



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

MICROPLÁSTICOS EN *Pseudonereis gallapagensis* KINBERG, 1865
(ANNELIDA, POLYCHAETA, NEREIDIDAE) EN PLAYAS MARINO COSTERAS DE
LIMA Y CALLAO, PERÚ

Línea de investigación:
Ecotoxicología y Química Ambiental

Tesis para optar el Título profesional de Licenciado en Biología

Autora

Rojas Casamayor, Noemi

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 *Pseudonereis gallapagensis* Kinberg, 1865 (Annelida, Polychaeta, Nereididae) en playas marino costeras de Lima y Callao, Perú

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

2

Submitted to Universidad Cientifica del Sur

Trabajo del estudiante

1%

3

elcomercio.pe

Fuente de Internet

<1%

4

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

5

vdocuments.pub

Fuente de Internet

<1%

6

www.wilac.net

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.uap.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

pesquisa.bvsalud.org

Fuente de Internet

<1%

9

Submitted to University of Witwatersrand

Trabajo del estudiante

<1%

10

Submitted to Universidad Nacional de
Moquegua

Trabajo del estudiante

<1%

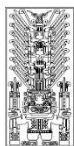
11

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

www.jove.com



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

MICROPLÁSTICOS EN *Pseudonereis gallapagensis* KINBERG, 1865 (ANNELIDA,
POLYCHAETA, NEREIDIDAE) EN PLAYAS MARINO COSTERAS DE LIMA Y CALLAO,
PERÚ

Línea de Investigación

Ecotoxicología y Química Ambiental

Tesis para optar el Título profesional de Licenciado en Biología

Autora

Rojas Casamayor, Noemi

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 padres Salvador Rojas y Glyde Casamayor quienes son mis pilares de mi vida quien me inspiro a seguir adelante. Mis hermanos Wilian, David y Madián quienes me apoyaron seguir en pie e insistir en mis proyectos; a esa persona muy especial e importante en mi vida, quien estuvo siempre apoyándome en las buenas y en las malas a seguir esforzándome, dándome ánimos para seguir día a día y no rendirme.

A uno de mis mejores amigos, Alonzo, quien siempre estuvo dándome soporte y ánimos para seguir en lucha. También a mis amigos que siempre están allí animándome y alegrando mis días.

AGRADECIMIENTOS

Al Ph. D. José Iannacone por su ayuda y orientación de mi tesis con sus comentarios constructivos y consejos, quien fue mi mentor en todo el ámbito profesional. Gracias por ser un gran maestro. A la Universidad Nacional Federico Villarreal y al laboratorio de Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) por brindarme la oportunidad, recursos y hacer posible realizar mi tesis.

Finalmente agradezco al grupo con quien interactué en etapas de muestreo con quien compartimos etapas bonitas gracias.

ÍNDICE

RESUMEN	viii
ABSTRAC	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción y formulación del problema.....	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Objetivos	4
<i>1.3.1 Objetivo General</i>	4
<i>1.3.2 Objetivos Específicos</i>	4
1.4 Justificación	5
1.5 Hipótesis	6
<i>Hipótesis específicas</i>	6
II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Microplásticos (MPs).....	8
2.2 Poliquetos.....	9
2.3 <i>Pseudonereis gallapagensis</i> Kinberg, 1985.....	9
<i>2.3.1 Taxonomía</i>	10
2.4 Consecuencia de la contaminación por MPs en la fauna marina.....	10
III. MÉTODO	12
3.1 Tipo de investigación.....	12
3.2 Ámbito temporal y espacial	12
3.3 Variables	13
<i>3.3.1 Variables Independientes</i>	13

3.3.2 Variables Dependientes	13
3.4 Población y muestra	14
3.5 Instrumentos.....	14
3.6 Procedimientos.....	16
3.6.1 Recolección e identificación de especie.....	16
3.6.2 Preparación de reactivos	16
3.6.3 Prevención de contaminación por MPs	16
3.6.4 Procesamiento de muestras	17
3.6.5 Características visuales	17
3.7 Calidad de agua, sedimentos y Plaguicidas	17
3.8 Análisis de datos	18
3.9 Consideraciones éticas	19
IV. RESULTADOS.....	20
4.1 Microplásticos en <i>Pseudonereis gallapagensis</i>	20
4.2 Abundancia de microplásticos en los individuos en las tres playas.....	20
4.4 Correlación de abundancia de MPs, longitud y peso de <i>Pseudonereis gallapagensis</i> entre las playas de Lima Metropolitana y Callao.....	29
4.5 Metales pesados y plaguicidas en las playas de Lima y Callao.....	29
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
VI. CONCLUSIÓN.....	36
VII. RECOMENDACIONES.....	38
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
IX. ANEXO.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Ficha de recolección de datos para el registro de parámetros de <i>p. gallapagensis</i> y la caracterización de microplásticos (MPs).</i>	15
Tabla 2.	<i>Datos biométricos de peso y longitud de <i>Pseudonereis gallapagensis</i> en tres playas de lima Metropolitano y Callao, Perú.</i>	20
Tabla 3.	<i>Prueba de normalidad Shapiro- wilk para comparar las variables en las tres playas de Lima y Callao.</i>	21
Tabla 4.	<i>Porcentaje MPs evaluados según el tamaño en <i>Pseudonereis gallapagensis</i> en tres playas de Lima y Callao, Perú.</i>	25
Tabla 5.	<i>Porcentajes MPs evaluados según la forma en <i>Pseudonereis gallapagensis</i> en tres playas de Lima y Callao, Perú.</i>	26
Tabla 6.	<i>Porcentajes MPs evaluados según el color en <i>Pseudonereis gallapagensis</i> en tres playas de Lima y Callao, Perú.</i>	26
Tabla 7.	<i>Comparación de calidad de agua de las tres playas de Lima y Callao.</i>	30
	<i>Comparación de calidad de agua de las tres playas de Lima y Callao; Error! Marcador no definido.</i>	
Tabla 8.	<i>Comparación de calidad de sedimentos de las tres playas de Lima y Callao.</i>	31
	<i>Comparación de calidad de sedimento de las tres playas de Lima y Callao.</i>	31

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Mapa político del Perú, departamento de Lima y la provincia constitucional del Callao.

13

Figura 2. Grafica de cajas de comparación según su longitud de *Pseudonereis gallapagensis* de las tres playas Lima y Callao, Perú. 22

Figura 3. Grafica de cajas de comparación según su peso de la especie *P. gallapagensis* de las tres playas de Lima y Callao, Perú. 23

Figura 4. Grafica de cajas de comparación según su MPs de *Pseudonereis gallapagensis* de las tres playas, Lima y Callao, Perú. 24

Figura 5. Fotografía por microscopia de barrido (MEB) en condiciones de alto vacío de las tres playas de lima y callao. 27

Figura 6. Fotografía con microscopia óptica de los MPs encontradas en *Pseudonereis gallapagensis* en las playas de Lima “El Boquerón - Pucusana” y Callao “La Arenilla - La Punta, Bahía Blanca-Ventanilla”. 28

RESUMEN

La contaminación por microplásticos (MPs) representa una amenaza para la biodiversidad marina, ya que su ingestión puede generar efectos negativos en los organismos. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la presencia de MPs en *Pseudonereis gallapagensis* en tres playas costero de Lima (El Boquerón- Pucusana) y Callao (La Arenilla- La Punta y Bahía Blanca-Ventanilla). Se recolectaron 30 individuos por cada playa teniendo un total de 90 individuos. En cada individuo se cuantificó las partículas de MPs según su tamaño, color y forma, mediante la observación con microscopio equiparado con cámara y estereoscopio. Los resultados indicaron que *P. gallapagensis* fueron homogéneas en las tres playas evaluadas. Sin embargo, el peso presentó diferencias significativas entre La Arenilla y Bahía Blanca, así como entre El Boquerón y Bahía Blanca. Asimismo, se evidenció una correlación positiva moderada entre la longitud y la cantidad de MPs ($r=0,460$; $p=0,0010$), así como entre el peso y la cantidad de MPs ($r=0,390$; $p=0,030$). Esto indica que los individuos de mayor tamaño tienden a acumular mayor cantidad de microplásticos. En conclusión *P. gallapagensis* puede actuar como bioindicador de la contaminación por microplásticos en los ecosistemas marinos, ya que aporta evidencia sobre la distribución y variación de la contaminación en función de las playas de Lima y Callao.

Palabras claves: microplásticos, *Pseudonereis gallapagensis*, contaminación marina, bioindicador.

ABSTRACT

The present study was conducted on the beaches of Lima (El Boquerón–Pucusana) and Callao (La Arenilla–La Punta and Bahía Blanca–Ventanilla), with the aim of evaluating the presence and accumulation of microplastics (MPs) in *Pseudonereis gallapagensis*. Contamination by these particles represents a threat to marine biodiversity, as their ingestion can generate negative effects on organisms. Additionally, the objective of the study was to analyze the morphometric relationship of *P. gallapagensis* (weight and length) with the amount of ingested microplastics, as well as to evaluate differences among the three studied beaches. A total of 30 individuals were collected from each beach, resulting in 90 specimens overall. In each individual, MPs were quantified according to their size, color, and shape through observation using a microscope equipped with a camera and a stereomicroscope. The results indicated that *P. gallapagensis* populations were homogeneous across the three evaluated beaches. However, weight showed significant differences between La Arenilla and Bahía Blanca, as well as between El Boquerón and Bahía Blanca. Furthermore, a moderate positive correlation was found between length and the number of MPs ($r = 0.460$; $p = 0.0010$), as well as between weight and the number of MPs ($r = 0.390$; $p = 0.030$). This indicates that larger individuals tend to accumulate a greater amount of microplastics. In conclusion, *P. gallapagensis* can act as a bioindicator of microplastic contamination in marine ecosystems, as it provides evidence on the distribution and variation of pollution across the beaches of Lima and Callao.

Keywords: microplastics, *Pseudonereis gallapagensis*, marine contamination, bioindicator

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación de los océanos por microplásticos (MPs) se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales del siglo XXI. La producción de estos plásticos ha aumentado de forma continua con el paso de los años, desde 1950 hasta 2015, incrementando significativamente su presencia en los ecosistemas marinos (Castañeda – Gutiérrez et al., 2020). Se estima que existen 381 millones de MPs en el océano y que estudios actuales mencionan que anualmente se produce a nivel mundial 430 millones de T de plásticos, una fracción de las cuales terminan fragmentándose en MPs (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2024). Asimismo, Charles Moore, capitán oceanógrafo estadounidense, advirtió que, de mantenerse esta para el año 2050 habría más plásticos que peces en mar (Castañeda – Gutiérrez et al., 2020).

Los microplásticos presentes en los océanos, presentan diferentes características morfológicas, como fragmento, fibra, film, perla y espumas, las cuales son originados por factores naturales a lo largo del tiempo (Fernández, 2020). Estas pequeñas partículas de MPs afectan los ecosistemas acuáticos, impactando a diferentes grupos taxonómicos y niveles tróficos (Otero, 2022). Los organismos marinos pueden confundir los MPs con alimentos, que provoca daño físico y estrés fisiológico (Sedat-Irem et al., 2024). Los microplásticos se han encontrado en los tractos digestivos de varios invertebrados marinos como poliquetos, bivalvos y equinodermos (Gómez, 2019; Polt et al., 2023).

