alfaro & Sánchez, 2012) ya que son modelo de estudio para investigaciones de regeneración, y son usados como sebos para la pesca, alimento para la maricultura y algunas especies bentónicas son consideradas como bioindicadores de calidad e impacto ambiental (Elías et al., 2021).

2.2. *Halosydna johnsoni*

Poliqueto con 36 segmentos y 18 pares de élitros (escamas), tiene 2 pares de ojos pequeños y 3 antenas en su prostomio, los élitros se ven insertados solapándose como un tejado y en ocasiones tienen bordes con franja o no (Valencia, 2020). Posee parapodios birrameos, con el notopodio corto en comparación del neuropodio. (Salazar-Silva, 2013).

A esta especie normalmente se la confunde con *Halosydna brevisetosa* (Kinberg, 1856) por su morfología; sin embargo, *H. johnsoni* está registrada en el Pacífico Sur y sus neurosetas son bidentadas (Salazar-Silva, 2006; Hiebert et al., 2015).

2.2.1. Taxonomía

Según el Comité editorial de WoRMS (2024), *Halosydna johnsoni* (Darboux, 1899) está dentro de la familia Polynoidae del orden Phyllodocida en la clase Polychaeta, phylum Annelida y reino Animalia. El Registro Mundial de Especies Marinas (WoRMS) es una base de datos fidedigna por expertos taxónomos que brinda una lista de especies con su taxonomía combinando muchas bases de datos y en constante actualización.

REINO: Animalia

PHYLUM: Annelida

CLASE: Polychaeta

ORDEN: Phyllodocida

FAMILIA: Polynoidae

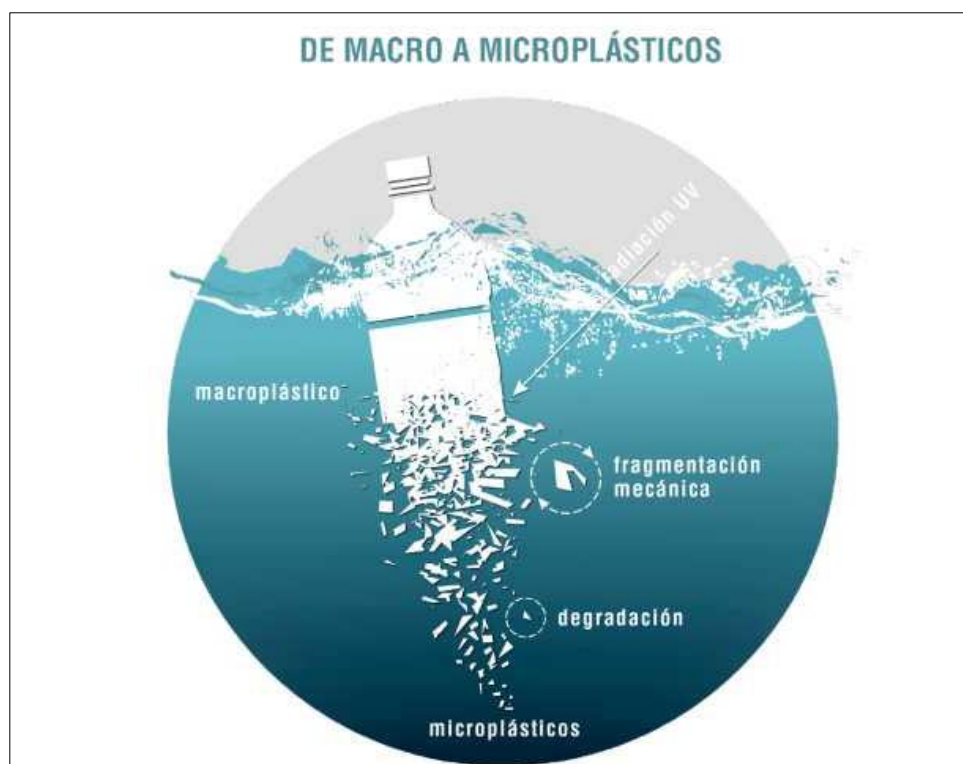
ESPECIE: *Halosydna johnsoni*

2.3. Degradación de los plásticos

El 80% de los contaminantes marinos son plásticos, pueden diferenciarse por su tamaño entre macroplásticos, mesoplásticos y MPs; la degradación y fragmentación a causa de la salinidad, la exposición al sol, el movimiento de las olas y roce con la arena originan los MPs (Figura 2) (Cisneros, 2021; Román-Vega, 2024).

Figura 2.

Proceso de degradación del macroplásticos hasta generar a MPs, contaminando el océano. Modificado de Albareda et al. (2021).



Las micropartículas menores a 5 mm son consideradas MPs y tienen características como forma, color y tamaño (Fragozo-Velásquez, 2023). En cuanto a la forma, los tipos más frecuentes son fibras y fragmentos; las fibras generalmente derivadas de la industria textil y redes de pesca, mientras que los fragmentos provienen de la degradación de objetos plásticos rígidos (Álvarez-Lopezello & Chávez-García, 2022; Amparán, et al., 2025). Otras formas comunes son los films, asociados a envoltorios plásticos; las espumas como el poliestireno expandido y los pellets, provenientes de la industria cosmética (Vivas-Sánchez, 2023).

Respecto al color, los MPs presentan una amplia variedad, dependiendo de su procedencia y la interacción con algunos organismos (Huang et al., 2024). Colores como el azul, negro y transparentes son los más comunes y pueden influir en la ingestión y absorción de organismos vivos (El-Alfy et al., 2025). Además, el tamaño de estas partículas es mayormente inferior a 1 mm, siendo los más pequeños (menores a 100 μm) altamente disponibles para invertebrados marinos (Shi et al., 2024; López-Rosales et al., 2025)

El plástico tiene muchos tipos como polietileno (PE) de alta y baja densidad, polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno (PS) y polietileno tereftalato (PET) (Cevallos, 2024).

2.4. Bioacumulación de MPs en la cadena trófica

Muchas especies confunden los MPs con su alimento en el ecosistema marino, como adquieren los MPs dependerá de la vía trófica de cada individuo (Gündoğdu et al., 2024). Los individuos filtradores los absorben de la columna de agua mientras que los MPs que terminan en el sedimento son consumidos por los herbívoros o el bento marino (Cevallos, 2024).

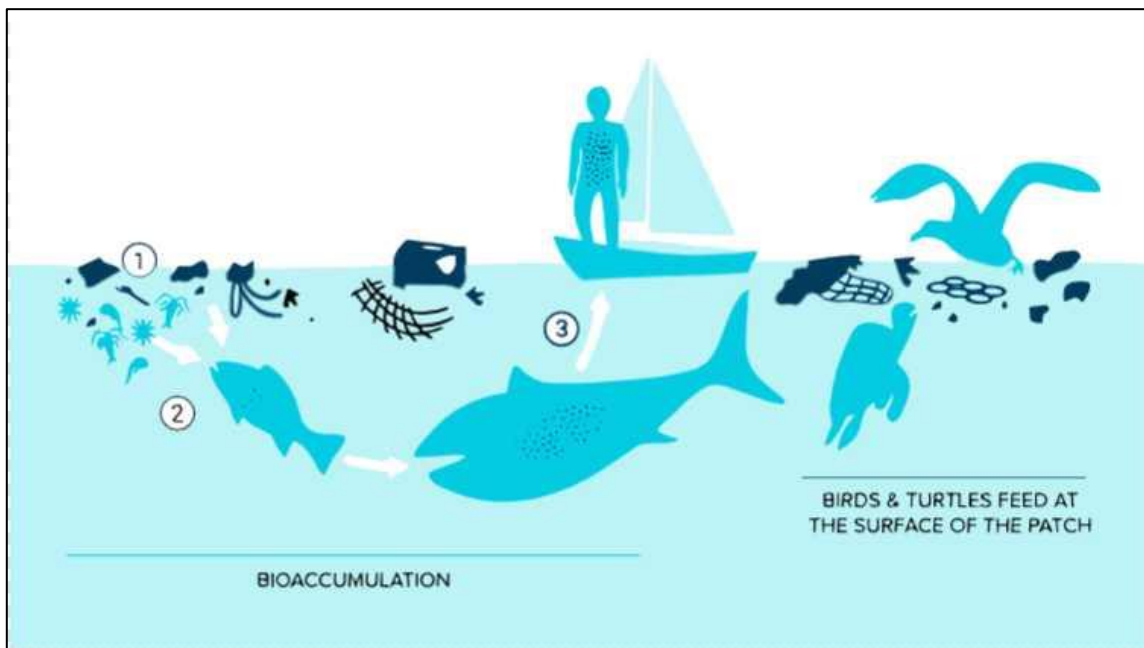
La bioacumulación de los MPs se demuestra a lo largo de las vías tróficas, los depredadores de la macrofauna marina (moluscos, crustáceos y equinodermos) ingieren indirectamente estas partículas por sus presas, lo mismo los vertebrados asociados al mar inclusive el humano (Figura 3) (Fragozo-Velásquez, 2023). Los MPs al ser sintéticos no

podemos degradarlos convencionalmente. Esta última característica hace que se biomagnifique si se consume directa o indirectamente (Vivas-Sánchez et al., 2023).

Existen efectos en la bioacumulación de MPs, la ingesta de toxinas por los aditivos agregados en la fabricación de los plásticos ya que sufren lixiviación contaminando también la columna de agua y el sedimento marino, además que los MPs cumplen la función de superficie donde pueden adherirse bacterias que también se incorporan a los individuos (Cisneros et al., 2021; Román-Vega et al., 2024).

Figura 3.

Proceso de bioacumulación de microplásticos en las vías tróficas marinas y consumo directo de las micropartículas por vertebrados. Modificado de Geoinnova (2019).



III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo cuantitativo, no experimental y descriptivo (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020) debido a que se recolectaron datos para cuantificar y caracterizar los MPs de una población de *H. johnsoni* para describir las variables dependientes e independientes sin manipularlas.

3.2. Ámbito temporal y espacial

La investigación se realizó en la costa central marino – costera del Perú, en el departamento de Lima y la provincia constitucional del Callao (Figura 4). Los ejemplares se muestrearon y recolectaron en los meses de noviembre y diciembre del 2024 en tres playas: “El Boquerón” en el distrito de Pucusana ($12^{\circ}28'54''S$ $76^{\circ}48'02''W$) en Lima, “Bahía Blanca” en distrito de Ventanilla ($11^{\circ}50'14''S$ $77^{\circ}11'06''W$) y “La Arenilla” en el distrito de La Punta ($12^{\circ}04'05''S$ $77^{\circ}09'23''W$) en el Callao (Figura 5). Las tres playas son públicas y presentan una alta afluencia de bañistas; asimismo, evidencian contaminación por residuos sólidos en las orillas, asociada principalmente a la presencia de pescadores artesanales y al comercio ambulatorio (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2022). Todas cuentan con zonas intermareales rocosas en los extremos y son arenosas, con excepción de La Arenilla. Además, las playas son de acceso seguro para el muestro y presentan abundancia de *H. johnsoni*.

