Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras distribuir, combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial y, a pesar que son nuevas obras deben siempre rendir crédito y ser no comerciales, no están obligadas a licenciar sus obras derivadas bajo los mismos términos.

http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Determinación de microplásticos en mariscos capturados en la caleta San Andrés - Pisco

Salud Pública y Conservación del Medio Ambiente

INFORME FINAL DE TESIS

AUTOR

Bach. LUIS GENARO, CASTILLA SARAVIA

Ica, Perú

2026

DEDICATORIA

En memoria de mis padres quienes guiaron mi camino y me dejaron como legado mi carrera profesional. Cada logro alcanzado es un tributo a su amor y sacrificio y a mi esposa e hija quienes son el corazón de mi vida, gracias por su paciencia en mis ausencias por sus abrazos en los días difíciles y por ser la razón de que nunca deje de intentarlo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis docentes de la facultad de farmacia y bioquímica que con sus exigencias y consejos técnicos contribuyeron en mi formación como profesional; en especial a mi asesor Dr. QF Felipe Surco Laos, por su paciencia, sabiduría y orientación en cada etapa de este proyecto de investigación.

INDICE

DEDICATORIA ……. II
AGRADECIMIENTOS ……... III
INDICE…… IV
INDICE DE TABLAS …… VI
INDICE DE FIGURAS ……... VII
RESUMEN ……. IX
ABSTRACT ……... X
I. INTRODUCCION…..……..…….. 11
1.1 Descripción de la realidad problemática …… 12
Formulación del problema ..……... 12
1.2 Antecedentes ……..……...… 13
1.3 Justificación e importancia ……..…….. 16
1.4 Objetivos de la investigación ……..…..…… 17
General ……...…….....…….... 17
Especifico……..... 17
1.5 Hipótesis y variable……...…… 17
Hipótesis ……..... 18
Variables ……...……..... 18
1.6 Marco teórico……..... 19
1.6.1 Microplásticos..……..... 20
1.6.2 Mariscos ...……..... 25
II. ESTRATEGIAS METODOLOGICAS ……..... 31
2.1 Tipo, nivel y Diseño de la investigación.....…… 31
2.1.1 Tipo de Investigación ...…….....……... 31
2.1.2 Nivel de Investigación …….…….... 31
2.1.3 Diseño de investigación.....…….....……. 31
2.2 Materiales de trabajo ..……..…… 31
2.3 Población y muestra ……...…… 33
2.4. Métodos, técnicas y procedimientos de recolección de datos ……..... 33
2.4.1. Métodos y técnicas …….. 33
2.5 Lugar de experimentación …….…… 35
2.6 Técnicas de procesamiento de la información ……..……...….. 36
2.7 Aspectos éticos … ……..……...…. 36
III. RESULTADOS ……..…… 37
3.1 Caracterización y análisis primer periodo de Tiempo (diciembre) 37

3.2 Caracterización y análisis primer periodo de Tiempo (diciembre)..... 40
3.3. Comparación de resultados entre periodos…….....…… 43
IV. DISCUSIÓN …….. 45
V. CONCLUSIONES …… 47
VI. RECOMENDACIONES ..……..……... 48
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA ...……...……..…… 49
VIII.ANEXOS ……...…..…… 54

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Resultados de la Caracterización Fisicoquímica de los mariscos estudiados en primer periodo (diciembre) ……37

TABLA 2. Determinación de la porción comestible en los mariscos estudiados en primer periodo (diciembre) ……38

TABLA 3. Contenido de microplásticos en porción comestible de mariscos estudiados en el primer periodo ……... 399

TABLA 4. Resultado de la Caracterización Fisicoquimica de los mariscos estudiados en segundo periodo (febrero)……40

TABLA 5. Determinación de la porción comestible en los mariscos estudiados en segundo periodo……41

TABLA 6. Contenido de microplásticos en porción comestible de mariscos estudiados en el segundo periodo……42

TABLA 7. Determinación de color y tamaño predominante de microplásticos en la porción comestible de los mariscos estudiados (febrero)……43

TABLA 8. Contenido de microplásticos total en cada periodo de análisis en la porción comestible de los mariscos estudiados……44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. . Vías de acceso de los microplásticos al ser humano.....19

Figura 2. . Fórmula química de poletileno 22

igura 3. Aplicaciones del poliestireno 22

Figura 4. Fórmula química de propileno.....23

Figura 5. Aplicaciones de PVC.....24

Figura 6. Aplicaciones del PET.....24

Figura 7. Aplicaciones de la poliamida..... 25

Figura 8. Choro abierto.....26

Figura 9. Mariscos palabritas 27

Figura 10. Concha Rayada 27

Figura 11**.** Almeja (Seleme solida).....28

Figura 12. Cangrejo peludo 28

Figura 13. Langostinos.....29

Figura 14. Ubicación geográfica del distrito de San Andrés.....30

Figura 15. Representación grafica de la porción comestible de los mariscos estudiados 38

Figura 16. Representación gráfica del contenido de microplásticos en mariscos 39

Figura 17. Representación de la porción comestible en los mariscos (febrero).....41

Figura 18. Representación gráfica del contenido del tipo de microplástico según especie.....42

Figura 19**.** Representación gráfica del contenido de microplásticos en el tiempo las especie analizadas 44

Figura 20. Pesando almejas.....54

Figura 21**.** Pesando Concha rayada.....55

Figura 22. Pesando choros…….....55

Figura 23. Pesando palabritas…….....56

Figura 24. Pesando langostinos…….....56

Figura 25. Pesando porción de cangrejo…….....57

Figura 26. Especie del segundo periodo…….....57

Figura 27. Pesando Cangrejo entero…….....58

Figura 28. Pesando langostinos …….....……59

Figura 29, Porciones comestibles…….....…….....59

Figura 30. Pesando porciones comestibles…….....…….....60

Figura 31. Fragmento de microplástico…….....….....61

Figura 32. Fibra de microplástico…….....61

RESUMEN

La contaminación por microplásticos del ecosistema marino es cada vez más generalizada, alcanzando a los componentes de la cadena alimentaria marina constituida principalmente por peces y mariscos. El objetivo de este estudio fue determinar el nivel de contaminación por microplásticos que presentan los mariscos capturados en la caleta de San Andrés-Pisco. El método aplicado para la identificación de tipo de partícula y su cuantificación fue visual por microscopia, luego de una extracción y digestión de la porción comestible. Se analizaron muestra de 4 variedades de bivalvos y dos crustáceos en dos periodos de tiempos. Los resultados permitieron determinar la presencia de partículas tipo fibra y fragmento de microplásticos en todas las especies estudiadas, las especies concha rayadas y almejas presentaron una mayor contaminación con 11 y 10 p/g respectivamente, y los colores de microplásticos predominantes fueron el transparente, azul y rojo. No se observó, una diferencia significativa de la contaminación en los periodos de tiempo analizados salvo en la especie cangrejo. Concluyendo que la contaminación por microplásticos en estas especies no es circunstancial sino persistente.

Palabras Claves. Microplásticos, contaminación, bivalvos, crustáceos, visual.

ABSTRACT

Microplastic pollution of the marine ecosystem is becoming increasingly widespread, affecting components of the marine food chain, primarily fish and shellfish. The objective of this study was to determine the level of microplastic pollution in shellfish caught in the cove of San Andrés-Pisco. The method used for particle identification and quantification was visual microscopy, following extraction and digestion of the edible portion. Samples of four bivalve varieties and two crustaceans were analyzed at two different time points. The results showed the presence of fiber-like particles and fragments of microplastics in all species studied. Striped clams and mussels showed the highest levels of pollution, with 11 and 10 p/g, respectively, and the predominant microplastic colors were clear, blue, and red. No significant difference in pollution was observed between the analyzed time points, except in the crab species. The study concludes that microplastic pollution in these species is not circumstantial but persistent.

Keywords: Microplastics, pollution, bivalves, crustaceans, visual.

I. INTRODUCCION

Los microplásticos (Mps) que son partículas de polímeros sintéticos, con un rango de tamaño entre 1 µm a 5 mm elaborados intencionalmente consideradas fuentes primarias como pellets utilizados en la industria y aplicaciones domésticas; o se producen accidentalmente como producto del proceso de degradación de plasticos no tratados adecuadamente como residuos sólidos, considerándolos de fuente secundaria. Estos polímeros son de alto peso molecular y no son biodegradable. Según los registros mundiales, desde el 2014 se producen anualmente más de 300 millones de toneladas de plástico, del cual se estima que un 50% de todo este material que se encuentran en todos los entornos y aproximadamente entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas métricas acaban en los ecosistemas marinos y especialmente en los mariscos, como microplásticos, debido a su mal manejo. Los mariscos son organismos marinos considerados como filtradores de las aguas, lo que los hace más propenso a esta contaminación, pudiendo servir como indicadores de la polución de los océanos por estas partículas convirtiéndose en unas de las mayores preocupaciones ambientales en la actualidad. (1)

Una vez introducidos en el ecosistema marino, los microplásticos interactúan con numerosos organismos en todos los niveles tróficos, desde el zooplancton hasta los depredadores superiores, representando una preocupación en aumento debido a los riesgos toxicológicos asociados con estas micropartículas. Además, los microplásticos sirven como vectores de contaminantes orgánicos persistentes, filtrando sustancias químicas nocivas al medio marino y aumentando el riesgo de toxicidad para la vida marina. Al alterar las interacciones entre las especies y la estructura del hábitat, los microplásticos pueden comprometer la resiliencia y el funcionamiento de los ecosistemas marinos, con consecuencias de gran alcance para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Con el aumento de microplásticos en el medio marino, es importante contar también con medidas de control. Las estrategias integrales para la gestión de la contaminación por microplásticos deben incorporar una combinación de enfoques convencionales, incluyendo la reducción en la fuente e intervenciones específicas para mejorar la degradación. (1-3)

En el país y en especial en la región el estudios de los Mps es una preocupación reciente que se ha empezado en nuestra facultad con estudios de microplásticos en aguas de consumo, pero considerando que la mayoría de los desechos de las actividades antropogénicas en donde la utilización de los plásticos es alta, terminan en las aguas marinas en donde estos sufren los procesos de degradación foto-oxidativa por la irradiación solar ultravioleta, seguido de degradación térmica y/o química y el rol que cumplen los mariscos en el ecosistema marino, nace la inquietud de la realización del presente trabajo de investigación.

1.1 Descripción de la realidad problemática

Los plásticos tienen una serie de ventajas desde el aspecto químico, físico y térmico para la elaboración de compuestos o productos de gran utilidad en la vida diaria que hacen las diferentes tareas y acciones más simples o fáciles. Sin embargo, de la totalidad de plásticos producido sólo se recicla entre el 20 a 25%, entonces al hacer un balance neto queda un alto porcentaje de plástico que después de su vida útil va como contaminante al medio ambiente. (|1) Uno de los ecosistemas más contaminados con plásticos y los productos de su degradación son los océanos y los organismos que en ellos existen, donde la contaminación no ha parado de crecer años tras años. (2,4) La ingesta de MPs en los organismos marinos representa una alta preocupación debido a los riesgos toxicológicos relacionados con estas micropartículas. En diversos estudios se ha comprobado la ingesta de MPs, esto sea evidenciado al identificar diferentes tipos de partículas de estos polímeros en los intestinos y estómagos de diversos organismos, como el zooplancton, mariscos (incluyendo mejillones, ostras, almejas y cangrejos), coral, peces y mamíferos marinos. (3) Una gran inquietud nos lleva al presente estudio, al considerar que los mariscos son organismos filtradores de los lodos marinos en donde tienden a depositarse los plásticos de mayor densidad, y considerando el alto consumo de estos en la región, nace la inquietud de determinar la presencia de microplásticos en los mariscos capturados en la primera zona de abastecimientos de estas especies para la región, como es la caleta de San Andrés en Pisco

Formulación del problema

Problema General

- ¿Cuál es el nivel de contaminación de microplásticos que presentan los mariscos capturados en la caleta de San Andrés-Pisco?

Problemas Específicos

- **¿**Qué concentración de microplásticos presentan los diversos mariscos capturados en la caleta de San Andrés-Pisco?
- ¿Cuál es el tipo de microplásticos predominante en los mariscos capturados en la caleta de San Andrés-Pisco?
- ¿Qué tipo de marisco es el que presenta una mayor contaminación por microplásticos?

1.2 Antecedentes de la Investigación

Internacionales.