En la actualidad la contaminación por MPs ha aumentado tanto en organismos acuáticos como, terrestres causando riesgos en la salud humana (Patrucco-Rivoira et al., 2024).

1.1 Descripción y formulación del problema

La contaminación por microplásticos se ha vuelto un problema latente en la actualidad. Se estima que entre 4 y 12 millones de MPs terminan en el mar al año. Las playas son afectadas por el crecimiento de esta contaminación, lo cual genera impactos negativos en ecosistemas marinos (Zarate- Iannacone , 2021).

En la actualidad el uso de plásticos es cotidiano a nivel mundial. Su producción aumentó de manera exponencial, esto indica que no hay control en su consumo y gestión, convirtiéndose así en un gran problema para el medio ambiente (Flores, 2025). La mayoría de los plásticos utilizados terminan en vertederos; sin embargo, una fracción considerablemente terminan en los suelos y en los ríos, lo cual facilita su ingreso directo al mar (Ebanks et al., 2024). Con el paso del tiempo estos plásticos son fragmentados por la acción de factores naturales, como la radiación solar, oleaje y abrasión mecánica convirtiéndose en MPs, causando problemas al ecosistema marino (Flores, 2025)

Una investigación realizada en España determinó que los microplásticos son una de las principales causas del deterioro en la salud de los organismos marinos, ya que fueron encontrados en las vísceras de peces y mariscos (Parker, 2024). De manera similar, estudios desarrollados por los científicos belgas reportaron presencia de MPs en mariscos de consumo habitual en su país. Así mismo, se evidenció que la acumulación y bioacumulación de MPs ocurre principalmente a través de la ingesta y absorción de partículas de MPs a lo largo de la cadena trófica de las especies marinas (Purca, 2019).

Así mismo *Pseudonereis gallapagensis* Kinberg, 1865 (Annelida, Polychaeta, Nereididae) también se ve afectado por la contaminación de MPs, lo cual puede causar alteraciones en el ecosistema marino. Esta especie posee una importancia en el ecosistema bentónico, ya que

participa activamente en los procesos tróficos y pueden ser utilizados como bioindicadores ambientales marinos; además, forma parte de la dieta de diversos cefalópodos (Principe - Minaya et al., 2022).

Así mismo su amplia distribución en el ambiente marino, los MPs representan un riesgo no solo físico, si no también químico para los organismos, debido a que los plásticos están compuestos diversos aditivos que, en muchos casos tóxicos para los seres vivos (Perilla et al., 2024)

Formulación del problema

¿Existe presencia de MPs en *P. gallapagensis* en tres playas costeras de Lima “Pucusana” y Callao “La Punta y Ventanilla” Perú?

1.2 Antecedentes

Con el paso del tiempo, la acumulación de MPs en las especies marinas ha aumentado. Estas partículas son ingeridas por zooplancton y el fitoplancton los cuales son base de la pirámide alimenticia de los ecosistemas marinos. Eso incrementa la probabilidad de bioacumulación de MPs en la cadena trófica (Purca, 2019; Pagter et al., 2021; Flores, 2025).

La acumulación de MPs se concentra en la zona intermareal, donde se mezclan los plásticos con el sedimento. Con el paso del tiempo se degradan en pequeñas partículas de MPs acumulándose en los sedimentos y perjudican el hábitat donde viven los microorganismos marinos (Flores, 2025).

Algunos invertebrados ingieren MPs confundiéndolos con su alimento. Entre estos invertebrados, los poliquetos son de gran importancia en el estudio ambiental como bioindicadores (Cisneros, 2021). Asimismo, estos organismos marinos desempeñan un rol fundamental en

organización y estructura de las comunidades bentónicas y redes tróficas (Elías–Mendez et al., 2021).

Entre los bioindicadores bentónicos de calidad ambiental se considera la especie *Pseudonereis gallapagensis* Kinberg, 1865 (Nereididae) lo cual forma parte de la dieta de otras especies marinas, desempeñando un papel relevante en la dinámica en la cadena trófica del ecosistema (Principe -Minaya et al., 2022).

La contaminación por MPs se ha convertido un problema ambiental a nivel mundial ya que se detectó en los vertebrados e invertebrados de la cadena alimentaria (Patrucco-Rivoira et al., 2024).

Asi mismo el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en 2022 menciona que la ingesta de MPs reduce la diversidad bacteriana de la microbiota en los poliquetos. Esto implica que el consumo de mariscos y peces contaminados con MPs afecta la salud del consumidor, causando desequilibrio intestinal de los invertebrados (Parker, 2024).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar la presencia de MPs en *P. gallapagensis* en tres playas costero de Lima “Pucusana” y Callao “La Punta y Ventanilla”, Perú.

1.3.2 Objetivos Específicos

Evaluar la presencia de MPs con base al tamaño, forma y color en *P. gallapagensis* en las tres playas costeras de Lima “Pucusana” y Callao “La Punta y Ventanilla”, Perú.

Clasificar la presencia de MPs con base al tamaño, forma y color en *P. gallapagensis* en las tres playas costeras de Lima “Pucusana” y Callao “La Punta y Ventanilla”, Perú.

Comparar la presencia de MPs en *P. gallapagensis* en las tres playas costeras de Lima “Pucusana” y Callao “La Punta y Ventanilla”, Perú.

1.4 Justificación

El estudio de MPs se ha convertido en un tema de suma importancia para muchos investigadores en el ámbito de la contaminación ambiental, debido a que afectan al ecosistema marino como terrestres (Castañeda et al., 2020).

En los últimos años, las investigaciones sobre MPs han cobrado mayor importancia con los años debido a su impacto ambiental. No obstante, a pesar de la preocupación existente, el tema aún no tiene la relevancia necesaria y de no tomar medidas oportunas podrían verse afectadas diversas especies marinas y terrestres (Paz, 2023).

En las playas, los plásticos se degradan de manera constante por la salinidad de agua, calor del sol y el tiempo de exposición; generando pequeñas partículas. Estas contienen aditivos tóxicos los cuales, al entrar en contacto con el agua, se pueden desprender mediante el proceso de lixiviación, contaminando el medio donde viven los invertebrados de los bentos marinos (Picó–Barceló, 2019; Flores, 2025).

Esta investigación se centra en MPs en poliquetos de zonas costeras. Estos individuos tienen importancia ecológica, debido a que son bentónicos y bioindicadores de contaminación ambiental. Los poliquetos confunden su alimentos con MPs lo cual produce su bioacumulación y biomagnificación, causando problemas en la cadena trófica de las especies marinas, pudiendo llegar al humano (Purca, 2019).

El decreto número 028 -2021- MINAM establece estudios de marco legal donde el estado es el responsable de monitorear los contaminantes en sedimentos marino costeros como los MPs

ingeridos por *P. gallapagensis*, así mismo promover la gestión ambiental, la cual incluye programas para monitoreo de MPs, y así prevenir el impacto directo sobre los organismos del macrozoobentónicos (MINAN, 2021).

1.5 Hipótesis

Hi: Existe la presencia de MPs ingeridos por el *P. gallapagensis* en tres playas marino-costeras de Lima “Pucusana” y del Callao “La Punta y Ventanilla”, Perú.

Ho: No existe presencia de MPs ingeridos por el *P. gallapagensis* en las tres playas marino-costeras de Lima “Pucusana” y del Callao “La Punta y Ventanilla”, Perú

Hipótesis específicas

Hi1: Existe diferencias significativas entre los distintos tamaños, de MPs de *P. gallapagensis* y entre las tres playas de Lima “Pucusana” y Callao “La Punta-Ventanilla”, Perú.

Ho1: No existen diferencias significativas entre los distintos tamaños MPs de *P. gallapagensis* entre las tres playas de Lima “Pucusana” y Callao “La Punta y Ventanilla”, Perú.

Hi2: Existe diferencias significativas entre las distintas formas de MPs de *P. gallapagensis* y entre las tres playas de Lima “Pucusana” y Callao “La Punta y Ventanilla”, Perú.

Ho2: No existen diferencias significativas entre las distintas formas de MPs de *P. gallapagensis* entre las tres playas de Lima “Pucusana” y Callao “La Punta-Ventanilla”, Perú.

Hi3: Existen diferencias significativas entre los distintos colores de MPs de *P. gallapagensis* y entre las tres playas de Lima “Pucusana” y Callao “La Punta y Ventanilla”, Perú.

Ho3: No existen diferencias significativas entre los distintos colores de MPs *P. gallapagensis* ni entre las tres playas de Lima “Pucusana” y Callao “La Punta y Ventanilla”, Perú

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Microplásticos (MPs)

Los MPs se han vuelto una amenaza para el medio ambiente en los últimos años por su alta demanda por la sociedad y su inadecuado manejo de los procesos reciclaje, causando la acumulación y fragmentación en los ecosistemas (Castañeda et al., 2020). Esta contaminación ambiental originada por actividades indiscriminadas de las personas genera consigo un impacto ambiental negativo asociado a varios factores, como las grandes industrias y la pesca artesanal, las cuales utilizan plásticos que, al ser dejados o arrojados al entorno, se degradan y fragmenta con el tiempo, y los restos de MPs, se dispersan por aire, mar y suelo afectando la salud de los organismos (Gamarra-Salazar, 2024).

Los MPs son micropartículas menores a 5 mm que se pueden concentrarse en el ambiente marino, particularmente en los sedimentos, donde son ingeridos por invertebrados macrozoobentónicos, como los poliquetos. Estas partículas se clasifican en fibras provenientes de redes pesca textiles sintéticos; fragmentos, originados de plásticos de mayor tamaño; films, que provienen de películas finas de bolsa plásticas; espumas, que se originan de poliestirenos expandidos; y finalmente esferas que se forman a partir de materiales reciclados de plásticos comprimidos (Guerra et al., 2021; Santonicola et al., 2023).

Asimismo, el tamaño y el color de MPs desempeñan un papel importante en su interacción con los organismos marinos. Los poliquetos suelen ingerir partículas menores 1mm, las cuales se encuentran mezcladas y adheridas al material orgánico que estos organismos consumen (Li et., 2020). Los microplásticos pueden presentar diversos colores, como amarillo, azul, rojo, transparente, negro y verde, las cuales están asociados a actividades humanas como la pesca, transporte y el consumo de productos de plástico (Flores, 2025).

Una de las principales causas de la contaminación de las especies marinas es por la ingestión de partículas que son confundidos con alimentos, como los microplástico(MPs). Este proceso puede afectar el sistema digestivo y al tejido muscular de los organismos, provocando alteraciones fisiológicas y posibles lesiones en sus musculos de las especies marinas (Astorga-Ulate et al., 2022).

2.2 Poliquetos

Los poliquetos son organismos marinos de cuerpos blandos que, en su gran mayoría tienen respiración cutánea, lo que implica un intercambio gaseoso a través de la superficie corporal y un contacto constante con el sedimento y el agua sobrenadante (Elías-Méndez et al., 2021). Asimismo, Sivadas et al. (2009) y Dfforn et al. (2013) señalan que los poliquetos son buenos indicadores del impacto antropogénico y por perturbaciones ambientales. Estos organismos son relevantes porque desempeñan un papel importante en la organización y estructura de las comunidades bentónicas, así como en las redes tróficas. Además, forman parte de la dieta de diversos organismos acuáticos y aves, y cumplen un rol muy importante en la economía de las industrias farmacéuticas (Elias-Mendez et al., 2021).

