



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA**

MICROPLÁSTICOS EN MEJILLONES (*Mytella guyanensis*),  
CAPTURADOS EN PUERTO EL MORRO, PROVINCIA DEL  
GUAYAS-ECUADOR, DURANTE NOVIEMBRE Y DICIEMBRE DE  
2021.

**TRABAJO PRÁCTICO**

Previo a la obtención del título de  
**BIÓLOGO MARINO**

**Autor:**

JONATHAN RICARDO VILLAO RODRÍGUEZ

**Tutor:**

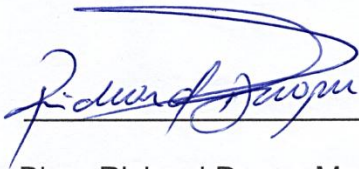
BLGO. XAVIER PIGUAVE PRECIADO, M.Sc

La Libertad – Ecuador

2021



## TRIBUNAL DE GRADO




Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.  
Decano  
Facultad de Ciencias del Mar



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.  
Director  
Carrera de Biología



Blgo. Xavier Piguave Preciado, M.Sc.  
Docente Tutor



Blga. Yadira Solano Vera, Mgt.  
Docente de Área

## **DEDICATORIA**

A Dios, por brindarme fortaleza, sabiduría y vida, permitiéndome alcanzar esta meta propuesta y guiarme en el camino del bien.

A mi madre, por apoyarme y ser el pilar fundamental, y estar conmigo en los buenos y malos momentos que se presentaron, brindando la confianza y creer en mis habilidades a lo largo de mi trayectoria académica profesional, inculcando buenos valores y motivación para dar lo mejor de mí, a nunca rendirme y alcanzar mis objetivos.

A mis hermanos, por ser el motivo de inspiración y apoyo moral en todo momento.

Jonathan Ricardo Villao Rodríguez

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia, en especial a mis padres Luis Villao Castillo y Pilar Rodríguez Cruz, por el apoyo incondicional y motivación durante mi proceso académico, fomentando valores como la responsabilidad y perseverancia. Para mis hermanos Arturo Villao y Lissette Villao, quienes brindaron sus consejos y apoyo para poder seguir adelante.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias del Mar, Carrera de Biología Marina, la cual abrió sus puertas para prepararme en un futuro competitivo y formándome como una persona de bien; a los docentes que me formaron como profesional, compartiendo sus conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza brindada.

Al Blgo. Xavier Piguave Preciado M.Sc., por guiarme en este proceso investigativo y haberme aconsejado e impartido sus conocimientos profesionales como tutor, también por la paciencia brindada, la confianza y apoyo, durante todo el trabajo.

Gracias a todas aquellas personas que dedicaron parte de su tiempo, para hacer posible el presente trabajo de titulación.

# ÍNDICE

|  |      |
|--|------|
| RESUMEN .....  | xii  |
| ABSTRACT .....   | xiii |
| 1. INTRODUCCIÓN.....   | 14   |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                               | 16   |
| 3. JUSTIFICACIÓN.....  | 17   |
| 4. OBJETIVOS.....  | 19   |
| 4.1. Objetivo general .....                                      | 19   |
| 4.2. Objetivos específicos .....                                 | 19   |
| 5. MARCO TEÓRICO .....   | 20   |
| 5.1. Plástico.....   | 20   |
| 5.2. Microplásticos (MPs).....                                   | 20   |
| 5.3. Clasificación .....   | 20   |
| 5.3.1. Microplásticos primarios .....                            | 20   |
| 5.3.2. Microplásticos secundarios.....                           | 21   |
| 5.4. Tipos de microplásticos.....                                | 21   |
| 5.4.1. Polietileno (PE).....                                     | 21   |
| 5.4.2. Polipropileno (PP).....                                   | 22   |
| 5.4.3. Poliestireno (PS).....                                    | 22   |
| 5.4.4. Policloruro de vinilo (PVC).....                          | 23   |
| 5.4.5. Polietileno Tereftalato (PET).....                        | 23   |
| 5.5. Morfotipo .....   | 24   |
| 5.6. Tamaños .....   | 24   |
| 5.7. Fuentes de contaminación de microplásticos.....             | 24   |
| 5.8. Microplásticos en especies marinas.....                     | 25   |
| 5.9. Consecuencias de la ingesta de MPs en especies marinas..... | 25   |
| 5.10. Microplásticos en la cadena alimentaria humana .....       | 25   |
| 5.11. Toxicidad de los microplásticos .....                      | 26   |
| 5.12. Moluscos bivalvos.....                                     | 26   |
| 5.13. Generalidades de <i>Mytella guyanensis</i> .....           | 27   |
| 5.13.1. Clasificación taxonómica .....                           | 27   |
| 5.13.2. Descripción morfológica de la especie .....              | 27   |

|   |    |
|---|----|
| 5.13.3. Biología de la especie.....   | 28 |
| 5.13.4. Hábitat .....   | 28 |
| 5.13.5. Reproducción.....   | 28 |
| 5.13.6. Distribución geográfica .....   | 29 |
| 5.13.7. Captura.....  | 29 |
| 5.13.8. Consumo y aspectos comerciales .....  | 29 |
| 6. METODOLOGÍA .....  | 30 |
| 6.1. Tipo de investigación.....   | 30 |
| 6.2. Área de estudio .....  | 30 |
| 6.3. Fase de campo .....  | 31 |
| 6.3.1. Obtención de la muestra.....   | 31 |
| 6.3.2. Manejo, conservación y transporte .....  | 31 |
| 6.4. Fase de laboratorio .....  | 32 |
| 6.4.1. Análisis biométrico.....   | 32 |
| 6.4.2. Extracción del tejido blando.....  | 32 |
| 6.4.3. Digestión alcalina.....  | 32 |
| 6.4.4. Extracción y observación de microplásticos .....   | 33 |
| 6.4.5. Clasificación de microplásticos.....   | 33 |
| 6.4.6. Procesamiento de imágenes .....  | 34 |
| 6.5. Análisis de datos .....  | 34 |
| 6.5.1. Prevalencia, abundancia media e intensidad media.....  | 34 |
| 6.5.2. Análisis estadístico .....   | 35 |
| 7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....   | 36 |
| 7.1. Abundancia de MPs por estación.....  | 38 |
| 7.2. Prevalencia, abundancia media e intensidad media de MPs presentes en <i>Mytella guyanensis</i> , capturados en tres estaciones del Puerto El Morro. 38 |    |
| 7.3. Categorización de los MPs presentes en <i>Mytella guyanensis</i> , de acuerdo con sus propiedades físicas (morfotipo, color y tamaño). .....           | 39 |
| 7.3.1. Morfotipo de los MPs presentes en <i>Mytella guyanensis</i> .....  | 39 |
| 7.3.2. Color de los MPs presentes en <i>Mytella guyanensis</i> . .....  | 40 |
| 7.3.3. Tamaño de los MPs presentes en <i>Mytella guyanensis</i> .....   | 41 |
| 7.4. Correlación entre los parámetros biométricos y la presencia de MPs en <i>Mytella guyanensis</i> .....  | 42 |

|  |    |
|--|----|
| 7.4.1. Parámetros biométricos vs MPs presentes en <i>Mytella guyanensis</i> capturados en la EST 1. .... | 42 |
| 7.4.2. Parámetros biométricos vs MPs presentes en <i>Mytella guyanensis</i> capturados en la EST 2. .... | 43 |
| 7.4.3. Parámetros biométricos vs MPs presentes en <i>Mytella guyanensis</i> capturados en la EST 3. .... | 44 |
| 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....   | 46 |
| 8.1. Conclusiones.....   | 46 |
| 8.2. Recomendaciones.....  | 47 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA.....   | 48 |
| 10. ANEXOS .....   | 53 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Coordenadas de las tres estaciones de colecta de mejillones en Puerto El Morro.....  | 31 |
| <b>Tabla 2.</b> Interpretación del coeficiente de correlación de Spearman. ....  | 35 |
| <b>Tabla 3.</b> Prevalencia, abundancia media e intensidad media de los MPs encontrados en <i>Mytella guyanensis</i> capturados en las tres estaciones de muestreo. .... | 39 |
| <b>Tabla 4.</b> Ficha de registro de datos.....  | 53 |
| <b>Tabla 5.</b> Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para los datos biométricos de <i>Mytella guyanensis</i> capturados en tres estaciones de Puerto El Morro. ....   | 56 |
| <b>Tabla 6.</b> Correlación de Spearman para datos biométricos vs MPs presentes en <i>M. guyanensis</i> capturados en la Estación 1. ....                                | 56 |
| <b>Tabla 7.</b> Correlación de Spearman para datos biométricos vs MPs presentes en <i>M. guyanensis</i> capturados en la Estación 2. ....                                | 57 |
| <b>Tabla 8.</b> Correlación de Spearman para datos biométricos vs MPs presentes en <i>M. guyanensis</i> capturados en la Estación 2. ....                                | 57 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> LDPE (Izquierda) y HDPE (derecha).....  | 22 |
| <b>Figura 2.</b> Productos fabricados con PP. ....   | 22 |
| <b>Figura 3.</b> Productos fabricados con PS. ....   | 23 |
| <b>Figura 4.</b> Productos fabricados con PVC.....   | 23 |
| <b>Figura 5.</b> Productos fabricados con PET. ....  | 23 |
| <b>Figura 6.</b> Escalas de tamaño de los plásticos.....   | 24 |
| <b>Figura 7.</b> Toxicidad de los MPs. ....  | 26 |
| <b>Figura 8.</b> <i>Mytella guyanensis</i> . ....  | 27 |
| <b>Figura 9.</b> Puerto El Morro, Provincia del Guayas-Ecuador, estaciones de captura de <i>Mytella guyanensis</i> ..... | 30 |
| <b>Figura 10.</b> Zona de manglares del Puerto el Morro. ....  | 58 |
| <b>Figura 11.</b> Contaminación de fibras de artes de pesca en las ramas de los mangles.....                             | 58 |
| <b>Figura 12.</b> Medio de transporte marítimo.....  | 58 |
| <b>Figura 13.</b> Hábitat de los mejillones.....   | 58 |
| <b>Figura 14.</b> Extracción <i>in situ</i> de <i>Mytella guyanensis</i> . ....  | 58 |
| <b>Figura 15.</b> Colecta de las muestras por estación.....  | 58 |
| <b>Figura 16.</b> <i>Mytella guyanensis in situ</i> .....  | 58 |
| <b>Figura 17.</b> Sustrato fangoso donde habita <i>Mytella guyanensis</i> . ....   | 58 |
| <b>Figura 18.</b> Bancos de <i>Mytella guyanensis</i> . ....   | 58 |
| <b>Figura 19.</b> <i>Mytella guyanensis</i> . ....   | 58 |
| <b>Figura 20.</b> Limpieza de los organismos colectados. ....  | 59 |
| <b>Figura 21.</b> Toma de peso total de los organismos.....  | 59 |
| <b>Figura 22.</b> Medición de la longitud total de los organismos. ....  | 59 |
| <b>Figura 23.</b> Equipos de laboratorio.....  | 59 |
| <b>Figura 24.</b> Materiales de laboratorio. ....  | 59 |
| <b>Figura 25.</b> Disección de cada muestra. ....  | 59 |
| <b>Figura 26.</b> Toma de peso del tejido blando.....  | 59 |
| <b>Figura 27.</b> Guardado y etiquetado de las muestras del tejido blando.....   | 59 |
| <b>Figura 28.</b> Solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 10%. ....   | 60 |
| <b>Figura 29.</b> Proceso para la digestión orgánica. ....   | 60 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 30.</b> Reposo de 24 horas para que ocurra la digestión orgánica. ....            | 60 |
| <b>Figura 31.</b> Tamizado del producto de la digestión en un tamiz de 100 micras.<br>..... | 60 |
| <b>Figura 32.</b> Traspaso de los residuos retenidos en el tamiz a una caja Petri...        | 60 |
| <b>Figura 33.</b> Análisis microscópico. ....   | 60 |
| <b>Figura 34.</b> Medición de los MPs en el software ImageJ. ....                           | 60 |
| <b>Figura 35.</b> Fibra transparente. ....  | 60 |
| <b>Figura 36.</b> Película de plástico transparente (lamina).....                           | 60 |
| <b>Figura 37.</b> Fibra azul.....   | 60 |
| <b>Figura 38.</b> Fibra verde. ....   | 60 |
| <b>Figura 39.</b> Película de plástico rojo.....  | 60 |
| <b>Figura 40.</b> Fibra roja. ....  | 60 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Gráfico 1.</b> Frecuencia de tallas, longitud total de los individuos de <i>Mytella guyanensis</i> .....   | 36 |
| <b>Gráfico 2.</b> Frecuencia del peso total de los individuos de <i>Mytella guyanensis</i> .....  | 37 |
| <b>Gráfico 3.</b> Frecuencia del peso de tejido blando de los individuos de <i>Mytella guyanensis</i> .....   | 37 |
| <b>Gráfico 4.</b> Cantidad de MPs en <i>Mytella guyanensis</i> por estación.....  | 38 |
| <b>Gráfico 5.</b> Porcentaje según el morfotipo de los MPs encontrados en <i>Mytella guyanensis</i> en cada estación.....   | 39 |
| <b>Gráfico 6.</b> Porcentaje de colores de los MPs encontrados en <i>Mytella guyanensis</i> en cada estación.....   | 40 |
| <b>Gráfico 7.</b> Porcentaje de tamaños de los MPs encontrados en <i>Mytella guyanensis</i> en cada estación.....   | 41 |
| <b>Gráfico 8.</b> Correlación de Spearman para los parámetros biométricos vs MPs de la estación 1. A) MPs vs longitud total; B) MPs vs peso total; <b>C)</b> MPs vs peso del tejido blando..... | 42 |
| <b>Gráfico 9.</b> Correlación de Spearman para los parámetros biométricos vs MPs de la estación 2. A) MPs vs longitud total; B) MPs vs peso total; C) MPs vs peso del tejido blando.....        | 43 |
| <b>Gráfico 10.</b> Correlación de Spearman para los parámetros biométricos vs MPs de la estación 3. A) MPs vs longitud total; B) MPs vs peso total; C) MPs vs peso del tejido blando.....       | 44 |