3.3. Variables

3.3.1. Variables Independientes

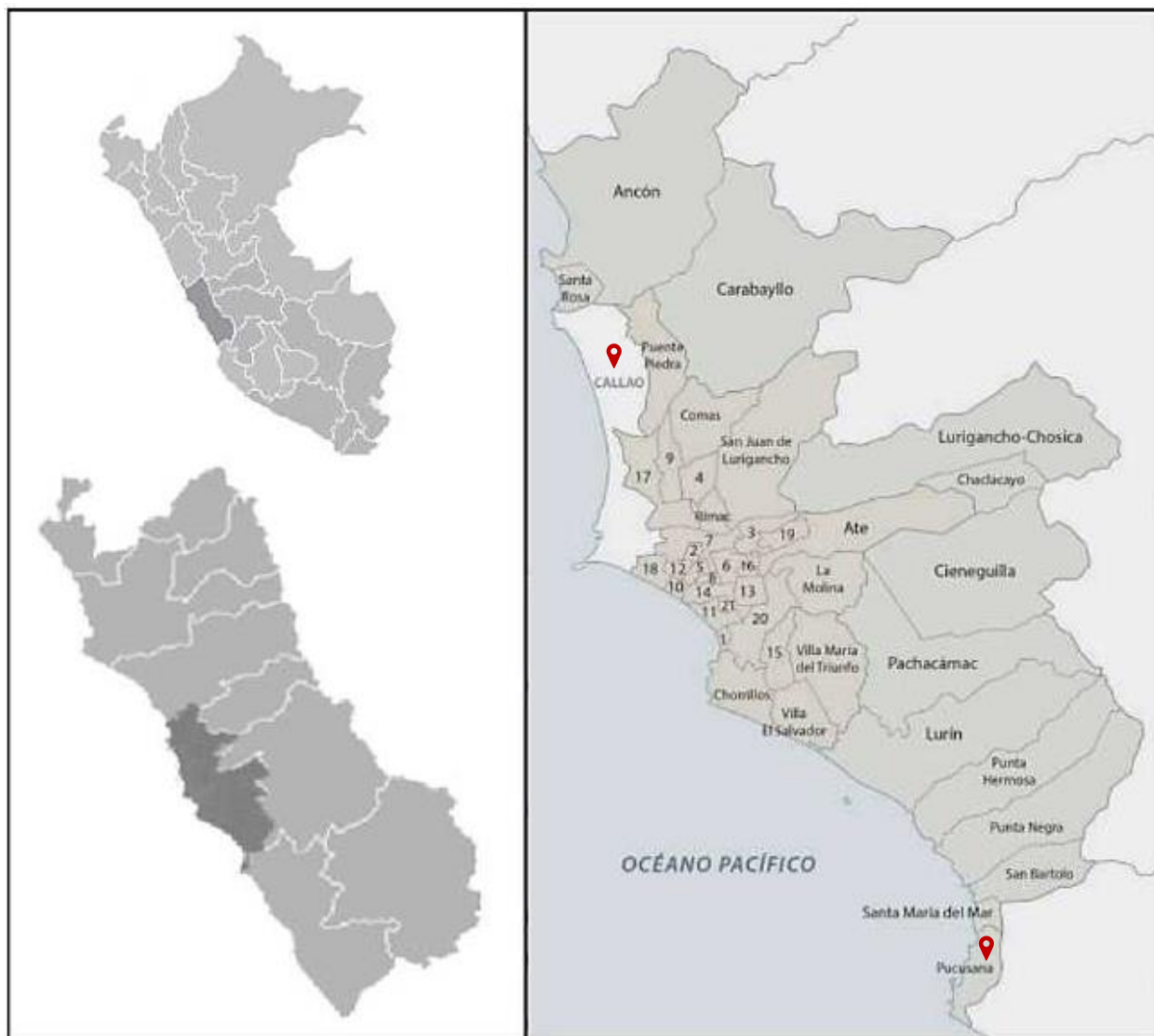
Playas de la costa central marina del Perú: “El Boquerón” (Pucusana), “Bahía Blanca” (Ventanilla) y “La Arenilla” (La Punta).

3.3.2. Variables Dependientes

Cantidad de MPs encontrados según forma, tamaño y color en los poliquetos *H. johnsoni*.

Figura 4.

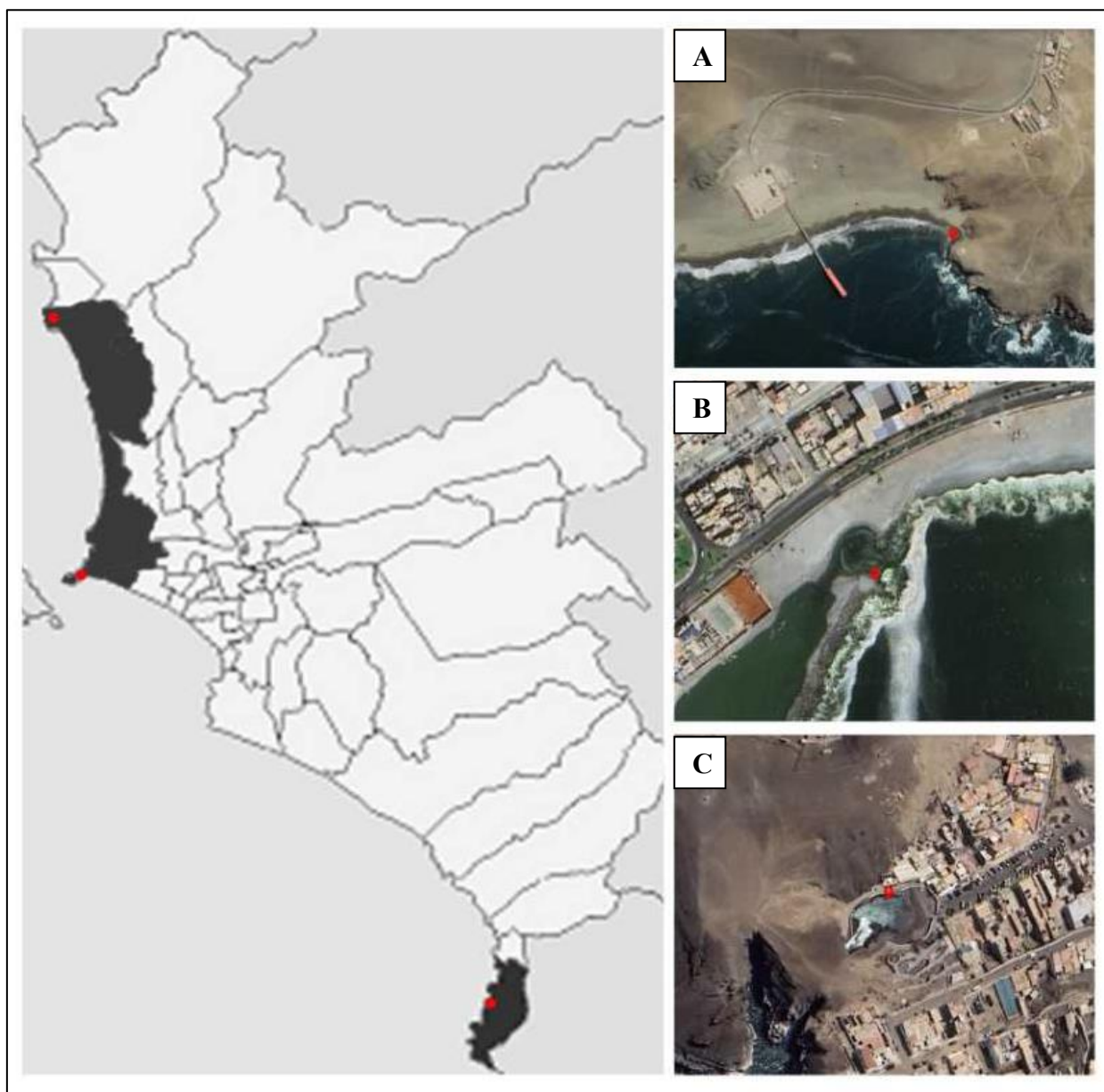
Mapa geográfico del Perú, el departamento de Lima, la provincia de Lima y la provincia constitucional del Callao



Nota: En el mapa político de la provincia de Lima se destaca con la ubicación el distrito de Pucusana, también se ubica la provincia constitucional del Callao, donde se hicieron los muestreos en los distritos de La Punta y Ventanilla. Modificado de Lesniewski (2019).

Figura 5.

Mapa de la ubicación de las playas en los distritos de Lima y Callao



Nota: Ubicaciones aproximadas de las playas en los diferentes distritos indicadas con puntos rojos. A. Fotografía satelital de la playa “Bahía blanca” en Ventanilla; B. Fotografía satelital de la playa “La Arenilla” en La Punta; C. Fotografía satelital de la playa “El Boquerón” en Pucusana. Las ubicaciones hacen referencia a las zonas intermareales de las playas. Modificado de Google Earth (s.f.).

3.4. Población y muestra

La población estuvo constituida por el total de individuos de *H. johnsoni* presentes en las tres playas de la costa central marino – costera del Perú, mientras que la muestra estuvo constituida por 30 individuos colectados en cada playa, siendo un total 90 individuos en las tres playas.

3.5. Instrumentos

Para la recolección de los datos cuantitativos y para caracterización visual de los MPs (forma, color y tamaño) se utilizó una ficha informativa (Figura 6), en donde se colocaron datos morfométricos de los individuos (longitud y peso) de *H. johnsoni* y de la recolecta (código y playa de muestreo).

Para medir la longitud de los poliquetos se usó un vernier en escala milimétrica, la balanza electrónica (Biobase, China) nos permitió pesar en g a los individuos. La cuantificación y caracterización de los MPs se realizó con ayuda de un estereomicroscopio (Nikon, Japón) equipado con cámara tipo CMOS (Toupcam, Japón), dentro de una cabina de flujo laminar (Biobase, China) para minimizar la contaminación externa.

Figura 6.

Ficha informativa para la recolección de datos en tres playas de la costa central marino – costera del Perú.

Playa y código de muestreo:					
N°	Morfométricos de <i>H. johnsoni</i>		MPs		
	Longitud (mm)	Peso (g)	Color	Tamaño (µm)	Forma
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

3.6. Procedimientos

3.6.1. *Recolecta de H. johnsoni*

Se recolectaron los poliquetos *H. johnsoni* de forma directa y aleatoria en las zonas intermareales poco profundas con sustrato duro o rocoso, se usaron guantes de nitrilo y pinzas de metal debido a que algunos individuos se “refugiaban” en el sustrato y en las algas marinas; cada individuo se colocó en un vial de vidrio lavado previamente con agua filtrada (libre de sales e impurezas, pH cercano a 7, conductividad eléctrica de 5 μ S/cm y punto de ebullición de 100 °C) y tapado con papel aluminio para evitar contaminación por MPs (Cabanillas et al., 2016; Aguirre-Sánchez et al., 2025). Para el transporte de los individuos se usó un pomo de vidrio de 250ml con taparrosca de metal, también lavado previamente con agua filtrada y almacenados a bajas temperaturas (-20°C) hasta su evaluación en el laboratorio (Iannacone et al., 2021; Romdhani et al., 2024).

3.6.2. Identificación de la especie

Se siguió las claves taxonómicas de Valencia (2020) para la identificación de la familia y del género *Halosydna*. Para la identificación de la especie se usó las claves taxonómicas de Fauchald (1977) y Salazar-Silva (2006). Para la verificación de la correcta identificación se envió registros fotográficos de los especímenes a especialistas en este grupo taxonómico del Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

3.6.3. Prevención de contaminantes y preparación de reactivos

Previo al análisis, el área de trabajo en el laboratorio de Investigación de Ecología y biodiversidad Animal (LEBA), se limpió para evitar contaminantes indirectos. Además, los instrumentos a usar fueron de vidrio o metal que previamente se lavaron y desinfectaron con alcohol etílico al 70% para después enjuagarlos con agua filtrada (libre de sales e impurezas, pH cercano a 7, conductividad eléctrica de 5 μ S/cm y punto de ebullición de 100 °C). Se usó un guardapolvo blanco de algodón y para la manipulación del material se usaron guantes de nitrilo azules. Para la preparación del reactivo, hidróxido de potasio (KOH) al 10% se agregó 100 g de KOH a 1000 ml de agua filtrada en un vaso de precipitado de 1000 mL y con ayuda de un agitador magnético (Corning, PC-620D) (Lusher & Hernández-Milian, 2018), se agitó a 1000 rpm por 10 min hasta que la dilución estuviera incolora y finalmente se dejó enfriar por 15 min para filtrarla con un con un papel filtro de 11 μ m de porosidad (Whatman grado 1).