2.3 *Pseudonereis gallapagensis* Kinberg, 1985

El poliqueto *Pseudonereis gallapagensis* destaca como una especie macrozoo-bentónica que tiene importancia como bioindicador del medio ambiente (Instituto de fomento pesquero, 2023). Morfológicamente, presenta un prostomio es relativamente ancho. En cuanto a la disposición, el área II tiene tres filas de barras pectinadas, el área III presenta cuatro barras pectinadas y el área IV cinco barras pectinadas mientras el área V cuenta con un paragnatos cónico. Por su parte, el área VI presenta paragnatos cónicos pequeños y grandes dispuestos de forma alternada. Asimismo los parapodios de la región central tienen cirros dorsales digitiformes, dos

acículas negras y cinco ventrales cortos (Dueñas-Quiroz, 2012; Instituto de fomento pesquero,2023).

2.3.1 Taxonomía

Según el Word Register of Marine Species (WoRMS), *Pseudonereis gallapagensis* se clásica dentro de la familia Nereididae, que pertenece al orden Phyllodocida, clase Polychaeta, filo Annelida (WoRMS, 2024).

REINO	Animalia				
FILO		Annelida			
CLASE			Polychaeta		
ORDEN				Phyllodocida	
FAMILIA					Nereididae
ESPECIE					<i>Pseudonereis gallapagensis</i>

2.4 Consecuencia de la contaminación por MPs en la fauna marina

La contaminación por microplásticos (MPs) a la fauna marina ha ido creciendo en la actualidad debido al uso indiscriminadas de plásticos por parte de la sociedad, causando impacto negativo en los ecosistemas marinos (Astorga et al., 2022)

Un estudio realizado en las naciones Unidas menciona que los desechos de microplásticos afectan a más de 600 especies marinas (Contreras, 2023). Estas particulas, caracterizadas por tener tamaños inferiores a 5mm, representan amenaza significativas debido a su constancia en el ambiente y su difícil elimnnación Lavayen, 2021). Ademas, pueden ser transportadas hacia los rios y océanos, donde son confundidas con los alimento e ingeridas por los diversos organismos, lo cual puede causar efectos adversos incluyendo la muerte (Lavayen, 2021).

Cedano et al.(2022) mencionan que se han encontrado microplásticos (MPs) en diversas especies marinas, como peces, aves, tortugas y medusas, como resultado de la degradación de plásticos por factores ambientales, tales como oleaje y viento, según informes del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2021).

La acumulación de MPs en especies marinas se da principalmente por su ingesta, ya que estos son confundidos con alimentos, causandoles daños irreversibles que pueden desencadenar la muerte de los organismos(Fernández, 2020). Asimismo se ha reportado que tanto zooplancton como fitoplancton estan siendo afectados por la contaminación por MP; estos organismos representan la base de la cadena trófica marina, lo cual esta contaminación puede llegar a niveles superiores, llegando incluso al ser humano (Purca, 2019).

En la actualidad, se estima aproximadamente 62 millones de partículas de macroplásticos y microplásticos acumuladas en los océanos, las cuales, a lo largo del tiempo, han dado lugar a las denominadas las famosas “islas de plásticos”. Estas acumulaciones representan una amenaza significativa para la fauna marina, pudiendo causar la muerte de mas de millon de animales (Organizaciones de las Naciones Unidas [ONU], 2018).

III. MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo cuantitativo, ya que se recolectaron datos numéricos para su análisis estadístico de tipo descriptivo y comparativo. Asimismo, es de nivel descriptivo, debido que se caracterizaron los microplásticos (MPs) presentes en *P. gallapagensis*. Por otro lado, el estudio es no experimental, ya que no se manipularon las variables de estudio (Astete, 2022).

3.2 Ámbito temporal y espacial

La investigación se realizó durante los meses de, noviembre y diciembre del 2024, en Lima y en la Provincia Constitucional del Callao, Perú. Las muestras de *P. gallapagensis* fueron recolectadas en tres playas caracterizadas por presentar sustratos rocoso y arcilloso: “El Boquerón” en Pucusana, Lima (12°28.9179 S, 76°48.0439 W), “Playa La Arenilla” La Punta (12°04′04″ S, 77°09′23″ W) y “Bahía Blanca” en Ventanilla, Callao (11°50′14.7 S, 77°11′08.1 W) (Figura 1).

La selección de estas tres playas se basó por características ambientales, ya que los sustratos rocosos y arcillosos favorece el desarrollo de los organismos bentónicos, estas zonas estudiadas son representativas del litoral de Lima y Callao lo que permite evaluar la presencia de MPs con influencia antropogénica. Por otro lado, la especie *Pseudonereis gallapagensis* se eligió debido a su hábito bentónico y su estrecha interacción con el sedimento y la columna de agua lo cual hace propenso a la exposición de ingestión de microplásticos. Además, esta especie es considerada como bioindicador ambiental, lo cual permite evaluar el impacto de la contaminación en los ecosistemas marinos.

3.3 Variables

3.3.1 Variables Independientes

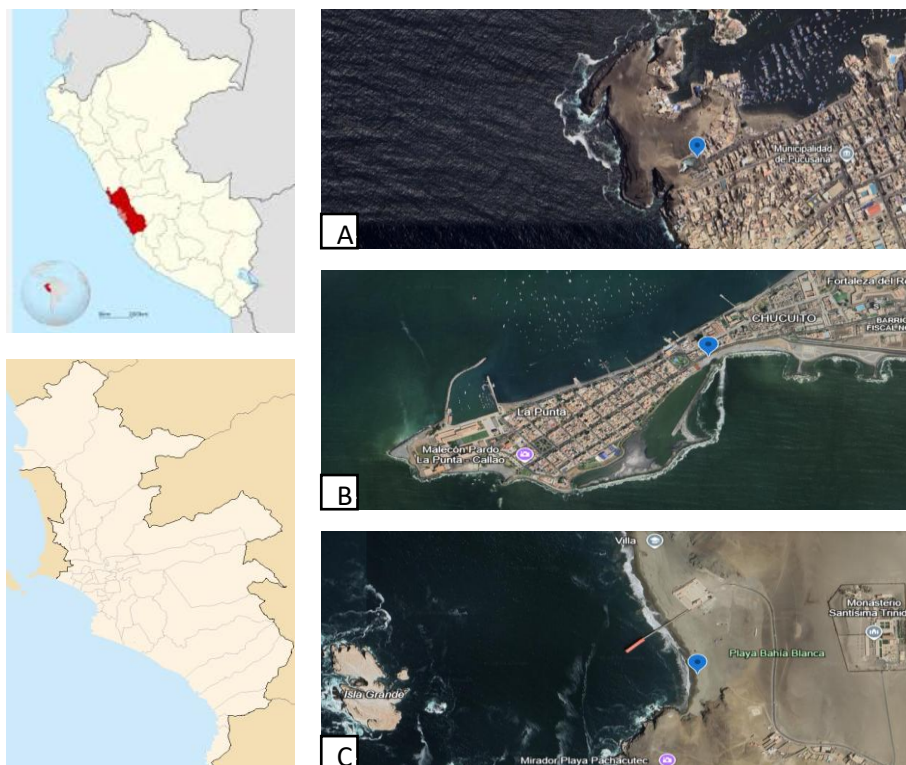
Playas de Lima (Pucusana- Boquerón) y Callao (La punta- Playa Arenilla y Ventanilla- Bahía blanca).

3.3.2 Variables Dependientes

Microplásticos (MPs) según su forma, tamaño y color, encontrados en el poliqueto *P. gallapagensis* recolectado en las playas de Lima (Boquerón-Pucusana) y Callao (La Punta-Playa La Arenilla y Ventanilla-Bahía blanca) (Figura 1).

Figura 1.

Mapa político del Perú, departamento de Lima y la provincia constitucional del Callao.



Nota: En el mapa se destacan el departamento de Lima, la provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao. Asimismo, se incluye imágenes satelitales de las playas donde se realizó

la colecta. A) Playa el Boquerón, B) Playa La Arenilla y C) Playa Bahía Blanca. El Modificado de Hernández. et al. (2016) y Google Earth (s.f.). Los puntos de color azul indican la ubicación exacta de playa en el mapa.

3.4 Población y muestra

La población de esta investigación estuvo constituida por todos los poliquetos de la especie *P. gallapagensis* presentes en las playas de Lima (Boquerón- Pucusana) y Callao (Playa arenilla- La Punta) y Bahía Blanca- Ventanilla), durante las campañas de recolección. La muestra estuvo conformada por 30 individuos recolectados al azar en cada una de las tres playas de estudio. Este tamaño de muestral fue determinado con base en estudios similares realizados por investigadores (Gómez, 2016; Ureta 2021; Iannaccone et al., 2022).

3.5 Instrumentos

Para la recolección y el procesamiento de *P. gallapagensis*, así como para la identificación y clasificación de microplástico (MPs) se emplearon diversos equipos y materiales. Se utilizó un vernier para medir la longitud de los ejemplares de *P. gallapagensis*, una balanza analítica para determinar su peso, y un microscopio equipado con cámara Nikon (de origen japonés), el cual permitió la observación de la lectura de filtros, asimismo, se empleó una cabina de flujo laminar Biobase (de origen chino) que garantizó condiciones de bioseguridad y evitó la contaminación por micropartículas externas. Por otro lado, se utilizó una ficha de recolección de datos que incluyó los parámetros morfométricos de *P. gallapagensis* tales como longitud, y peso. Además, en dicha ficha se registraron las características de los microplástico encontrados como el color, tamaño y forma, en las muestras recolectadas en las playas de Lima y Callao Perú (Tabla 1).

Tabla 1.

*Ficha de recolección de datos para el registro de parámetros de *p. gallapagensis* y la caracterización de microplásticos (MPs).*

Playa y código de muestreo					
Morfométricos de <i>P. gallapagensis</i>					
Nº	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 Recolección e identificación de especie

Para la recolección de *P. gallapagensis* se utilizaron guantes de nitrilo, pinzas, baldes de acero, viales de vidrio previamente lavados con agua filtrada, mandiles de algodón y papel de aluminio para evitar la contaminación (Sánchez et al., 2025).

Para la identificación de la especie se realizó mediante el uso de ilustraciones y guías especializadas (Villalobos et al. 2013 y Wilson et al. 2023).

3.6.2 Preparación de reactivos

Para la preparación del, hidróxido de potasio (KOH) al 10%, se agregaron 100 g de KOH a 1000 ml de agua en vaso de precipitado de 1L, empleando un agitador magnético (Lusher y Hernandez-Milian, 2018). La solución se agitó a 1000 rpm (CORNING, PC-620D) por 10 min y se dejó enfriar posteriormente por 15 minutos. Finalmente, se filtró utilizando un sistema de filtración con embudo Buchner para eliminar posibles impurezas (Rani-Ducoli et al., 2023).