A pesar de que existe comprobada evidencia de contaminación de microplásticos en los diferentes ecosistemas alrededor del mundo, poco se ha investigado en esta zona sobre impacto en las diversas especies marinas

- Kharraz J. et al. Investigaron la presencia, abundancia y composición de MP en aguas marinas en Hong Kong y proponen el uso de la tecnología de flotación de nanoburbujas para la eliminación efectiva. Los hallazgos indicaron que las muestras de agua de mar recolectadas de tres ubicaciones dentro del área de estudio exhibieron altos niveles de MP (82-137 partículas/m^3), siendo fragmentos y fibras las formas más comunes. El tamaño predominante de MP estuvo dentro del rango de 0,1-0,5 mm, siendo transparente el color observado dominante. Dado el desafío ambiental predominante que plantean los MP de tamaño pequeño, investigaron la implementación de la tecnología de flotación de nanoburbujas (NB) como un enfoque novedoso para eliminar MP de tamaño <100 μm. Los resultados mostraron una mejora significativa en la eficiencia de eliminación, particularmente para MP de tamaño pequeño (<50 μm) al usar flotación de NB en comparación con la flotación por aire disuelto (DAF) convencional. La superior eficiencia de eliminación de MP a través de la flotación de NB se atribuyó al pequeño tamaño y la alta concentración de NB, que mejoran las colisiones entre partículas y burbujas y la adhesión, junto con interacciones hidrofóbicas mejoradas. (5)
- Yibar A. et al. Investigaron la presencia/abundancia de microplásticos y especies de moho en mejillones y sus implicaciones para la seguridad alimentaria y la salud pública. Fueron estudiados los mejillones, conocidos por su acumulación de microplásticos y especies de moho, debido a su papel en la cadena alimentaria. Se recogieron 410 muestras de mejillones crudos de 10 localidades. Tras la digestión con peróxido de hidrógeno, fueron examinados los microplásticos con un estereomicroscopio y se aislaron e identificaron las especies de moho mediante espectrometría de masas de desorción/ionización láser asistida por matriz y tiempo de vuelo. Se detectaron un total de 496 microplásticos en las muestras de mejillones, predominando los microplásticos de tipo fragmento y de color negro. Los resultados también revelaron diferentes niveles de contaminación por microplásticos, registrándose la tasa más alta en la localidad 5 (28,02%). Destacándose que la Ubicación 5, caracterizada por su puerto central para yates y barcos, presentó la mayor contaminación por microplásticos, mientras que la Ubicación 9, que carece de

dichas instalaciones, presentó la tasa de contaminación más baja, con un 2,22 %. Los microplásticos de tipo fragmento fueron los más frecuentes (26,1 %), siendo los microplásticos negros el color predominante (38,51 %). (6)

- Rivera-Garibay et al. La ingestión de microplásticos por parte de peces marinos ha sido de particular interés, porque muchas especies son objeto de la pesca comercial y, por lo tanto, tienen una fuerte conexión con la salud humana. Es probable que el consumo de microplásticos a través de mariscos tenga efectos nocivos en las personas a nivel mundial, pero principalmente en los grupos sociales que dependen en gran medida de la pesca para su autoconsumo. En este estudio, primero buscaron caracterizar la presencia de microplásticos en las especies objetivo de la pesca artesanal y explorar si el consumo de partículas microplásticas por parte de los peces estuvo asociado con factores biológicos. En segundo lugar, aplicaron entrevistas semiestructuradas a pescadores artesanales para investigar, desde una perspectiva socioambiental, los posibles impactos sociales y ambientales de la contaminación por microplásticos en las comunidades locales. Descubrieron que las familias de peces de importancia comercial contenían regularmente microplásticos en sus tejidos, y que el consumo de microplásticos por parte de los peces capturados con artes de pesca tradicionales dependía de características como la movilidad de las especies, pero la carga microplástica también dependía del tipo de arte de pesca utilizado. Las especies con un área de distribución amplia presentaron una mayor carga de microplásticos que los peces con un área de distribución reducida, pero esto también pareció estar relacionado con el método de pesca. Es probable que las diferencias observadas en el contenido de microplásticos en las especies objetivo se transfieran a los humanos de forma no aleatoria. Este trabajo implicó que la contaminación por microplásticos en peces comerciales podría representar un problema ambiental y social poco comprendido por la comunidad pesquera del Caribe mexicano, con posibles consecuencias para la gestión de los recursos marinos. (7)
- Ourgand M et al. Evaluaron por primera vez el rendimiento de una técnica de láser infrarrojo directo (LDIR) y propusieron una optimización del protocolo para el análisis de microplásticos marinos (MP). Los resultados mostraron que un filtro de policarbonato de 8 µm, colocado sobre un portaobjetos Kevley, permitió la preconcentración y la cuantificación eficiente de los MP, como la determinación del polímero y el tamaño de pellets plásticos de referencia de polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), polietileno (PE), poliestireno (PS), y tereftalato de polietileno (PET), con recuperaciones que oscilan entre el 80 % y el 100 % y valores de blanco insignificantes para tamaños de partícula de 200 a 500 µm. Un experimento con muestras de agua de mar, sedimentos, mejillones y estómagos de peces mostró que

el método respondió linealmente con pendientes significativas (R^2 entre 0,93 y 1,0; $p < 0,001$, $p < 0,01$). En total, se identificaron 11 tipos de polímeros con un tiempo de manipulación y análisis limitado de aproximadamente 3 horas para la mayoría de las muestras y 6 horas para las muestras complejas. La aplicación de esta técnica a muestras marinas mediterráneas (agua de mar, sedimentos, estómagos de peces y mejillones) indicó concentraciones de MP y una distribución de tamaños consistentes con la literatura. (8)

- Astorga-Pérez et al., presentaron los resultados de la presencia de microplásticos en siete especies de peces pelágicos y de una especie de crustáceo bentónico, todos de alto nivel trófico del Parque Nacional Marino Las Baulas. Mediante digestión química e inspección visual se extrajeron microplásticos del sistema digestivo de 56 individuos. Un total de 90 piezas fueron extraídas del 89% de los peces (93% fibras) con 3,75±1,70 (SD) microplástico/pez. Se determinó una cantidad significativamente menor en los crustáceos con un total de 58 piezas extraídas del 76% de los individuos analizados con 2,64±1,36 (CF) microplástico/jaiba. Se realizó una búsqueda de microplásticos en tejidos musculares mediante la técnica de histología y se encontraron lesiones en el tejido muscular de los peces, pero los resultados no fueron atribuibles a MP, por ende, no se ahondó en estos datos. (3)

Nacionales

- Gutiérrez-DM y col. Investigaron sobre el consumo de micropartículas potenciales en nutrias marinas para determinar el nivel de afectación en estos depredadores marinos por la ingesta de estos. Realizaron la toma de muestras de excretas durante la época fría y cálida en las playas de Punta Corrientes, Pucusana y Ancón; un total de 372.88 g de heces fueron clasificadas en nueves filtros. Por el método de hidrolisis alcalina (KOH al 20%) se eliminó la materia orgánica para identificar MPs. Estas micropartículas fueron analizadas y seleccionadas mediante un microscopio estereoscópico. La información fue analizada en dos etapas, a través de un análisis cualitativo no paramétrico, empleando cinco dimensiones (Muestra, Tipo, Tonalidad, Playa y Expedición), y mediante un análisis por espectroscopia Raman obteniendo resultado de la identificación de un microplástico en forma de fibra compuesta por polipropileno; diversas investigaciones señalan la ingesta de este polímero de manera directa o indirecta. (9)

- Iannacone J et al. Evaluaron los microplásticos (MP) en cinco peces de importancia económica en el Perú: *Sciaena deliciosa* (Sciaenidae) “Lorna”, *Scartichthys gigas* (Blenniidae) “borrachito”, *Isacia conceptionis* (Haemulidae) “cabinza”, *Mugil*

cephalus (Mugilidae) “lisa” y *Scomber japonicus* (Scombridae) “caballa”. El contenido estomacal y branquial de cada especie fueron sometidos a digestión con KOH al 10%, continuado por un proceso de filtración para la exploración de MP. Los MP fueron catalogados por color y por forma. La contaminación por MP hallados en el tracto digestivo de *S. gigas* exhibieron valores mayores que los determinados en las otras cuatro especies. No se observaron diferencias en la cuantía de MP hallados en las branquias entre especies. Se observó una correlación positiva entre la longitud corporal de *I. conceptionis* y MP del tracto digestivo, y entre el peso de *M. cephalus* y MP del tracto digestivo de los peces. Los colores dominantes de MP fueron el azul, negro y blanco a nivel del tracto digestivo, y el azul, negro y fucsia en las branquias. A nivel del tracto digestivo, los tipos de MP fueron fibra, fragmento y film y en branquias solo se hallaron fibras. (10)

- Gavilan S J, et al. La especie *Mugil cephalus* “lisa”, es ampliamente consumido en toda la costa del Perú y común en los mercados de Lima, realizaron un estudio que tuvo como objetivo determinar la presencia de plástico en el contenido estomacal de los peces. Se analizaron el contenido estomacal de tres especies adquiridos en el mercado de Villa María del Triunfo. Se evaluó la presencia de plástico. Según los análisis realizados, se encontraron varios taxones de fitoplancton y zooplancton, aplicando la prueba de flotabilidad con cloruro de calcio, se determinó la presencia de microplásticos en el estómago de peces. Concluyendo que, es necesario que el estado tome acciones para dar solución a este problema de interés para la salud del mar y de los consumidores en el Perú. (11)

1.3 Justificación e importancia

Los microplásticos, son partículas de menos de 5 mm de tamaño, que se han convertido en uno de los principales contaminantes ambientales, se ha detectado en una amplia diversidad de ecosistemas. Si bien existen numerosos estudios de la presencia de microplásticos en la vida marina y en los humanos, aún existe una grieta significativa sobre sus impactos totales en la salud. (1-4) Los efectos de los microplásticos en los animales, particularmente en los marinos de estrecha proximidad con uno de los ecosistemas más contaminados con las actividades humanas, representa un área clave para futuras investigaciones. En este estudio, buscamos determinar los niveles de acumulación y los tipos de microplásticos en especies como los mariscos, definidos como filtradores de los sistemas oceánicos, por lo que tiende hacer considerados como organismos acumuladores claves para detectar la polución de los contaminantes. (5,6) La evidencia de microplásticos que se acumulan en sistemas orgánicos

críticos, pueden tener implicaciones para los humanos a través de la exposición ambiental y su ingreso a la cadena alimentaria. La contaminación de los cuerpos de agua por estas pequeñas partículas de plástico se informa cada vez más en todo el mundo y se reconoce ampliamente que afecta a la vida silvestre, así como a los seres humanos de más de una manera. (1) Por lo tanto, en el presente estudio existe justificación del tipo:

- Metodológico. - aplicación de procedimientos analíticos utilizados por vez primera en la facultad para el estudio de este tipo de contaminantes
- Medioambiental-Salubridad. - que permite conocer el estado de salubridad de los mariscos consumidos por la población local y por ende la contaminación del ecosistema marino

1.4 Objetivos de la investigación

Objetivo General

- Determinar el nivel de contaminación de microplásticos que presentan los mariscos capturados en la caleta de San Andrés-Pisco.

Objetivos Específicos

- Determinar la concentración de microplásticos presentes los diversos mariscos capturados en la caleta de San Andrés-Pisco
- Establecer el tipo de microplásticos predominante en los mariscos capturados en la caleta de San Andrés-Pisco
- Determinar el tipo de marisco que presenta una mayor contaminación por microplásticos

1.5 Hipótesis y variables

1.5.1. Hipótesis

Hipótesis General

Los mariscos capturados en la caleta de San Andrés-Pisco presentan una alta contaminación con microplásticos

Hipótesis Especificas

- Los mariscos capturados en la caleta de San Andres -Pisco presentan una alta contaminación por microplásticos

- Los microplásticos presentes en los mariscos capturados en la caleta de San Andrés-Pisco son predominantemente del tipo fibra

- El tipo de mariscos capturados en la caleta de San Andrés-Pisco que presenta una mayor contaminación de microplásticos son las almejas

.