3.6.4. Procesamiento de muestras.

Se registraron los parámetros morfométricos de cada individuo, como su peso (g) y su longitud total (mm). Luego el tejido blando fue digerido y se utilizó el protocolo descrito por Dehaut et al. (2016) que indica que debe sumergirse la muestra en 20 mL de hidróxido de potasio (KOH) al 10% por 24 h a una temperatura de 60 °C en beakers o matraces de vidrio de 250 mL. Posteriormente se pasó a filtrar al vacío el sobrenadante por un papel filtro de 11 μ m

y se colocó en placas de Petri de vidrio de 90 mm para su secado (60°C) y análisis (De la Torre et al., 2020).

3.6.5. Caracterización visual

Los filtros se observaron mediante un estereomicroscopio (NIKON, SMZ745T) equipado con una cámara tipo CMOS (TOUPCAM, E3ISPM12000KPB) y el software ToupView 3.7 (Iannacone et al., 2021). Los MPs siguieron algunos criterios como presentar un color uniforme, ausencia de estructuras orgánicas o celulares y en caso de las fibras su grosor debe ser uniforme en toda su longitud (Wang y Wang, 2018; Cevallos, 2024). Se evaluó la forma, tamaño y color para cada MPs. Las categorías de forma incluyeron: fibra, fragmento, film, pellet, esfera y espuma (Gago et al., 2019; Fragozo-Velásquez, 2023). Para esta investigación se utilizó las clasificaciones de fragmento, film, fibra y espuma para los MPs; los fragmentos tuvieron bordes irregulares y relieve, los films fueron similares, pero con aspecto laminado mientras que las fibras tuvieron un largo que sobrepasó cuatro veces su ancho (Lusher & Hernández-Milian, 2018). En el caso de la longitud se mantuvo un límite superior de ≤ 5 mm y se clasificaron en seis rangos 0 - 500 μm , 501 - 1000 μm , 1001 - 2000 μm , 2001 - 3000 μm , 3001 - 4000 μm y 4001 - 5000 μm (Iannacone et al., 2019; Losno-Prado & Iannacone, 2023). Y los colores escogidos fueron: amarillo, azul, blanco, negro, rojo, transparente y verde (Román-Vega, et al., 2023; Stefanelli-Silva, et al., 2024).

Adicionalmente, para caracterizar la morfología de los MPs, se obtuvieron micrografías electrónicas de barrido (MEB) en un microscopio FEI INSPECT S50 bajo condiciones de alto vacío. Las muestras fueron sometidas desecado por punto crítico, posteriormente montadas en fibra de carbono sobre “stubs” y recubiertas con oro mediante metalización. Se observaron a un aumento de 150x.

3.6.6. *Calidad de agua y sedimento*

Se tomaron parámetros fisicoquímicos de agua marina, como temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez; utilizando un equipo multiparámetro portátil 3630 IDS WTW. Las muestras fueron recolectadas en un balde de aluminio con capacidad de 0.5 L. Asimismo, se evaluaron parámetros biológicos, tales como la concentración de diatomeas, clorofitas y cianobacterias; mediante el uso de un equipo bbe Benthtorch. Estas mediciones se realizaron in situ, directamente sobre el cuerpo de agua.

Muchas de las toxinas provenientes del sector industrial que llegan al ambiente marino pueden adherirse a los MPs mediante procesos de adsorción, incrementando el riesgo de contaminación para los organismos que ingieren estas micropartículas (Bonilla et al., 2024). Se evaluó la calidad ambiental del ecosistema marino mediante el análisis de metales pesados y plaguicidas en agua como también en sedimento marino recolectados en las zonas de estudio. En el caso del agua marina se empleó el *Método 200.8, Revisión 5.4 (1994, 2001)*, mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) para la detección de metales pesado, y para el análisis de plaguicidas se utilizaron los métodos *EPA 808 1B, Revisión 02 (2007)*, y *EPA 8270E, Revisión 06 (2018)*. En cuanto al sedimento marino, los metales pesados fueron analizados siguiendo los métodos *EPA 6020B, Revisión 2 (2014)*, y *EPA 3050B, Revisión 2 (1996)*, mientras que los pesticidas fueron evaluados mediante el método *EPA 8082A, Revisión 01 (2007)*. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio ALAB *Analytical Laboratory E.I.R.L.*, acreditado por el organismo de acreditación INACAL-DA.

Los resultados fueron comparados con los valores referenciales de la normativa correspondiente. Para el análisis de agua se usó los *Estándares de Calidad Ambiental (ECA)* para agua del D. C. N° 004-2017-MINAM. En el caso de sedimento, los criterios de protección costera de EE. UU. *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* y la normativa

Canadian Sediment Quality Guidelines (CSQGs), regulada por el Consejo de ministros de Medio Ambiente (CCME).

3.7. Análisis de datos

Se efectuó una prueba de Shapiro – Wilk para verificar si la data obtenida sigue una distribución normal, debido a que nuestra data para cada playa fue menor a 50. Además, se empleó la prueba de Levene a la data para verificar la homocedasticidad de las varianzas. Mediante una prueba de Kruskal Wallis se calculó las medianas para observar si la longitud, peso y abundancia de MPs son homogéneas entre las tres playas muestreadas y se comparó con un post hoc de Bonferroni para determinar si existen diferencias significativas entre las tres playas. Se realizó un análisis de correlación de Spearman entre el peso y la longitud de *H. johnsoni* con la cantidad de MPs en las tres playas evaluadas. El nivel de significancia estadística utilizado fue un alfa de 0.05. Se usó tablas de frecuencias para organizar el tamaño, color y forma; empleando la prueba de Chi-cuadrado para determinar la relación significativa entre las formas, entre los tamaños y entre los colores de los MPs considerando su frecuencia de ocurrencia en cada playa. Todos los cálculos estadísticos se desarrollaron por el software estadístico de SPSS Statistics versión 28,0.

3.8. Consideraciones éticas

Esta investigación cumplió con todas las normativas de las instituciones involucradas a nivel nacional e internacional, para garantizar que todos los procesos se llevaron a cabo correctamente desde los permisos y/o autorizaciones de colecta, la bioseguridad y la buena gestión de los residuos químicos y biológicos generados en el desarrollo del proyecto. Está aprobado por el comité de ética N°01-2025-CEI-FCCNM-UNFV de la Unidad de investigación, innovación y emprendimiento bajo la Resolución R. N°6437-2019-CU-UNFV. Actualmente, los MPs no se consideran como residuos peligrosos; por lo cual, se dispuso de ellos siguiendo lo señalado por el D.S. N°014-2017-MINAM establecido en el Art. 43 donde

se menciona “que los residuos sólidos provenientes de laboratorios de ensayos ambientales considerados residuos no peligrosos serán manejados a través del servicio de limpieza pública municipal” (D.S. N°014-2017-MINAM, 2017). La especie de poliqueto a estudiar (*H. johnsoni*) no se encuentra en ninguna lista de especies en peligro a amenazadas en el Perú, y según la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (IUCN) (Sealifebase, 2025).

IV. RESULTADOS

4.1. Morfometría y Microplásticos en *Halosydna johnsoni*

Se analizaron 90 especímenes adultos de *H. johnsoni* (30 por cada playa), recolectados en zonas intermareales rocosas de tres playas (“El Boquerón” en Pucusana, “Bahía Blanca” en Ventanilla y “La Arenilla” en La Punta). Se obtuvieron sus datos morfométricos (Tabla 1), siendo la longitud promedio de todos los individuos de $36,0 \pm 11,9$ mm y con peso húmedo de $0,0964 \pm 0,0757$ g. El 100% de los poliquetos presentaron al menos un MP y la cantidad de partículas en cada uno osciló entre 1 a 13, la media para El Boquerón fue de $5,2 \pm 3,02$ MPs, La Arenilla $3,8 \pm 2,58$ MPs y Bahía Blanca $3,4 \pm 1,79$ MPs.

Tabla 1.

Datos morfométricos (longitud y peso) de Halosydna johnsoni en tres playas de la costa central marina del Perú.

Playas	Longitud (mm)				Peso (g)			
	Min	Max	Promedio	DE	Min	Max	Promedio	DE
El Boquerón	21,8	73,0	42,4	11,8	0,0272	0,3006	0,0969	0,0524
La Arenilla	17,2	52,0	32,7	10,3	0,0116	0,3427	0,0766	0,0625
Bahía Blanca	17,0	55,0	33,0	11,2	0,0096	0,3912	0,1157	0,1007

4.2. Comparación entre playas de las variables morfométricas y abundancia de MPs

Dado que los datos no presentaron una distribución normal, analizados por la prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 2), se aplicó la prueba Kruskal-Wallis para comparar la longitud, peso y la abundancia de MPs de *H. johnsoni* entre las tres playas.

Tabla 2.

Prueba de normalidad Shapiro – Wilk para comparar longitud, peso y abundancia de MPs de Halosydna johnsoni en tres playas de la costa central marina del Perú.

	Playas	Shapiro-Wilk	
		Estadístico	Sig.
Longitud	El Boquerón	0,90	0,01
	Playa Arenilla	0,93	0,07
	Bahía Blanca	0,91	0,01
Peso	El Boquerón	0,83	0,0003
	Playa Arenilla	0,73	0,000006
	Bahía Blanca	0,87	0,002
Abundancia de MP	El Boquerón	0,91	0,02
	Playa Arenilla	0,85	0,001
	Bahía Blanca	0,92	0,02

Se muestra diferencias significativas entre la 'longitud' de *H. johnsoni* ($H = 9,38$; $p = 0,009$) y en 'abundancia de MPs' ($H = 6,89$; $p = 0,032$). Sin embargo, no se observaron diferencias en los pesos de *H. johnsoni* entre las tres playas analizadas ($H = 3,83$; $p = 0,14$).

La prueba post hoc de Bonferroni confirmó una diferencia significativa de las longitudes de *H. johnsoni* entre la playa El Boquerón y La Arenilla, El Boquerón y Bahía Blanca ($p < 0,05$) pero no entre La Arenilla y Bahía Blanca (Tabla 3).

Tabla 3.

Comparaciones de la longitud de Halosydna johnsoni en tres playas de la costa central marina del Perú.

	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada *
Playa La Arenilla Playa Bahía Blanca	-1,43	6,74	-0,21	0,83	1,00
Playa La Arenilla Playa El Boquerón	18,56	6,74	2,75	0,00	0,01
Playa Bahía Blanca Playa El Boquerón	17,13	6,74	2,54	0,01	0,03

Nota: * Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas. Valores en negrita señalan diferencias significativas.

Dicha prueba también mostró diferencias en la abundancia de MPs entre la playa El Boquerón y Bahía Blanca, pero no entre Bahía Blanca y La Arenilla ni El Boquerón y La Arenilla (Tabla 4).

Tabla 4.

*Comparaciones de abundancia de MPs de *Halosydna johnsoni* en tres playas de la costa central marina del Perú.*

	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada *
Playa La Arenilla Playa Bahía Blanca	2,01	6,67	0,30	0,76	1,00
Playa La Arenilla Playa El Boquerón	14,06	6,67	2,10	0,03	0,10
Playa Bahía Blanca Playa El Boquerón	16,08	6,67	2,41	0,01	0,04

Nota: * Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas. Valores en negrita señalan diferencias significativas.

4.3. Asociaciones lineales entre las variables morfométricas de *Halosydna johnsoni* y la abundancia de MPs

El análisis de correlación de Spearman mostró una relación positiva moderada y significativa entre la longitud de *H. johnsoni* y la abundancia de MPs ($\rho = 0,43$; $p = 0,01$) para la playa El Boquerón (Pucusana, Lima); lo cual sugiere que, a mayor longitud, mayor es la acumulación de MPs. También se evidenció una relación positiva entre la longitud y el peso del poliqueto ($\rho = 0,39$; $p = 0,31$), a mayor longitud, mayor peso. No se observó relación entre el peso de *H. johnsoni* y la abundancia de MPs ($\rho = 0,16$; $p = 0,39$).