3.6.3 Prevención de contaminación por MPs

Para evitar la contaminación por MPs, todo el procedimiento de obtención y caracterización se llevó a cabo dentro de una cabina de flujo laminar (BIOBASE de origen chino) para evitar su posible contaminación por partículas presentes el aire. Asimismo, todo el material e instrumentos utilizados fueron previamente limpiados para evitar una posible contaminación cruzadas.

Se emplearon únicamente instrumentos de vidrio y metal, los cuales fueron lavadas con agua filtrada (Ph:7, conductividad <10 μ S/cm e incolora), libre de partículas contaminantes o agua desionizada, y posteriormente desinfectados con una solución de etanol 70%. Además, se utilizó

un guardapolvo de algodón y guantes de nitrilo azul durante la manipulación de las muestras (Rodrigues-Almeida et al., 2019).

3.6.4 Procesamiento de muestras

Los parámetros morfométricos tomados de cada individuo fueron el peso (g) y longitud total (mm). El tejido blando fue sometido a digestión química mediante hidróxido de potasio (KOH) al 10% por 24 h a una temperatura de 60 °C utilizando tubos de ensayo o matraces de vidrio. Posteriormente se pasó a filtrar al vacío el sobrenadante por un papel filtro de 11 µm (Whatman). Los filtros se colocaron en placas de Petri de vidrio 25mL (EULab Germani de origen alemán) para su secado y posterior análisis (De la Torre et al., 2020).

3.6.5 Características visuales

Las muestras filtradas que contenían microplásticos (MPs) se guardaron en placa de Petri de vidrio de 90mm de diámetro y 15mm de altura, con la finalidad de evitar la contaminación. Posteriormente, fueron observadas bajo un estereomicroscopio equipado con una cámara (Nikon SMZ745T). Además, se empleó un microscopio electrónico de barrido (SEM) de origen alemán, para obtener imágenes de alta resolución, y el software Toup View versión 3.7 para el análisis de las imágenes (Iannacone et al., 2021). Las partículas de MPs se clasificaron según forma en: Fragmento, fibra, film y espuma así mismo según la caracterización de color como; rojo, amarillo, verde, azul, transparente y negro (Abadi et al., 2024).

3.7 Calidad de agua, sedimentos y Plaguicidas

Los metales totales se determinaron haciendo el uso de Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) para detectar en calidad de agua y sedimentos, mediante el método 200.8, revisión 5.4 (1994).

Para para la determinación de plaguicidas en aguas marinas, se empleó mediante es uso de cromatografías de gases (GC), siguiendo las normas EPA METHOD 8081B, cromatografías de gases acopladas de espectrometría de Masas (GC/MS), conforme a la EPA Method 82700E. Estos métodos siguen el protocolo de la U. S. Environmental Protection Agency (EPA) para los análisis contaminantes químicos.

Asímismo, se midieron los parámetros de físico- químicos del agua, tales como pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad / salinidad, turbidez, solidos etc.) con el fin de evaluar su relación con la persistencia, movilidad, degradación y toxicidad de los plaguicidas.

Los metales totales en sedimento se determinaron mediante la digestión ácida posteriormente análisis por Espectrometría de Masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), conforme a los métodos de EPA 6020B y3050B.

3.8 Análisis de datos

La información de la data de microplásticos (MPs) en los poliquetos fue analizada mediante la prueba Shapiro-Wilk, con el fin de verificar si los datos seguían una distribución normal, considerando que el tamaño de muestra fue menor a 50 datos, asimismo también se empleó la prueba de Levene para verificar la homocedasticidad de las varianzas.

Se utilizó la prueba de Kruskal Wallis para comparar las medianas y determinar si la longitud, el peso y abundancia de MPs diferir entre las playas muestreadas. Posteriormente, se empleó una prueba post hoc de Bonferroni para confirmar si hay diferencias significativas entre las tres playas. Además, se realizó análisis de correlación de Spearman entre peso y longitud con la cantidad de MPs obtenidas en los poliquetos (*P. gallapagensis*) provenientes de las tres zonas de muestreo, considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Finalmente se usó una tabla de

frecuencia para organizar los MPs según color, forma y tamaño. La prueba de Chi-cuadrado se utilizó para evaluar la existencia de una relación significativa entre dos o más variables categóricas entre forma, tamaño y color de MPs. Todos los análisis estadísticos descriptivos e inferenciales se realizaron utilizando el software SPSS Statistics versión 28.0.

3.9 Consideraciones éticas

La presente investigación se desarrolló en cumplimiento de las normas establecidas por instituciones internacionales, así como los procedimientos requeridos para la obtención de autorizaciones de recolecta. También se garantizó el cumplimiento de las medidas de bioseguridad y la adecuada gestión de los residuos químicos y biológicos generando durante el estudio. Este proyecto fue aprobado por el comité de ética por la unidad de investigación mediante el documento N° 105-2024 – UIIE-FCCNM-UNFV, así como por la Dirección de Innovación y emprendimiento mediante la resolución R. N°6437-2019-CU-UNFV. Actualmente, los MPs no son considerados residuos peligrosos, por ello, su disposición se realizó de acuerdo a lo establecido en decreto supremo N.º 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, deben ser gestionados a través del servicio de limpieza pública (D.S. 014-2017-MINAM, 2017). Finalmente, la especie de poliqueto a estudiada (*P. gallapagensis*) no se encuentra en ninguna lista de especies en peligro a amenazadas en el Perú y según la IUCN (Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza) (Hernandez et., al 2025).

IV. RESULTADOS

4.1 Microplásticos en *Pseudonereis gallapagensis*

Se analizaron 90 individuos de *P. gallapagensis*, 30 por cada una de las tres playas de Lima Metropolitana (El Boquerón - Pucusana) y Callao (La Arenilla - La Punta y Bahía Blanca - Ventanilla). La incidencia de microplásticos (MPs) en los poliquetos fue de 100%. Asimismo, se tomaron los datos biométricos de cada individuo (Tabla 2), obteniéndose una longitud promedio fue entre $44,7 \pm 8,62$ mm y peso promedio $0,141 \pm 0,027$ g.

Tabla 2.

Datos biométricos de peso y longitud de Pseudonereis gallapagensis en tres playas de lima Metropolitana y Callao, Perú.

Playa	El Boquerón - Pucusana	La Arenilla - La Punta	Bahía Blanca - Ventanilla	–
N.	Longitud (mm)	Peso (g)	Longitud (mm)	Peso (g)
Max	64,1	0,213	63,5	1,39
Min	30,1	0,092	30,1	0,11
Promedio	43,26	0,13	42,96	0,17

4.2 Abundancia de microplásticos en los individuos en las tres playas

Se determinó que los datos analizados con la prueba de Shapiro - Wilk no cumplían una distribución normal (Tabla 3). En consecuencia, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal - Wallis; la cual evidenció diferencias significativas entre la longitud en las playas ($H = 6,104$; $p = 0,047$). No se observaron diferencias significativas entre el peso ($H = 17,11$; $p = 0,00$) y la cantidad de MPs ($H = 19,35$; $p = 0,00$).

Tabla 3.

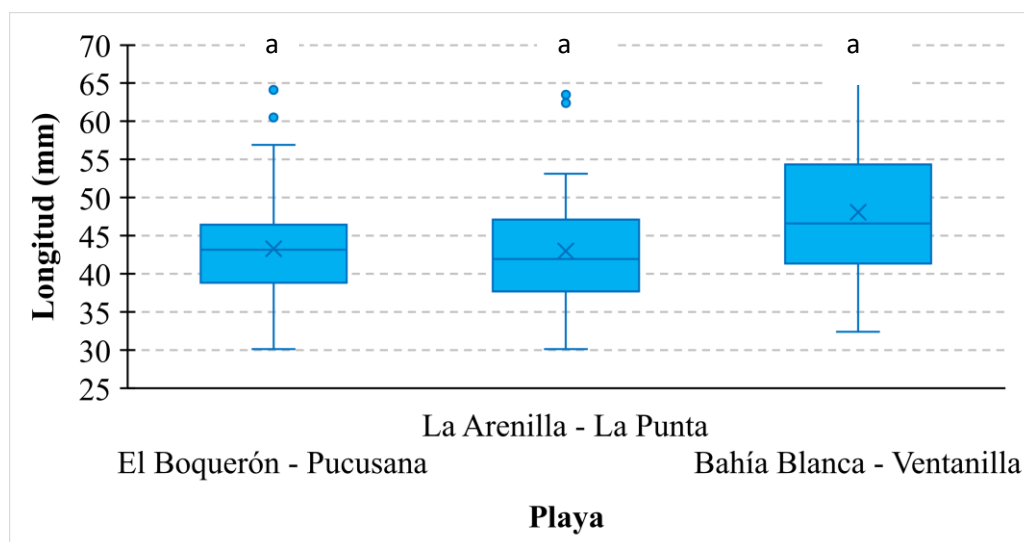
Prueba de normalidad Shapiro- wilk para comparar las variables en las tres playas de Lima y Callao.

	Playas	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.
Longitud	El Boquerón	0,93	30	0,04
	La Arenilla	0,94	30	0,13
	Bahía Blanca	0,95	30	0,23
Peso	El Boquerón	0,89	30	0,006
	La Arenilla	0,69	30	0,000
	Bahía Blanca	0,65	30	0,000
MPs, s	El Boquerón	0,84	30	0,001
	La Arenilla	0,81	30	0,000
	Bahía Blanca	0,908	30	0,01

El análisis evidenció que las longitudes de *P. gallapagensis* son similares entre las playas El Boquerón, La Arenilla y Bahía Blanca. Es decir que no presentan diferencias significativas (Figura 2).

Figura 2.

Grafica de cajas de comparación según su longitud de Pseudonereis gallapagensis de las tres playas Lima y Callao, Perú.

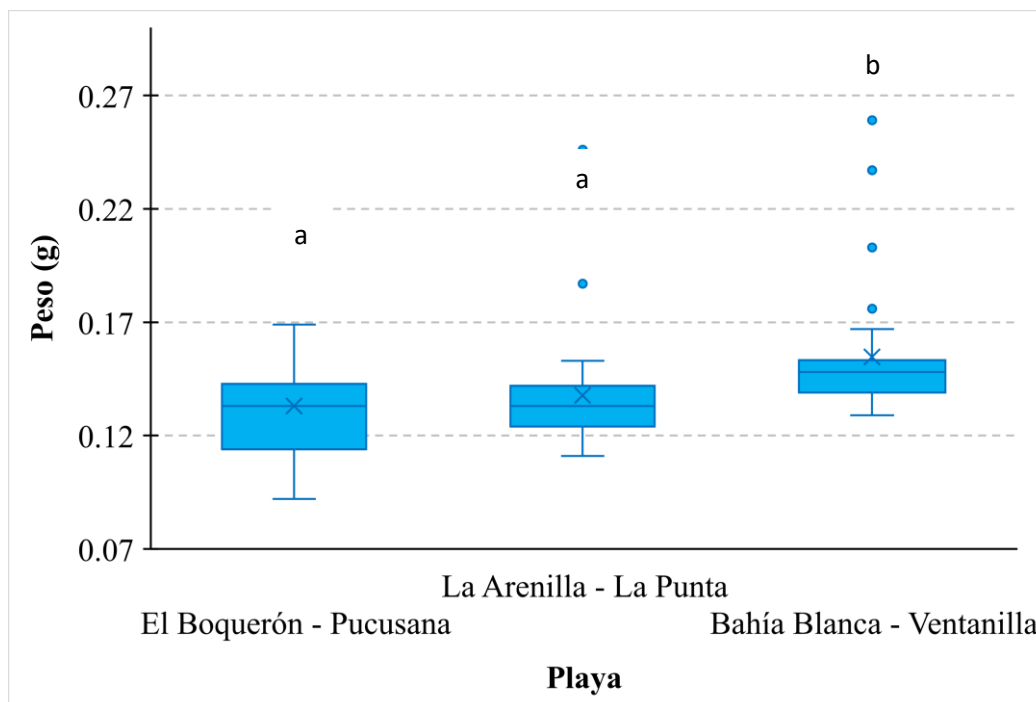


Nota: La gráfica de cajas muestra la distribución de la longitud (mm) de *Pseudonereis gallapagensis* en las tres playas de Lima y Callao. No se evidenciaron diferencias significativas entre playas ($p > 0,05$).