1.5.2. Variables

OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

V. Independiente		
Variable	**Indicador**	**Índice**
• Mariscos	Tipos de mariscos	nominal
	Características	Color, olor, apariencia.
V. Dependiente		
Variable	**Indicador**	**Índice**
Microplásticos	Concentración Tipos Tamaño	Items/g Nominal µm

1.6 Marco Teórico

La contaminación ambiental es una consecuencia transcendental de las diversas actividades humanas, y los ecosistemas marinos se ven afectados por entidades físicas y químicas, incluida la presencia abrumadora de plásticos y sus derivados. Debido a que los plásticos son el tipo de basura marina más prevalente y pueden persistir en los océanos durante considerable tiempo, la contaminación por estos puede representar un grave riesgo ambiental para la vida de las especies marinas. (12,13) Mientras que cerca del 80% del plástico marino total se origina en el interior ya sea por la dispersión de desechos, el lavado de ropa, la eliminación de residuos sólidos o las bolsas de plástico, el 20% restante proviene de equipos y materiales empleados en la pesca comercial, como redes y líneas de pesca. Otra fuente significativa de desechos plásticos, particularmente de microplásticos (partículas de plástico menores a 5 mm), es la acuicultura. Esto se debe al uso extensivo de materiales plásticos en infraestructuras esenciales de estas actividades productivas. (14-16)

.

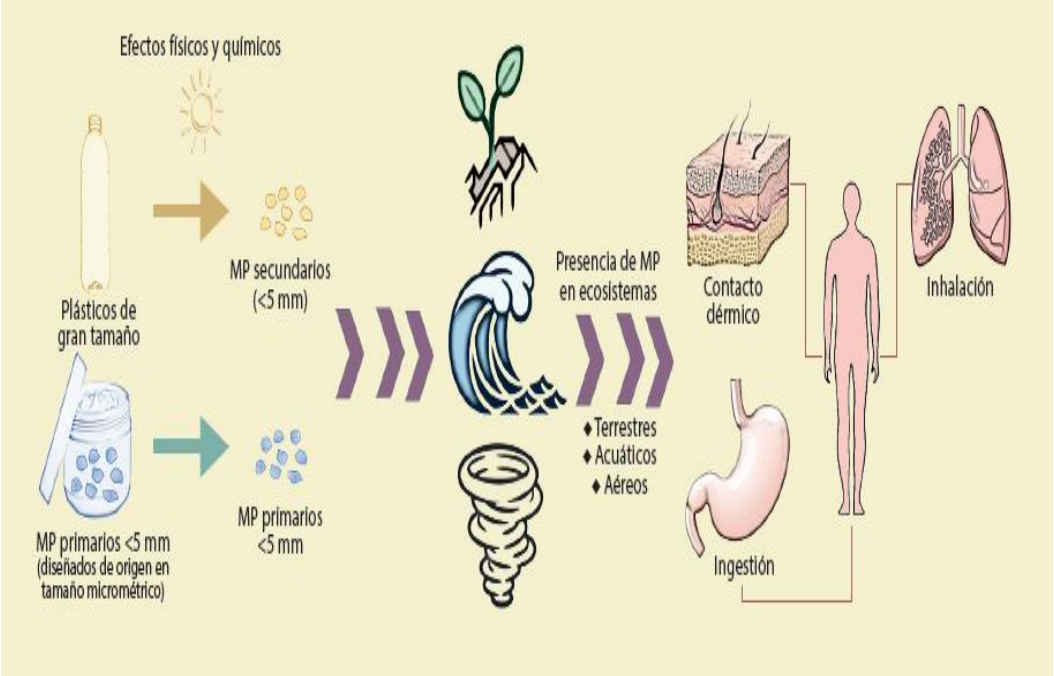

Figura 1. Vías de acceso de los microplásticos al ser humano

Tomado de: https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2024.67.3.02

1.6.1 Microplástico

Los microplásticos son partículas de plástico de tamaño entre 1 mm y 5 mm, derivadas de fuentes como la descomposición de piezas más grandes de plástico, tejidos sintéticos y productos de cuidado personal. Según el estudio de Akdogan y Guven (2019), se estima que más de 14 millones de toneladas de plásticos llegan a los océanos cada año, esto incluye los microplásticos. (16) Los mariscos, peces y otros organismos marinos pueden ingerirlos directamente de la columna de agua o de sus presas, lo que origina preocupación por la bioacumulación de estos compuestos en los organismos marinos. (16) Está bien documentado que la ingesta de microplásticos por los peces y habiéndose conseguido la contaminación en diversas variedades o en diferentes ecosistemas. La ingestión de microplásticos ha sido reportada en el 36,5 % de los peces capturados en el Canal de la Mancha, a lo largo de la costa china entre 55,9–92,3 % de las especies de peces y a nivel mundial los microplásticos afectan de manera permanente a los organismos acuáticos. (17) Entre los diversos organismos marinos, los mariscos son considerados una vía importante de contaminación humana a los microplásticos, porque estos filtran gran volumen del agua de mar durante su proceso de alimentación y, por lo tanto, almacenan microplásticos proveniente de agua de mar. (16) Se han revelado microplásticos en diversos mariscos que se consumen enteros, como mejillones, ostras y almejas, con una exposición humana anual considerada de 212 partículas por persona por año en Corea del Sur y hasta 11,000 partículas por año para la población europea consumidora, lo que crea inquietud sobre la ingestión de microplásticos a través de estos organismos. (16) Además, los microplásticos almacenan otros contaminantes adheridos, incluyendo contaminantes orgánicos persistentes, bacterias resistentes a antibióticos y metales pesados, actuando como portadores de diversos y variados contaminantes emergentes a lo largo de la cadena alimentaria marina. (18)

Una vez que los desechos plásticos ingresan en el océano, se fragmentaran gradualmente en partículas más pequeñas a través de diversos procesos de desgaste ambiental, incluyendo exposición a los rayos UV, biodegradación y estrés físico. Las partículas plásticas con una dimensión máxima de <5 mm se denominan comúnmente microplásticos. Debido al tamaño pequeño, los microplásticos están disponibles para una extensa gama de especies marinas, desde invertebrados planctónicos hasta grandes mamíferos marinos. Como resultado de estos procesos los microplásticos se detectan ampliamente en bivalvos, crustáceos, poliquetos, peces y aves marinas. (1,2,16)

Tipos de microplasticos

Se ha encontrado polímeros microplásticos (MP) en todas partes: en cuerpos de agua, tierra y aire. Los MPs más comúnmente encontrados son polietileno (PE) y poliestireno (PS), seguidos de polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), poliamida (PA) y alcohol polivinílico (PVA). Debido a la lenta tasa de degradación de los MPs, estos se acumulan y persisten durante largos periodos de tiempo en el ambiente, donde pueden interactuar con los organismos. En este sentido, ha habido abundante investigación sobre problemas relacionados con los MPs, incluyendo su origen, destino e interacción entre los MPs y diversos componentes acuáticos (es decir, plancton, plantas acuáticas, invertebrados, peces y aves acuáticas). Además, las MPs coexisten con mezclas de contaminantes en el medio ambiente y se ha informado que actúan como vectores para la transferencia de estos contaminantes químicos del agua y el suelo a los organismos acuáticos y terrestres. Esto generalmente ocurre mediante la adsorción de contaminantes orgánicos en la superficie hidrófoba de las MPs. (19,20) Los contaminantes químicos que interactúan con las MPs se pueden clasificar en dos grupos:

a) aditivos añadidos a los plásticos para lograr las propiedades físicas y químicas deseadas (antimicrobianos-[triclosán-, termorresistentes -éteres difenílicos policlorados-, antioxidante -nonilfenol-) (21)

b) sustancias químicas adsorbidas del medio circundante. Los productos de cuidado personal, farmacéuticos, domésticos e industriales, como los filtros UV, los antibióticos, conservantes, retardantes de llama o sustancias perfluoroalquiladas (PFAS), son algunos de los contaminantes emergentes de particular de preocupación. Estos productos que se liberan constantemente al medio ambiente en grandes cantidades y su preocupación ecológica está coligada con su persistencia, capacidad de bioacumulación y tasa limitada de eliminación. (21)

- Polietileno (PE), es actualmente uno de los plásticos más utilizados, se estima que la producción anual es 80 millones de toneladas y es utilizado principalmente en embalajes (botellas, bolsas de plásticos, envases de alta dureza, geomembranas, laminas, etc) y empaques, etc. El PE 20 es elaborado habitualmente en forma de pellets para luego convertirse en películas o pipas y, por lo general, son productos de un solo uso, que presenta la fórmula química (C2H4)nH2. Este puede dividirse generalmente en PE de baja (LDPE) o de alta densidad (HDPE), es generalmente una mezcla de compuestos orgánicos similares los cuales se diferencian entre sí por su grado de ramificación o empaquetamiento molecular. (22)

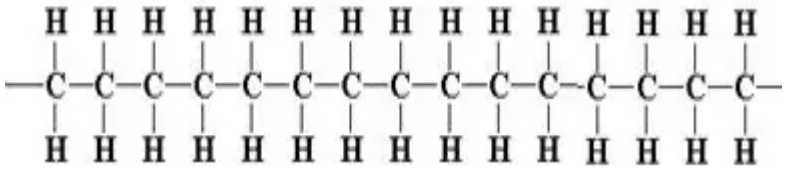

Figura 2. Formula química de poletileno

Fuente: https//: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/07/polietileno-pe.htm

- Poliestireno (PS).- es un polímero termoplástico aromático que resulta de la polimerización del monómero estireno; es relativamente frágil a menos que sea modificado químicamente[10]. Es uno de los plásticos más económicos, resistentes y fáciles de fabricar, además de tener múltiples aplicaciones. Es transparente, duro y presenta resistencia al calor hasta una temperatura de 70 °C; además, cuenta con la característica de ser fácilmente coloreado. Se trabaja con facilidad, es resistente a los alcoholes y estable a los ácidos, sin embargo, no presenta resistencia a los disolventes; se emplea principalmente en artículos de uso común como vasos y platos desechables, en la industria de embalaje, construcción, muebles, artículos para el hogar, electricidad, electrónica y transporte. (23)

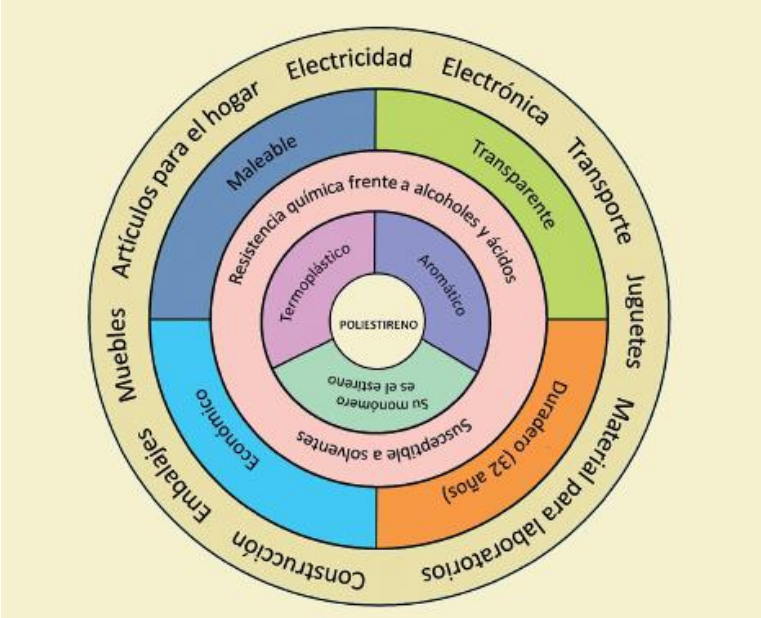

Figura 3. Aplicaciones del poliestireno

Fuente. https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2024.67.3.02

- polipropileno (PP).- es un polímero termoplástico liviano, resistente, rígido y cristalino que se emplea en el desarrollo de múltiples aplicaciones. Gracias a su versatilidad, el PP se ha transformado en uno de los materiales más utilizados en aplicaciones que van desde el desarrollo de botellas hasta materiales de ingeniería. Se considera un plástico de baja densidad y alta resistencia al calor. Su fórmula química es (C3H6)n y se elabora a partir de la polimerización del monómero de propeno. (24)