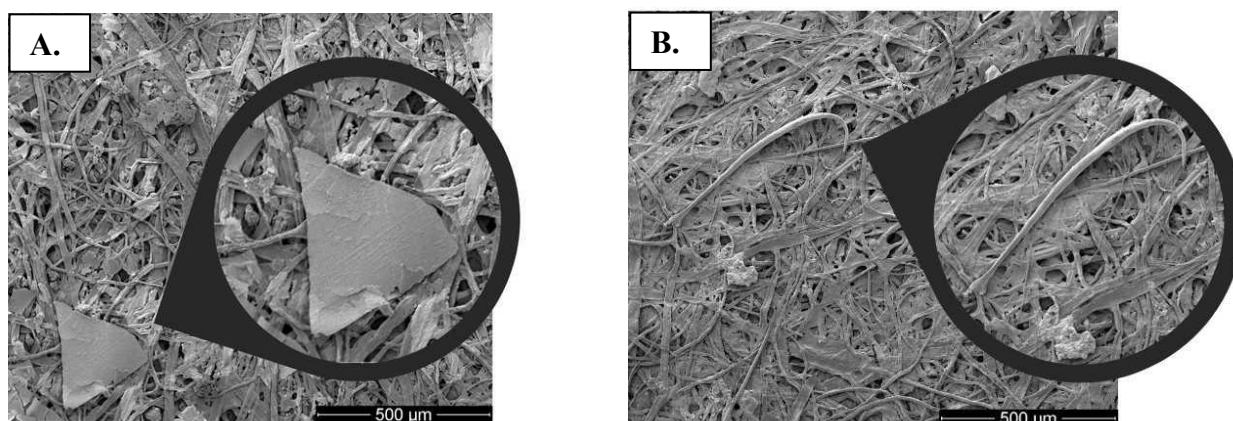
En la playa La Arenilla (La Punta, Callao) no se evidenció una relación significativa entre la longitud de *H. johnsoni* y la abundancia de MPs ($\rho = 0,02$; $p = 0,88$), ni entre el peso del poliqueto y dicha abundancia ($\rho = -0,20$; $p = 0,28$). De manera similar, en la playa Bahía Blanca (Ventanilla, Callao) tampoco se observaron correlaciones significativas entre la longitud ($\rho = 0,07$; $p = 0,69$) ni el peso del poliqueto ($\rho = 0,02$; $p = 0,90$) con la abundancia de MPs.

4.4. Caracterización visual de los microplásticos

Se recuperaron un total de 372 partículas de MPs en los 90 individuos de *H. johnsoni*, 156 MPs en la playa El boquerón, 114 MPs en La Arenilla y 102 MPs en Bahía Blanca. Del total, la forma predominante fue fibra (48%); el color más común fue azul (51%) y rango del tamaño más abundante fue 0 – 500 μm (59%). Se realizaron micrografías de las diversas formas y colores de MPs hallados en *H. johnsoni* (Figura 8) y también micrografías de microscopio de barrido (MEB) en condiciones de alto vacío de dichos MPs (Figura 7).

Figura 7

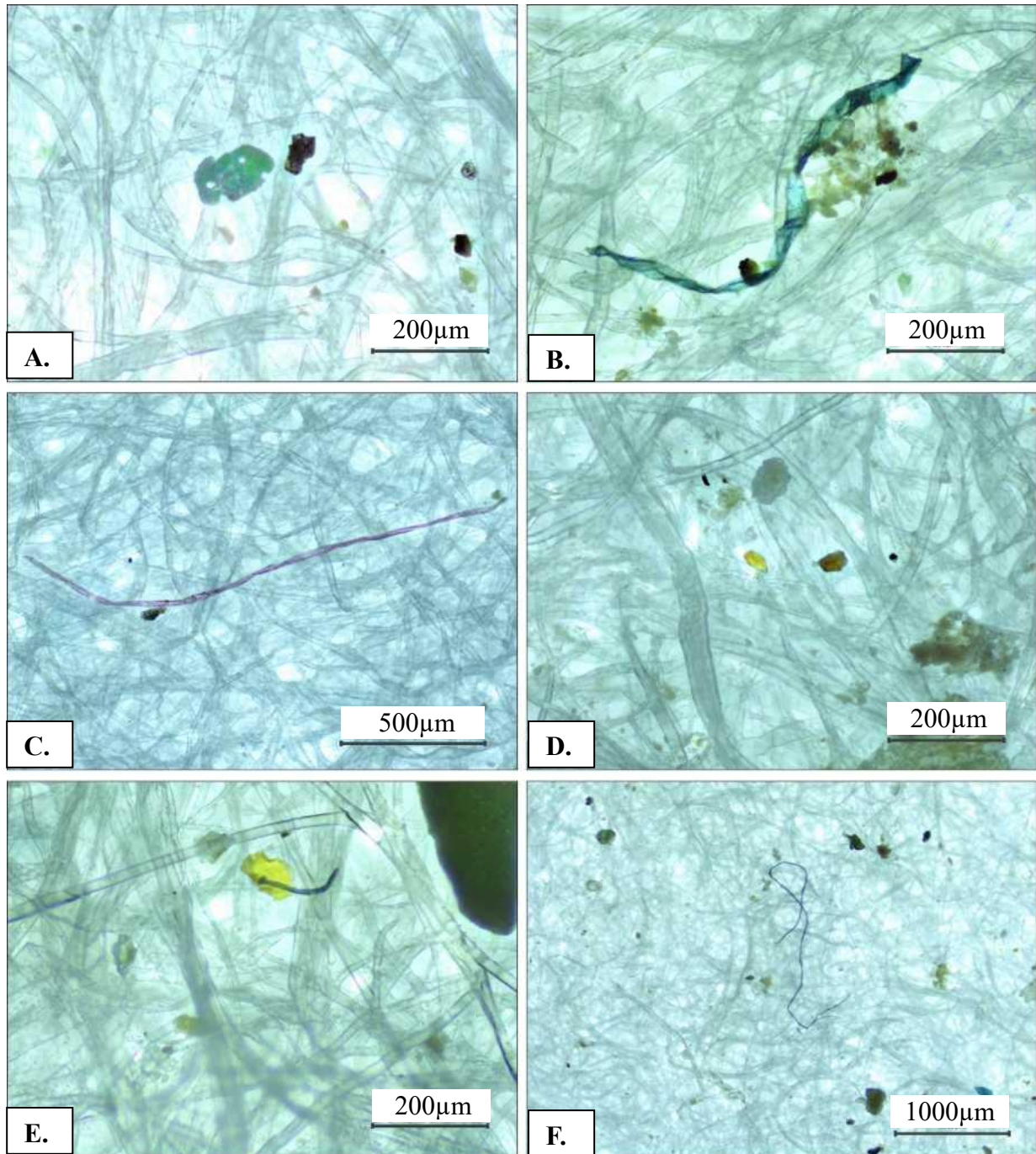
Micrografías de microscopía de barrido (MEB) en condiciones de alto vacío de los MPs hallados en Halosydna johnsoni en tres playas de la costa central marina del Perú.



Nota: A. MP en forma de fragmento, B. MP en forma de fibra. Elaboración propia.

Figura 8

Micrografías de las diversas formas y colores de MPs hallados en Halosydna johnsoni en tres playas de la costa central marina del Perú.



Nota: A. espuma gris, B. film azul, C. fibra roja, D. fragmento amarillo, E. fibra azul y fragmento amarillo, F. fibra azul. El Boquerón (D, E), La Arenilla (A, B, C) y Bahía Blanca (F). Elaboración propia.

En el caso de la forma de los MPs, el fragmento obtuvo el mayor porcentaje en El Boquerón con un 49,46% y la fibra en La Arenilla y Bahía Blanca con 51,75 y 57,84 correspondiente (Tabla 2). Para el tamaño el rango con mayor incidencia fue 0 – 500 μm (Tabla 3), en El Boquerón (66,03%), La Arenilla (53,51%) y Bahía Blanca (52,94%). En el color predominó el azul; en El Boquerón con 47,44%, en La Arenilla con 57,02% y Bahía Blanca con 48,04% (Tabla 4).

Tabla 2.

Porcentajes de las formas de microplásticos hallados en Halosydna johnsoni en tres playas de la costa central marina del Perú.

Playa	Forma			
	Espuma	Fibra	Film	Fragmento
El Boquerón (%)	5,13	39,10	6,41	49,36
La Arenilla (%)	0,00	51,75	12,28	35,96
Bahía Blanca (%)	0,98	57,84	11,76	29,41

Tabla 3.

Porcentajes del tamaño de microplásticos hallados en Halosydna en tres playas de la costa central marina del Perú.

Playa	Tamaño (μm)					
	0 - 500	501 - 1000	1001 - 2000	2001 - 3000	3001 - 4000	4001 - 5000
El Boquerón (%)	66,03	13,46	16,67	1,28	1,92	0,64
La Arenilla (%)	53,51	21,05	15,79	3,51	6,14	0,00
Bahía Blanca (%)	52,94	22,55	13,73	6,86	2,94	0,98

Tabla 4.

Porcentajes del color de microplásticos hallados en Halosydna johnsoni en tres playas de la costa central marina del Perú.

Playa	Color						
	Azul	Amarillo	Blanco	Negro	Rojo	Transparente	Verde
El Boquerón (%)	47,44	23,08	2,56	1,92	12,82	1,28	10,90
La Arenilla (%)	57,02	22,81	0,00	7,02	10,53	1,75	0,88
Bahía Blanca (%)	48,04	18,63	0,00	14,71	4,90	2,94	10,78

Se evaluó la existencia de una relación estadísticamente significativa entre las playas muestreadas y las características de los MPs mediante pruebas de Chi-cuadrado. Se encontraron diferencias significativas en la forma ($\chi^2 = 23,06$; gl = 6; p = 0,00078) y el color ($\chi^2 = 36,92$; gl = 12; p = 0,00023) de los MPs, mientras que en el tamaño ($\chi^2 = 16,34$; gl = 10; p = 0,0903) no se evidenció una relación estadísticamente significativa.

4.5. Análisis de calidad de agua y sedimento marino

En los tres puntos de muestreo se evaluaron parámetros fisicoquímicos del agua marina. En cuanto al pH, todos los valores se encontraron dentro del rango para ambientes marino – costero; el oxígeno disuelto fue mayor en Pucusana (103.3 mg/L), indicando un entorno con buena oxigenación (Tabla 5). Asimismo, para los parámetros biológicos, las cianobacterias alcanzaron su máxima concentración en Bahía Blanca (1.03 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$); lo que sugiere un mayor enriquecimiento posiblemente vinculado a nutrientes y reflectancia (2%), evidenciando mayor biomasa algal (Tabla 6).

Tabla 5.

Parámetros fisicoquímicos en agua marina de las tres playas en la costa central marina del Perú.

Parámetros	Playas		
	"El Boquerón"	"La Arenilla"	"Bahía Blanca"
pH	8	7,90	8,10
T (°C)	18,5	24	21

O ₂ (mg/L)	103,3	89,9	95,5
Turbidez	0	0	0

Tabla 6.

Parámetros biológicos ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) en agua marina y porcentaje de reflectancia en las tres playas de la costa central marina del Perú.

Parámetros	Playas		
	"El Boquerón"	"La Arenilla"	"Bahía Blanca"
Diatomeas	0,63	0,74	0,79
Clorofitas	0	0,15	0,13
Cianobacterias	0,66	0,51	1,03
Reflectancia (%)	0	1	2

El análisis realizado en agua marina mostró concentraciones por debajo de los límites de metales pesados y plaguicidas (Tabla 7), mientras que en el sedimento marino las concentraciones fueron bajas y no representan riesgo para la biota bentónica (Tabla 8).

Tabla 7.

Comparaciones de las concentraciones de metales pesados y plaguicidas (mg/L) en agua marina de tres playas de la costa central marina del Perú.