Los pesos de *P. gallapagensis* mostraron diferencias significativas entre las playas La Arenilla y Bahía Blanca. De igual forma en las playas El Boquerón y Bahía Blanca. No se mostraron diferencias entre las playas El Boquerón y La Arenilla (Figura 3).

Figura 3.

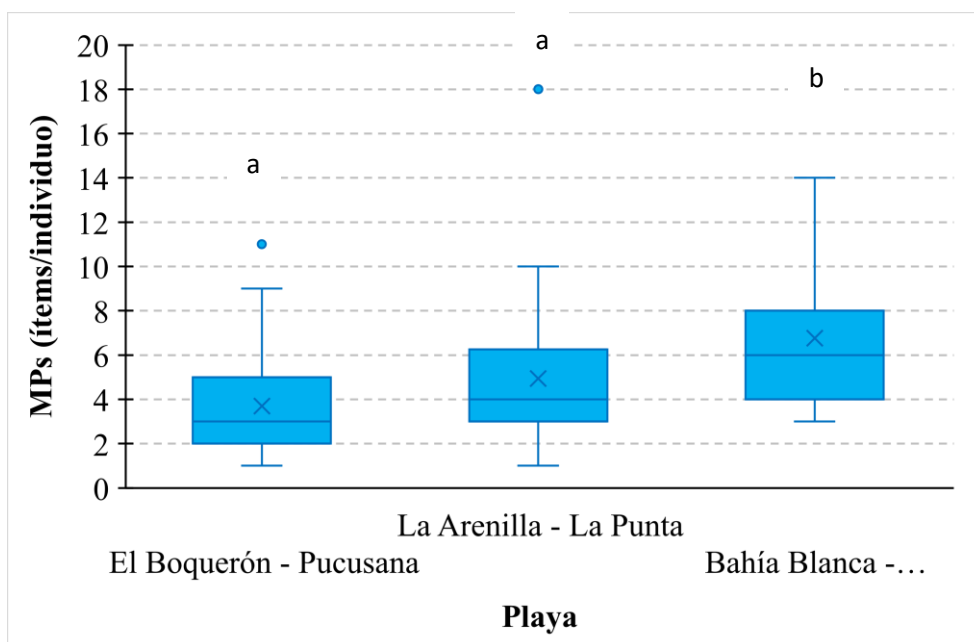
Grafica de cajas de comparación según su peso de la especie *P. gallapagensis* de las tres playas de Lima y Callao, Perú.



En relación con la cantidad de MPs encontrados de *P. gallapagensis* en las playas, se observó diferencias significativas entre La Arenilla y Bahía Blanca, como también entre El Boquerón y Bahía Blanca. No se evidencia diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las playas El Boquerón y La Arenilla (Figura 4).

Figura 4.

Grafica de cajas de comparación según su MPs de *Pseudonereis gallapagensis* de las tres playas, Lima y Callao, Perú.



Nota: La grafica de cajas nos muestra la distribución de microplásticos por individuos en *Pseudonereis gallapagensis* en las tres playas estudiadas. Se evidencio diferencias significativas entre las playas ($p < 0,05$), donde la playa de Bahía Blanca- Ventanilla presentó mayor abundancia de MPs en comparación de las demás playas.

4.3 Caracterización visual de los microplásticos identificados en *Pseudonereis gallapagensis*.

Se observó 462 MPs en *P. gallapagensis* en las playas evaluadas. El rango de mayor predominancia fue el de 0 - 500 μm , con un 71.6.%. La forma de mayor incidencia fue el fragmento con un 47.6 % y en el caso del color el amarillo con 37 %. Se realizó un registró fotográfico de los MPs encontrados en *P. gallapagensis* por microscopia óptica (Figura 6,7) y microscopia de barrido (MEB) en condiciones de alto vacío (Figura 5), indicando sus diversos tamaños, formas y colores

Según el tamaño los MPs, el rango que presentó mayor abundancia en todas las playas fue de 0 - 500 μm . En Bahía Blanca con un 82,3%, La Arenilla 73,0% y El Boquerón 59,5% (Tabla 4). De igual manera, la forma predominante de los MPs fue el fragmento. Bahía Blanca 53,7%, La Arenilla 51,4% y El Boquerón 37,8% (Tabla 5). En el caso del color de los MPs, el amarillo fue el de mayor porcentaje en la playa Bahía Blanca con 51.7%. En las playas El Boquerón y La Arenilla fue el azul con 37.3% y 47.3% respectivamente (Tabla 6).

La prueba de Chi – cuadrado permitió evaluar si existen diferencias significativas entre las características de los microplásticos (MPs) y las playas evaluadas. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en el tamaño ($X^2 = 29,07$; $gl = 4$; $p < 0.05$), forma ($X^2 = 19,73$; $gl = 4$; $p < 0.05$) y color ($X^2 = 46,38$; $gl = 8$; $p < 0,05$) de los MPs.

Tabla 4.

Porcentaje MPs evaluados según el tamaño en Pseudonereis gallapagensis en tres playas de Lima y Callao, Perú.

Playa	Tamaño (μm)					
	0-500	500-1000	1000-2000	2000-3000	3000-4000	4000-5000
El Boquerón (%)	59,5	16,2	17,1	54	0,9	0,9
La Arenilla (%)	73,0	10,1	8,1	3,4	4,1	1,4
Bahía Blanca (%)	82,3	6,9	49	39	1,0	1,0

Tabla 5.

Porcentajes MPs evaluados según la forma en Pseudonereis gallapagensis en tres playas de Lima y Callao, Perú.

Playa	Forma			
	Fragmento	Fibra	Film	Espuma
El Boquerón (%)	37.8	25.2	18.9	18.0
La Arenilla (%)	51.4	28.4	13.5	6.8
Bahía Blanca (%)	53.7	29.1	11.3	5.9

Tabla 6.

Porcentajes MPs evaluados según el color en Pseudonereis gallapagensis en tres playas de Lima y Callao, Perú.

Playa	Color					
	Amarillo	Azul	Negro	Rojo	Blanco	Verde
El Boquerón (%)	24.3	37.8	13.5	9.9	12.6	1.8
La Arenilla (%)	35.1	47.3	4.7	7.4	4.7	0.7
Bahía Blanca (%)	51.7	31.5	6.4	6.4	2.5	1.5

Figura 5.

Fotografía por microscopia de barrido (MEB) en condiciones de alto vacío de las tres playas de lima y callao.

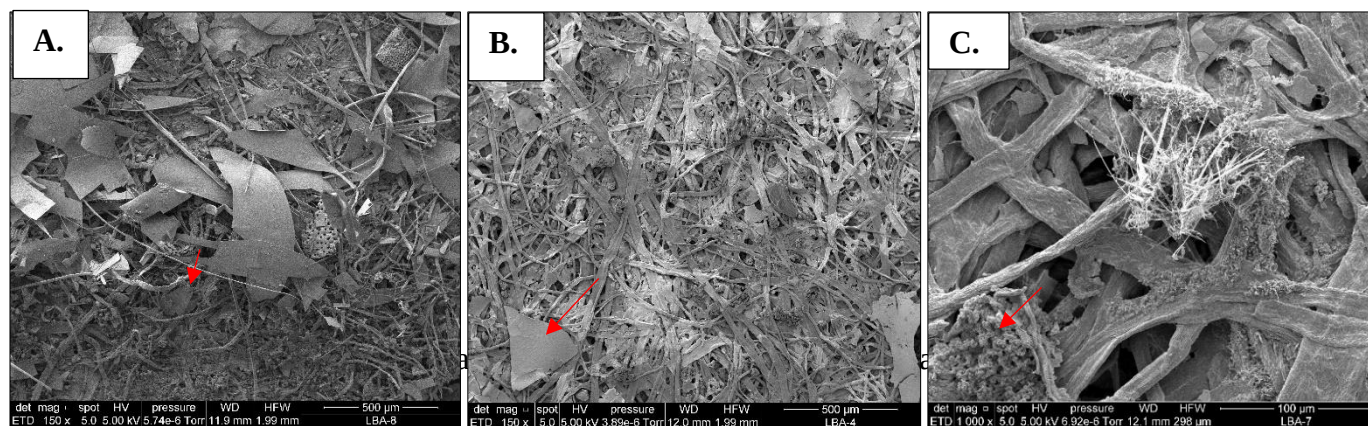
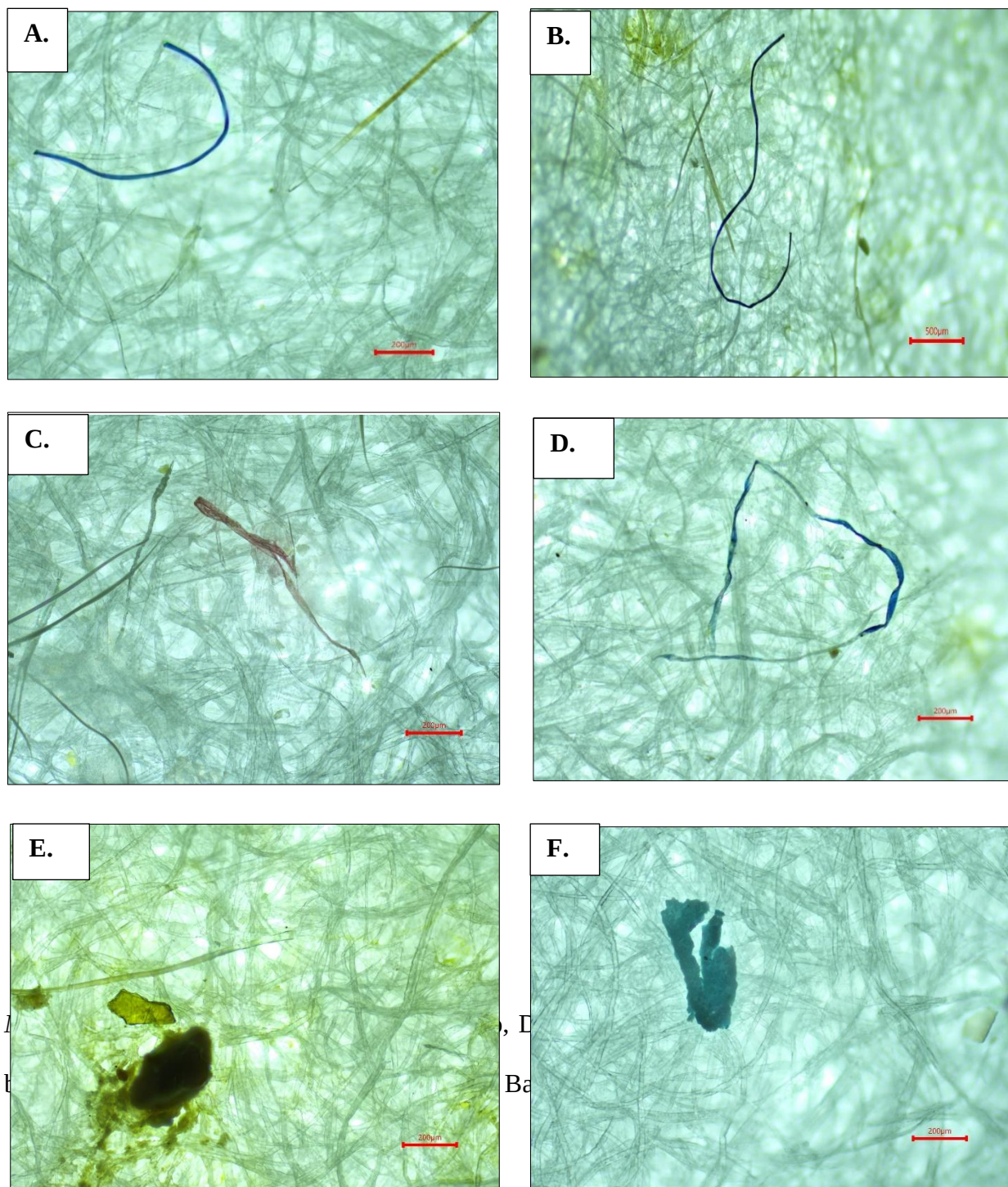