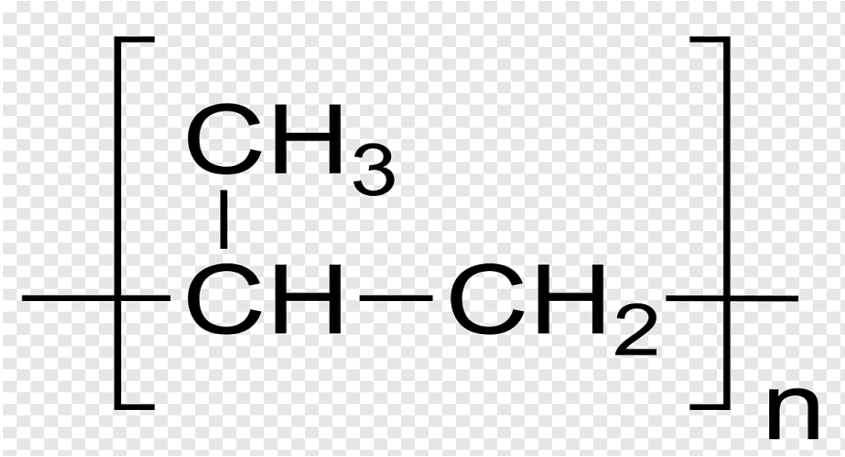

Figura 4. Formula de Propileno

Fuente: https://www.pngwing.com/es/free-png-phyjy

- Cloruro de polivinilo (PVC), es un polímero plástico sintético procedente del cloruro de vinilo. Es uno de los termoplásticos más notorios y empleados del mundo, gracias a su durabilidad, versatilidad y costo relativamente bajo. Se obtiene a partir del craqueo de petróleo, que consiste en romper los enlaces químicos de este compuesto para conseguir etileno que, mezclado con el cloro que se adquiere el cloruro de sodio, produce etileno diclorado que después se convierte en cloruro de vinilo, tiene alta densidad y buena resistencia a la tracción, especialmente en su forma rígida, por lo que es popular en la construcción y el riego. Resiste impactos, productos químicos y calor, es resistente al fuego y es impermeable a los líquidos. (25)

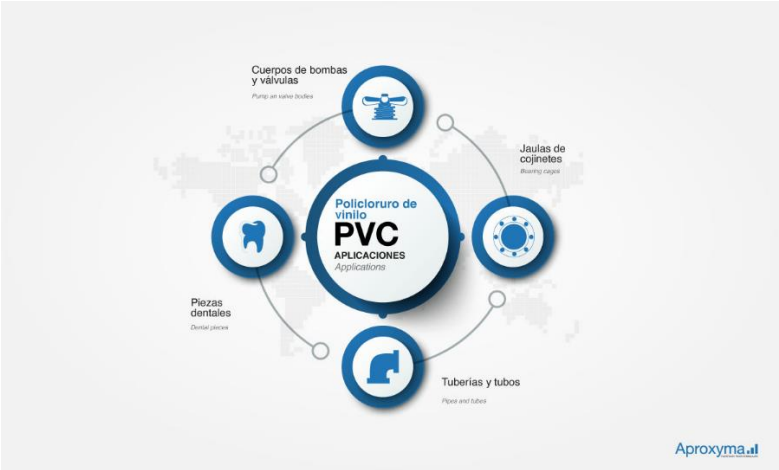

Figura 5. Aplicaciones del PVC

Fuente: //aproxymaplastics.com/pvc/5-cosas-que-deberias-saber-sobre-el-pvc/

- Tereftalato de polietileno (PET), es un Poliéster Termoplástico y se obtiene a partir de dos compuestos especialmente: Ácido Terftálico y Etilenglicol, se caracteriza por su elevada pureza, tenacidad y alta resistencia. De acuerdo a su orientación posee propiedades de transparencia, resistencia química; esta resina es aprobada por la Food and Drug Administration (FDA). Su versatilidad lo hace ideal para aplicaciones en textiles, envases y componentes electrónicos. (26)



Figura 6. Aplicaciones del PET

Fuente:Https://ecyplastec.es/tereftalato-de-polietileno-propiedades-y-aplicaciones-en-la-industria-moderna

- Poliamida (PA), es un polímero sintético que pertenece a la familia de los termoplásticos, es conocido como nailon, destaca por su excelente resistencia mecánica, flexibilidad y durabilidad, debido a su estructura molecular puede soportar

fricción, cargas, humedad y temperaturas elevadas sin disminuir su rendimiento. Las poliamidas se originan a través de la polimerización de monómeros que poseen grupos amida, como el hexametilendiamina y la caprolactama. (27)



Figura 7. Aplicaciones de la poliamida

Fuente: https:// www.ossurplasticos.com.ar/Poliamidas.php

1.6.2 Mariscos

Entre las especies marinas, los mariscos se han empleado considerablemente como especies indicadoras para el monitoreo de contaminantes ambientales tales como metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes debido a su extensa distribución, naturaleza estacionaria (o inmovilidad), fácil accesibilidad, alta tolerancia a una amplia gama de especies contaminantes ambientales y pobre índice de metabolismo. Los mariscos son filtradores que mientras se alimentan filtran un gran volumen de agua de mar y, por lo tanto, pueden ingerir y acumular los microplásticos presentes en el agua de mar. (28)

Concepto.- Los mariscos son animales marinos invertebrados comestibles, que tienen en el agua de mar principalmente su medio normal de vida. Comprende crustáceos, moluscos, equinodermos, tunicados entre otros. Se adquieren a partir de bancos naturales, en mar abierta, o a través de cultivos artificiales, mediante la creación de parques y viveros acuáticos. (28)

Clasificación más común de los mariscos

Moluscos: Tienen cuerpos blandos cubiertos con una concha de una o más piezas:

- Bivalvos: dos conchas unidas por un músculo fuerte Ej: Almejas, Ostras, Choros
- Cefalópodos: Con tentáculos unidos a la cabeza y una bolsa de tinta Ej: Pulpos, Calamares, Jibias
- Univalvos o Gasterópodos: una sola concha sencilla y un solo músculo Ej: Locos, Caracoles

Crustáceos: Tienen cuerpos alargados con conchas blandas y articuladas Ej: Langostas, camarón, jaiba, etc.

Equinodermos Ej: Erizo de mar

Tunicados Ej: Piure

Mariscos estudiados

- **Choro. -** nombre científico Aulacomya atra (Molina 1782), también conocido como cholga o mejillones, es una especie filtradora, planctófaga y detritívora; bentónico costero, sésil, asociado a los fondos rocosos. También se registran en sustrato roca-fango, roca o piedra-arena, roca o piedra -arena-fango. Presenta una concha gruesa mitiliforme. La superficie externa presenta líneas concéntricas de crecimiento y costillas radiales que lo distinguen de otros mitílidos. El borde ventral cóncavo y el borde dorsal prominente hacia la mitad posterior de la valva. La coloración del periostraco de color negro – púrpura intensa, mientras que el interior de la valva es blanco nacarado.(29)



Figura 8. Choro abierto

Fuente: https://buenazo.pe/notas/2022/03/11/choros-como-escoger-preparar-640

- **Palabritas.** Nombre científico *Donax obesulus*, también conocida como marucha, concha mariposa, Superficie externa de la parte anterior casi lisa con finas estrías concéntricas. Extremo anterior algo redondeado, el posterior es oblicuo y romo, alcanza hasta lo 4cm. Vive enterrada en el intermareal de playas arenosas. Se le puede

encontrar hasta 15 m de profundidad. Se distribuye en América de Sur desde Canoa en Ecuador hasta Antofagasta en Chile. (30)

-



Figura 9. Mariscos palabritas

- Concha rayada.- lliochione subrugosa, característica de forma subtriangular algo inflada, Coloración externa grisácea o crema con anchas bandas radiales de color marrón púrpura. Llega alcanzar hasta los 5 cm. (31)



Figura 10. Concha Rayada

Fuente: Catalago digital de la biodiversidad acuática del Perú

- Almeja. - Semele sólida, es una concha delgada subcircular algo inflada, de coloración externa blanco-crema e interna blanca, con costillas radiales pequeñas y poco espaciadas. Conocida como concha blanca. Vive en fondos de arena y grava en la zona intermareal y se le puede encontrar hasta 11 m de profundidad, llegando a

medir hasta 6,4 cm. Se le encuentra desde Lima hasta el archipiélago de los chonos en Chile. (31)



Figura 11. Almeja (Seleme solida)

Fuente: Catalogo digital de la biodiversidad acuática del Perú

- Cangrejo. - Romaleon setosum, conocido como cangrejo peludo, de caparazón finamente granulado, el cual esta cubierto de pelos gruesos y cortos; el dorso del caparazón es de color marrón rojizo a morado, presentando manchas de color amarillo pálido en juveniles. Habitad se extiende desde la zona intermareal hasta 45 m de profundidad, en fondos arenosos heterogéneos o areno fangosos, con refugios en las rocas, grandes conchas y macroalgas, desde Pacasmayo, La Libertad a Tacna. (31)



Figura 12. Cangrejo peludo

Fuente: Catalago digital de la biodiversidad acuática del Perú

- Langostinos. - crustáceo decápodo de la suborden Dendrobranchiata, que osee un cuerpo curvo con 5 pares de patas, de caparazón semiduro, su color varía según la especie y el sexo. Su tamaño varía entre 6 a 12 cm. Vive en fondos arenosos a una profundiad de unos 20 m, principalmente en la desembocadura de ríos.(www.bing.com/search?q=langostino+de+mar&FORM=QSRE10)
-



Figura 13. Langostino
Fuente: Langostino – Fruto del Mar

1.6.3 Caleta de San Andrés Pisco

El distrito de San Andrés, fundado en el año 1921, es uno de los ocho distritos de la provincia de Pisco, departamento o región de Ica - Perú, ubicado a 7 msnm, con una superficie de 39,45 Km^2, que limita al norte con los distritos de Pisco y Túpac Amaru Inca, al este con la provincia de Ica, al sur con Paracas y al oe ste con el océano Pacífico. Este distrito es conocido por su muelle de pescadores de aguas frías, color verdoso debido al fitoplancton, rico en diversas especies marinas, clima marino y su rica historia, que incluye la fundación de la Colonia Griega de Sa n Andrés por inmigrantes griegos en el siglo XIX. San Andrés es un distrito que se destaca por su economía, salud, educación y bienestar de la población. (32)

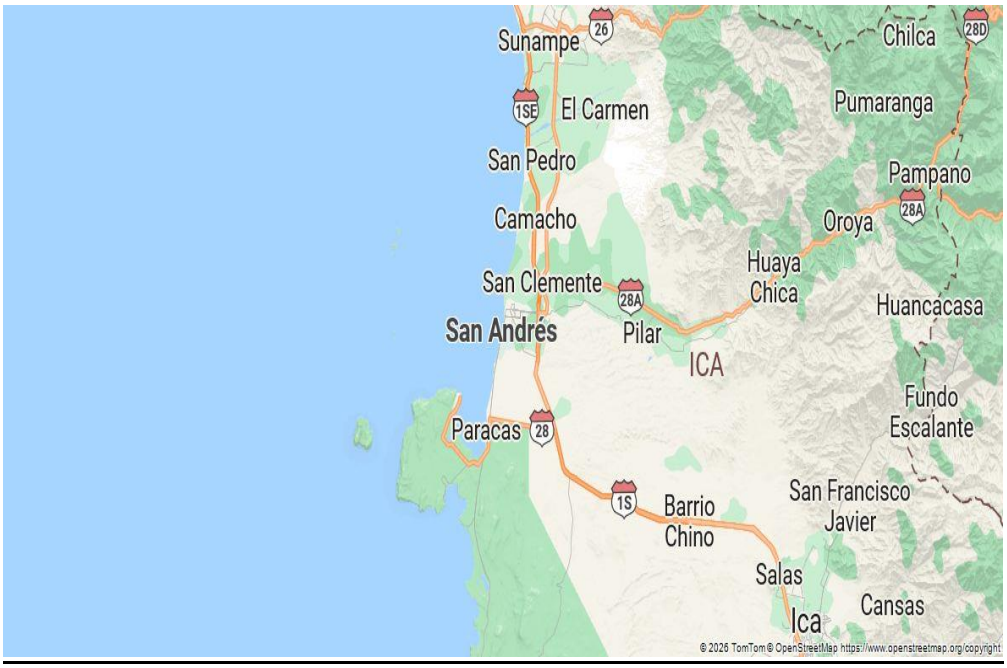

Figura 14. Ubicación geográfica del distrito de San Andrés

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1 Tipo, nivel y Diseño de la investigación

2.1.1. Tipo de Investigación

Básica

Tipo de investigación básica cualitativo-cuantitativo y longitudinal, teniendo en cuenta que en el presente estudio determinamos la presencia o ausencia tipo de microplásticos en determinadas especies de mariscos y cuantificamos la presencia de estos; longitudinalmente, porque los resultados adquiridos corresponden a dos periodos de tiempos diferentes en los cuales se ejecutan los análisis.

2.1.2. Nivel de Investigación

Descriptivo- Explicativo

Descriptivo: Involucra conocer la actual situación, es decir se describe las condiciones actuales de contaminación de las respectivas especies; así como, de los métodos aplicados en la determinación de dicha contaminación.

Explicativo: Porque trata de indagar el porqué de la contaminación, a través del establecimiento de las relaciones causa-efecto. Pues fundamentamos la posible relación entre la presencia de los microplasticos hallados y el ambiente en el cual las especies se desarrollan.