Elementos	Normativa		Playas		
	II - C3	IV - E3	"El Boquerón"	"La Arenilla"	"Bahía Blanca"
Aluminio	--	--	<0,003	<0,003	<0,003
Antimonio	0,64	--	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	0,05	0,036	<0,001	<0,001	<0,001
Bario	--	--	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Berilio	--	--	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Bismuto	--	--	<0,01	<0,01	<0,01
Boro	--	--	4,46	4,60	5,15

Cadmio	--	0,0088	<0.0002	<0,0002	<0,0002
Calcio	--	--	485,8	485,4	511,1
Cerio	--	--	<0,01	<0,01	<0,01
Cesio	--	--	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Cobalto	--	--	<0,002	<0,002	<0,002
Cobre	0,05	0,05	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Cromo	0,05	0,05	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Estaño	--	--	<0,001	<0,001	<0,001
Estroncio	--	--	7,172	7,005	7,043
Fósforo	--	0,062	<0.006	<0.006	<0.006
Galio	--	--	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Germanio	--	--	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Hafnio	--	--	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Hierro	--	--	<0,002	<0,002	<0,002
Iterbio	--	--	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Lantano	--	--	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Litio	--	--	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Lutecio	--	--	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Magnesio	--	--	1384,97	1370,75	1505,52
Manganeso	--	--	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Mercurio	0.0018	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Molibdeno	--	--	<0,001	<0,001	<0,001
Niobio	--	--	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Níquel	0.074	0.0082	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Plata	--	--	<0,001	<0,001	<0,001
Plomo	0.03	0.0081	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio	--	--	420,2	439,3	473,2
Rubidio	--	--	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Selenio	--	0.071	<0.002	<0.002	<0.002
Silicio	--	--	2,88	7,63	14,60
Sodio	--	--	11569,95	11381,54	12471,10
Talio	--	--	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Tántalo	--	--	<0,003	<0,003	<0,003
Telurio	--	--	<0,003	<0,003	<0,003
Titanio	--	--	<0,003	<0,003	<0,003

Torio	--	--	<0,003	<0,003	<0,003
Uranio	--	--	<0,003	<0,003	<0,003
Vanadio	--	--	<0,003	<0,003	<0,003
Wolframio	--	--	<0,003	<0,003	<0,003
Zinc	0.12	0.081	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Zirconio	--	--	<0,003	<0,003	<0,003
Plaguicidas	Normativa		Playas		
	IV - E3		"El Boquerón"	"La Arenilla"	"Bahía Blanca"
Malatión	0.0001		<0.000002	<0.000002	<0.000002
Paratión	--		<0.000002	<0.000002	<0.000002
Aldrín	--		<0.000001	<0.000001	<0.000001
Clordano	0.000004		<0.000001	<0.000001	<0.000001
DDT	0.000001		<0.000001	<0.000001	<0.000001
Dieldrín	0.0000019		<0.000001	<0.000001	<0.000001
Endosulfán	0.0000087		<0.000001	<0.000001	<0.000001
Endrín	0.0000023		<0.000001	<0.000001	<0.000001
Heptacloro	0.0000036		<0.000001	<0.000001	<0.000001
Heptacloro Epóxido	0.0000036		<0.000001	<0.000001	<0.000001
Lindano	--		<0.000001	<0.000001	<0.000001
Aldicarb	0.00015		<0.0001	<0.0001	<0.0001

Nota: Normativa ECA MINAM: II – C3 = Categoría 2: Extracción, cultivos y otras actividades marinas costeras y continentales. C3: Actividades portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marinas costeras. IV – E3 = Categoría 4: Conservación del medio acuático. E3: Ecosistemas marinos. DDT = Diclorodifeniltricloroetano.

Tabla 8.

Comparaciones de las concentraciones de metales pesados y plaguicidas (mg/kg MS) en sedimento de tres playas de la costa central marina del Perú.

Elementos	Normativa		Playas		
	NOAA	CCME	"El Boquerón"	"La Arenilla"	"Bahía Blanca"

Aluminio	--	--	7382,47	2646,48	5244,57
Antimonio	--	--	<0,2	<0,2	<0,2
Arsénico	70	41.6	3,24	4.85	4.62
Bario	--	--	296,97	9,35	42,49
Berilio	--	--	<0,03	0,13	<0,03
Bismuto	--	--	<0,2	<0,02	<0,2
Boro	--	--	<0,1	4,18	<0,1
Cadmio	9.6	4.21	0.354	0.14	0.031
Calcio	--	--	44036,2	148229,5	2738,8
Cerio	--	--	16,22	4,48	9,65
Cobalto	--	--	5,45	2,16	3,33
Cobre	270	108	29.302	11.875	8.049
Cromo	370	160	6.65	3.24	4.98
Estaño	--	--	<0,1	<0,1	<0,1
Estroncio	--	--	228,58	1448,17	16,9
Fósforo	--	--	2621.03	498,27	887,32
Hierro	--	--	14636,56	7361,68	10674,79
Litio	--	--	1,370	4,593	1,721
Magnesio	--	--	5925,57	2653,9	3292,04
Manganeso	--	--	543,99	141,01	157,16
Mercurio	0.71	0.7	<0.04	<0.04	<0.04
Molibdeno	--	--	0,17	0,2	0,18
Níquel	51.6	42.8	7,22	2,67	3.11
Plata	--	--	<0,1	<0,1	<0,1
Plomo	218	112	8.74	6.73	5.78
Potasio	--	--	992,67	382,68	496,08
Selenio	--	--	<0,2	<0,2	<0,2
Silicio	--	--	317,54	171,21	241,3
Sodio	--	--	1618,14	3020,04	1016,1
Talio	--	--	<0,04	<0,04	<0,04
Titanio	--	--	178,29	197,21	417,78
Torio	--	--	<0,03	<0,03	<0,03
Uranio	--	--	<0,03	<0,03	<0,03
Vanadio	--	--	20,19	14,36	20,77
Zinc	410	271	39.55	74.01	35.64

Plaguicidas	Normativa			Playas	
	NOAA	CCME	"El Boquerón"	"La Arenilla"	"Bahía Blanca"
PCB 101	--	--	<0,00052	<0,00052	<0,00052
PCB 118	--	--	<0,0005	<0,0005	<0,0005
PCB 138	--	--	<0,00046	<0,00046	<0,00046
PCB 153	--	--	<0,00044	<0,00044	<0,00044
PCB 28	--	--	<0,00054	<0,00054	<0,00054
PCB 52	--	--	<0,00058	<0,00058	<0,00058
PCB 180	--	--	<0,00042	<0,00042	<0,00042
PCBs totales	0.18	0.189	<0.00347	<0.00347	<0.00347
Tetracloroetileno	--	--	<0,0098	<0,0098	<0,0098
Tricloroetileno	--	--	<0,0097	<0,0097	<0,0097

Nota: MS = Materia seca. PCB = Bifenilos Policlorados

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con lo hallado en esta investigación indicamos que *H. johnsoni* presenta MPs, con un 100% de individuos contaminados y al menos 1 MP. Esta proporción es consistente con previos estudios internacionales en poliquetos intermareales de zonas rocosas como: *Galathowenia* sp. y *Owenia borealis* (Koh, Bhaud y Jirkov, 2003) con el 90% de individuos contaminados (Knutsen et al., 2020), y también *Sabella spallanzanii* (Gmelin, 1791) con un 91% (Vecchi et al., 2021). En Perú no se han reportado investigaciones sobre la presencia de MPs en poliquetos; sin embargo, se documentó en invertebrados marinos. En moluscos, por ejemplo, se han registrado una incidencia del 100% de MPs en *Semimytilus algosus* (Gould, 1850), *Tegula atra* (R. P. Lesson, 1831) y *Chiton granosus* (Frembly, 1827) (De la Torre et al., 2020a), así como un 97,86% en *Thaisella chocolate* (Duclos, 1832) (Torres- Zevallos et al., 2023). En crustáceos, se encontró un 100% de presencia en *Romaleon setosum* (Molina, 1782) (Iannacone et al., 2022), un 15,83% en *Emerita análoga* (Stimpson, 1857) (García et al., 2023) y 100% en *Balanus amphitrite* (Darwin, 1854) (Cevallos, 2024). Asimismo, en equinodermos como *Arbacia nigra* (Molina, 1782) también se han reportado una presencia del 100% de MPs (De la Torre et al., 2020b).

La abundancia de MPs en El Boquerón (media $5,2 \pm 3,02$), La Arenilla (media $3,8 \pm 2,58$) y Bahía Blanca (media $3,4 \pm 1,79$) puede estar relacionada con la proximidad de las playas a actividades antrópicas urbanas e industriales además del tránsito vehicular y peatonal colindante (Wang y Wang, 2018; Pretell et al., 2020; Abd-Elkader et al., 2023). Se observó contaminación de residuos sólidos (envoltorios de comida, botellas y bolsas plásticas) en la zona rocosa intermareal y cerca de los muelles en las tres playas como también vendedores ambulantes y pescadores artesanales en La Arenilla y Bahía Blanca. Según Iannacone et al. (2019) la contaminación también podría provenir de mar adentro, ya que la marea alta y la intensidad del oleaje podrían influenciar la presencia de MPs en la zona intermareal.

Del total de MPs en las tres playas, la forma predominante fue la fibra (48%), concordando con la literatura científica de MPs en invertebrados (Stefanelli-Silva et al., 2024; El-Alfy et al., 2025); esta forma de MP es común en aguas costeras por el desgaste de textiles y redes de pesca artesanal e industrial (De la Torre et al., 2020; Hamzah et al., 2021; Barbosa et al., 2024). Normalmente son ingeridos accidentalmente por la fauna marina, quienes los confunden con su alimento por la forma y tamaño (Iannacone et al., 2021; Fragozo-Velasquez, 2023). En el caso de la playa El Boquerón la forma predominante fueron los fragmentos, estos pudieron estar asociados al desgaste de plásticos usados para envases de alimentos, bolsas u otros productos (Losno-Prado & Iannacone et al., 2023) propios de la actividad turística, embarcaciones cercanas y de los restaurantes cercanos; también transportados por las corrientes costeras y vertidos de aguas residuales urbanas colindantes a la playa (Huayanay-Quevedo et al., 2022).

El color más frecuente fue azul, podría corresponder a residuos provenientes de redes o hilos de la pesca artesanal. Los colores azules y derivados (celestes, turquesas) en MPs poseen mayor posibilidad de ingesta y por lo tanto son una clara amenaza para los individuos marinos (Yuan, 2019; Iannacone et al., 2019; Abd-Elkader et al., 2023). Este resultado concuerda con James et al. (2023), quienes identificaron MPs en poliquetos de los géneros: *Diopatra*, *Lumbriconereis*, *Dendronereis*, *Nereis*, *Ceratonereis* y *Ancystroscylli*; siendo los colores más dominantes el azul y blanco. Con respecto al tamaño de los MPs, la posible respuesta a que se encontró mayor cantidad en el rango de 0 a 500 μm es que estos MPs tienen mayor tiempo de retención en el ambiente acuático y bioacumulación en los organismos vivos (Losno-Prado & Iannacone, 2023); este resultado se inclina a lo hallado en *Galathowenia* sp. y *Owenia borealis* (Koh, Bhaud y Jirkov, 2003), que obtuvieron MPs $\leq 45 \mu\text{m}$ (Knutsen et al., 2020).

Los análisis indicaron que no hay una distribución homogénea en la abundancia de MPs en las playas. Este hallazgo podría estar relacionado con diversos factores; como la alta

influencia de bañistas en las playas, la proximidad a zonas urbanas en todos los sitios evaluados, así como la cercanía a fuentes industriales en La Arenilla y El Boquerón. En particular, en El Boquerón, también influiría la presencia de un sistema de alcantarillado cercano (Fernández, 2020; Vivas-Sánchez, 2023; Cevallos, 2024) o incluso la temporada de playa, ya que Pretell (2020) menciona que existe un servicio de limpieza en los meses de verano por la afluencia de los visitantes, implementada por las municipalidades en coordinación con voluntarios en las tres playas. Se confirmó que hay diferencias significativas entre El Boquerón y Bahía Blanca; lo cual podría atribuirse a una mayor intensidad de actividades antropogénicas en El Boquerón, como la presencia de comercios ambulatorio, restaurantes, tiendas y un terminal pesquero cercano; además de una marcada actividad urbana en las zonas aledañas. Durante el muestreo, también se observó que en dicha playa es frecuentemente utilizada como escenario para sesiones fotográficas de eventos extracurriculares o recreativos, a diferencia de Bahía Blanca, donde este tipo de actividades es menos común.