Figura 6.

Fotografía con microscopía óptica de los MPs encontradas en *Pseudonereis gallapagensis* en las playas de Lima “El Boquerón - Pucusana” y Callao “La Arenilla - La Punta, Bahía Blanca-Ventanilla”.



4.4 Correlación de abundancia de MPs, longitud y peso de *Pseudonereis gallapagensis* entre las playas de Lima Metropolitana y Callao

Debido a que los datos no seguían una distribución normal, se aplicó la correlación Spearman para evaluar la relación entre la abundancia de MPs, tamaño y peso de *P. gallapagensis* en las tres playas: El Boquerón, La Arenilla y Bahía Blanca.

En la playa El Boquerón, no hay relación entre longitud de *P. gallapagensis* y la abundancia de MPs ($r = 0,174$; $p = 0,35$). Tampoco se observó correlación entre, el peso del poliqueto y la abundancia de MPs ($r = 0,086$; $p = 0,652$).

Al evaluar la relación entre la longitud de *P. gallapagensis* y la abundancia de MPs en la playa La Arenilla se encontró una correlación positiva y moderada ($r = 0,46$; $p = 0,010$), asimismo una relación positiva y débil ($r = 0,39$; $p = 0,03$). entre el peso de *P. gallapagensis* y la abundancia de MPs.

En la playa de Bahía Blanca se relacionó la longitud de *P. gallapagensis* y la abundancia de MPs, donde se obtuvo un coeficiente de correlación positiva y débil ($r = 0,22$; $p = 0,02$). No se observó correlación entre el peso del poliqueto y la abundancia de MPs ($r = 0,06$; $p = 0,7$).

4.5 Metales pesados y plaguicidas en las playas de Lima y Callao.

No se evidenció contaminación por metales pesados y plaguicidas en el agua ni en sedimento marino. Los resultados obtenidos fueron comparados con las Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por Ministerio del Ambiente de Perú (MINAM) para agua marina (Tabla 7). En el caso de los sedimentos, se emplearon como referencia las normativas internacionales más reconocidas, específicamente las Guías de Calidad de Sedimentos de Canadá (ISQG) y los criterios de Protección de Áreas Costeras establecidos por la Administración

Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA), mediante los valores PEL (Probable Effect Level) (Tabla 8). Los resultados se mantuvieron dentro de los rangos considerados seguros, sin superar los umbrales que señalan potenciales efectos adversos en el ambiente marino.

Tabla 7.

Comparación de calidad de agua de las tres playas de Lima y Callao.

ELEMENTOS	ANÁLISIS DE SEDIMENTO MARINO				
	ESTANDARES DE CALIDAD		PLAYAS		
	NOAA	CCME	"EL BOQUERÓN"	"LA ARENILLA"	"BAHIA BLANCA"
Arsénico	70	41,6	3,24	4,85	4,62
Cadmio	9,6	4,21	0,354	0,14	0,031
Cobre	270	108	29,302	11,875	8,049
Cromo	370	160	6,65	3,24	4,98
Mercurio	0,71	0,7	<0,04	<0,04	<0,04
Niquel	51,6	42,8	7,22	2,67	3,11
Plomo	218	112	8,74	6,73	5,78
Zinc	410	271	39,55	74,01	35,64

PLAGUICIDAS	ESTANDARES DE CALIDAD		PLAYAS		
	NOAA	CCME	"EL BOQUERÓN"	"LA ARENILLA"	"BAHIA BLANCA"
	NOAA	CCME	"EL BOQUERÓN"	"LA ARENILLA"	"BAHIA BLANCA"
PCBs totales	0,18	0,189	<0,00347		<0,00347

PLAGUICIDAS	ESTANDARES DE CALIDAD IV - E3	PLAYAS		
		"EL BOQUERÓN"	"LA ARENILLA "	"BAHIA 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

Tabla 8.

Comparación de calidad de sedimento de las tres playas de Lima y Callao.

ANÁLISIS DE AGUA					
ELEMENTOS	NORMATIVA		PLAYAS		
	II - C3	IV - E3	"EL BOQUERÓN"	"LA ARENILLA "	"BAHIA BLANCA "
Antimonio	0,64	--	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	0,05	0,036	<0,001	<0,001	<0,001
Cadmio	--	0,0088	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cobre	0,05	0,05	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cromo	0,05	0,05	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Fósforo	--	0,062	<0,006	<0,006	<0,006
Mercurio	0,0018	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Niquel	0,074	0,0082	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Plomo	0,03	0,0081	<0,001	<0,001	<0,001
Selenio	--	0,071	<0,002	<0,002	<0,002
Zinc	0,12	0,081	<0,0002	<0,0002	<0,0002

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados confirman la presencia de MPs en *P. gallapagensis* recolectados en las tres playas: El Boquerón -Pucusana, Playa La Arenilla- La Punta y Bahía Blanca- Ventanilla. Esto evidencia que los organismos están directamente expuestos por la contaminación de MPs, ya que el 100% de los individuos analizados presentó al menos una partícula de microplástico. El color, tamaño y forma de las partículas observadas presenta similitud con lo reportado en estudios internacional realizados en invertebrados bentónicos, como la especie *Sabella spallanzanii* (Gmelin, 1791) y *Hermodice carunculata* (Pallas, 1766) que tienen una dieta carnívora y habitan en zonas rocosas (Vecchi et al., 2021). Cabe señalar que en el Perú aún no se han desarrollado investigaciones específicas en poliquetos y su relación con la contaminación de MPs.

Se evidenció una mayor concentración de MPs en la playa de Bahía Blanca- Ventanilla seguido por la Playa La Arenilla- La Punta y en menor cantidad en El boquerón- Pucusana. Este resultado podría estar influenciado por la contaminación urbana, la cercanía de residuos sólidos por corrientes costeros locales lo cual favorecería la acumulación de estos plásticos en algunas playas (De la Torre et al., 2019; Picó-Barceló, 2019; Flores 2025). Por ejemplo, la playa de Bahía Blanca se caracteriza por una fuerte presión antrópica debido a la cercanía de la actividad portuaria, manejo inadecuado de residuos y esto estaría acuerdo con los estudios realizados por (Wang, 2018). Según los estudios realizados por Iannacone et al (2019) la contaminación de MPs se debe mar adentro por las embarcaciones que contaminan lo cual influye la elevada carga de MPs encontrados en poliquetos.

Los resultados en el tamaño de microplásticos (MPs) en las tres playas de Lima y Callao indicó que hay una variación de significativa entre los tamaños de las partículas entre las playas y esta diferencia podría estar influenciado por la contaminación por factores ambientales y

antrópico, como oleajes, corrientes, oleajes y la participación humanas cercanas como la pesca, descargas industriales lo cual influye mucho en los tamaños de MPs, así mismos, las partículas con mayor predominancia son las de 0- 500µm con un 73,8% . En forma similar Knutsen et al. (2020) evidenciaron en varias de especies de invertebrados marinos como en poliquetos. Otros autores como De Benedetto et al (2024) en la esponja calcárea *Paraleucilla magna* Klautau, (Monteiro y Borojevic, R. 2004) y en moluscos, *Thaisella chocolate* (Duclos, 1832) (Torres-Zevallos et al., 2023) han encontrado presencia de MPs.

Los fragmentos constituyeron la forma de MPs de mayor predominancia en las playas evaluadas de Lima y Callao así mismo se evidencio que las playas del Callao presentaron mayores niveles de contaminación, destacando la playa de Ventanilla como la más impactada. Esto puede explicarse por la proximidad a asentamientos humanos, el aporte de ríos que desembocan en la zona e influencia de actividades industriales. Y entre las principales fuentes identificadas se encuentran los residuos provenientes de pesca y el inadecuado manejo de plásticos por parte de la población del local (Purca, 2019). La ingestión de estos MPs presenta un riesgo para los invertebrados marinos, y esto puede afectar con los procesos alimenticios y, consecuencia, con la dinámica del ecosistema. Estos resultados concuerdan con las investigaciones reportados previamente por Purca (2019) y Rivadeneira et al., (2024)

Los colores de MPs en los poliquetos recolectados de las tres playas evidenciaron una mayor predominancia por el color amarillo seguido por azul. Esta distribución de color con mayor incidencia influye por el creciente manejo inadecuada de bolsas, redes de pescar mar adentro lo cuales con el paso de los años se fragmentan en pequeñas partículas (Iannacone et al., 2019; Flores, 2025).

Los resultados de análisis realizados de microplásticos (MPs) por color en *P. gallapagensis* realizados en El Boquerón, La Arenilla y Bahía Blanca, evidenciaron diferencias entre ellas. Asimismo, se puede afirmar que la distribución de colores de MPs no fue homogénea entre las zonas de estudio, donde el color amarillo presentó mayor cantidad, lo cual podría estar relacionado con materiales plásticos de empaque y materiales de pesca. Por otro lado el color azul predominó en La playa La Arenilla, asociado principalmente con fibras textiles y bolsas plásticas, las cuales se relacionan con la contaminación urbana que llegan hacia el mar, donde son confundidos por alimento por organismos marinos. Hay estudios que evidencian la dominancia de color azul en invertebrados marinos como moluscos (De la Torre et al., 2020), en peces (Iannacone et al., 2021), y en crustáceos (Cevallos 2024, Flores, 2025).