2.1.3. Diseño de Investigación

Analítico-experimental

Tiene como base la aplicación procedimientos analíticos estandarizados que permite la verificación de los resultados analíticos, para entender los sucesos causales.

2.2 Materiales de trabajo

2.2.1. Materiales de laboratorio

- Vasos de precipitado altos
- Probetas de 100 mL
- Luna de reloj

- Matraces kitasato
- Espátulas de metal
- Fiolas de 100 y 250 ml
- Varillas agitadoras
- Tubos de ensayo
- Pipetas
- Placas petrei
- Pinzas metálicas
- Embudos de filtración al vacio
- Propipetas
- Cuchillos
- Tijeras
- Forceps

2.2.2. Material biológico

- Moluscos de diversas especies como
  Choros o mejillones
  Palabritas
  Almejas
  Conchas rayadas
  Conchas blancas

2.2.3. Equipos

- Balanza analítica
- Evaporador rotatorio
- Baño ultrasonido
- Estereoscopio
- Estufa
- pHmetro
- Mufla
- Balanza de precisión

2.2.4. Reactivos

- Etanol 96
- Peróxido de hidrogeno
- Hidróxido de potasio
- Agua destilada
- Peróxido de hidrogeno 30%
- Alcohol 70°
- Rojo nilo
- Hidróxido de Amonio 25%
- Sulfato de sodio anhidro

2.2.5. Adicionales

- Papel aluminio
- Papel filtro rápido
- Guantes de nitrilo estériles
- Mascarilla
- Gafas de laboratorio
- Papel tissú
- Papel toalla
- Frascos viales
- Micropipetas automáticas y tips para micropipetas

2.3 Población y muestra

La población para el presente estudio estuvo constituida por las diversas especies de mariscos que se capturan en la zona de influencia de la caleta de San Andrés en la provincia de Pisco.

Muestra. La muestra para el estudio estuvo constituida por 5 tipos de mariscos que se expendían en la caleta de San Andrés en dos periodos de tiempos diferentes.

2.4 Métodos, técnicas y procedimientos de recolección de datos

2.4.1. Métodos y técnicas

2.4.1.1 Recolección del material biológico

Las diversos mariscos frescos recolectados para el estudio fueron adquiridos en las inmediaciones de la caleta de San Andrés (muelle) entre los pescadores artesanales, con un peso promedio de 500 a 1000 g de cada especie y en el caso de cangrejo 2 especimenes; por lo que, el muestreo fue por conveniencia, ya que se buscaron en cada vendedor la especie seleccionada para el estudio; luego fueron transportadas a los laboratorios de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga, en una caja de Tecnopor con refrigerantes tratando de mantener una cadena de frio que mantenga las condiciones de frescura de los productos; luego se almacenaron en congelación hasta su uso posterior estudio. Los mariscos se descongelaron durante 1 hora para la realización de los análisis respectivos.

2.4.1.2 Tratamiento de la muestra

Selección: Se procedió a escoger los mariscos de mayor tamaño; y proceder a su limpieza respectiva eliminando cualquier materia extraña (arena, algas otros); luego se lavaron con abundante agua del grifo y un enjuague con agua destilada, estos se congelaron para su posterior análisis.

Extracción de la porción comestible: De los mariscos descongelados se separaron la porción comestible de las conchas (en los bivalvos) o del caparazón o exoesqueleto (en los cangrejos en el interior y las pinzas) mediante la apertura con pinzas y tijeras, extrayendo las partes comestibles que se colocaron en vaso de precipitado y posteriormente picadas y molidas.

Procedimiento para evitar contaminaciones

Para prevenir cualquier contaminación, los líquidos a utilizar, se filtraron con filtros de acetato de celulosa de 0,45 μm. Los recipientes y vasos se enjuagaron tres veces con agua filtrada antes de su uso. Durante todo el proceso de digestión las muestras fueron cubiertas con papel aluminio y entre los pasos de preparación se utilizó una muestra de blanco de laboratorio (agua ultrapura Millipore) en cada análisis. Las muestras de blanco se sometieron al mismo procedimiento que las muestras.

2.4.1.3 Digestión y separación.

Se extrajeron los tejidos blandos de 10 mariscos de cada especie de las conchas utilizando un equipo de disección, se enjuagaron con agua destilada y filtrada por membranas de 0,45um y se agruparon en un matraz de vidrio limpio y etiquetado. Se analizaron dos réplicas para cada tipo de marisco y un blanco sin tejido blando como material de prueba. Se añadieron 100 ml de KOH al % (v/p), a los 5 g pesados de tejidos blandos y los matraces se cubrieron con papel de aluminio, A continuación, los matraces se colocaron en una incubadora con temperatura controlada a 65 °C con agitación suave por 24 horas; luego se adicionó 150 ml de H_2O_2 (30 %). Y se llevaron a baño ultrasonido por 30 minutos y se dejaron digestar hasta el otro día. La digestión se detuvo una vez que las muestras se volvieron transparentes, hasta que no queda partículas visibles ni perceptibles**.**

Los matraces se retiraron de la incubadora y se dejaron a temperatura ambiente durante 24 horas. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 5000 rpm durante 5 minutos, luego se filtraron el sobrenadante al vacío con filtros de membrana de celulosa (0,45 µm, 47 mm de diámetro). Los filtros se colocaron en placas Petri con tapas y se secaron a 40 °C. (33,35)

2.4.1.4 Procedimiento de Detección y cuantificación de microplásticos

Se aplicó la metodología descrita por Hidalgo-Ruiz et al. y Paterson et al. para observar adecuadamente las partículas de microplásticos y caracterizar sus atributos físicos. La presencia de MP sospechosas se clasificaron según su tamaño, color y forma mediante estereomicroscopía, la cual demuestra ser eficaz para la detección de MP siguiendo los métodos anteriores. Las partículas de microplasticos se clasificaron en fragmentos, líneas, fibras o gránulos, igual mente el color de estas partículas se basó en identificación visual. Para el caso de la determinación de tamaño se determinó en las cuadriculas de las membranas filtrantes distancias relativas con un vernier calibrado, por lo que las medidas son referenciales. (36.38)

2.5 Lugar de experimentación

El lugar donde se llevó a cabo la presente investigación fue en los laboratorios de Análisis Instrumental y Química General de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga. El origen de las muestras como se clasifico anteriormente fue la cleta de San Andrés en la provincia de Pisco

2.6 Técnicas de procesamiento de la información

Recolección de datos analíticos

Todos los datos analíticos fueron registrados en el correspondiente cuaderno de trabajo o bitácora, en donde se asentaron los resultados de cada uno de los procesos y determinación de los experimentos programados en el proyecto de investigación; haciendo uso de la aplicación de los procedimientos analíticos utilizados en cada caso.

Procesamiento de datos

Los datos se analizaron en Microsoft Excel 2019 y se sometieron a métodos de análisis paramétrico como: determinación de la media y desviación estándar, así como métodos no paramétricos

2.7 Aspectos éticos

En el presente estudio los autores han cuidado todos los criterios éticos notables que involucran una investigación a nivel universitario para acceder un título profesional, advirtiendo todos aquellos elementos que pudieran originar un conflicto de interés o que conlleven a una alteración de los objetivos planteados en el estudio.

III. RESULTADOS

3.1. Caracterización y análisis primer periodo de Tiempo (diciembre)

Tabla 1. Resultados de la Caracterización Fisicoquímica de los mariscos estudiados en prime periodo (diciembre)

Especie	**Peso/unidad (g)**	**Tamaño/unidad (cm)**
Choro	24,57 ± 3,15	6,3 ± 0,4
Palabrita	13,5 ± 2,15	2,8 ± 0,53
Concha rayada	53,7 ± 6,29	6,9 ± 0,32
Almejas	45,24 ± 5,03	7,4 ± 0,38
[1]Cangrejos	248,7 ± 0,19	17,4 ± 0,38
Langostino	6,16 ± 1,42	4,27 ± 0,4

Nota: En el caso de cangrejos fueron 3 unidades
Los bivalvos fueron media docena (excepción de las palabritas 12 unidades)
Los langostinos 12 unidades

Tabla 2**.** Determinación de la porción comestible en los mariscos estudiados en primer periodo (diciembre)

Especie	**Peso/comestible (g)**	**Porcentaje**
Choro	4,31	11,7
Palabrita	1,35	10,2
Concha rayada	7,25	13,5
Almejas	9,05	21,1
Cangrejos	13,35	23,2
Langostino	2,91	47,2

Nota: En el caso de cangrejos fueron 3 unidades

Los bivalvos fueron media docena (excepción de las palabritas 12 unidades)

Los langostinos 12 unidades

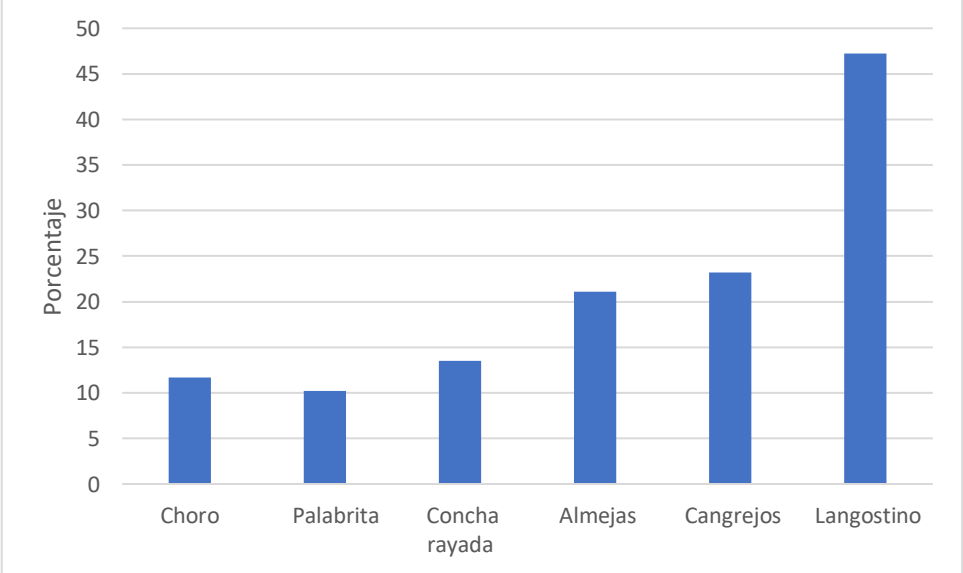

Figura 15. Representación gráfica de la porción comestible de los mariscos estudiados

Tabla 3. Contenido de microplasticos en la porción comestible de los mariscos estudiados en el primer periodo (diciembre)

Especie	Fibra (g)	Fragmento	Total
Choro	4	5	9
Palabrita	1	3	4
Concha rayada	7	5	12
Almejas	9	2	11
Cangrejos	3	4	7
Langostino	2	2	4

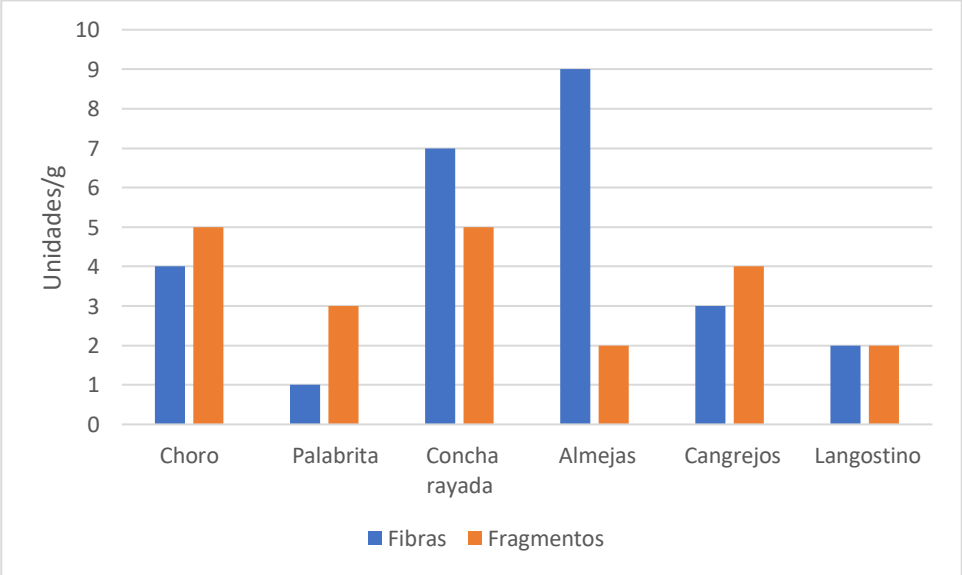

Figura 16. Representación gráfica del contenido de microplasticos en mariscos

3.2 Caracterización y análisis de segundo periodo de Tiempo (Febrero)

Tabla 4. Resultados de la Caracterización Fisicoquímica de los mariscos estudiados en el segundo periodo (febrero)