Asimismo, se detectaron diferencias significativas en la longitud de los individuos de *H. johnsoni* entre las tres playas muestreadas, indicando que las longitudes no fueron homogéneas. En la playa El Boquerón se evidenció una relación positiva entre la longitud con la abundancia de MPs. Esto podría explicarse al tiempo de exposición y a la disponibilidad de MPs en la playa, la cual presentó los niveles más elevados de contaminación (Pires et al. 2022). Este hallazgo concuerda en las investigaciones de Jang et al. (2018) y Hamzah et al. (2021), quienes encontraron una relación positiva entre la cantidad de MPs y los datos biométricos de los poliquetos estudiados, señalando que relación no está determinada por su hábitat, sino su forma de alimentación y a su capacidad de bioacumularlos. Asimismo, Xu et al. (2020) y Pagter et al. (2021) destacan que los organismos depositívoros como los poliquetos, gasterópodos, bivalvos y crustáceos ingieren MPs presentes en el sedimento en proporción a su concentración

y al tamaño del individuo. Por su parte, Schuab et al. (2023) indica que los poliquetos de mayor longitud incluso podrían consumir MP de mayor tamaño en comparación con otros.

Aunque los valores convencionales de metales pesados y plaguicidas en agua y sedimento marino se mantuvieron dentro de los rangos aceptables en las playas estudiadas, las diferencias en la abundancia y morfología de los MPs entre las zonas muestreadas probablemente responden a actividades humanas puntuales y a procesos físico-sedimentarios (Polt et al., 2023; De Benedetto et al., 2024). Esto sugiere que la presencia de MPs no siempre se correlaciona directamente con los indicadores fisicoquímicos tradicionales, además que estos parámetros no influyen directamente en la abundancia de los poliquetos, dado que estos organismos pueden tolerar diferentes parámetros ambientales como temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (Chithra et al., 2024).

Una limitación fue que hace falta una caracterización por tipo de los MPs mediante técnicas químicas como espectroscopía Raman para corroborar la identificación y clasificación de los MPs, Otra es la falta de análisis paralelo del sedimento lo que impide establecer una relación directa entre la disponibilidad ambiental de MPs y la carga encontrada en los organismos. Tampoco se evaluó la variación estacional.

Se espera que estudios futuros incorporen técnicas de espectroscopia para validar la composición de MPs en poliquetos, así como un análisis histológico que evalúe daños celulares. Además, sería valioso ampliar el estudio a diferentes especies de poliquetos con distintos modos de alimentación, incluir muestreos estacionales, evaluar la transferencia trófica de MPs en la red marina y ampliar la cobertura geográfica de la investigación.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que existe contaminación por MPs en el poliqueto *Halosydna johnsoni* en la costa central marina del Perú. La presencia mínima de 1 MP en cada individuo fue del 100%, en la playa El Boquerón se encontró 156 MPs, La Arenilla 114 MPs y Bahía Blanca 102 MPs.
- Se evidenció diferencias de las longitudes del poliqueto *H. johnsoni* entre las playas El Boquerón y La Arenilla ($p = 0,01$), como también en la playa Bahía Blanca y El Boquerón ($p = 0,03$). Asimismo, en la abundancia de MPs en las playas El Boquerón y Bahía Blanca ($p = 0,04$). En la playa El Boquerón existe una relación positiva y moderada entre la longitud del poliqueto y la abundancia de MPs ($\rho = 0,43$; $p = 0,01$).
- Se cuantificó un total de 372 MPs en los individuos del poliqueto *H. johnsoni*; caracterizándolos por su forma en: espuma, fibra, film y fragmento. En la playa El Boquerón el 49,36% fueron fragmentos (77 MPs), La Arenilla el 51,75% fibras (59 MPs) y Bahía Blanca el 57,84% fibras (59 MPs).
- De los seis rangos usados para caracterizar el tamaño, el de mayor frecuencia de MPs fue el de 0 - 500 μm en todas las playas, El Boquerón 66,03% (103 MPs), La Arenilla 53,51% (61 MPs) y Bahía Blanca 52,94% (54 MPs).
- Fueron siete colores evidenciados en los MPs de los individuos del poliqueto *H. johnsoni*: azul, amarillo, blanco, negro, rojo, transparente y verde. El color predominante en las 3 playas fue el azul, en El Boquerón 47,44% (74 MPs), La Arenilla 57,02% (65 MPs) y Bahía Blanca 48,04% (49 MPs).

VII. RECOMENDACIONES

- Para obtener resultados confiables, es fundamental realizar un muestreo adecuado, asegurando una recolección cuidadosa de los individuos sin maltratarlos ni contaminarlos con arena; asimismo, se debe minimizar el impacto sobre el ecosistema durante la colecta de los especímenes.
- Es importante mantener una estricta precaución con los materiales utilizados: viales, beakers y placas de Petri; garantizando que se encuentren limpios y libres de contaminación. Durante la manipulación y el análisis de los organismos, se recomienda el uso de guantes de nitrilo para evitar la transferencia de fibras u otras partículas externas.
- Durante la caracterización visual bajo el estereomicroscopio, se sugiere limitar el número de analistas para reducir el margen de error humano en la identificación de los MPs. De igual manera, los reactivos deben ser utilizados inmediatamente después de su preparación, ya que su efectividad puede disminuir con el tiempo si se almacenan.
- Por otro lado, es preferible depositar los filtros en placas de Petri individuales correctamente rotuladas. Esto previene la contaminación y permite un secado adecuado hasta su observación bajo el estereomicroscopio; si no serán analizadas en el momento, sellar las placas en Parafilm, con el filtro seco, hasta su análisis.

VIII. REFERENCIAS

- Abd-Elkader, A., El Sayed, A.E., Mahdy, A. & Shabaka, S. (2023). Microplastics in marine invertebrates from the Red Sea Coast of Egypt: Abundance, composition, and risks. *Marine Pollution Bulletin*, 197, 115760. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115760>
- Aguirre-Sánchez, A., Montero, P., & Purca, S. (2025). Protocolo replicable: muestreo y digestión de la materia orgánica en el cangrejo de manglar (*Ucides occidentalis*) y en la concha negra (*Anadara tuberculosa*) para el monitoreo de la contaminación por microplásticos en la Región Tumbes, Perú. *Informe Instituto Mar Perú*, 52 (1), 5-18. <https://doi.org/10.3897/BDJ.6.e28937>
- Albareda, D., Filippo, P., García, V., González, D., Schteinbarg, R. & Zavattieri, V. (2021). Basura Plástica Marina: un problema en común. Material de Formación y capacitación para el sector pesquero. Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia. marpatagonico.org/publicaciones/
- Alfaro Z., & Sánchez L. (2012). Familias de anélidos poliquetos de dos playas, playa hermosa y playa del amor de la bahía de ancón, Lima -Perú. *The Biologist (Lima)*, 10(2), 144. <https://doi.org/r/323358>
- Álvarez, A, Palacios, A., Miranda, G.& Castro, P. (2025). Revisión y perspectivas futuras para la eliminación de microplásticos mediante métodos físicos, biológicos y químicos en cuerpos de agua y aguas residuales. *Monitoreo y Evaluación Ambiental*, 197 (4), 429. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-13883-0>
- Álvarez-Lopezello, J., & Chávez-García, E. (2022). Microplásticos en el Antropoceno: contaminación y efectos en el suelo. *Desde el Herbario CICY*, 14, 212-217.
- Barbosa, J., Choueri, R., Melo, F., De Oliviera, L., Da Silva, L., Rodrigues, C., Cardoso, M., De Britto, R. Ruiz, F., Delvalls, T., & Gusso-Choueri, P. (2024). Are Microfibers a Threat to Marine Invertebrates? A Sea Urchin Toxicity Assessment. *Toxics*, 12(10), 753. <https://doi.org/10.3390/toxics12100753>
- Bringas, J. (29 de setiembre del 2021). *Reglamento de la ley sobre la recuperación y conservación de las playas: ¿en qué consiste?* Sociedad Peruana de Derecho Ambiental

(SPDA). <https://www.actualidadambiental.pe/reglamento-de-la-ley-sobre-la-recuperacion-y-conservacion-de-las-playas/#:~:text=Escribe:%20Jos%C3%A9%20Bringas%20Aceijas%20/%20Gobernanza,de%20las%20playas%20del%20litoral.>

Bonilla, L., Valencia, G., & Escobar, O. (2024). Los microplásticos como vehículo del cadmio: ¿Una interacción peligrosa para los organismos acuáticos? *Revista Digital Universitaria*, 25(5), 1-9. <http://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2024.25.5.7>

Cabanillas, R., Advíncula, O., & Gutiérrez, C. (2016). Diversidad de Polychaeta (Annelida) en el intermareal de los esteros del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 23(2), 117-126. <https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v23i2.12383>

Cevallos-Moncayo, S. (2024). *Abundancia, volumen y tipo de microplásticos en Balanus amphitrite (Darwin, 1854) en el archipiélago de Galápagos*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena] Repositorio Institucional – Universidad Estatal Península de Santa Elena

Chithra, V., Misna, K., Athira, C., Revathi, R., Praseeja, C., Deepa, K., Rukhsana, K., Aarthi N., & Hrishika, A. (2024). Polychaetes and Microplastic Pollution. *Advances in Pharmaceutical and Biosciences Research*. 1. 10-19. <https://doi.org/10.22192/ecc>.

Cisneros, P., Montero, P., & Guevara, M. (2021). Nota científica: Registro de fragmentos y fibras de plástico en sedimentos marinos, Tumbes, Perú. *Informe Instituto Mar Perú*, 48 (3), 478-483.

Club D'Immersion Biología (15 de octubre del 2024). *Poliquet*. Facultat de Biología. https://www.cibsub.cat/bioespecie_es-poliquet-55678

Cole M., Lindeque P., Fileman E., Halsband C., Goodhead R., Moger J., & Galloway T.S. (2013). Microplastic Ingestion by Zooplankton. *Environmental Science and Technology*, 47, 6646–6655. <https://doi.org/10.1021/es400663f>

Comité editorial de WoRMS (14 de setiembre del 2024). *Registro mundial de especies marinas*. World Register of Marine Species. <https://www.marinespecies.org>

De Benedetto, G., Fraissinet, S., Tardío, N., Rossi, S., & Malitesta, C. (2024). Microplastics determination and quantification in two benthic filter feeders *Sabella spallanzanii*, Polychaeta and *Paraleucilla magna*, Porifera, *Heliyon*, 10, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31796>

Decreto supremo N° 014-2017-MINAM [Ministerio del Ambiente]. *Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278. Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. (21 de diciembre de 2017). https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf.

Decreto supremo N° 004-2017-MINAM [Ministerio del Ambiente]. *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establece Disposiciones Complementarias*. (7 de junio de 2017). <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>.