Los estudios realizados de *Pseudonereis gallapagensis*, recolectados de las tres playas, El Boquerón, La Arenilla y Bahía Blanca, indicaron que no existen diferencias significativas en la longitud de los individuos entre las zonas evaluadas. Esto sugiere que las condiciones ambientales podrían ser similares, influyendo así en su crecimiento de la especie, así como su alimentación y en las características de sustrato en cada playa. Por otro lado, al analizar el peso, se pudo ver la diferencia significativa entre las playas, lo cual podría asociarse a factores locales como la disponibilidad y la calidad de alimento, la densidad poblacional, la depredación o estrés ambiental por la contaminación por MPs, lo cual podría afectar la salud de los poliquetos (Patrucco-Rivoira et al., 2024).

En el análisis de correlación en playa La Arenilla, determinó que existe una correlación significativa entre la longitud y cantidad de microplásticos (MPs) en *pseudonereis gallapagensis* recolectados en La Arenilla – La punta lo cual indica a mayor longitud *P. gallapagensis* mayor número de MPs. Esto podría estar relacionado a la capacidad de ingestión de MPs y acumulación

de microplásticos en individuos de mayor capacidad de filtración, ingestión y acumulación o la bioacumulación de estas partículas plásticas en su interior lo cual se evidenció con los estudios realizados por (Castañeda et al., 2020; Quiroz et al., 2021) y Chithra et al., (2024)

En el análisis de correlación en playa La Arenilla evidenció una correlación significativa entre peso y número de microplástico (MPs) en *P. gallapagensis* lo cual se asume que a mayor volumen corporal tendrá mayor capacidad de ingestión de partículas de MPs presentes en el sedimento. Este resultado concuerda con estudios previos realizados en organismos marinos, como moluscos y poliqueto (Purca, 2019; Otero, 2022).

Los resultados obtenidos muestran que no se evidenció contaminación por metales ni plaguicidas en el agua del mar ni los sedimentos marinos analizados, puesto que las concentraciones se mantuvieron dentro de los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del MINAM y las guías internacionales (ISQG y INOAA- PEL), sin llegar a superar los niveles asociados a posibles efectos adversos. Esto refleja que los parámetros no influyen en la presencia de contaminantes emergentes como los MPs los cuales son independientes y podrían presentar riesgos adicionales para el ecosistema marino por medio de transporte, acumulación y riesgos para los organismos marinos (Chithra V. S. et al., 2024).

VI. CONCLUSIONES

- Se confirmó la presencia de microplásticos (MPs) en la *Pseudonereis gallapagensis* en tres playas marino costero de Lima y Callao: Pucusana (El Boquerón), La punta (La Arenilla) y Ventanilla (Bahía Blanca), Perú. Donde el 100% de los individuos estudiados presentó uno o más microplásticos, evidenciando una alta exposición de esta especie al contaminante. Asimismo, se registraron diferencias en la abundancia de MPs entre las zonas muestreadas, con un total de 111 MPs en El Boquerón, 148 MPs en la Arenilla y 203 MPs en Bahía Blanca, siendo esta última la playa con mayor concentración.
- Se evidenció la predominancia de microplásticos en el rango de tamaño de 0-500µm en todas las playas evaluadas. La mayor incidencia en fue en Bahía Blanca 82,3% (167 MPs, seguida de La Playa Arenilla 73,0% (108 MPs) y finalmente, la playa El Boquerón con 59,5% (66 MPs).
- Se evidenció la presencia de 462 MPs en *Pseudonereis gallapagensis* las cuales fueron caracterizados según su forma en fragmentos, fibra, film y espuma. Done se encontró en la playa Bahía Blanca 41,34% (191 de MPs), La Arenilla el 32,03% (148 MPs) y, finalmente El Boquerón un 24,03% (111 MPs).
- Para las partículas de MPs en *P. gallapagensis* en las playas de Lima y Callao se mostró el color con más predominancia el amarillo (37%) seguido de otros de colores en menos proporción.
- Se evidenciaron diferencias en el nivel de contaminación por microplásticos (MPs) en *Pseudonereis gallapagensis* entre las tres playas estudiadas; no obstante, se observó que el tamaño de los poliquetos fue similar en todas las zonas de estudio.

- Se evidenció una correlación positiva entre longitud *Pseudonereis gallapagensis* y la cantidad de microplásticos (MPs), indicando que, a mayor longitud, mayor cantidad de MPs. Asimismo en la playa La arenilla (La punta) se observó que a mayor peso de poliqueto se encontrara mayor cantidad de MPs; mientras que, en las otras dos playas evaluadas, no se evidenció una correlación significativa.
- Los análisis realizados de calidad de agua, sedimentos y plaguicidas realizados en las tres playas evaluadas se mantuvieron dentro del rangos establecidos por los estándares de Calidad Ambiental (ECA) del MINAM, así como por las guías internacionales (ISQG y INOAA-PEL).

VII. RECOMENDACIONES

- Seguir investigando sobre el estudio de MPs en poliquetos marinos a mayor cantidad de individuos por diferentes playas.
- Se recomienda Continuar con estudios de caracterización de microplásticos en sobre su *P. gallapagensis*, considerando su forma, tamaño y color mediante el uso de microscopios con cámaras y técnicas de microscopía electrónica. Esto permitirá posibles variaciones en la cantidad de MPs a lo largo del tiempo en el ambiente marino.
- Continuar con la investigación de *P. gallapagensis*, con el objetivo de evaluar cómo la contaminación por microplásticos (MPs) afecta los individuos. Asimismo, se sugiere profundizar en el estudio de la posible relación entre la presencia de MPs en esta especie y su interacción con otros invertebrados marinos.
- Complementar el estudio de MPs en organismos marinos con análisis de agua y sedimentos marinos.

VIII. REFERENCIAS

- Abadi, Z. T. R., Abtahi, B., Fathi, M. B., Mashhadi, N., & Grossart, H. P. (2024). Size, shape, and elemental composition as predictors of microplastic surface erosion. *Journal of Hazardous Materials*, 476, 134961. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.134961>.
- 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>
- 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), <https://doi.org/323358>.
- Astorga-Pérez, A., Ulate-Naranjo, K., & Abarca-Guerrero, L. (2022). Presencia de microplásticos en especies marinas del Parque Nacional Marino las Baulas. *Revista Tecnología En Marcha*, 35(2), 27–38. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i2.5466>
- 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>
- Castañeda Grover, G. (2020). Microplastics: a contaminant that grows in all environmental areas, its characteristics and possible risks to public health from exposure. *Bolivian chemistry Short review*, 7(3), 160-175. <http://dx.doi.org/10.34098/2078-3949.37.3.4>

- 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
- Cedano-Zavaleta, G., Luján Rojas, J., Cárdenas Gutierrez, L., LLaque-Fernández, G., Valderrama Puscan, M., & Calvanapón Alva, F. (2023). *Presence of microplastics on six beaches in the department of La Libertad*, 2022. *LACCEI*, 1(8).1-11. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.1341>
- Cisneros, P., Montero, P., & Guevara, M. (2021). Nota científica; Registro de fragmentos y fibras de plástico en sedimentos marinos, Tumbes, Perú. *Informe Instituto del Mar del Perú*, 48 (3) .478-483.
- Chithra, V. S., Misna, K. A., Athira, C. S., Revathi, R., Cheruparambath, P., Kesavan, D., ... & Hrishika, A. G. (2024). Polychaetes and Microplastic Pollution. *Advances in Pharmaceutical and Biosciences Research**(pp.319-327). India: Thanuj International Publishers. <https://doi.org/10.22192/ecc>.
- Contreras, D.(18 de agosto de 2023). *El plástico invade el mar peruano amenazando un ecosistema entero*. Institute for Nature Earth and Energy. <https://inte.pucp.edu.pe/en/noticias-y-eventos/noticias/el-plastico-invade-al-mar-peruano-amenazando-un-ecosistema-entero/>
- De-la-Torre, G. E. (2019). Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(4), 27-37.

- De-la-Torre, G., Dioses-Salinas, D., Huamantupa-Aybar, S., & Davila-Carrasco, J. (2020). Preliminary observations of plastic debris in the gastrointestinal tract of sea urchin *Tetrapygus niger*. *Brazilian Journal of Natural Sciences*, 3, 316-320. <https://doi.org/10.31415/bjns.v3i2.94>
- Dueñas-Ramirez, P., & Quirós Rodríguez, J. (2012). Presencia de *Pseudonereis gallapagensis* Kinberg, 1865 (Annelida: polychaeta: nereididae) en la costa Caribe colombiana. *Revista Colombiana de ciencia animal* 4(2), 454-457 <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55867>. <https://doi.org/10.24188/recia.v4.n2.2012.225>
- 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(1), 37-107 <https://doi.org/10.47193/mafis.3412021010301>
- Ebanks Mongalo, B. F., Moody Garth, S. N., Rivas Suazo, E. G., Siu Estrada, E. A., & Flores Pacheco, J. A. (2024). Contaminación por macrobasura marina en la barra de Hong Sound, Bluefields, Costa Caribe Sur de Nicaragua. *Wani*, (80).
- 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.

- Gamarra- Jiménez, A., & Salazar-Sánchez, M. (2024). Microplastics in continental water sources: impact and mitigation strategies from the perspective of agroindustrial engineering. *Bistua Revista De La Facultad De Ciencias Basicas*, 22(1), 1–10. <https://doi.org/10.24054/bistua.v22i1.2901>.
- Guerra, L. (2022). Residuos, restos y vestigios en el diseño y el arte. *INMATERIAL. Diseño, Arte y Sociedad*, 7(13), 4-13.
- Gómez-Hernández, I. R. (2016). Efecto de los microplásticos de polivinil cloruro (pvc) y del fluoranteno en *Eupolymnia rullieri* e *Isognomon alatus*, dos especies del macrobentos del Caribe mexicano [tesis de maestría]. *Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México*.
- 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>
- Hernández-Vásquez, A., Bendezú-Quispe, G., Díaz-Seijas, D., Santero, M., Minckas, N., Azañedo, D., & Antiporta, D. A. (2016). Análisis espacial del sobrepeso y la obesidad infantil en el Perú, 2014. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 33, 489-497.
- Hernández-Alcántara, P., Velasco-López, F. F., Quiroz-Martínez, B., Solís-Weiss, V., & Álvarez-Sánchez, L. F. (2025). Spatial changes of macrobenthic polychaete assemblages from the southern Mexican Pacific shelf: diversity patterns and feeding guilds composition. *Regional Studies in Marine Science*, 89, 104275.