# MICROPLÁSTICOS EN MEJILLONES (*Mytella guyanensis*), CAPTURADOS EN PUERTO EL MORRO, PROVINCIA DEL GUAYAS-ECUADOR, DURANTE NOVIEMBRE Y DICIEMBRE DE 2021

Autor: Jonathan Ricardo Villao Rodríguez

Tutor: Blgo. Xavier Piguave Preciado M.Sc.

## RESUMEN

La contaminación por microplásticos es un problema a nivel mundial, que representa una amenaza contra la biota acuática, debido a que la presencia de microplásticos en los ecosistemas provoca bioacumulación y biomagnificación. El objetivo del presente trabajo consiste en determinar la presencia de microplásticos en *Mytella guyanensis*, mediante el estudio de las muestras capturadas en tres estaciones del Puerto El Morro, para el análisis de la cantidad, clasificación y relación organismo-contaminante. Para la extracción de los microplásticos se realizó la digestión alcalina del tejido blando empleando una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 10%, las propiedades físicas de los microplásticos se evaluaron mediante análisis microscópico. Se analizaron 60 especímenes por estación, es decir, un total de 180 muestras; se calculó la prevalencia (P), abundancia media (Am) e intensidad media (Im), la cual fue mayor en la estación uno con una P= 98%, Am e Im= 4 MPs/org, lo que permitió evaluar el nivel de bioacumulación. Con respecto a las propiedades físicas de los microplásticos en las tres estaciones, el morfotipo más representativo fueron las fibras, con 89% en la estación uno y 90% en la estación dos y tres; el color que predominó fue el transparente; los tamaños de los microplásticos que predominaron fueron menores a 1mm. Las estaciones uno y dos no mostraron correlación entre sus variables, mientras que, la estación tres presentó una correlación negativa moderada (Rho-Spearman= -0,4) e inversamente proporcional entre la cantidad de microplásticos y los parámetros biométricos con respecto a la talla y peso.

**Palabras claves:** microplásticos, mejillones, fibras, estaciones, correlación.

# MICROPLASTICS IN MUSSELS (*Mytella guyanensis*), CAPTURED IN PUERTO EL MORRO, PROVINCE OF GUAYAS-ECUADOR, DURING NOVEMBER AND DECEMBER 2021

Author: Jonathan Ricardo Villao Rodríguez

Tutor: Blgo. Xavier Piguave Preciado M.Sc.

## ABSTRACT

Microplastics pollution is a worldwide problem, which represents a threat against aquatic biota, because the presence of microplastics in ecosystems causes bioaccumulation and biomagnification. The objective of this work is to determine the presence of microplastics in *Mytella guyanensis*, through the study of the samples captured in three stations of Puerto El Morro, for the analysis of the quantity, classification and organism-pollutant relationship. For the extraction of the microplastics, alkaline digestion of the soft tissue was performed using a 10% sodium hydroxide (NaOH) solution, the physical properties of the microplastics were evaluated by microscopic analysis. 60 specimens per station were analyzed, that is, a total of 180 samples; Prevalence (P), mean abundance (Am) and mean intensity (Im) were calculated, which was higher in station one with P= 98%, Am and Im= 4 MPs/org, which allowed evaluating the level of bioaccumulation. Regarding the physical properties of the microplastics in the three stations, the most representative morphotype was the fibers, with 89% in station one and 90% in stations two and three; the color that prevailed was transparent; the sizes of the microplastics that predominated were less than 1mm. Stations one and two showed no correlation between their variables, while station three presented a moderate negative correlation (Rho-Spearman= -0.4) and inversely proportional between the amount of microplastics and biometric parameters with respect to size and weight.

**Keywords:** microplastics, mussels, fibers, seasons, correlation.

# 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se ha fabricado 8,3 mil millones de toneladas de plástico desde 1950 hasta la actualidad (GREENPEACE, 2021). Se estima que para el 2050 habrá 12 mil millones de basura plástica distribuida a nivel global, convirtiéndose en un problema difícil de controlar y más aún cuando ocurre la fragmentación convirtiéndose en microplásticos, provocando una serie de problemas en el ambiente y los organismos del medio (ONU, 2018). Los microplásticos se encuentran distribuidos en todos los continentes y océanos de todo el planeta, reportándose partículas de microplásticos en el aire, sedimentos y agua (sistemas marinos, columna de agua y en las profundidades de los océanos), incluso en zonas remotas de regiones polares y glaciares. La presencia de estas micropartículas plásticas puede generar un grave impacto tanto en los ecosistemas como en la cadena trófica y provocar la bioacumulación y biomagnificación en los organismos (Castañeta et al., 2020).

Una de las fuentes de contaminación marina de donde derivan los microplásticos, es el sector de la pesca y acuicultura donde se utiliza plástico para fabricar las artes de pesca e infraestructuras en toda su cadena logística, considerándose que los artes de pesca extraviados, desechados o abandonados son la principal fuente marina de desechos plásticos y posteriormente una fuente potencial de micropartículas plásticas (FAO, 2017). Estos microplásticos pueden ser ingeridos por diversos organismos marinos, incluidas especies que forman parte del menú del ser humano (Castañeta et al., 2020).

Por lo general los peces de gran tamaño consumidos por el hombre, no conforman una fuente significativa de microplásticos que pudieran transferirse en la comida, debido a que las personas suelen desechar sus intestinos y estómagos, lugar donde se aloja la mayor parte de las micropartículas plásticas. En contra parte, las especies pequeñas ya sean de peces, moluscos y crustáceos, se consumen enteros, lo cual representa una mayor transferencia de microplásticos hacia el consumidor (FAO, 2017). Los moluscos bivalvos respiran

y se alimentan a través de las branquias mediante la captación de partículas en el agua, a este proceso se le denomina filtración por ende están expuestos a partículas contaminantes como los microplásticos que se encuentran en la columna de agua, es por esta razón que son utilizados como bioindicadores. La importancia de estudiar la presencia de microplásticos en estos organismos radica en que el consumo de estos organismos se consume sus partes blandas en su totalidad, incluido el tracto digestivo donde se alojan micropartículas plásticas (Su et al., 2018).

Los mejillones se encuentran en zonas de manglar de algunas provincias costeras como: El Oro, Guayas, Manabí y Esmeraldas, principalmente en el golfo de Guayaquil y sus afluentes cercanos. Estos moluscos se colectan de manera artesanal y son comercializados para el consumo. El mejillón se encuentra en abundancia en el sector Puerto El Morro-Guayas (Chilán & Montalván, 2016).

Las investigaciones realizadas hasta el momento sobre la presencia de microplásticos, hacen referencia a microplásticos en el ambiente y en los contenidos estomacales de peces, sin tomar en cuenta otros grupos que consume la población como moluscos y crustáceos, por lo tanto se consideró pertinente realizar este estudio en moluscos bivalvos con el objetivo de determinar la presencia de microplásticos en *Mytella guyanensis*, mediante el estudio de las muestras capturadas en tres estaciones del Puerto El Morro, para el análisis de la cantidad, clasificación y relación organismo-contaminante. Esto permite determinar la cantidad de microplásticos presentes en las muestras, categorizar dichos microplásticos según sus propiedades físicas y correlacionar los parámetros biométricos, determinando si existe o no, una relación con la cantidad de microplásticos encontrados.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los microplásticos en el ambiente son perjudiciales por múltiples razones como contener sustancias químicas y aditivos que se utilizan en su fabricación, son capaces de absorber y acumular sustancias tóxicas del medio, también actúan como sustrato artificial para la bioincrustación de organismos, de los cuales algunos representan patógenos peligrosos (FAO, 2017). Existen reportes de más de 220 especies que ingieren microplásticos, gran parte son especies de interés comercial, encontrándose moluscos bivalvos como mejillones, ostras y las almejas, crustáceos como el camarón, jaiba y langostas, además de una gran variedad de peces (GESAMP, 2015).

Sin embargo, la presencia de microplásticos, no solo se transfiere por la contaminación local, sino también por la migración de cualquier parte del mundo a través de factores físicos-ambientales. En Ecuador los estudios sobre presencia de microplásticos se han realizado particularmente en peces, sin tomar en cuenta otros grupos de interés comercial como moluscos y crustáceos, que forman parte de la cadena trófica y que probablemente contengan partículas de microplásticos. De igual manera, en la Provincia de Santa Elena las investigaciones son limitadas, teniendo en cuenta que es una zona costera con principales puertos y mercados donde se desembarcan y comercializan una gran variedad de productos pesqueros.