Decreto supremo N° 028-2021-MINAM [Ministerio del Ambiente]. *Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 30590, Ley que promueve la recuperación, conservación y mantenimiento de playas del litoral*. (28 de septiembre de 2021). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2211330/DS%20028-2021-MINAM.pdf.pdf>

Dehaut, A., Cassone, A., Frère, L., Hermabessiere, L., Himber, C., Rinnert, E., Rivière, G., Lambert, C., Soudant, P., Huvet, A., Duflos, G., & Paul-Pont, I. (2016). Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environmental Pollution*, 215, 223-233. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.018>

De-la-Torre, G., Apaza-Vargas, D., & Santillán, L. (2020a). Microplastic ingestion and feeding ecology in three intertidal mollusk species from Lima, Peru. *Revista de biología marina y oceanografía*, 55(2), 167-171. <https://dx.doi.org/10.22370/rbmo.2020.55.2.2502>

De-la-Torre, G., Dioses-Salinas, D., Huamantupa-Aybar, S., & Davila-Carrasco, J. (2020b). Preliminary observations of plastic debris in the gastrointestinal tract of sea urchin *Tetrapygus niger*. *Brazilian Journal of Natural Sciences*, 3(2), 316-320. <https://doi.org/10.31415/bjns.v3i2.94>

Díaz-Díaz, O., Bone, D., Rodríguez, C., & Delgado-Blas, V. (Eds.). (2017). *Poliquetos de*

Sudamérica. (Volumen Especial del Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela), Instituto Oceanográfico de Venezuela.

Ebanks-Mongalo, B. F. (2023). *Evaluación de la presencia de microplástico en los ecosistemas de la laguna de Bluefields y sus incidencias en poblaciones de ostiones (Crassostrea rhizophorae)*. Documentación. Bluefields Indian and Caribbean University. <http://repositorio.bicu.edu.ni/id/eprint/1378>

El-Alfy, M., El-Hamid, H., Keshta, A., Elnaggar, A., Darwish, D., Basiony, A., Alzeny, A., Abou-Hadied, M., Toubar, M., Shalby, A., & Shabaka, S. (2025). Assessing microplastic pollution vulnerability in a protected coastal lagoon in the Mediterranean Coast of Egypt using GIS modeling. *Scientific reports*, 15(1), 11557. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-93329-2>

Elías, R., Méndez, N., Muniz, P., Cabanillas, R., Gutiérrez-Rojas, C., Rozbaczylo, N., Londoño-Mesa, M., Gárate, P., Cárdenas-Calle, M., Villamar, F., Laverde-Castillo, J., Brauko, K., Araki, M., Da Cunha, P., & Díaz-Díaz, Ó. (2021). Los poliquetos como indicadores biológicos en Latinoamérica y el Caribe. *Marine & Fishery Sciences (MAFIS)*, 34, 37-107. <https://doi.org/10.47193/mafis.3412021010301>

Fauchald, K. & Jumars, P. (1979). The diet of worms: a study of Polychaete feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 17, 193-284.

Fauchald, K. (1977). *The polychaete worms Definitions and Keys to the Orders, Families and Genera*. Natural History Museum of Los Angeles County.

Fernandez-Alarcón, C. A. (2020). *Contaminación por microplásticos en individuos de la especie Sciaena deliciosa "Lorna" obtenidas del puerto de Huacho-2018* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional – José Faustino Sánchez Carrión.

Fernandez, V., & Londoño-Mesa, M. (2015). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) como indicadores biológicos de contaminación marina: casos en Colombia. *Gestión y Ambiente*. 28(1), 189-204. <https://www.researchgate.net/publication/279203640>

Fragozo-Velasquez, L. (2023). *Microplásticos en peces de importancia comercial y su impacto en el bienestar de las comunidades humanas en la Ciénaga Grande de Santa Marta*,

Caribe colombiano. [Tesis de pregrado, Universidad del Magdalena] Repositorio Institucional – Universidad del Magdalena.

Gago, J., Filgueiras, A., Pedrotti, M. L., Caetano, M., & Frias, J. (2019). *Standardised protocol for monitoring microplastics in seawater* [Doctoral dissertation, Deliverable 4.1. BASEMAN JPI] Ocean project.

García, J., Iannaccone, J. & Alvarino, L. (2023) Microplásticos en *Emerita analoga* (Crustacea: Hippidae) y en sedimentos en ocho playas arenosas de Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34(4), 1-24. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i4.25968>

Geoinnova. (19 de julio del 2019). *Los microplásticos la contaminación invisible*. Geoinnova. <https://geoinnova.org/blog-territorio/los-microplasticos-la-contaminacion-invisible/>

Google Earth. (s.f.). [Fotografías de las playas: “Bahía blanca” en Ventanilla, “Arenillas” en La Punta y “El Boquerón” en Pucusana, Perú]. Recuperado el 14 de setiembre del 2024 de https://earth.google.com/web/search/El+Boquer%C3%B3n,+Pucusana/@-12.4819278,-76.80065365,2.9891062a,1028.64714685d,35y,131.55519658h,45t,0r/data=CoUBGlcSUQolMHg5MTA1NzU2MGU2MzQ1NzM3OjB4NjQ3YzBlZjNkNjdhNTA3NBIECxpEtfYowCGI942vPTNTwCoWRWwgQm9xdWVyw7NuLCBQdWN1c2FuYRgCIAEiJgokCR7Z13feISjAERcdU8eIlyjAGUio42nSSVPAIeZ2n4pGSIPAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCP_____wEQAA

Gómez, J., Timoner, I., Castell, V., Salas-Salvadó, J., Sanchís, V., & Nadal, M. (2019). *Microplásticos y nanoplásticos en la cadena alimentaria: situación actual* (Informe por el Comité Científico Asesor de Seguridad Alimentaria; p. 33). Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (ACSA)

Gündoğdu, S., Yeşilyurt, İ., Abbas, Z., & Baylan, M. (2024). Effects of microplastics on aquatic organisms: a comprehensive review. *Turkish Journal of Zoology*, 48, 248-285. <https://doi.org/10.55730/1300-0179.3182>

Hamzah, S., Altrawneh, R., Anuar, S., Khalik, W., Kolandhasamy, P., & Ibrahim, Y. S. (2021). Ingestion of microplastics by the estuarine polychaete, *Namalycastis* sp. in the Setiu

- Wetlands, Malaysia. *Marine pollution bulletin*, 170, 112617. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112617>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education.
- Hiebert, T., Butler, B., & Shanks, A. (2015). *Halosydna brevisetosa*. *Oregon Estuarine Invertebrates*. University of Oregon Libraries and Oregon Institute of Marine Biology.
- Huang, M., Si, C., Qiu, C., & Wang, G. (2024). Microplastics analysis: from qualitative to quantitative. *Environmental Science: Advances*, 3, 1652 – 1668. <https://doi.org/10.1039/D4VA00244J>
- Huayanay-Quevedo, C., Aldoradin, V., & Guerra, A. (2022). Presencia de *Escherichia coli* en la playa Pucusana, Lima, y su potencial efecto en la salud pública. *Acta Médica Peruana*, 39(1), 31-39. <https://doi.org/10.35663/amp.2022.391.2305>
- Iannacone, J., Huyhua, A., Alvarino, L., Valencia, F., Principe, F., Minaya, D., Ortega, J. Argota, G., & Castañeda, L. (2019). Microplásticos en la zona de marea alta y supralitoral de una playa arenosa del litoral costero del Perú. *The Biologist (Lima)*, 17, 335-346. <https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/369/333>
- Iannacone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M., & Alvarino, L. (2021). Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(2), e20038. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20038>
- Iannacone, J., Principe, F., Alvarino, L., Minaya, D., Panduro, G., & Ayala, Y. (2022). Microplásticos en el «cangrejo peludo» *Romaleon setosum* (Molina, 1782) (Cancridae) del Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(1), 1-22. <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i1.22161>
- Instituto de la Calidad Ambiental. (27 de enero de 2023). *Las playas más contaminadas de Lima*. Instituto de la Calidad Ambiental. <https://institutoambiental.pe/las-playas-mas-contaminadas-de-lima/>
- James, K., Kripa, V., Vineetha, G., Padua, S., Parvathy, R., Lavanya, R., Reena J., Abhilash,

- K., Babu, A., & John, S. (2023). Microplastic ingestion by the polychaete community in the coastal waters of Kochi, Southwest coast of India. *Regional Studies in Marine Science*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102948>
- Jang, M., Shim, W., Han, G., Song, Y., & Hong, S. (2018). Formation of microplastics by polychaetes (*Marphysa sanguinea*) inhabiting expanded polystyrene marine debris. *Marine Pollution Bulletin*, 131, 365-369. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.04.017>
- Knutsen, H., Cyvin, J., Totland, C., Lilleeng, Ø., Wade, E., Castro, V., Pettersen, A., Laugesen, J., Maskeland, T. & Arp, H. (2020). Microplastic accumulation by tube-dwelling, suspension feeding polychaetes from the sediment surface: A case study from the Norwegian Continental Shelf. *Marine Environmental Research*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105073>
- Lesniewski, R. (08 de junio del 2019). *Mapa administrativo y político del área metropolitana de Lima en idioma español*. iStock. <https://www.istockphoto.com/es/vector/mapa-administrativo-y-pol%C3%ADtico-del-%C3%A1rea-metropolitana-de-lima-en-idioma-esp%C3%B1ol-gm1154563546-314016973?searchscope=image%2Cfilm>
- López-Rosales, A., Ferreiro, B., Andrade, J., Kerstan, A., Robey, D., & Muniategui, S. (2025). Reviewing the fundamentals and best practices to characterize microplastics using state-of-the-art quantum-cascade laser reflectance-absorbance spectroscopy. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 118, 118-229. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2025.118229>
- Losno-Prado, Á., & Iannacone, J. (2023). Caracterización de microplásticos en agua y sedimentos en los humedales Pantanos De Villa, Chorrillos, Lima, Perú. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, 52(1), 185-194. <https://boletin.invemar.org.co/ojs/index.php/boletin/article/view/1155/934>
- Lusher A. L., & Hernandez-Milian, G. (2018). Microplastic extraction from marine vertebrate digestive tracts, regurgitates and scats: A protocol for researchers from all experience levels. *Bio-protocol*, 8, 1-12. <https://doi.org/10.21769/BioProtoc.3087>
- MacDonald, D., Carr, R., Calder, F., Long, E., & Ingersoll, C. (1996). Development and

- evaluation of sediment quality guidelines for Florida coastal waters. *Ecotoxicology*, 5, 253-278. <https://doi.org/10.1007/BF00118995>
- Ministerio del Ambiente. (21 de marzo de 2024). *Problemática*. Gobierno del Perú. <https://www.gob.pe/58443-problematica>
- Municipalidad Metropolitana de Lima (18 de setiembre de 2022). *Municipalidad de Lima recogió más de 11 mil toneladas de residuos sólidos en limpieza de 17 playas de la capital*. Gobierno del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/munilima/noticias/652517-municipalidad-de-lima-recogio-mas-de-11-mil-toneladas-de-residuos-solidos-en-limpieza-de-17-playas-de-la-capital>
- Ordenanza Municipal N°133-2013-MDP [Municipalidad Distrital de Pucusana]. *Aprueban Programa de Segregación en la Fuente como parte de Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios*. (22 de junio de 2013). <https://vlex.com.pe/vid/na-fuente-parte-selectiva-domiciliarios-442601966>
- Ordenanza Regional N°005-2024 [Gobierno Regional de Callao]. *Declara de interés público y prioridad regional promover la gestión ambiental para reducir los efectos del cambio climático en la región Callao*. (22 de mayo de 2024). <https://www.gob.pe/institucion/regioncallao/normas-legales/6122312-005-2024>
- Pagter, E., Nash, R., Frias, J., & Kavanagh, F. (2022) Assessing microplastic distribution within infaunal benthic communities in a coastal embayment. *Science of the Total Environment*, 791, 148-156. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148278>
- Patiño, M., Quintana, Y., Pincay, M., & Calderón, J. (2024). Evaluación de microplásticos presentes en agua y arena en playas de Pacoche y de Tarqui. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 11(2), 68-78. <https://doi.org/10.26423/rctu.v11i2.808>
- Pires, A., Cuccaro, A., Sole, M., & Freitas, R. (2022). Micro(nano)plastics and plastic additives effects in marine annelids: A literature review. *Environmental Research*, 214(2), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113642>
- Pretell, V., Pinedo, L., Ramos, W., & Benites, E. (2020). Evaluación y Caracterización de Microplásticos en Tres Playas Arenosas de Lima, Perú. *18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology.*, 1,1-5.