Especie	**Peso/unidad (g)**	**Tamaño/unidad (cm)**
Choro	21,26 ± 3,31	6,1 ± 0,55
Palabrita	10,2 ± 2,11	3,1± 0,21
Concha rayada	49,7 ± 3,29	6,6 ± 0,28
Almejas	44,12 ± 3,73	7,2 ± 0,53
[1]Cangrejos	268,1 ± 9,11	13,2 ± 2,38
Langostino	6,68 ± 1,29	5,24 ± 0,4

Nota: En el caso de cangrejos fueron 3 unidades
Los bivalvos fueron media docena (excepción de las palabritas 12 unidades)
Los langostinos 12 unidades

Tabla 5**.** Determinación de la porción comestible en los mariscos estudiados en el segundo periodo (febrero)

Especie	**Peso/comestible (g)**	**Porcentaje**
Choro	2,57	12,1
Palabrita	1,16	11,4
Concha rayada	7,01	14,1
Almejas	9,05	21,1
Cangrejos	66,4	24,8
Langostino	3,12	46,9

Nota: En el caso de cangrejos fueron 3 unidades

Los bivalvos fueron media docena (excepción de las palabritas 12 unidades)

Los langostinos 12 unidades

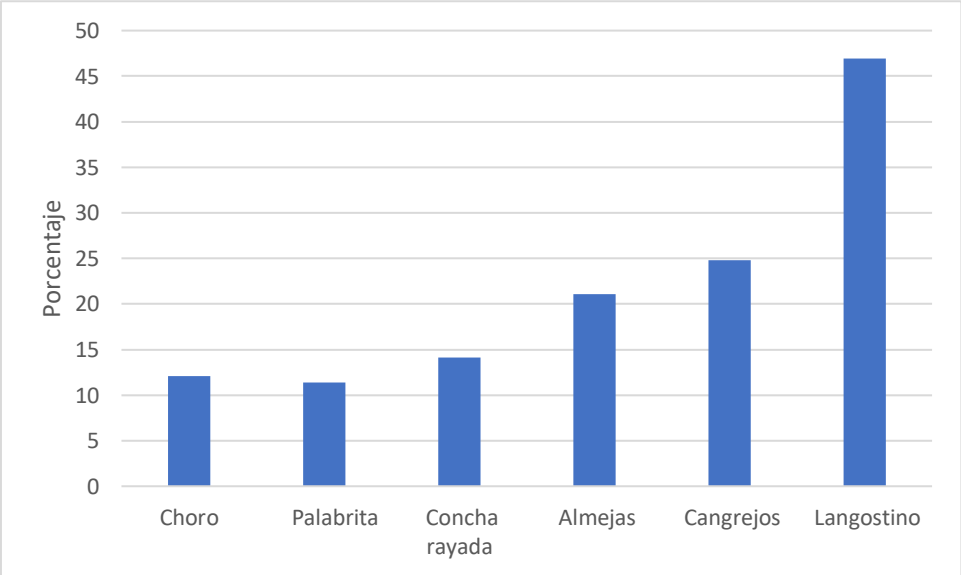

Figura 17. Representación de la porción comestible en los mariscos (febrero)

Tabla 6. Contenido de microplasticos en la porción comestible de los mariscos estudiados en el segundo periodo (febrero)

Especie	Fibra (g)	Fragmento	Total
Choro	5	3	8
Palabrita	4	2	6
Concha rayada	8	2	10
Almejas	6	5	11
Cangrejos	1	2	3
Langostino	2	3	5

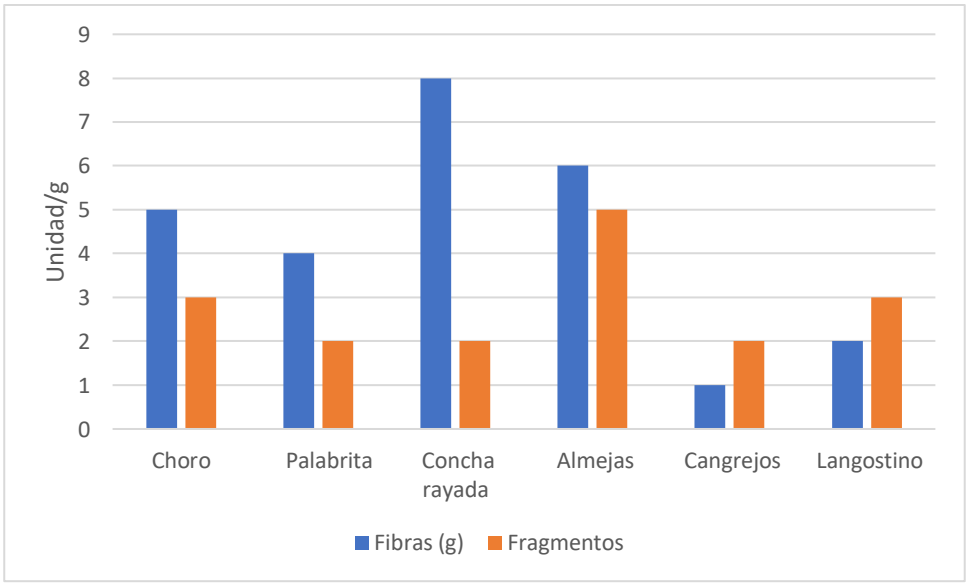

Figura 18. Representación gráfica del contenido del tipo de microplástico según especie

3.3 Comparación de datos obtenidos en los periodos

Tabla 7. Determinación de color y tamaño predominante de microplásticos en la porción comestible de los mariscos estudiados (febrero)

Especie	**Color**	**Tamaño uM**
Choro	Transparente azul	< 400
Palabrita	Transparente	< 200
Concha rayada	Transparente pardo	< 200
Almejas	Azul - rojo	< 200
Cangrejos	Transparente	< 400
Langostino	Transparente Pardo	< 200

Nota: Para la cuantificación de colores y del tamaño se ha considerado el total de especies analizadas en ambas series de tiempo.

Tabla 8. Contenido de microplasticos total en cada periodo de análisis en la porción comestible de los mariscos estudiados

Especie	Diciembre	Febrero	Diferencia significativa
Choro	9	8	1
Palabrita	4	6	2
Concha rayada	12	10	2
Almejas	11	11	-
Cangrejos	7	3	4
Langostino	4	5	1

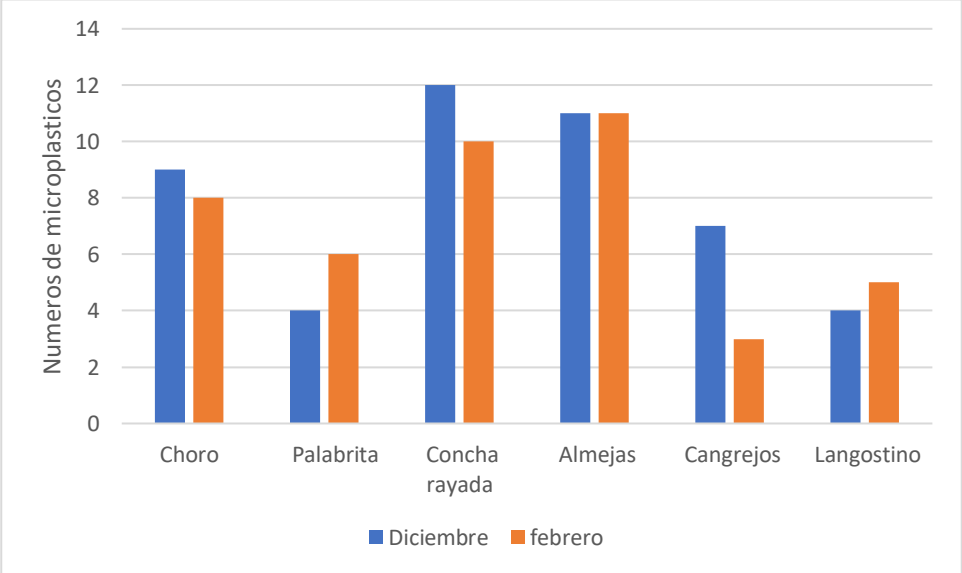

Figura 19. Representación gráfica del contenido de microplasticos en el tiempo las especie analizadas

IV. DISCUSIÓN

Los microplásticos se suelen clasificar como microplásticos primarios y microplásticos secundarios. (1) Los primarios se hace referencia aquellos fabricados inicialmente con un diámetro inferior a 5 mm, como aquellos empleados en la industria cosmética, y los secundarios se refieren aquellos que originalmente eran de gran tamaño al momento de su fabricación, pero que debido a exposiciones a reacciones físicas y químicas se redujeron a menos de 5 mm; cotidianamente se utilizan diferentes clases de plásticos, como polipropileno, tereftalato de polietileno, polietileno, cloruro de polivinilo y poliestireno, los que mayoritariamente se desechan después de un solo uso, llevando esto a la contaminación de diversos ecosistemas y por último constituyendo aproximadamente el 80% de la basura marina; lo que representa un desafío ambiental a nivel mundial; por lo tanto, el consumo de productos del mar, se considera a menudo una de los principales medios de ingestión de microplásticos (1-$). El objetivo general del presente estudio fue determinar la abundancia de microplasticos en diferentes especies de mariscos capturados en la caleta de San Andrés en la provincia de Pisco-Ica; considerando dentro de estos a 4 variedades de bivalvos y dos crustáceos, en un tipo de experimento en dos series de tiempo, siendo una llevada a cabo en el mes de diciembre y la otra fue dos mes después, en el mes de febrero, es decir que se puede considerar un estudio de tipo longitudinal, como resultado en términos general podemos afirmar que la contaminación de microplasticos del ecosistema marino en la región no es circunstancial, puesto que en las dos series de tiempo se encontraron presencia de estas partículas en todas las especies estudiadas.

En la tabla 1, se aprecia la caracterización de las especies en estudios con respecto al peso y talla (tamaño), observando que en el caso de los mariscos bivalvos las conchas rayadas seguida de las almejas presentaron el mayor peso y como era de esperar en el caso de los crustáceos los cangrejos fueron los de mayor peso y tamaño, al relacionar esto con los datos de la tabla 2, podemos ver la importancia, pues en los bivalvos no se encuentran diferencias significativa en la porción comestible a excepción de las almejas; en el casos de los crustáceos a pesar de los cangrejos ser significativamente mayor en peso y tamaño por individuos, los langostinos presentan una porción comestible considerablemente mayor; por lo tanto, al realizar la determinación de la presencia de estos contaminantes no se debería expresar por individuos, sino por peso de porción comestible. Se detectaron dos tipos de microplasticos fibra y fragmento en todas las especies analizadas; en muestras de conchas rayadas y almejas fueron las que presentaron un mayor número de ítems por gramos, resultados consistente con algunos estudios en los cuales en determinaron la presencia de estas particulas tanto en el agua marina como en especies de mariscos y peces analizadas (3-8, 38); tipo fueron predominantemente fibra consistente con estudios en America. (1,3,7)

En la segunda serie de tiempo al realizar, la caracterización de los individuos tabla 4, se observa un menor peso y tamaño de los bivalvos, pero un incremento en los crustáceos; sin embargo, a pesar de presentar una menor porción comestible en las especies, no se presentó una diferencia significativa. En la determinación de microplasticos el tipo predominante fue la fibra en casi todas las especies, siguiendo el mismo patrón, es decir que la especie más contaminadas fueron las conchas rayadas y las almejas; los resultados aquí determinados son altos, pero comparados que los estudios reportados en la zona de Asia ligeramente menores, (12,15,19) en especial en la especies de camarones (langostinos) y cangrejos.(38-40)

Al determinar el color de microplásticos se observó que dicha presencia fue diferentes colores en las especies (tabla 7). Se observaron cuatro colores predominantes en las seis especies, incluidos transparente, azul, pardo y rojo, el color con la proporción más alta fue el transparente, seguido del color azul., igual manera se determinó el tamaño de las partículas siguiendo predominantemente < 200 µm, salvo en las especies de choros y los crustáceos donde se observaron partículas de tamaños < 400 µm. Todos los valores hallados en la presente investigación se deben tomar con cierta cautela, considerando que son las primeras experiencias que se están teniendo en el área. Estas características fueron disimiles con respecto a los diversos estudios consultados en la realización del presente estudio. (3,12,15, 41)

Al analizar el total de microplasticos por especies en las diversas series de tiempo (diciembre vs febrero) se pudo ver que no hay diferencia significativa salvo en cangrejos, los que nos lleva a concluir que la contaminación por estos contaminantes en las especies de mariscos capturados en la caleta de San Andrés no es circunstancial, sino permanente.