Los mejillones al ser moluscos bivalvos con gran capacidad filtradora, están expuestos a los microplásticos que se encuentran en su medio natural, provocando la bioacumulación dentro del organismo provocando efectos negativos en el crecimiento en talla y peso afectando así a sus poblaciones. Por lo general los microplásticos están compuestos por químicos y sustancias tóxicas, que al estar presentes en este recurso, genera la biomagnificación en toda la cadena alimenticia, generando una serie de problemas secundarios.



### 3. JUSTIFICACIÓN

Los microplásticos en la actualidad ha tomado gran interés de carácter ambiental, biológico y de salud pública, debido a que se tiene como conocimiento base, que estas micropartículas se encuentran dispersas en ambientes acuáticos y son ingeridas accidentalmente por organismos que forman parte de la cadena alimenticia de otros organismos e incluso del ser humano (Vethaak & Leslie, 2016; Zhang et al., 2020).

Por este motivo, es importante realizar este tipo de investigación, debido a que moluscos bivalvos de interés comercial como los mejillones, en su medio natural están expuestos a estas micropartículas plásticas que adquieren mediante la filtración, y que posterior a la captura son comercializados en los principales mercados y puertos pesqueros del país, formando parte del menú del ser humano. La cuantificación, categorización y correlación de los microplásticos presentes en los mejillones, aporta datos sobre la cantidad, morfotipo, tamaño y color, permitiendo inferir cuales son las posibles fuentes de contaminación y los materiales contaminantes más frecuentes, además si existe o no una relación entre la biometría del organismo y cantidad de microplástico.

La viabilidad de la investigación radica en varios factores positivos como; la disponibilidad para obtener las muestras, siendo *Mytella guyanensis* una especie que se captura durante todo el año, sin ningún tipo de veda establecida; Puerto el Morro se caracteriza por tener bancos naturales donde se captura con abundancia este recurso; los mejillones al ser moluscos bivalvos filtradores, son susceptibles a filtrar contaminantes del medio, por esta razón, hay una alta posibilidad de encontrar microplásticos en ellos. Asimismo, es un estudio factible porque se sujeta al valor económico del proyecto y a la obtención de los datos para los resultados que se puedan dar.

Este estudio pretende aportar a la comunidad investigativa, datos e información importante sobre la presencia de microplásticos en moluscos bivalvos de interés comercial de Ecuador, particularmente en mejillones de la especie *Mytella guyanensis*, y de esta manera contribuir a la situación actual de microplásticos ingeridos por especies marinas y dulceacuícolas que forman parte de la cadena alimenticia.

Los resultados obtenidos en el presente estudio serán de gran utilidad en el ámbito socioeconómico y de la salud, puesto que a partir de estos resultados se podrían generar proyectos que propongan soluciones ante esta problemática; proyectos como el tratamiento o sistema de limpieza y depuración de moluscos y crear un plan de manejo factible para los desechos sólidos como el plástico minimizando el impacto ambiental y biológico para las futuras generaciones, asegurando el bienestar de los ciudadanos y a su vez mantener el recurso de interés comercial que genera fuentes de trabajo a las poblaciones que se dedican a la recolección de estos moluscos.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo general

Determinar la presencia de microplásticos en *Mytella guyanensis*, mediante el estudio de las muestras capturadas en tres estaciones del Puerto El Morro, para el análisis de la cantidad, clasificación y relación organismo-contaminante.

### 4.2. Objetivos específicos

- Calcular la prevalencia, abundancia media e intensidad media de microplásticos presentes en *Mytella guyanensis*, capturados en tres estaciones del Puerto El Morro.
- Categorizar los microplásticos presentes en *Mytella guyanensis*, de acuerdo al morfotipo, color y tamaño.
- Relacionar los parámetros biométricos y la presencia de microplásticos en *Mytella guyanensis*, mediante la prueba de coeficiente de correlación.

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. Plástico**

Es un polímero orgánico sintético o semi-sintético, compuesto por carbono e hidrógeno, estos son elaborados de productos petroquímicos, clasificándose en termoplásticos con propiedades estables, solidificándose de forma permanente al calentarse y termoendurecibles con propiedades menos estables, manipulándose fácilmente al calentarlos y moldearlos. Los principales polímeros son; tereftalato de polietileno (PET), polietileno de alta y baja densidad (HDPE-LDPE), cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno (PP) y poliestireno (PS). Los plásticos están mezclados con aditivos que aportan características útiles para su uso, estos son; colorantes, plastificantes, estabilizantes, retardantes de llama, reforzantes, entre otros (Helmenstine, 2020).

### **5.2. Microplásticos (MPs)**

Son pequeñas partículas plásticas fragmentadas, con distintas formas en su mayoría irregulares y con tamaños que comprenden entre 0,1  $\mu\text{m}$  a 5 mm; estas partículas son de origen primario o secundario, y son insolubles en agua (Frias & Nash, 2019). Se clasifican de acuerdo a características morfológicas como: forma, tamaño y color, las cuales indican el tipo de material contaminante o las fuentes de contaminación, además, el tamaño de partícula puede indicar que organismos pueden verse afectados (FAO, 2017).

### **5.3. Clasificación**

Los microplásticos se clasifican en primarios y secundarios:

#### **5.3.1. Microplásticos primarios**

Son MPs fabricados para aplicaciones y usos domésticos e industriales, particularmente en cosméticos, pinturas, exfoliantes y productos de limpieza. En MPs primarios están las microesferas o pellets, que otorgan características de

color, textura y exfoliación a los productos fabricados. A partir de los MPs primarios se crean los macroplásticos, en el caso de los pellets, se funden y se moldean para obtener la forma del objeto plástico (EFSA, 2016; Castañeta et al., 2020).

### **5.3.2. Microplásticos secundarios**

Son los microplásticos productos de la degradación y fragmentación, ocasionada por factores externos físicos, químicos o biológicos que actúan sobre los macroplásticos, a medida que se dispersan en los diferentes ecosistemas. La fragmentación ocurre por fenómenos físicos-químicos, como la fotodegradación o fotólisis, mediante la oxidación de la estructura química y pérdida de masa del polímero, haciendo que se vuelvan frágiles y se fragmenten; fenómenos biológicos también están incluidos en la degradación de los macroplásticos y ocurre mediante la biodegradación realizada por microorganismos como bacterias y hongos, por otra parte, la degradación mecánica y por abrasión son las causas de producción de MPs secundarios (Castañeta et al., 2020).

## **5.4. Tipos de microplásticos**

Toledo-Martínez (2019), describe los tipos de plásticos más utilizados que contribuyen en la formación de microplásticos, las cuales se mencionan a continuación:

### **5.4.1. Polietileno (PE)**

Es el polímero más utilizado a nivel mundial, se fabrican muchos productos de uso diario como las botellas y fundas (Figura 1), siendo el PE una resina producto de la polimerización del etileno con dos grados de densidad diferentes; LDPE o polietileno de baja densidad y HDPE o polietileno de alta densidad.

El LDPE es altamente ramificado de baja densidad y cristalinidad, material no tóxico, muy flexible, con gran resistencia química y a bajas temperaturas; se fabrican bolsas, embalajes, películas y aislamiento para cables. El HDPE tiene

una estructura lineal que le otorga mayor rigidez y resistencia, con mayor cristalinidad y densidad, además de ser no tóxico e impermeable; se fabrican botellas y artículos de uso doméstico.



**Figura 1.** LDPE (Izquierda) y HDPE (derecha).  
**Fuente:** (Toledo Martínez, 2019).

#### 5.4.2. Polipropileno (PP)

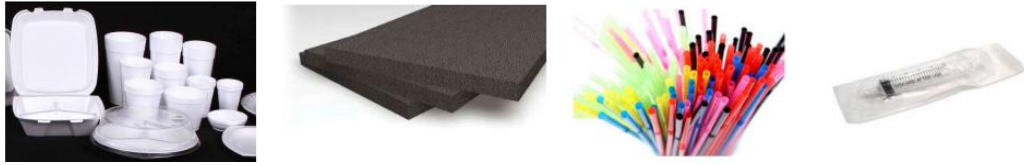
Es un termoplástico producto de la polimerización del propileno, es ligero, se manipula fácilmente, tiene buenas propiedades térmicas, mecánicas y de resistencia, puede utilizarse para tuberías, vasos, fundas, cuerdas y pañales desechables (Figura 2).



**Figura 2.** Productos fabricados con PP.  
**Fuente:** (Toledo Martínez, 2019).

#### 5.4.3. Poliestireno (PS)

Es un termoplástico sintético de cadena lineal amorfa, es fácil de moldear debido a su baja temperatura de fusión, sin embargo, la estructura amorfa hace que sea un material frágil, es un polímero transparente que se puede colorear y se utiliza para la fabricación de envases y utensilios desechables, aislantes acústicos y térmicos, juguetes y para material médico desechable (Figura 3).



**Figura 3.** Productos fabricados con PS.  
**Fuente:** (Toledo Martínez, 2019).

#### 5.4.4. Policloruro de vinilo (PVC)

Polímero formado por sal común y gas o petróleo, el cloro y etileno se combinan para formar al monómero cloruro de vinilo, la cual está considerado como un gas carcinogénico, se debe manipular con cuidado. El PVC tiene buenas propiedades de resistencia al fuego y agua, flexibilidad y rigidez, con este material se fabrican tuberías y mangueras (Figura 4).



**Figura 4.** Productos fabricados con PVC.  
**Fuente:** (Toledo Martínez, 2019).

#### 5.4.5. Polietileno Tereftalato (PET)

Es un poliéster saturado lineal, producto de la polimerización del etilenglicol y del ácido tereftálico. Presenta dos estados: en estado amorfo que es transparente y se fabrican botellas y envases de un solo uso, en el estado semicristalino es opaco y brinda dureza, rigidez y resistencia a la abrasión, se pueden fabricar fibras de relleno para muebles o ser mezcladas con algodón y lana (Figura 8).

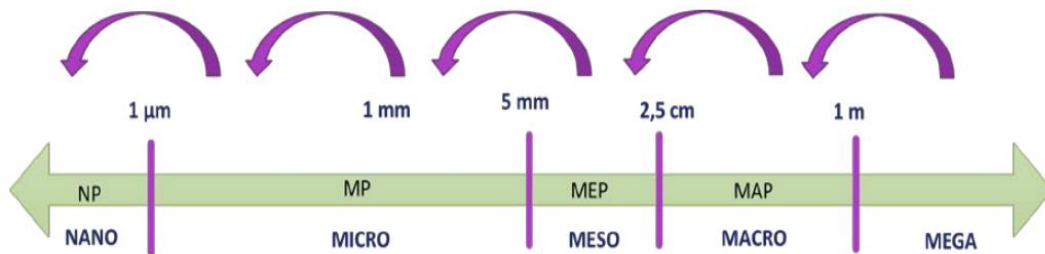


**Figura 5.** Productos fabricados con PET.  
**Fuente:** (Toledo Martínez, 2019).

## 5.5. Morfotipo

Do Sul et al., (2014), clasificó a los microplástico en: fragmentos (partículas microscópicas de un macroplástico), fibras (filamentos microscópicos derivados de las artes de pescas o de la ropa), pellets (cilindros microscópicos de resina virgen), gránulos (microesferas de polietileno) y microplástico espumado (espuma de poliestireno). Esta clasificación dependerá de la forma y tipo de plástico, degradación y condiciones de erosión expuestas (Rodríguez-Perera, 2019).