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.71>

- Polt, L., Motyl, L., & Kerstin F. (2023). Abundance and distribution of microplastics in invertebrate and fish species and sediment samples along the German Wadden Sea Coastline. *Animals*, 13(10), 1-21. <https://doi.org/10.3390/ani13101698>
- Román-Vega, M., Martínez-Álvarez, I., Ahumada-Cervantes, R., Portillo-Molina, R., Apún-Molina, J., Zavala-Norzagaray, A., & Santamaría-Miranda, A. (2023). Contaminación por microplásticos en peces marinos de importancia comercial del Norte de Sinaloa, México. *Abanico Agroforestal.*, 6, 1-22. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2024.3>
- Romdhani, I., Venditti, M., Gallo, A., Abelouah, M., Gaaied, S., Boni, R., Alla, A., Minucci, S., & Banni, M. (2024). Environmental microplastics compromises reproduction of the marine invertebrate *Mytilus galloprovincialis*: a holistic approach. *Journal of Hazardous Materials*, 480, 136219. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.136219>
- Salazar-Silva, P. (2006). Gusanos escamosos (Polychaeta: Polynoidae) del Pacífico mexicano y de otras localidades del Pacífico oriental. *Invest. Mar., Valparaíso*, 34(2), 143-161. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71782006000200014>
- Salazar-Silva, P. (2013). Revision of *Halosydna* Kinberg, (Annelida: Polychaeta: Polynoidae) from the Tropical Eastern Pacific and Grand Caribbean with descriptions of new species. *Journal of Natural History*, 47, 1177-1242. <https://doi.org/10.1080/00222933.2012.752934>
- Salazar-Vallejo, S., & Londoño-Mesa, M. (2004). Lista de especies y bibliografía de poliquetos (Polychaeta) del Pacífico Oriental Tropical. *Anales del Instituto de Biología serie Zoología*, 75(1), 9-97.
- Schuab, J., Pereira, W., Silva, M., Milagres, M., Gosser, D., Carvalho, G., Paz, M., Yapuchura, E., & Barcellos, M. (2023). Abundance of microplastic in different coastal areas using *Phragmatopoma caudata* (Kroyer in Morch, 1863) (Polychaeta: Sabelariidae) as an indicator. *Science of the Total Environment*, 880, 163-176. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163219>
- Sealifebase (9 de junio del 2025). *Halosydna johnsoni* (Darboux, 1899). Sealifebase.org. <https://www.sealifebase.org/summary/Halosydna-johnsoni>

- Shi, Y., Shi, L., Huang, H., Ye, K., Yang, L., Wang, Zeena, Sol, Y., Li, D., Hong, Y., Xiao, L. & Gao, S. (2024). Analysis of aged microplastics: a review. *Environ Chem Lett*, 22, 1861–1888. <https://doi.org/10.1007/s10311-024-01731-5>
- Stefanelli-Silva, G., Friedemann, P., Rocha, R., Ando, R., De Siquiera, L., Varella, M., Smith, C., & Gomes, P. (2024). Bottom-Feeders Eat Their Fiber: Ingestion of Anthropogenic Microdebris by Antarctic Deep-Sea Invertebrates Depends on Feeding Ecology. *Environmental Science & Technology*, 58(50), 22355-22367. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c09487>
- Tasso, V., El Haddad, M., Assadi, C., Canales, R., Aguirre, L., & Vélez-Zuazo, X. (2018). Macrobenthic fauna from an upwelling coastal area of Peru (Warm Temperate South-eastern Pacific province -Humboldtian ecoregion). *Biodiversity data journal*. 6, 1-44. <https://doi.org/10.3897/BDJ.6.e28937>
- Torres-Zevallos, U., Arenas-Valeriano, A., Alvarino, L., & Iannacone, J. (2023). Microplásticos e imposex en el caracol marino *Thaisella chocolata* procedente de la costa central marina del Perú. *Revista veterinaria*, 34(1), 1-17. <https://doi.org/10.30972/vet.3416607>
- U.S. Environmental Protection Agency [EPA]. (1994). *Method 200.8: Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma-mass spectrometry (Revision 5.4, EPA-600-R-94-111)*. Cincinnati, OH: U.S. Environmental Monitoring Systems Laboratory, U.S. EPA. <https://www.epa.gov/esam/epa-method-2008-determination-trace-elements-waters-and-wastes-inductively-coupled-plasma-mass-spectrometry.pdf>
- U.S. Environmental Protection Agency [EPA]. (1996). *Method 3050B: Acid digestion of sediments, sludges and soils (Revision 2)*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/3050b.pdf>.
- U.S. Environmental Protection Agency [EPA]. (2001). *Method 200.8: Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma-mass spectrometry (Revision 5.4, EPA-821-R-94-024)*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/esam/method-2008-determination-trace-elements-waters-and-wastes-icp-ms>.

- U.S. Environmental Protection Agency [EPA]. (2007). *Method 8082A: Polychlorinated biphenyls (PCBs) by gas chromatography (Revision 1)*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/8082a.pdf>.
- U.S. Environmental Protection Agency [EPA]. (2007). *SW-846 Test Method 8081B: Organochlorine pesticides by gas chromatography (Revision 2)*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-8081b-organochlorine-pesticides-gas-chromatography>.
- U.S. Environmental Protection Agency [EPA]. (2014). *Method 6020B (SW-846): Inductively coupled plasma-mass spectrometry (Revision 2)*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-6020b-inductively-coupled-plasma-mass-spectrometry>.
- U.S. Environmental Protection Agency [EPA]. (2018). *Method 8270E (SW-846): Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (Revision 6)*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-8270e-semivolatile-organic-compounds-gcms>.
- Valencia-Soto, D. A. (2020). *Potencial taxonómico de las mandíbulas de los polinoidos (Annelida: Polychaeta) de la zona mediolitoral de dos localidades de Lima y Arequipa*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Vecchi, S., Bianchi, J., Scalici, M., Fabroni, F., & Tomassetti, P. (2021). Field evidence for microplastic interactions in marine benthic invertebrates. *Scientific Reports*, *11* (1), 20900. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00292-9>
- Vivas-Sánchez, J., Gamboa-García, D., & Duque, G. (2023). Ecología trófica y consumo incidental de microplásticos en peces (Sciaenidae) y su relación con la dinámica ambiental en la bahía de Tumaco, Pacífico colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *47*(184), 571-590. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1893>
- Wang, W., & Wang, J., (2018). Investigation of microplastics in aquatic environments: An overview of the methods used, from field sampling to laboratory analysis. *Trends in*

Analytical Chemistry, 108, 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.08.026>

Xu, X., Wong, C., Tam, N., Lo, H., & Cheung, S. (2020). Microplastics in invertebrates on soft shores in Hong Kong: Influence of habitat, taxa and feeding mode. *Science of the Total Environment*, 715, 136999. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136999>

Yuan, W., Liu X., Wang W., Di M., & Wang J. (2019). Microplastic abundance, distribution and composition in water, sediments, and wild fish from Poyang Lake, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 170: 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.11.126>

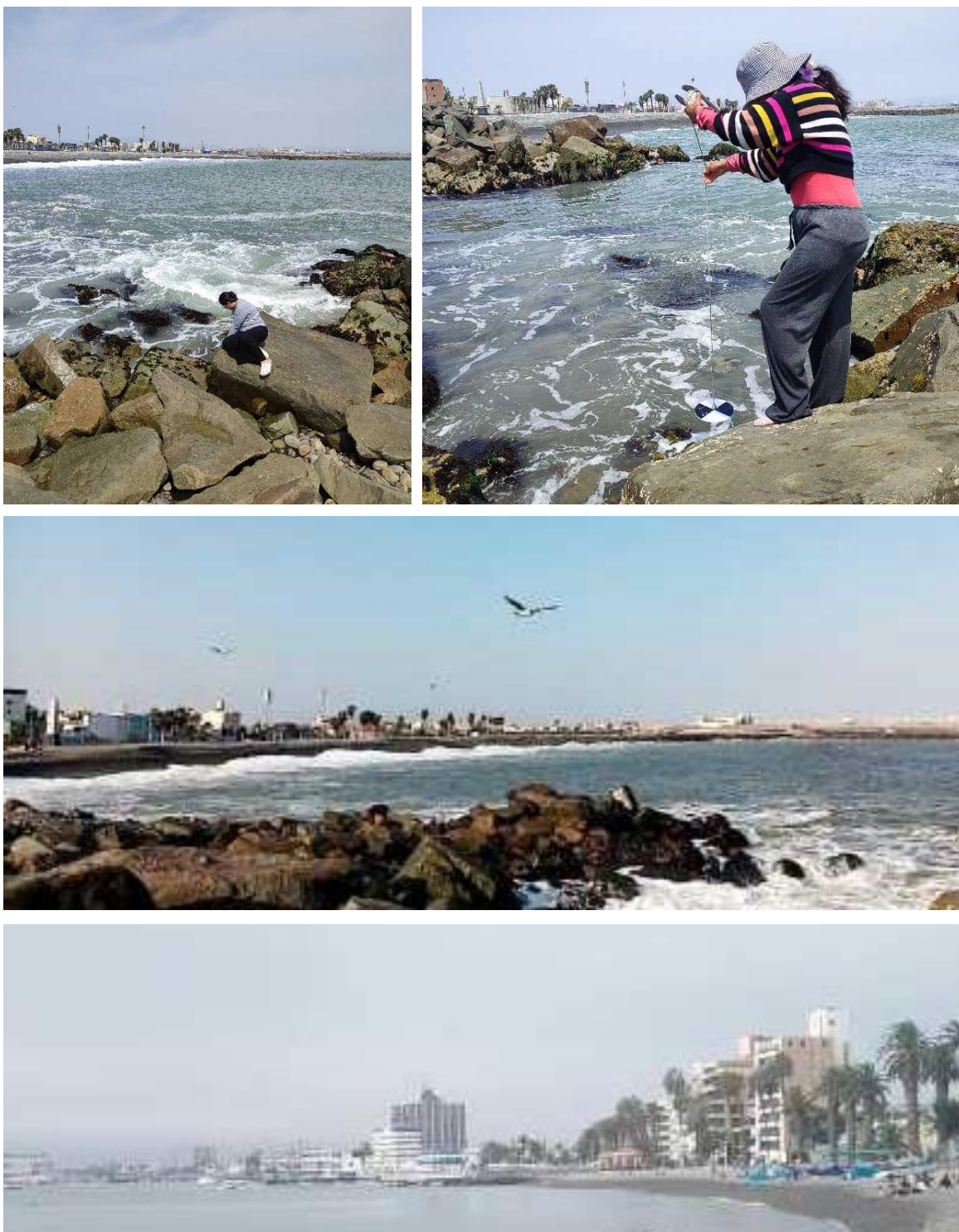
Zambrano, L., Gonzales-Alcivar, A., & Morocho-Rosero, L. (2025). Evaluacion de la contaminación por microplasticos en los sedimentos de la isla Santay. *Polo del Conocimiento*, 10(5), 2302-2323. <https://doi.org/10.23857/pc.v10i5.9574>

IX. ANEXOS

A. Fotografías de la playa El Boquerón en el distrito de Pucusana, Lima – Perú.



Nota: Evidencia de redes de pesca, comercio ambulatorio y bañistas próximos a la zona intermareal; presencia urbana y restaurantes cercanos a la playa.

B. Fotografías de la playa La Arenilla en el distrito de La Punta, Callao – Perú.

Nota: Presencia de pescadores en la costa intermareal rocosa y bañistas, evidencia de zonas urbanas e industriales cercanos a la playa.

C. Fotografías de la playa Bahía Blanca en el distrito de Ventanilla, Callao – Perú.



Nota: Evidencia de residuos sólidos plásticos fragmentados y degradados en la orilla de la playa, un muelle con presencia pescadores artesanales, turistas y comerciantes ambulantes.