V. CONCLUSIONES

En el presente estudio luego de una discusión de los resultados obtenidos podemos llegar a las siguientes conclusiones de acuerdo a los objetivos planteamos:

1. Los diversos mariscos capturados en la caleta de San Andrés-Pisco, tanto bivalvos como crustáceos presentaron una alta concentración de microplásticos

2. El tipo de microplásticos predominante presente en los mariscos capturados en la caleta de San Andrés-Pisco fue el tipo fibra.

3. El tipo de marisco que presenta una mayor contaminación por microplásticos fue la concha rayada y almejas

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar un monitoreo constante sobre la presencia de microplásticos en las especies de mariscos, priorizando en los bivalvos considerando que son organismos filtradores, lo que los hace bioindicadores biológicos de contaminación del ecosistema acuático.

2. Ampliar los criterios analíticos, para poder determinar el tipo de estructural de microplásticos presente en los diversos organismos analizados, para determinar su procedencia.

3. Implementar un método que permita realizar una determinación del tamaño real y absoluto de los microplásticos presentes en las diversas especies analizadas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Paul, S., Nath, S., Bhattacharjee, S. *et al.* Unveiling the effects of microplastics pollution on marine fauna. *Blue Biotechnology* **1**, 6 (2024). https://doi.org/10.1186/s44315-024-00006-.
2. Alfaro-Núñez, A., Astorga, D., Cáceres-Farías, L. *et al.* Microplastic pollution in seawater and marine organisms across the Tropical Eastern Pacific and Galápagos. *Sci Rep* **11**, 6424 (2021). https://doi.org/10.1038/s41598-021-85939-3
3. Astorga-Pérez, Angélica, Ulate-Naranjo, Karol, & Abarca-Guerrero, Lilliana. Presencia de microplásticos en especies marinas del Parque Nacional Marino las Baulas. *Revista Tecnología en Marcha*, (2022). *35*(2), 27-38. https://dx.doi.org/10.18845/tm.v35i2.5466
4. Menéndez F.D. Cuantificación e impacto de microplásticos en especies marinas. Tesis doctoral. Departamento de biología funcional. Área de genética. Programa Oficial de Doctorado en Ingeniería Química, Ambiental y Bioalimentraia. Universidad de Oviedo España. 2023.
5. Kharraz JA, Mingyi Jia, Muhammad Usman Farid, Noman Khalid Khanzada, Nidal Hilal, Shadi W. Hasan, Alicia Kyoungjin An, Determination of microplastic pollution in marine ecosystems and its effective removal using an advanced nanobubble flotation technique, Journal of Water Process Engineering, 2024. Volume 57, 104637, ISSN 2214-7144, https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104637
6. Yibar, A., Nur Genc, M., Ceylan, A., Suzer, B., & Duman, M. Determination of microplastic and mold species in mussels from the Marmarasea, Türkiye. Acta Veterinaria Eurasia, (2024). 50(3), 196-209.
7. Rivera-Garibay O, Alvares F.L. Rivas-soto M, Garell-Rios O. Impacto de la contaminación por plásticos en áreas naturales protegidas mexicanas. 2024 Greenpeace México. DOI:10.13140/RG.2.2.19833.29281
8. Ourgaud M, Ngoc Phuong N, Papillon L, Christos Panagiotopoulos, François Galgani, et al. Identification and Quantification of Microplastics in the Marine Environment Using the Laser Direct Infrared (LDIR) Technique. Environmental Science and Technology, 2022, 56 (14), pp.9999- 10009. ff10.1021/acs.est.1c08870ff. ffhal-03705932f

9. Gutiérrez DM, Cabrejos CU. Análisis de la presencia de partículas de microplásticos en muestras de fecas de nutria marina (Lontra felina) en la costa de Lima. Tesis Carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad San Ignacio de Loyola 2025
10. Iannacone José, Principe Fabiola, Minaya David, Panduro Grober, Carhuapoma Mario, Alvariño Lorena. Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. Rev. investig. vet. Perú [Internet]. 2021 Mar [citado 2025 Mayo 18]: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172021000200024&lng=es. http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20038
11. Gavilán S.J, Ortiz C.Y, Aranda B.K, Flores-Gómez S. Microplásticos en contenido estomacal de la "lisa" Mugil cephalus, Lima -Perú. Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo (2019) Volumen 5 Número (2): 38-45
12. Thushari GGN, Senevirathna JDM. Plastic pollution in the marine environment. Heliyon. 2020 Aug 27;6(8): e04709. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04709. PMID: 32923712; PMCID: PMC7475234.
13. Dellisanti, W., Leung, M. M.-L., Lam, K. W.-K., Wang, Y., Hu, M., Lo, H. S., & Fang, J. K. H. (2023). A short review on the recent method development for extraction and identification of microplastics in mussels and fish, two major groups of seafood. Marine Pollution Bulletin, 186, 114221. [CrossRef
14. Borges F, Freitas R, Silva ALP, Soliz-Rojas D.L, Paniagua-González G.; Solé M. Could Mussel Populations Be Differentially Threatened by the Presence of Microplastics and Related Chemicals? *Toxics* **2025**, *13*, 181. https://doi.org/10.3390/toxics13030181
15. Linh-Thy, L.; Nguyen, K.-Q.N.; Phuong-Thao, N.; Duong, H.C.; Xuan-Thanh, B.; Hoang, N.B.; Nghiem, L.D. Microfibers in laundry wastewater: Problem and solution. *Sci. Total Environ.* 2022, *852*, 158412. [Google Scholar] [CrossRef]
16. Himanshu Jangid, Joydeep Dutta, Arun Karnwal, Gaurav Kumar. Microplastic contamination in fish: A systematic global review of trends, health risks, and implications for consumer safety, Marine Pollution Bulletin, 2025.Volume 219,118279,ISSN 0025-326X,https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118279.
17. Parolini M , Stucchi M, Ambrosini R, Roman A. Una perspectiva global sobre la bioacumulación de microplásticos en organismos marinos. Ecol. Indic. , 149 (2023) , Artículo 110179, 10.1016/j.ecolind.2023.110179
18. Ali N, Khan MH, Ali M, Sidra Ahmad, Khan S, Nabi A, Ali G, Bououdina F, y Kyzas, GZ. Información sobre los microplásticos en el ecosistema acuático: propiedades, fuentes, amenazas y estrategias de mitigación. Ciencia. Medio ambiente total. 2024 , 913 , Artículo 169489

19. Cho Youna, Joon Shim Won, Mi Jang, Gi Myung Han, Sang Hee Hong, Abundance and characteristics of microplastics in market bivalves from South Korea, Environmental Pollution,2019, Volume 245,Pages 1107-1116,ISSN 0269-7491, https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.11.091.
20. Martín Julia, Santos Juan Luis, Aparicio Irene, Alonso Esteban, Microplastics and associated emerging contaminants in the environment: Analysis, sorption mechanisms and effects of co-exposure,Trends in Environmental Analytical Chemistry,2022,Volume 35,e00170,ISSN 2214-1588,https://doi.org/10.1016/j.teac.2022.e00170.
21. Jang M et al. Formation of microplastics by polychaetes (*Marphysa sanguinea*) inhabiting expanded polystyrene marine debris. Mar. Pollut. Bull. (2018)
22. Rivera Patlán A. Impacto de los micro y nanoplásticos de polietileno en la microbiota intestinal: Evaluación de la interacción con Bacillus clausii. Tesis maestría. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica Agosto, 2024 Tonantzintla, Puebla. https//: inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/2661/1/RIVERAPAE_MCTB.pdf
23. Pat-Vázquez Noemí Iraís, Tirado-Mendoza Rocío, Cervantes-Uc José Manuel, Leal-Bautista Rosa María, Acosta-González Gilberto, Rodríguez-Fuentes Nayeli. Efecto de los microplásticos de poliestireno sobre el citoesqueleto de células humanas. Rev. Fac. Med. (Méx.) [revista en la Internet]. 2024 Jun [citado 2026 Feb 08] ; 67(3): 8-21. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422024000300008&lng=es. Epub 26-Jul-2024. https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2024.67.3.02.
24. AP. Guía completa sobre el Polipropileno (PP): qué es, tipos, usos y aplicaciones. Revista digital, Febrero 2024. Disponible en: https//:ambienteplastico.com/guia-completa-sobre-el-polipropileno-que-es-tipos-usos-y-aplicaciones/
25. Zhao, Xu, Panpan Gao, Ziqing Zhao, Yinghong Wu, Hongwen Sun y Chunguang Liu. Science of the Total Environment microplastics release from face masks : characteristics , influential factors, and potential risks. *Science of the Total Environment*, 2024, 921(diciembre 2023): 171090. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171090
26. Dhaka V, Singh S, Anil AG, Sunil Kumar Naik TS, Garg S, Samuel J, Kumar M, Ramamurthy PC, Singh J. Occurrence, toxicity and remediation of polyethylene terephthalate plastics. A review. Environ Chem Lett. 2022;20(3):1777-1800. doi: 10.1007/s10311-021-01384-8. Epub 2022 Jan 13. PMID: 35039752; PMCID: PMC8755403.
27. Tonsi G, Caccia M, Maesani C, et al. Reciclaje de poliamida mediante un enfoque de disolución selectiva: estudio de evaluación del ciclo de vida y comparación de impactos

ambientales con diferentes tecnologías de reciclaje . *Polym Eng Sci* . 2025 ; 65 (2): 765-782 . doi: 10.1002 /pen.27041

28. Silva Valle M. Alimentos Marinos: Producción de Especies Marinas, Conservación Valor Nutricional, Preparados e Industrialización. Especialidad de Industria Alimentaria. Escuela Profesional de Industria Alimentaria y Nutrición. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Lima 2018.
29. Baldarrago, D. (2019). Choro Aulacomya atra (Molina, 1782) [Ficha técnica]. Catálogo Digital de la Biodiversidad Acuática del Perú, Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Recuperado el 18 de febrero del 2026, de https://biodiversidadacuatica.imarpe.gob.pe/Catalogo/Especie/38
30. Imarpe. Guía ilustrada para reconocimiento de especies de moluscos bivalvos con valor comercial. Serie de divulgación científica 2016 - Vol 2 - N° 1
31. Imarpe. Guía ilustrada para reconocimiento de especies de cangrejos braquiuros y anomuros con valor comercial del Perú. 2018. Instituto del Mar del Perú (Imarpe)
32. https://www.google.com/search?q=Caleta+de+San+andres+Pisco&oq=Caleta+de+San+andres+Pisco
33. Margenat, H., Cornejo, D., Butler Margalef, M., Vila, A., & Guasch, H. Laboratory guidelines for the detection and quantification of plastics particles from freshwater environmental samples (PLASTICØPYR project). (2022) [CrossRef
34. Enders, K., Tagg, A. S., & Labrenz, M. Evaluation of electrostatic separation of microplastics from mineral-rich environmental samples. Frontiers in Environmental Science, (2020), 8, 549811. [CrossRef]
35. Munno, K., Lusher, A. L., Minor, E. C., Gray, A., Ho, K., Hankett, J., T Lee, C. F., Primpke, S., McNeish, R. E., Wong, C. S., & Rochman, C. Patterns of microparticles in blank samples: A study to inform best practices for microplastic analysis. Chemosphere, (2023). 333, 138883. [CrossRef]
36. Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. Environmental Science and Technology, 46(6), 3060–3075. [CrossRef]
37. Paterson, K., Silverstan, M., & Beckingham, B. (2023). Enumeration of microparticles on a gridded filter using a stratified random sampling tool. MethodsX, 11, 102284. [CrossRef]
38. Setälä, O., Granberg, M., Hassellöv, M., Karlsson, T., Lehtiniemi, M., Mattsson, K., Strand, J., Talvitie, J., & Magnusson, K. (2019). Monitoring of microplastics in the marine environment: Changing directions towards quality controlled tailored solutions (pp. 2019–2053). Nord: Nordic Council of Ministers

39. Tang R, Zhang T, Song K, Sun Y, Chen Y, Huang W and Feng Z (2022) Microplastics in commercial clams from the intertidal zone of the South Yellow Sea, China. Front. Mar. Sci. 9:905923. doi: 10.3389/fmars.2022.905923
40. Yoon, H.; Park, B.; Rim, J.; Park, H. Detección de microplásticos por diversos tipos de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en el mar de Corea. *Separations* **2022** , *9* , 332. https://doi.org/10.3390/separations9110332.
41. Onolame Unuofin John, Igwaran Aboi, Microplastics in seafood: Implications for food security, safety, and human health, Journal of Sea Research, 2023:Volume 194,102410, ISSN 1385-1101, https://doi.org/10.1016/j.seares.2023.102410.