## 5.6. Tamaños



**Figura 6.** Escalas de tamaño de los plásticos.

**Fuente:** (Rodríguez-Perera, 2019).

Se señalan las escalas de tamaño de los plásticos, desde los megaplásticos con fragmentos mayores a 1 m de diámetro; los macroplásticos entre 2,5 cm a 1 m; los mesoplásticos con un rango de 5 a 25 mm; los microplásticos con un rango aceptado en la actualidad que van desde 5 mm a 0,1 μm; y los nanoplásticos con tamaños menores a 0,1 μm (Figura 6) (EFSA, 2016; Rodríguez-Perera, 2019).

## 5.7. Fuentes de contaminación de microplásticos

Originalmente los MPs provenían de fuentes de origen terrestre, producto de la abrasión, degradación y fragmentación de los macroplásticos desechados, ahora, es más común que provengan de fuente de origen industrial con la fabricación de los MPs primarios que contaminan dispersándose en los



diferentes ecosistemas. Otra fuente de contaminación son las actividades de pesca y acuicultura, la cual utilizan artes de pesca, equipos, materiales de plástico y sacos o fundas de alimento, que son abandonados, perdidos o descartados, convirtiéndose en una fuente marítima potencial de contaminación plástica (FAO, 2017).

### **5.8. Microplásticos en especies marinas**

La fauna marina es propensa al consumo de MPs en diferentes hábitats y ecosistemas, tanto la zona bentónica, columna de agua y la superficie. Las especies marinas, consumen o adquieren MPs de forma accidental y más del 50% de estas especies son de interés comercial (GESAMP, 2016). En la mayoría de las especies acuáticas estudiadas, se han detectado MPs en el tracto digestivo, generalmente en pequeñas cantidades (FAO, 2017).

### **5.9. Consecuencias de la ingesta de MPs en especies marinas**

Se han realizado experimentos a nivel de laboratorio, en donde se han expuesto a los organismos acuáticos a altas concentraciones de MPs que exceden los niveles de concentración ambiental, obteniendo como resultados, efectos negativos sobre los organismos, tales como: baja supervivencia larvaria, baja fecundidad y mal desarrollo de los organismos. Sin embargo, se desconoce sobre los efectos en condiciones naturales y la biomagnificación en la cadena trófica (FAO, 2017).

### **5.10. Microplásticos en la cadena alimentaria humana**

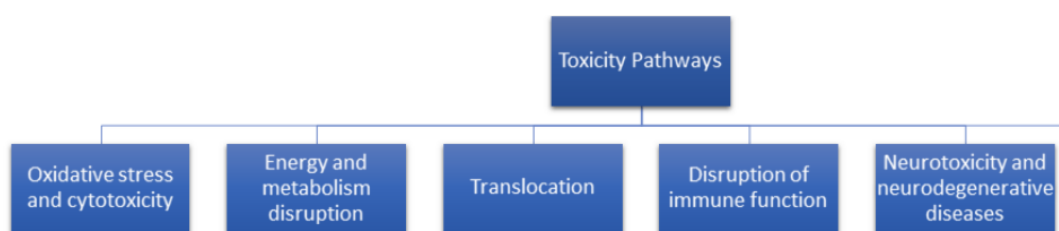
Los humanos están expuestos constantemente a MPs provenientes de diversas fuentes como el agua, el aire y alimentos (peces, moluscos y crustáceos), convirtiéndose en las principales fuentes de exposición a los retardantes bromados de llama. Se han realizado evaluaciones de riesgo, basado en el consumo de 250 g de mejillones con 9 µg de MPs, siendo una concentración alta

de MPs, “asumiendo” que las MPs son liberadas, se obtuvo como resultado un impacto insignificante en el aporte dietético de las sustancias PBT y aditivos plásticos (FAO, 2017).

### 5.11. Toxicidad de los microplásticos

Los MPs en los diferentes sitios donde se encuentran dispersos, pueden ganar superficie y aumentar su porosidad, esta porosidad absorbe metales pesados como el Cd y Pb, además de adherirse compuestos hidrocarbúricos que pueden provocar efectos endocrinos y carcinógenos, también estas porosidades son el hábitat ideal para bacterias como el *Vibrio cholerae*, que causa dolores abdominales, diarrea, vómitos y deshidratación (Prata et al., 2019; OMS, 2020).

Los MPs <20 µm pueden penetrar la piel y MPs <10 µm pueden translocarse y acumularse en los órganos; como ocurrió en un ensayo en ratones donde los MPs se transfirieron a riñones, hígado e intestino causando efectos como: alteración lipídica en el metabolismo, estrés oxidativo y respuestas neurotóxicas (Figura 7), por esta razón, existe la inquietud de los MPs ingeridos y la toxicidad para las células hepáticas humanas (Wang et al., 2019). Estas respuestas neurotóxicas podrían contribuir al desarrollo de enfermedades neurodegenerativas (Prata et al., 2019).



**Figura 7.** Toxicidad de los MPs.  
**Fuente:** (Prata et al., 2019).

### 5.12. Moluscos bivalvos

Organismos que presentan dos valvas unidas por ligamentos, ciertas especies tienen una glándula “glándula del biso”, que segrega una sustancia cementante para adherirse a sustratos duros. Presentan uno o dos sifones y branquias

(lamelibranquias) que cumplen una doble función de respiración, captando el O<sub>2</sub>, y alimentación a través de cilios y mucus que permiten la captación de partículas (filtración) de fitoplancton y zooplancton. Tienen dimorfismo sexual, pero existen excepciones con hermafroditismo. Debido a su mecanismo de alimentación por filtración se considera a los bivalvos como bioindicadores de los niveles de contaminación en el agua en el que habitan (Su et al., 2018).

### 5.13. Generalidades de *Mytella guyanensis*

#### 5.13.1. Clasificación taxonómica

**Reino:** Animalia

**Phylum:** Mollusca

**Clase:** Bivalvia

**Subclase:** Autobranchia

**Orden:** Mytilida

**Familia:** Mytilidae

**Subfamilia:** Arcuatulinae

**Género:** *Mytella*

**Especie:** *Mytella guyanensis*

**(Lamarck, 1819).**



**Figura 8.** *Mytella guyanensis*.  
**Fuente:** (Villao-Rodríguez, 2022).

#### 5.13.2. Descripción morfológica de la especie

Presenta una concha delgada, cuneiforme-oblicua, con borde posterodorsal recto y terminando en un ángulo obtuso; superficie externa con numerosas líneas concéntricas bien definidas en la parte posterior, borde anterior liso, y se encuentra levemente prolongado por delante del umbo, umbo terminal en posición anterodorsal; perióstraco se divide en dos zonas; zona posterodorsal con una coloración opaca o verdosa oscura, con líneas finas en forma de zigzag y la zona anteroventral de color café brillante. Las medidas que esta especie

alcanza son: 58 mm de longitud, 90 mm de longitud máxima, 28 mm de ancho, y un diámetro 25 mm (Arvizu, 2014; Castro, 2017).

### **5.13.3. Biología de la especie**

Es un molusco bivalvo conocido comúnmente como mejillón fanguero o de fango, choro, y pertenece a la familia Mytilidae, es una especie filtradora que vive en ecosistemas de manglar, y se encuentran adheridos a raíces de mangles o enterrados en sustratos areno-fangosos, se los considera como organismos bioindicadores de contaminación, especialmente de metales pesados y otros contaminantes como los microplásticos (Rodríguez, 2013).

### **5.13.4. Hábitat**

Habitan generalmente en playas arenosas o limo arenosas, en ecosistemas de manglar, adherido a las raíces de los mangles, común entre los neumatóforos de *Avicennia* sp., o se encuentra formando extensos bancos en sustratos areno-fangoso en la superficie o hasta los 20 cm de profundidad (Rodríguez, 2013; Castro, 2017). Puede encontrarse desde la zona intermareal hasta el nivel superior de la zona sublitoral (Arvizu, 2014).

### **5.13.5. Reproducción**

Presenta una reproducción sexual y fecundación externa, desova con una proporción de sexo de 1:1; durante todo el año, sin embargo, en los periodos de marzo-mayo y septiembre-octubre desova con mayor intensidad (Arvizu, 2014). Las hembras, requieren un período de desarrollo gonadal más largo que los machos. Se puede distinguir el sexo, por medio del color de las gónadas, las hembras tienen una coloración amarilla y los machos de color marrón (Ureña, 2020). Presenta una talla de madurez sexual de 2,5 cm longitud total (Castro, 2017).

### **5.13.6. Distribución geográfica**

*Mytella guyanensis* se distribuye a lo largo de las costas del Golfo de California hasta el sur de Perú (Arvizu, 2014).

Su distribución en Ecuador se da desde Esmeraldas, Estuario Interior del Golfo de Guayaquil, Puerto EL Morro, Isla Puná, Puerto Bolívar, Costa Rica y Puerto Pitahaya (Rodríguez, 2013).

### **5.13.7. Captura**

La recolección de *Mytella guyanensis* se realiza de forma artesanal, mediante la extracción manual, y se depositan en un tacho plástico, para la captura de este molusco, los colectores programan sus actividades de extracción de acuerdo con la hora en que se registra la bajamar para aprovechar a ingresar hacia las zonas donde se forman playones o bancos, caracterizados por sedimento de tipo arenoso o fangoso. El tiempo de recolección varía entre 1 a 2 horas y lo pueden realizar adultos y niños, debido a que es un suelo firme y segura la recolección (MAE et al., 2018).

### **5.13.8. Consumo y aspectos comerciales**

La recolección de mejillones es muy común para autoconsumo por las comunidades cercanas a este recurso, convirtiéndose así, en un medio de subsistencia para las familias con conocimiento tradicional de captura de moluscos (Cobos, 2017).

En cuanto al comercio de este molusco, se realiza de manera local, a pesar de que no es tan apetecida como la concha negra que se comercializa en grandes cantidades. Sin embargo, existen comerciantes minoristas y mayoristas que hacen pedidos o encargan a los colectores de mejillones cierta cantidad por lo general en tachos, para luego comercializarlos en los principales mercados de las provincias de Santa Elena y Guayas principalmente (Rivero, 2009).

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. Tipo de investigación

En este estudio se realizó una investigación cuantitativa, de tipo experimental en donde se relacionan las variables de estudio para obtener resultados que puedan ser comprobados en la práctica. El método de muestreo es probabilístico donde se aplica un muestreo aleatorio simple en las muestras. El nivel o alcance de la investigación es de tipo descriptivo y correlacional.

### 6.2. Área de estudio

El presente estudio se realizó en Puerto El Morro (Figura 9), perteneciente a la parroquia El Morro del cantón Guayaquil, provincia del Guayas-Ecuador, y se encuentra situado al suroeste de la provincia del Guayas a 106 km de Guayaquil y a 5 km de la cabecera parroquial El Morro. Puerto el Morro se localiza a 6 msnm y corresponde a las coordenadas  $2^{\circ} 33' 37''$  S y  $80^{\circ} 18' 05''$  O (Pastor & Avilés, 2008). Las muestras se obtuvieron de tres estaciones, cuyas coordenadas se detallan en la Tabla 1.