- 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), 1-15. 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). <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v33i1.22161>.
- Instituto de Fomento Pesquero. (24 de enero de 2023). *Macrofauna Bentónica de Chile*. <https://www.ifop.cl/macrofauna/pseudonereis-gallapagensis>
- 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>
- Lavayen Villamar, K. J. (2021). *El microplástico y la contaminación del Mar* [Tesis de licenciatura, Universidad Politecnica Salesiana]. Repositorio institucional. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20095/1/UPS-GT003173.pdf>.
- Li, J., Zhang, K., & Zhang, H. (2020). Adsorption of microplastics by marine organisms: Characteristics, mechanisms and implications. *Environmental Pollution*, 258, 113734. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113734>

- Lusher, A. L., Welden, N. A., Sobral, P., & Cole, M. (2017). Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Analytical Methods*, 9(9), 119-148. doi:<http://dx.doi.org/10.1039/C6AY02415G>
- 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. doi:10.21769/BioProtoc.3087
- 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>
- Ministerio del Ambiente. (21 de marzo de 2024). *Problemática*. Gobierno del Perú. <https://www.gob.pe/58443-problematica>.
- Flores, I. Z. O. (2025). *Caracterización de sedimentos costeros y de mar profundo del noroeste del Golfo de México: Contaminación por microplásticos y metales pesados* (Doctoral dissertation, Instituto de Geociencias).
- Organizaciones de Naciones Unidas (14 de agosto de 2018), *Un problema doble: el plástico también emite potentes gases de efecto invernadero*. ONU programa para el medio ambiente. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/un-problema-doble-el-plastico-tambien-emite-potentes-gases-de>
- Otero Tobo, D. M. (2022). *Microplásticos en el sistema digestivo de los peces *Opisthonema oglinum*, *Mugil spp.* *Ycaranx crysos*, Capturados en la zona costera del Magdalena*,

Caribe colombiano [Tesis para optar al título de Biólogo Marino, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano]. Repositorio institucional. https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/26929/Trabajo_grado_Otero_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Pagter, E., Nash, R., Frias, J., & Kavanagh, F. (2021). Assessing microplastic distribution within infaunal benthic communities in a coastal embayment. *Science of The Total Environment*, 791, 148278. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148278>

Parker, L. (11 de enero de 2024). *¿Que daños producen los microplasticos para el ser humano?* National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2022/04/danos-producen-microplasticos-salud-personas>.

Patrucco, S., Rivoira, L., Bruzzoniti, M., Barbera, S., & Tassone, S. (2024). Development and application of a novel extraction protocol for the monitoring of microplastic contamination in widely consumed ruminant feeds. *Science of the Total Environment*, 947, doi <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174493>

Paz, R. (25 de setiembre de 2023). *Microplasticos, un riesgo creciente para la salud*. GACETA UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/microplasticos-un-riesgo-creciente-para-la-salud/>.

Perilla Portilla, F. E., & Quiroz Ortega, J. F. (2023). Microplásticos, una amenaza invisible para la salud humana y ambiente. *Rev Cub Sal Públ*, 49(4).

Picó, Y., & Barceló, D. (2019). Analysis and prevention of microplastics pollution in water:

current perspectives and future directions. *ACS omega*, 4(4), 6709-6719, <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsomega.9b00222>.

Príncipe-Morillo, F. M., Minaya-Angoma, D., Alvariño-Flores, L., Iannacone-Oliver, J., & Rodriguez-Santiago, A. (2022). El mejillón *Semimytilus patagonicus* (Mytilida: Mytilidae) y el gusano *Pseudonereis gallapagensis* (Phyllodocida: Nereididae) como herramientas ecotoxicológica para la contaminación por detergentes en ambientes marinos. *Revista de Biología Tropical*, 70(1), 658-667. Article e50167. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.2022.50167>.

Polt, L., Motyl, L., & Fischer, E. K. (2023). Abundance and distribution of microplastics in invertebrate and fish species and sediment samples along the German Wadden Sea Coastline. *Animals*, 13(10), 1698. <https://doi.org/10.3390/ani13101698>.

Purca, S. (2019). Presencia de microplasticos en mar peruano. *XI Coloquio Internacional de Estudiantes de Geografía y Medio Ambiente PUCP*. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/182538>.

Quirós-Rodríguez, J. A., Nisperuza-Pérez, C., & Yepes-Escobar, J. (2021). Los microplásticos, una amenaza desconocida para los ecosistemas marinos de Colombia: perspectivas y desafíos a enfrentar. *Gestión y Ambiente*, 24(1), 91615. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10234695>

Rivadeneira Gamez, Dimara Inmaculada. "Estudio de la presencia de plásticos y microplásticos en arenas de playa de la zona costera valenciana y su posible lixiviación de BPA." (2024).

- Rozbaczylo, N., Moreno, R. A., & Díaz-Díaz, O. (2005). Poliquetos bentónicos submareales de fondos blandos de la región de Aysén, Chile: Clado Phyllodocida (Annelida, Polychaeta). *Investig mar*, 33(1), 69-89. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71782005000100005>.
- Rani-Monika, D. S. (2023). Method for isolating microplastics in marine organisms. *Molecules*, 28(15), 1-37. <https://doi.org/10.3390%2Fmolecules28155710>.
- Rodrigues, S., Almeida, C., & Ramos, S. (2019). Adaptation of a laboratory protocol to quantify microplastics contamination in estuarine waters. *MethodsX*, 6, 740-749. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.03.027>.
- 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>.
- Santonicola, S., Volgare, M., Di Pace, E., Mercogliano, R., Cocca, M., Raimo, G., & Colavita, G. (2023). Research and characterization of fibrous microplastics and natural microfibers in pelagic and benthic fish species of commercial interest. *Italian Journal of Food Safety*, 12(1), 11032. <http://dx.doi.org/10.4081/ijfs.2023.11032>.
- Sarkar, S., Diab, H., & Thompson, J. (2023). Microplastic pollution: Chemical characterization and impact on wildlife. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 1745. <https://doi.org/10.3390%2Fijerph20031745>

- 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://www.nature.com/articles/s41598-021-00292-9>.
- Villalobos-Guerrero, T. F., & Tovar-Hernández, M. A. (2013). Una especie nueva de *Pseudonereis* (Polychaeta: Nereididae) de Mazatlán, golfo de California, incluyendo una clave para las especies del mundo. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(3), 774-781. <http://dx.doi.org/10.7550/rmb.32657>.
- Ureta Santillan, S. N. (2022). *Determinación del nanoplásticos y microplásticos en contenido estomacal de peces amazónicos de consumo humano: carachama (pseudorinelepis genibarbis) toa (hemisorubim platyrhynchos), procedentes del río huallaga en el km 25 al noreste de tingo maría (aucayacu) 2021*. [Tesis de grado, Universidad de Huánuco] Repositorio Institucional - Universidad de Huánuco.
- 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. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.08.026>
- Wilson, R. S., Glasby, C. J., & Bakken, T. (2023). The Nereididae (Annelida)–diagnoses, descriptions, and a key to the genera. *ZooKeys*, 1182, 35. <http://dx.doi.org/10.3897/zookeys.1182.104258>.
- WoRMS. (2024). Polychaeta taxon details. Read, G.; Fauchald. Obtenido de <https://www.marinespecies.org/polychaeta/aphia.php?p=taxdetails&id=209794>.
- Zarate, M., & Iannaccone, J. (2021). Microplásticos en tres playas arenosas de la costa central del Perú. *Revista de Salud ambiental*, 21(2), 123-131. Zarate, M., & Iannaccone, J. (2021).

Microplásticos en tres playas arenosas de la costa central del Perú. *Revista de Salud ambiental*, 21(2), 123-131.

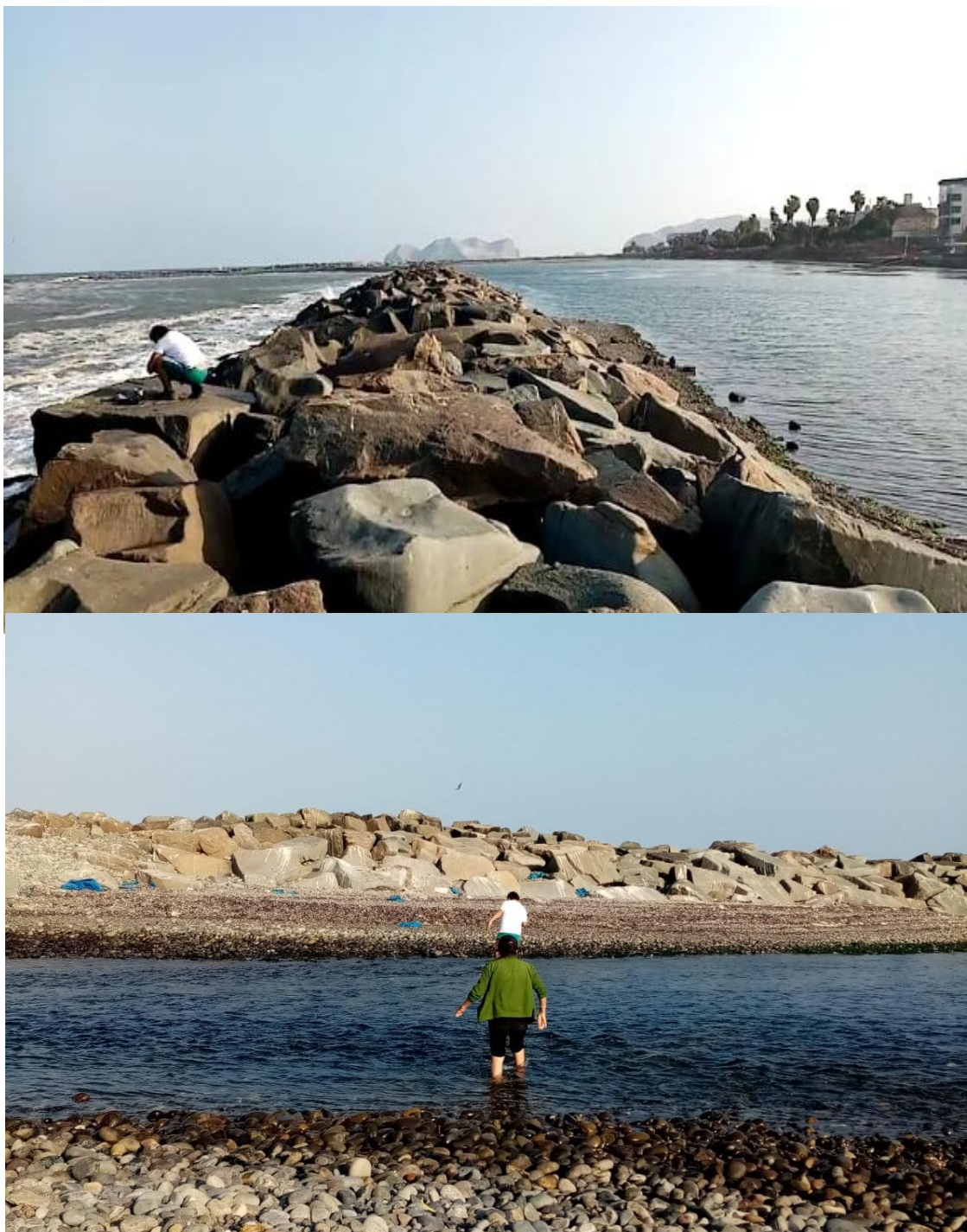
IX. ANEXO

A) Fotografía de la playa El Boquerón en el distrito de Pucusana.



Nota: Evidencia de contaminación asociada a la presencia urbana y restaurantes ubicados en las cercanías de la playa.

B) Fotografía de la playa La Arenilla en el distrito de La Punta -Callao



Nota: Evidencia de contaminación por redes y cañas de pescar abandonadas por pescadores artesanales, así como residuos generados por visitantes y la cercanía urbana en la playa.

C) Fotografía propia de la playa Bahía Blanca, en el distrito de Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao.





Nota: Evidencia de contaminación por redes y cañas de pescar abandonadas por pescadores artesanales e industriales, así como residuos generados por visitantes y la cercanía urbana en la playa.