VIII. Anexos



Figura 20. Pesando almejas

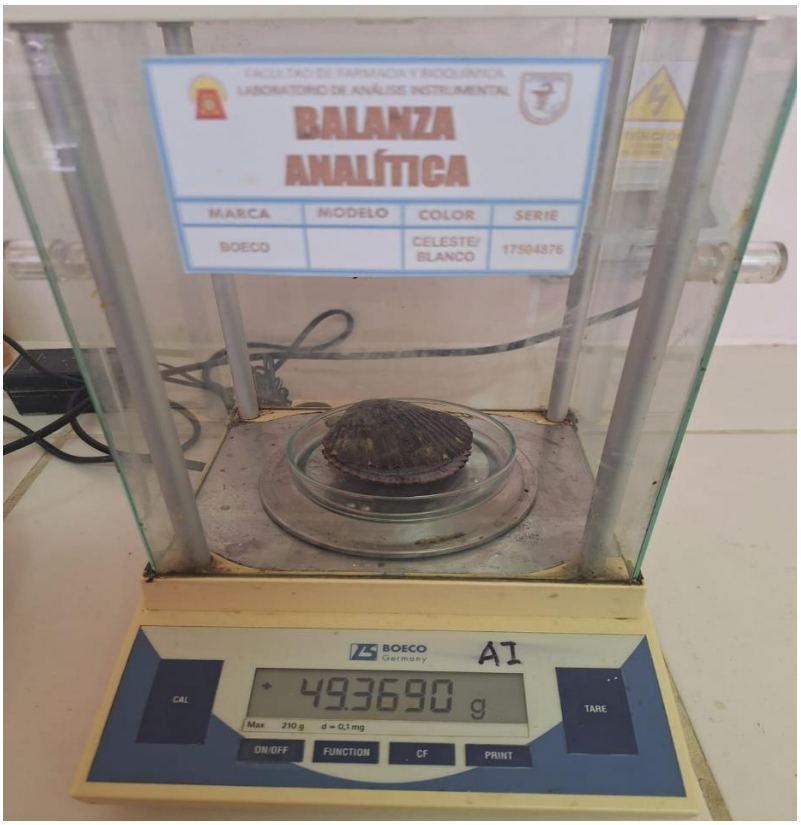

Figura 21. Pesando Concha rayada



Figura 22. Pesando choros

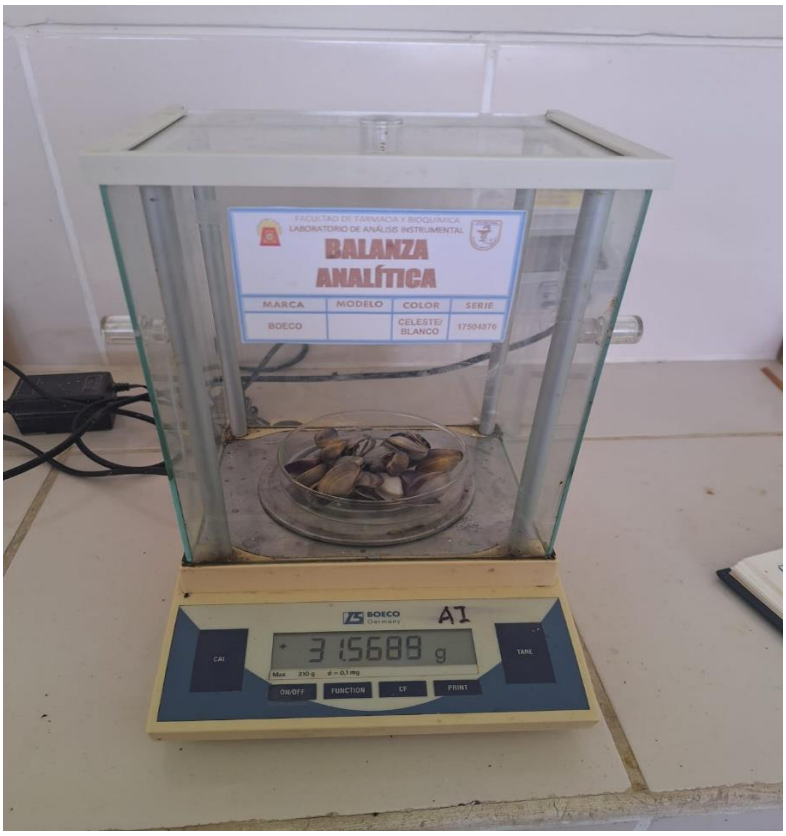

Figura 23. Pesando palabritas



Figura 24. Pesando langostinos

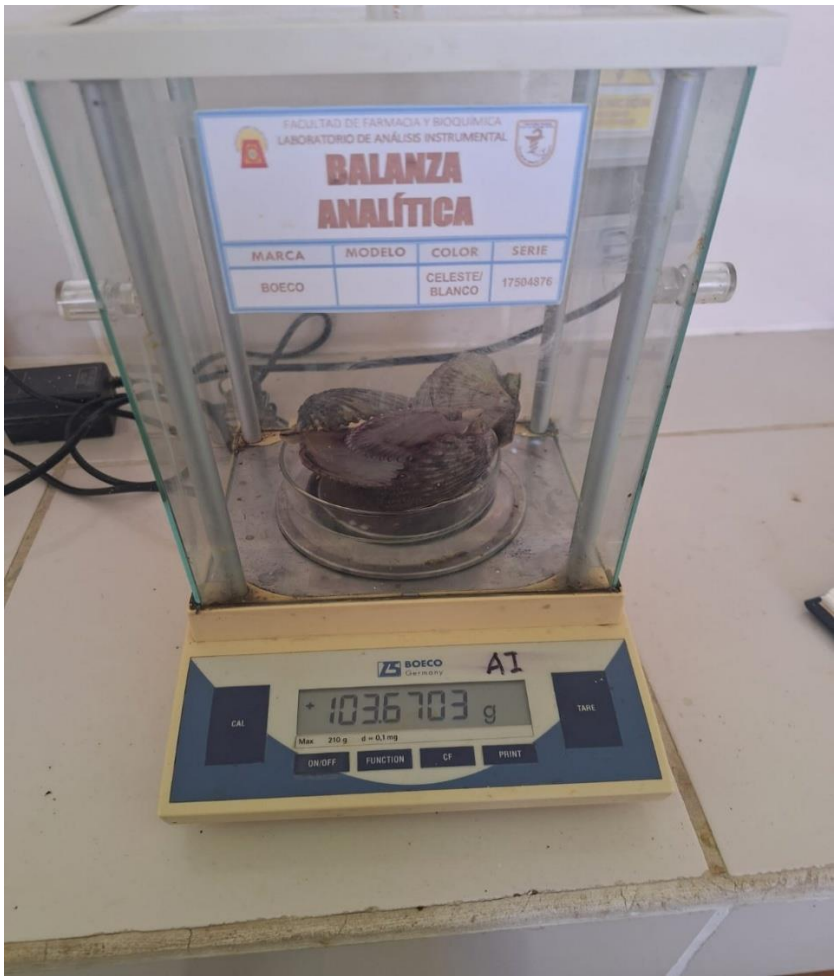

Figura 25. Porción de Cangrejo



Figura 26. Especie de segundo Periodo



Figura 27. Pensando cangrejo entero



Figura 28. Pesando langostinos



Figura 29. Extracción de partes comestibles





Figura 30. Pesando porciones comestibles

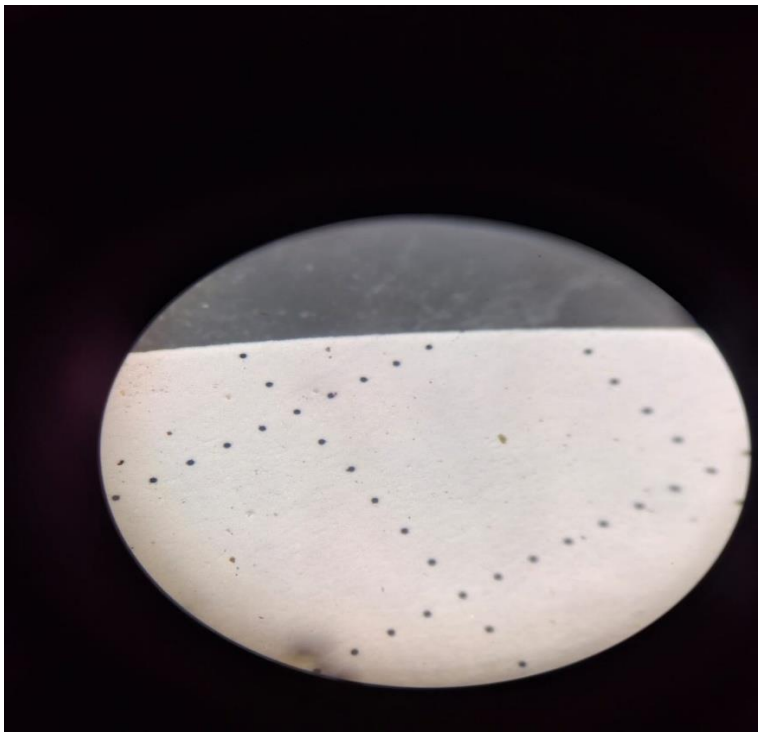

Figura 31. Fragmento de microplástico

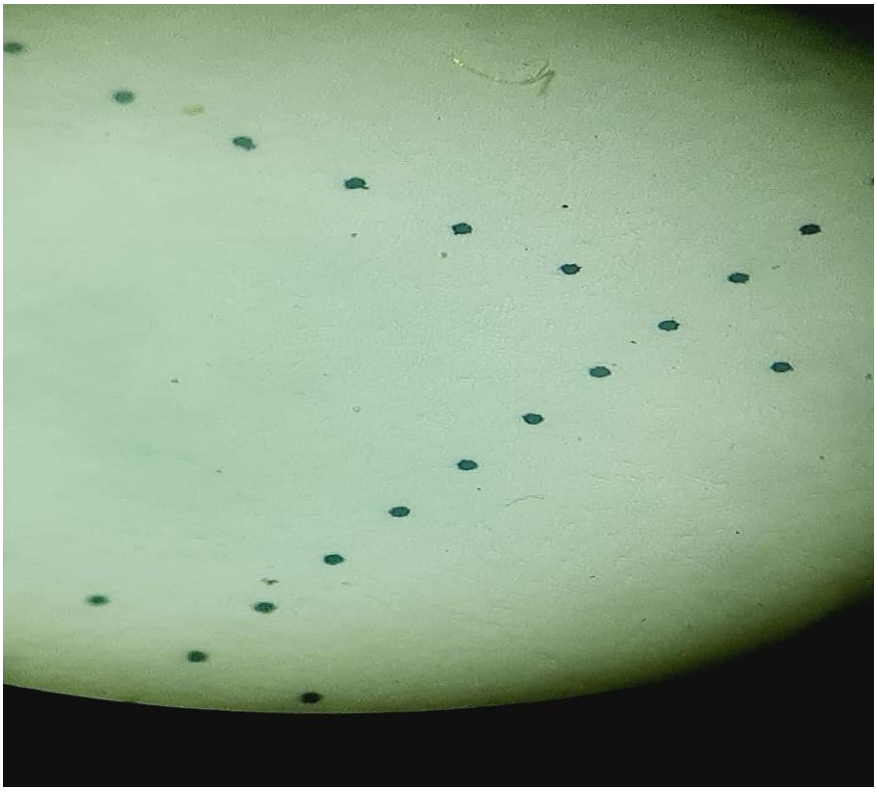

Figura 32. Fibra de microplástico

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

AT_2026-FFBB-092

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título de **Informe final de tesis** es:

Determinación de microplásticos en mariscos capturados en la caleta San Andrés - Pisco

Presentado por:

CASTILLA SARAVIA LUIS GENARO

Bachiller del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **FARMACIA Y BIOQUÍMICA.** El resultado obtenido es 10% por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Con Código de Matricula: 20094025

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 10 de agosto de 2026

.....
Dr. PEÑA GALINDO JULIO JOSE
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

PGJJ/hadp