**Figura 9.** Puerto El Morro, Provincia del Guayas-Ecuador, estaciones de captura de *Mytella guyanensis*.

**Fuente:** (Google Maps, 2021); **Modificado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).

**Tabla 1.** Coordenadas de las tres estaciones de colecta de mejillones en Puerto El Morro.

| Estaciones | Coordenadas    |                 |
|------------|----------------|-----------------|
|            | Latitud        | Longitud        |
| 1          | 2° 36' 03.6" S | 80° 17' 39.6" O |
| 2          | 2° 38' 13.7" S | 80° 16' 30.9" O |
| 3          | 2° 39' 20.2" S | 80° 16' 47.4" O |

**Fuente:** (Google Maps, 2021); **Modificado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).

### **6.3. Fase de campo**

#### **6.3.1. Obtención de la muestra**

Las muestras de *Mytella guyanensis* se adquirieron en tres estaciones de captura del Puerto el Morro. Se obtuvieron 15 individuos por estación, es decir 45 individuos; se realizaron cuatro monitoreos, cada 15 días durante noviembre y diciembre de 2021, con un total de 180 muestras para el análisis correspondiente.

#### **6.3.2. Manejo, conservación y transporte**

Una vez obtenidas las muestras se colocaron en tres fundas Ziploc rotuladas con el número de estación correspondiente (Anexo. Figura 15). Para poder conservar los organismos se procedió a colocarlas en una hielera provista de hielo, de esta manera mantenerlas frescas y evitaríamos su descomposición.

Luego se procede a llevar las muestras al sitio (laboratorio acondicionado) donde fueron analizados a detalles con los materiales y equipos necesarios para poder ejecutar la investigación (Anexo. Figura 23 y 24).

## **6.4. Fase de laboratorio**

### **6.4.1. Análisis biométrico**

Se registró el peso de cada individuo y el peso del tejido blando en gramos (g) con una balanza digital marca CAMRY modelo EK5055 con una precisión de 0.1g (Anexo. Figura 21). Para los datos de talla se midió la longitud total (LT) de los moluscos bivalvos con un calibrador vernier, desde la región anterior hasta la posterior de la concha (Anexo. Figura 22) (CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA, 1998).

### **6.4.2. Extracción del tejido blando**

Para este procedimiento se utilizó guantes de látex para no contaminar la muestra, con ayuda del equipo de disección se abrió cuidadosamente las valvas de los mejillones y con las pinzas se retira los tejidos blandos completos, luego se lo colocó en un recipiente con tapa para evitar la contaminación (Anexo. Figura 25 y 27) (Amas López & Crispín Vásquez, 2019).

### **6.4.3. Digestión alcalina**

Para la digestión del tejido blando se aplicó el método dispuesto por Avio et al., (2015), donde se utiliza una solución alcalina de hidróxido de potasio (KOH) al 10%, la cual es modificada por Lino-Domínguez (2019) al utilizar la solución alcalina de hidróxido de sodio (NaOH) que realiza la misma función al ser bases fuertes, degradando así tejidos blandos y gastrointestinales sin afectar las propiedades físicas del microplástico, este cambio se realiza debido a que en Ecuador el KOH no es comercializado. Se colocó 20 ml de NaOH al 10% a las muestras (Anexo. Figura 29) durante 24 horas a temperatura ambiente para que realice el proceso de digestión orgánica (Anexo. Figura 30) (Cole et al., 2015).



#### 6.4.4. Extracción y observación de microplásticos

Luego de la digestión orgánica se procedió a filtrar el contenido de los frascos con ayuda de un tamiz ojo de malla de 100  $\mu\text{m}$  (Anexo. Figura 31), una vez retenidos los microplásticos, se voltea el tamiz sobre una caja Petri y con ayuda de una pipeta se coloca agua destilada sobre el tamiz para que los microplásticos y materia orgánica existente caigan sobre la caja Petri (Anexo. Figura 32), luego se realizó el análisis en un microscopio trinocular (Anexo. Figura 33), donde se observó las propiedades físicas de los microplásticos, se capturó la respectiva fotografía y se llenó la hoja de registro con los datos observados.

Para este procedimiento se consideró tener la mejor asepsia posible, tanto para los materiales y equipos, como también el lugar de trabajo, manteniendo todo limpio y herméticamente cerrado, para no alterar los resultados.

#### 6.4.5. Clasificación de microplásticos

Los microplásticos encontrados en las muestras, se categorizaron según sus propiedades físicas, de la siguiente manera:

- **Forma o tipo morfológico (Morfortipo):** según lo dispuesto por Do Sul et al., (2014) e Hidalgo et al., (2012), se clasificó los microplásticos en: fragmentos, fibras, pellets, películas de plástico, gránulos y microplástico espumado (Anexo. Figura 35-40).
- **Color:** la clasificación para colores es: transparente, blanco, rojo, naranja, azul, negro, gris, verde y amarillo (Hidalgo et al., 2012) (Anexo. Figura 35-40).
- **Tamaño:** se clasificó en cinco grupos: el primer grupo serán los microplásticos  $<1\text{mm}$  como lo indica Browne et al., (2007) y los siguientes cuatro grupos se clasificaron en los rangos de; 1mm a 2mm, 2mm a 3mm, 3mm a 4mm y 4 mm a 5mm (Hidalgo et al., 2012) (Anexo. Figura 34).

#### 6.4.6. Procesamiento de imágenes

Para medir el tamaño de los microplásticos se utilizó el software ImageJ para Windows (Anexo. Figura 34), donde se ingresó las fotografías tomadas en el microscopio, teniendo una reglilla o referencia de alguna medida conocida (cm, mm,  $\mu\text{m}$ , etc.) y se procedió a la calibración en el programa, una vez calibrado se midió el tamaño de los microplásticos extraídos (Ory, Sobral, & Thiel, 2017).

#### 6.5. Análisis de datos

##### 6.5.1. Prevalencia, abundancia media e intensidad media

Se determinó la prevalencia, abundancia media e intensidad media de los microplásticos registrados en los mejillones mediante las fórmulas empleadas por Martínez (2020), las cuales se describen a continuación:

**Prevalencia:**

$$P (\%) = \frac{\text{Número de organismos con microplásticos}}{\text{Número de organismos examinados}} * 100$$

**Abundancia media:**

$$Am = \frac{\text{Número total de microplásticos}}{\text{Número de organismos examinados}}$$

**Intensidad media:**

$$Im = \frac{\text{Número total de microplásticos}}{\text{Número de organismos con microplásticos}}$$

### 6.5.2. Análisis estadístico

Los datos biométricos y la cantidad de MPs encontrados en las muestras se ingresaron en una base de datos en Excel 2013, para la representación de los datos y gráficos estadísticos. Para la prueba de normalidad y análisis de correlación de los datos se utilizó el Software IBM SPSS Statistics versión 22, destacando los siguientes aspectos para ambos casos:

**Prueba de normalidad:** se identificó el tamaño de muestra para realizar el test apropiado, lo que llevo a ejecutar la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para un tamaño de muestra  $n \geq 50$ , luego se analizó el estadístico de prueba (p-valor) para conocer si los datos poseen una distribución normal ( $p > 0,05$ ) o no normal ( $p < 0,05$ ) (Romero-Saldaña, 2016).

**Tabla 2.** Interpretación del coeficiente de correlación de Spearman.

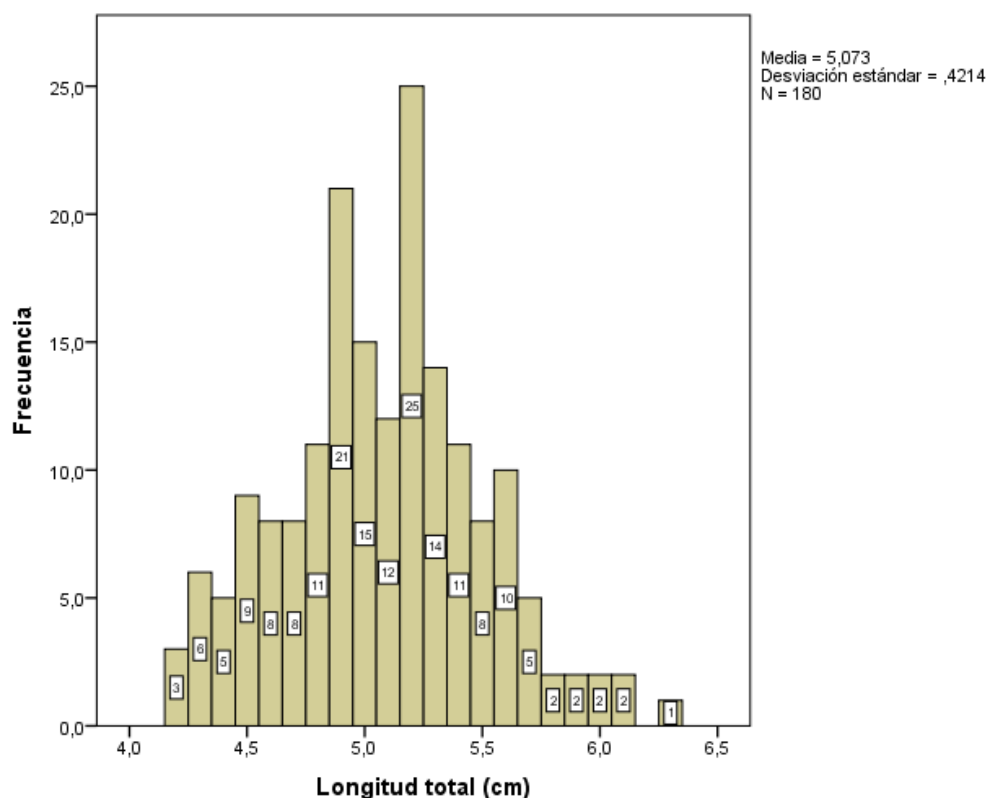
| Valor de Rho  | Significado                            |
|---------------|--|
| -1            | Correlación negativa grande y perfecta |
| -0.9 a -0.99  | Correlación negativa muy alta          |
| -0.7 a -0.89  | Correlación negativa alta              |
| -0.4 a -0.69  | Correlación negativa moderada          |
| -0.2 a -0.39  | Correlación negativa baja              |
| -0.01 a -0.19 | Correlación negativa muy baja          |
| 0             | Correlación nula                       |
| 0.01 a 0.19   | Correlación positiva muy baja          |
| 0.2 a 0.39    | Correlación positiva baja              |
| 0.4 a 0.69    | Correlación positiva moderada          |
| 0.7 a 0.89    | Correlación positiva alta              |
| 0.9 a 0.99    | Correlación positiva muy alta          |
| 1             | Correlación positiva grande y perfecta |

**Fuente:** (Martínez & Campos, 2015).

**Coefficiente de correlación lineal de Spearman:** se aplicó la prueba no paramétrica de coeficiente de correlación de Spearman (Rho), que se usa para una población donde no existe una distribución normal (Martínez & Campos, 2015). Este coeficiente toma valores que van de -1 hasta +1 (Tabla 2); cuando la correlación es +1 indica una relación lineal perfecta positiva, mientras que cuando la correlación es -1 indica una relación lineal perfecta negativa, el valor de 0 indica una relación lineal nula.

## 7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

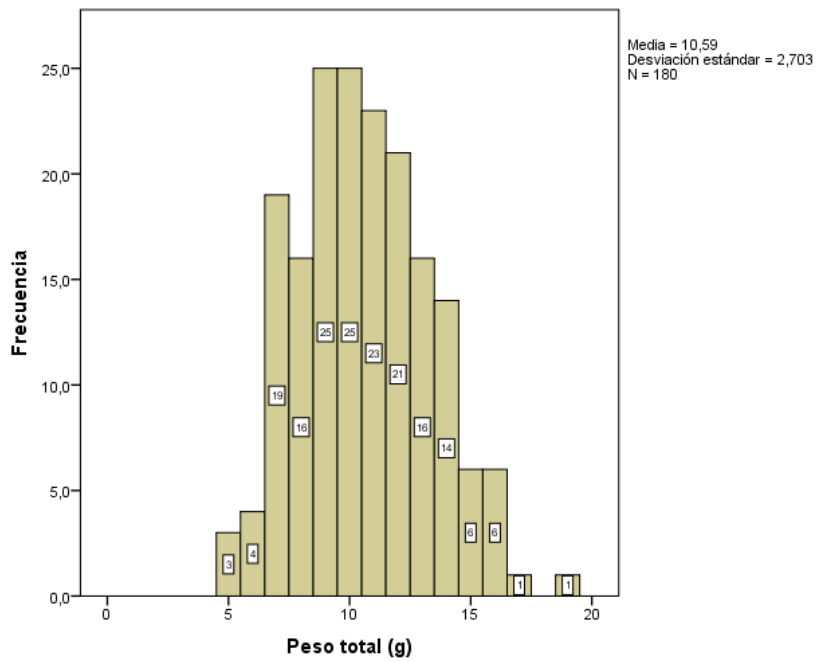
Se analizó un total de 180 individuos de *Mytella guyanensis* distribuidos en tres estaciones, 60 individuos por estación. El rango de tallas incluyó especímenes entre los 4,2 a 6,3 cm de longitud total (LT), y una media de 5,07 cm, la talla de mayor frecuencia fue de 5,2 cm correspondiente a 25 organismos, mientras que la talla de menor frecuencia fue de 6,3 cm que corresponde a un individuo (Gráfico 1).



**Gráfico 1.** Frecuencia de tallas, longitud total de los individuos de *Mytella guyanensis*.

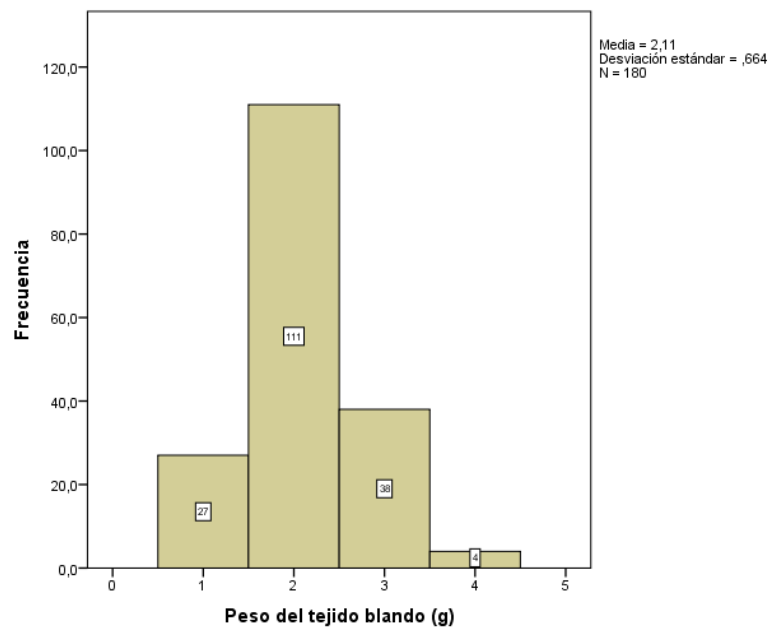
**Elaborado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).

El peso total (PT) de los 180 individuos de *Mytella guyanensis* oscilo entre los 5 y 19 g, y una media de 10,59 g de PT, los pesos con mayor frecuencia fueron 9 y 10 g (25 individuos cada uno), en los pesos que presentaron menor frecuencia fueron de 17 y 19 g (1 individuo cada uno) (Gráfico 2).



**Gráfico 2.** Frecuencia del peso total de los individuos de *Mytella guyanensis*.  
**Elaborado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).

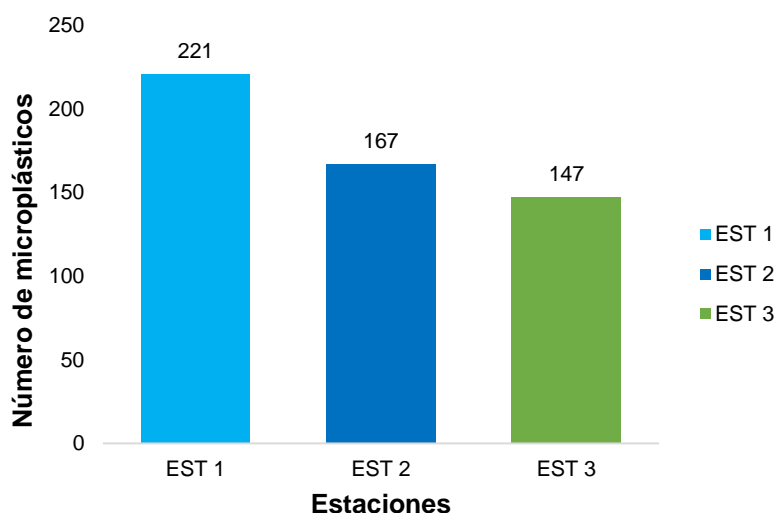
El rango de peso del tejido blando (Ptb) incluyó especímenes entre 1 y 4 g de Ptb, y una media de 2,11 g. Sin embargo, para el peso de mayor frecuencia fue de 2 g (111 individuos), y para el peso de menor frecuencia fue de 4 g de Ptb (4 individuos) (Gráfico 3).



**Gráfico 3.** Frecuencia del peso de tejido blando de los individuos de *Mytella guyanensis*.  
**Elaborado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).

### 7.1. Abundancia de MPs por estación

La estación con mayor número de MPs en *Mytella guyanensis* fue la estación uno con 221 MPs, mientras que la estación dos (167 MPs) y tres (147 MPs) obtuvieron cantidades similares (Gráfico 4). La cantidad de MPs puede estar influenciada por varios factores como; la dinámica de las corrientes; contaminantes enredados en las raíces como fibras (Anexo. Figura 11); el tipo de sustrato, areno-fangoso (EST 1) y netamente fangoso (EST 2 y 3); la ubicación geográfica de las estaciones, entre más cerca de la localidad Puerto El Morro (EST 1) mayor es la fuente de contaminación plástica, a diferencia de las estaciones (EST 2 y 3) se encuentran alejadas de la localidad.



**Gráfico 4.** Cantidad de MPs en *Mytella guyanensis* por estación.  
**Elaborado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).

### 7.2. Prevalencia, abundancia media e intensidad media de MPs presentes en *Mytella guyanensis*, capturados en tres estaciones del Puerto El Morro.

La estación uno presentó los mayores valores con un 98% de prevalencia, una abundancia media de 4 MPs/org e intensidad media de 4 MPs/org, por otra parte, la estación dos registró un 87% de prevalencia, abundancia media de 3 MPs/org e intensidad media de 3 MPs/org, por consiguiente, la estación tres obtuvo una menor prevalencia del 82%, abundancia media de 2 MPs/org e intensidad media de 3 MPs/org (Tabla 3).

**Tabla 3.** Prevalencia, abundancia media e intensidad media de los MPs encontrados en *Mytella guyanensis* capturados en las tres estaciones de muestreo.

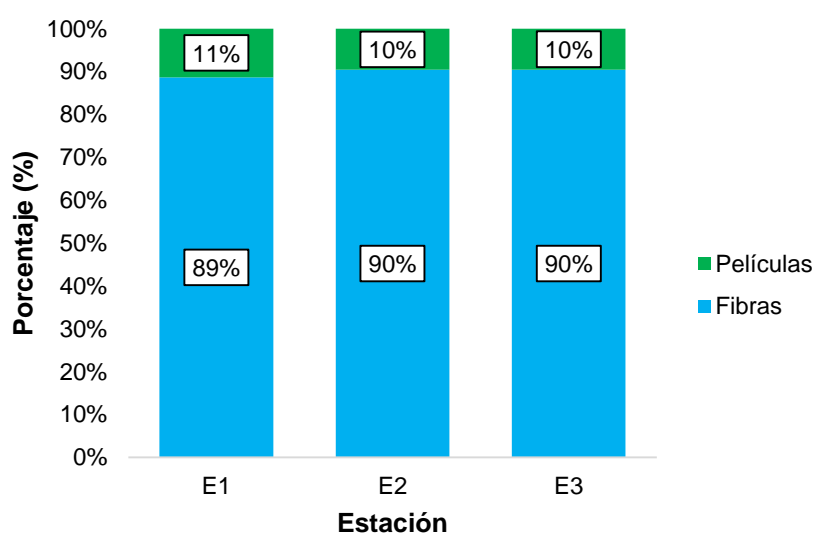
|           | Nº de Organismos examinados | Nº de Organismos con MPs | Nº Total de MPs | Prevalencia (%) | Abundancia media (MPs/org) | Intensidad media (MPs/org) |
|-----------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>E1</b> | 60                          | 59                       | 221             | 98              | 4                          | 4                          |
| <b>E2</b> | 60                          | 52                       | 167             | 87              | 3                          | 3                          |
| <b>E3</b> | 60                          | 49                       | 147             | 82              | 2                          | 3                          |

Elaborado por: (Villao-Rodríguez, 2022).

### 7.3. Categorización de los MPs presentes en *Mytella guyanensis*, de acuerdo con sus propiedades físicas (morfotipo, color y tamaño).

#### 7.3.1. Morfotipo de los MPs presentes en *Mytella guyanensis*.

En las tres estaciones, el morfotipo de MPs que predominó fueron las fibras y en menor porcentaje las películas plásticas, en esta última categoría se incluyen las láminas y cintas plásticas. Los organismos de la estación uno presentaron 25 películas plásticas (11%) y 196 fibras (89%); porcentajes similares se registró en la estación dos con 16 películas (10%) y 151 fibras (90%) y para la estación tres con 14 películas plásticas (10%) y 133 fibras (90%) (Gráfico 5).

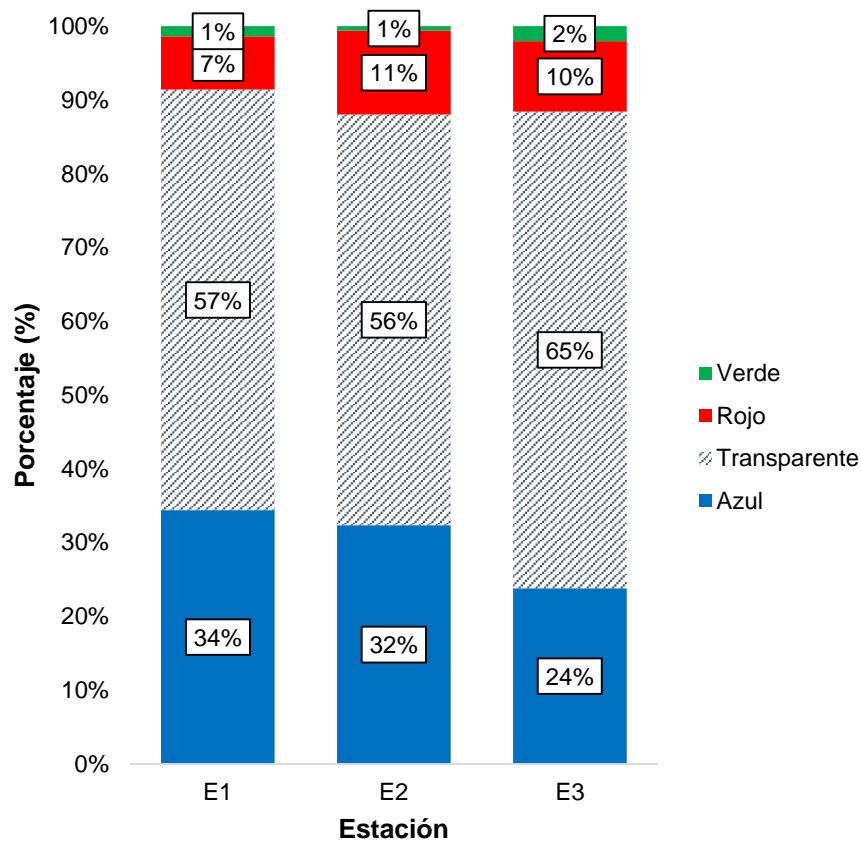


**Gráfico 5.** Porcentaje según el morfotipo de los MPs encontrados en *Mytella guyanensis* en cada estación.

Elaborado por: (Villao-Rodríguez, 2022).

### 7.3.2. Color de los MPs presentes en *Mytella guyanensis*.

En el Gráfico 6 se observa que el color que predominó en las tres estaciones en estudio fue el transparente, en la EST 3 se observó un 67% (95 MPs), y con porcentaje menor para la EST 2 reflejando el 56% (93 MPs). Los MPs de color azul fueron mayores en la EST 1 con 34% (76 MPs) y menores en la EST 3 con 24% (35 MPs). A diferencia de los MPs de color rojo fueron mayores en la EST 2 con 11% (19 MPs) y menores en la EST 1 con 7% (16 MPs). Sin embargo, para los MPs de color verde se encontraron en mínimas cantidades, en la EST 3 representando con el 2% (3MPs) y 1% para la EST 1 (3 MPs) y EST 2 (1MPs).



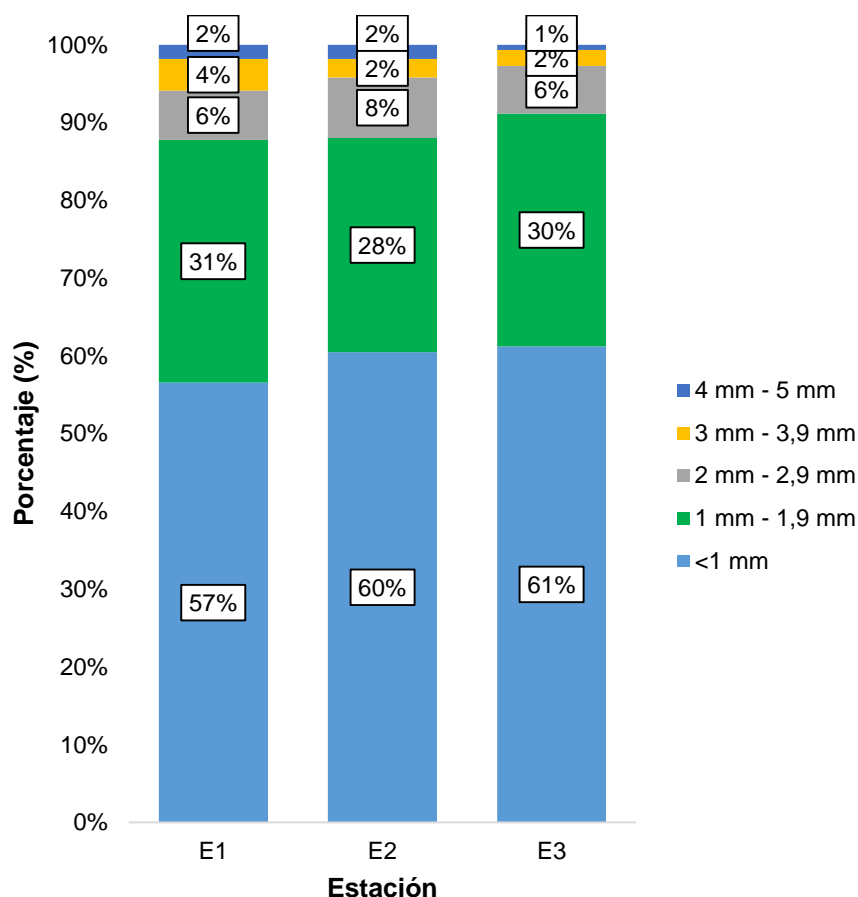
**Gráfico 6.** Porcentaje de colores de los MPs encontrados en *Mytella guyanensis* en cada estación.

**Elaborado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).



### 7.3.3. Tamaño de los MPs presentes en *Mytella guyanensis*.

MPs <1mm predominaron en las 3 estaciones, considerando el mayor porcentaje en la EST 3 con el 61% (90 MPs), el segundo rango de tamaño que predominó fue de 1 – 1,9 mm, no obstante, el mayor porcentaje fue en la EST 1 con el 31% (69 MPs) y el menor en la EST 2 con el 28% (46 MPs).



**Gráfico 7.** Porcentaje de tamaños de los MPs encontrados en *Mytella guyanensis* en cada estación.

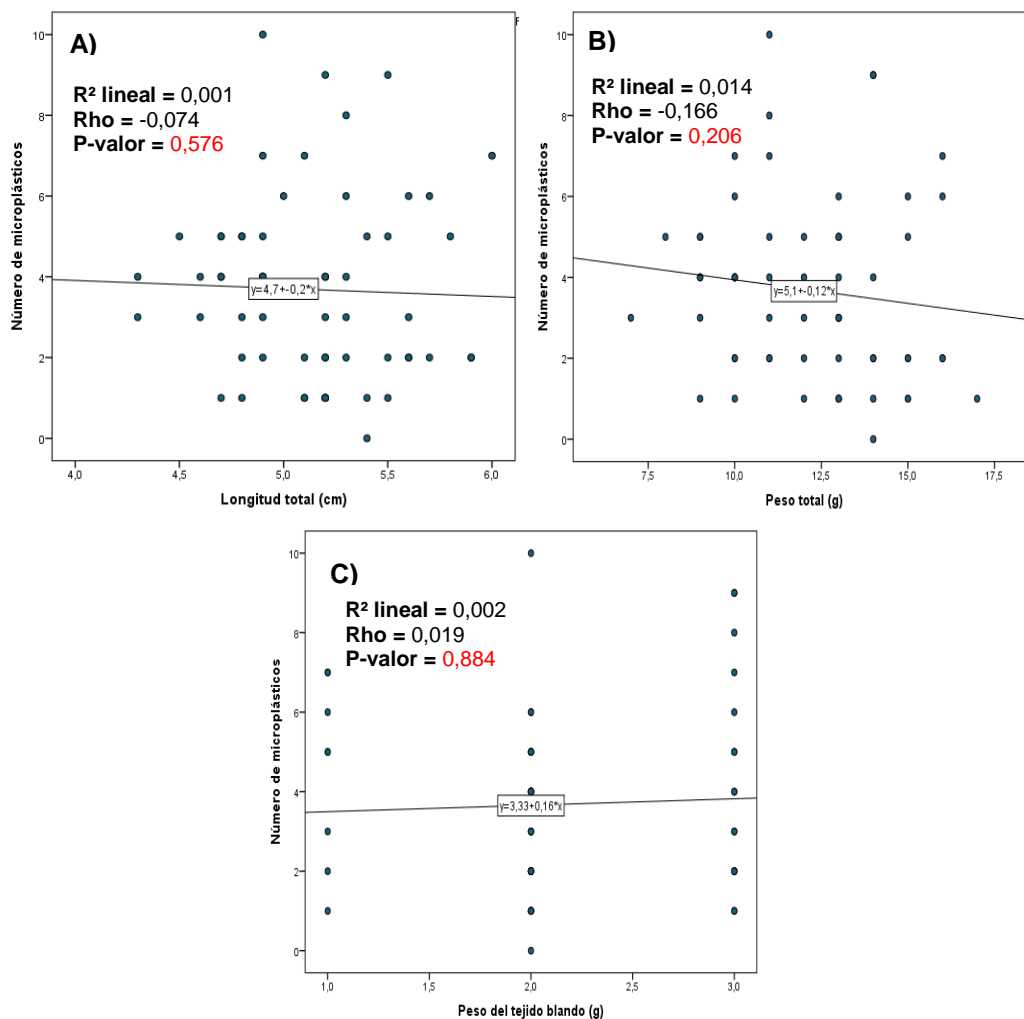
**Elaborado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).

Se registraron MPs entre 2 a 5 mm en menores porcentajes en las tres estaciones donde se extrajeron los organismos de Puerto El Morro, y los MPs de 4-5 mm que ocuparon un mínimo porcentaje del 2% (4 y 3 MPs) para la EST 1 y 2 y se reconoció el 1% (1 MPs) en la EST 3 (Gráfico 7).

#### 7.4. Correlación entre los parámetros biométricos y la presencia de MPs en *Mytella guyanensis*.

Se realizó la prueba no paramétrica de correlación de Spearman, los datos biométricos no siguen una distribución normal ( $p < 0,05$ ); Longitud total ( $p = 0,019$ ), peso total ( $p = 0,000$ ) y peso del tejido blando ( $p = 0,000$ ) (Anexo. Tabla 5).

##### 7.4.1. Parámetros biométricos vs MPs presentes en *Mytella guyanensis* capturados en la EST 1.

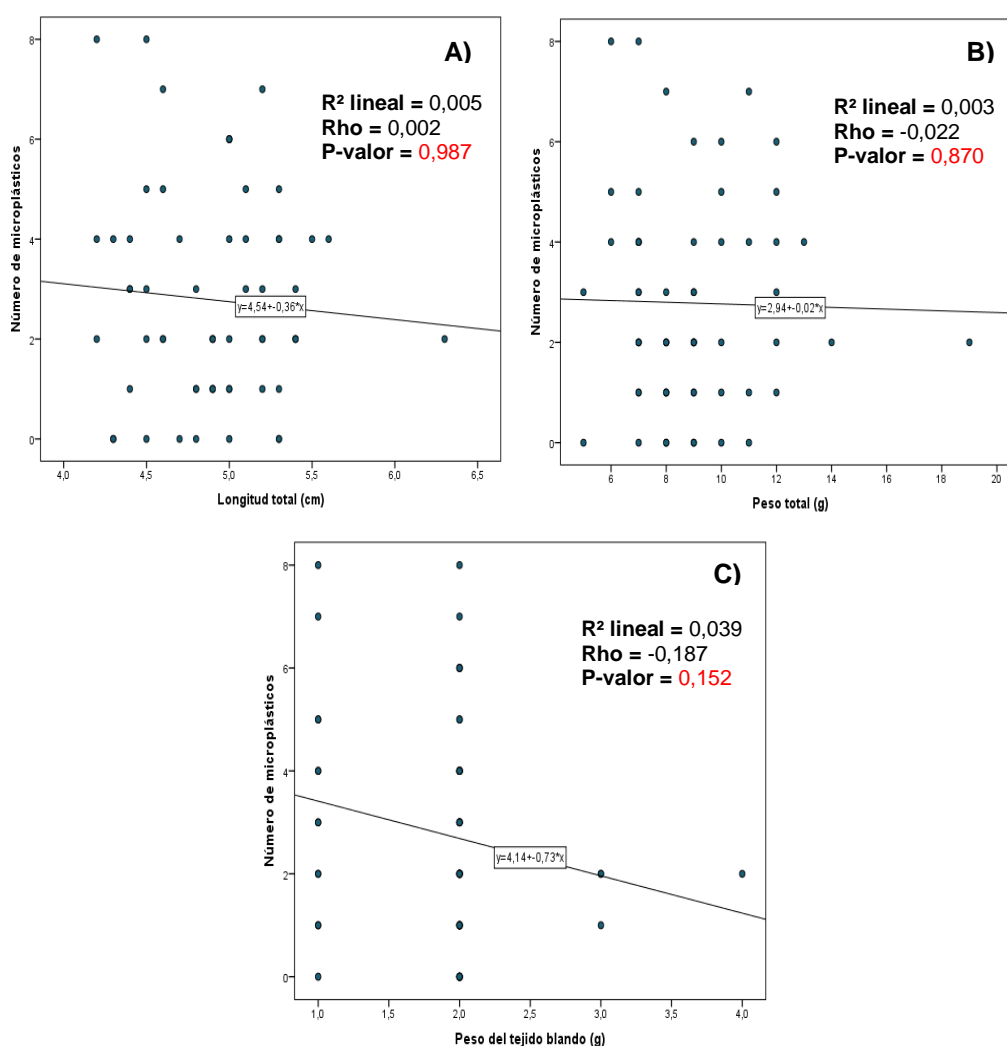


**Gráfico 8.** Correlación de Spearman para los parámetros biométricos vs MPs de la estación 1. **A)** MPs vs longitud total; **B)** MPs vs peso total; **C)** MPs vs peso del tejido blando. **Elaborado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).

No existe una correlación entre el número de MPs y los parámetros biométricos de *Mytella guyanensis*, de manera que el estadístico de prueba ( $p$ -valor) para

correlaciones no es significativo ( $p \geq 0,05$ ) entre las variables; MPs vs longitud total ( $p=0,576$ ), MPs vs peso total ( $p=0,206$ ) y MPs vs peso del tejido blando ( $p=0,884$ ) (Anexo. Tabla 6).

#### 7.4.2. Parámetros biométricos vs MPs presentes en *Mytella guyanensis* capturados en la EST 2.

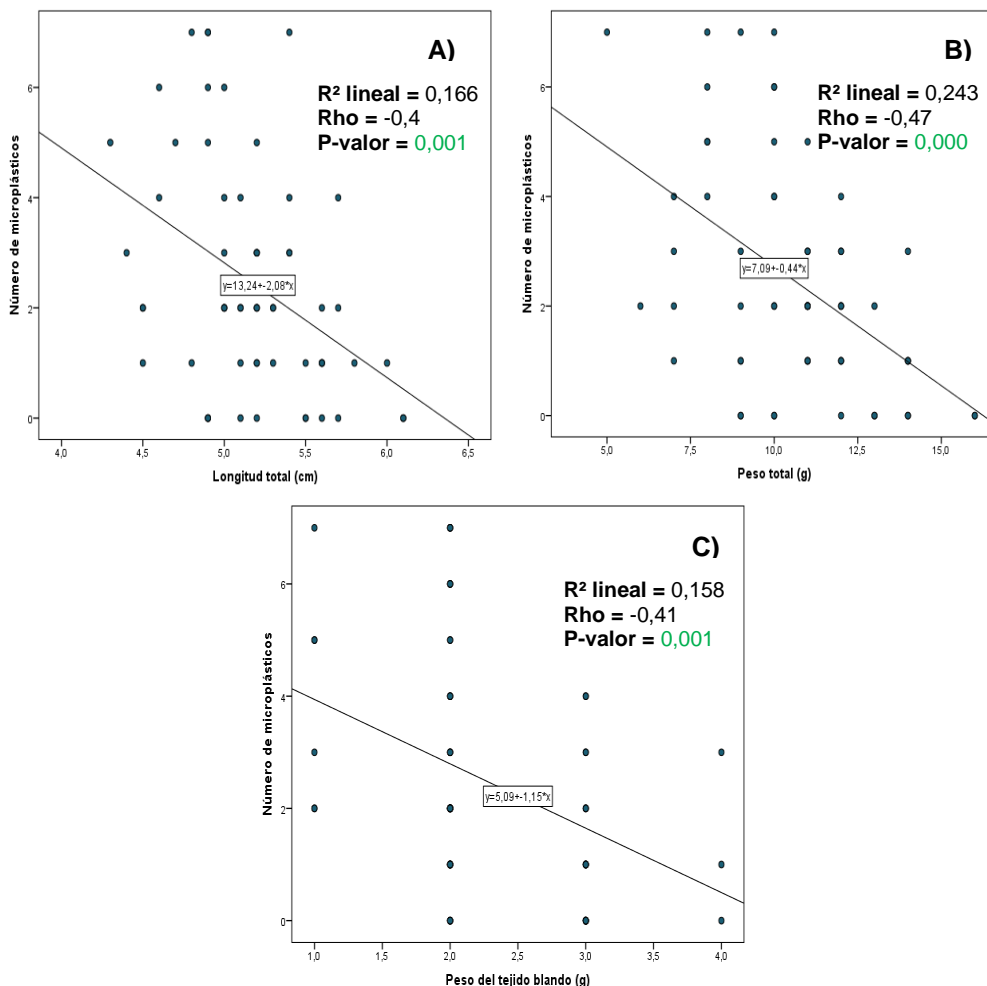


**Gráfico 9.** Correlación de Spearman para los parámetros biométricos vs MPs de la estación 2. **A)** MPs vs longitud total; **B)** MPs vs peso total; **C)** MPs vs peso del tejido blando. **Elaborado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).

Se descarta una correlación entre las variables número de MPs vs parámetros biométricos de *Mytella guyanensis* capturados en la estación dos, el estadístico de prueba (p-valor) para correlaciones no es significativo ( $p \geq 0,05$ ) entre las variables; los MPs vs longitud total ( $p=0,987$ ), MPs vs peso total ( $p=0,870$ ) y MPs vs peso del tejido blando ( $p=0,152$ ) (Anexo. Tabla 7).

Las estaciones uno y dos no presentaron correlación entre sus variables (Gráfico 8 y 9), considerando que, la ingesta de partículas en suspensión que realizan los organismos que habitan en estas estaciones, están influenciados por factores ambientales como la dinámica de las corrientes, que influyen en la concentración e ingesta de contaminantes plásticos, la ubicación geográfica de las estaciones uno y dos se caracterizan por tener un flujo de corriente rápida (Figura 9), por lo cual, la cantidad de MPs ingeridos por los organismos van a ser muy variables acorde a una determinada talla o peso, descartando una posible relación.

### 7.4.3. Parámetros biométricos vs MPs presentes en *Mytella guyanensis* capturados en la EST 3.



**Gráfico 10.** Correlación de Spearman para los parámetros biométricos vs MPs de la estación 3. **A)** MPs vs longitud total; **B)** MPs vs peso total; **C)** MPs vs peso del tejido blando. **Elaborado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).

El estadístico de prueba (p-valor) para correlaciones es significativo ( $p < 0,05$ ) entre las variables; MPs vs longitud total ( $p=0,001$ ) con un coeficiente de correlación  $Rho=-0,404$ , para MPs vs peso total ( $p=0,000$ ) con un  $Rho=-0,473$  y MPs vs peso del tejido blando ( $p=0,001$ ) con un  $Rho=-0,413$  (Anexo. Tabla 8). Los coeficientes de correlación (Rho de Spearman) de los parámetros biométricos vs el número de MPs indican que existe una correlación negativa moderada e inversamente proporcional entre las variables de estudio como se muestra en la interpretación de la Tabla 2.

En la estación tres existe correlación entre la cantidad de MPs y los parámetros biométricos correspondientes a la talla, peso total y del tejido blando (Gráfico 10), debido a que, los organismos de esta estación realizan sus procesos de alimentación y filtración de forma natural, sin estar fuertemente influenciados por factores ambientales como la dinámica de las corrientes, que influyen en la concentración e ingesta de contaminantes plásticos, la ubicación geográfica de la EST 3 se caracteriza por tener un flujo de corriente lento al estar rodeado por vegetación abundante de manglares (Figura 9). Por esta razón, la cantidad de MPs ingeridos por los organismos van a tener una frecuencia uniforme acorde a una determinada talla o peso, permitiendo establecer una relación.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1. Conclusiones

Los organismos de la estación uno presentaron una prevalencia muy alta (98%), y fue menor en la estación tres (82%), aun así, estos valores se consideran altos, permitiendo conocer que *Mytella guyanensis* muestra una alta presencia de MPs en sus poblaciones, y a su vez, es un excelente bioindicador de los niveles de contaminación plástica en el ambiente donde habita. La abundancia media e intensidad media permitió inferir el grado de bioacumulación de MPs por organismo, la estación uno presentó mayor abundancia e intensidad media de 4 MPs/org.

El morfotipo más representativo en las tres estaciones fueron las fibras con un porcentaje mayor al 89%, deduciendo que las principales fuentes de contaminación provienen de las actividades de pesca y acuicultura que utilizan artes de pesca, también interviene la población local, con la eliminación de agua drenada de uso doméstico principalmente de lavado y eliminación de textiles, contribuyendo a la liberación de microfibras en el medio. El color de los MPs que predominó fue el transparente, siendo este un color base de la mayoría de los polímeros, por otra parte, puede ser producto de la degradación de los MPs, que causa la pérdida de color. Los tamaños de los MPs presentes en un mayor porcentaje fueron los <1mm, aumentando la posibilidad de que se sigan fragmentando, se transfieran y acumulen en los órganos como el estómago e intestino, causando efectos contradictorios en el organismo.

La estación tres presentó una correlación negativa moderada e inversamente proporcional entre la cantidad de MPs y los parámetros biométricos con respecto a talla y peso de *Mytella guyanensis*, demostrando que a medida que incrementa el número de MPs disminuye la talla y peso de los organismos de una manera moderada. Por otra parte, las estaciones uno y dos se descartan una correlación entre las variables número de MPs vs parámetros biométricos, debido a que el estadístico de prueba para correlaciones no es significativo ( $p \geq 0,05$ ).

## 8.2. Recomendaciones

Para las futuras investigaciones se recomienda continuar con el estudio de presencia de microplásticos en *Mytella guyanensis*, para el análisis de comparación espacio-temporal, debido a que esta especie registró una alta prevalencia de microplásticos, y propone su potencial como especie bioindicadora. Así mismo, es importante replicar este estudio en otras especies de moluscos bivalvos de interés comercial que se capturan en Puerto El Morro y otros sitios de colecta en el país.

Las microfibras derivadas de las artes de pesca y textiles son la principal fuente de contaminación microplástica. Para minimizar la concentración e impactos que provocan los microplásticos en los ecosistemas se recomienda implementar alternativas que reemplacen las fibras convencionales, empleando fibras biodegradables y bioreciclables de base biológica con el rendimiento y durabilidad requerido para su uso, y al mismo tiempo cuando estos sean descartados aceleren los procesos de degradación en el ambiente por medio de los procesos bioquímicos.

La recolección de textiles después de su vida útil y de las artes de pesca enredadas en las raíces de los mangles y sus alrededores, son puntos importantes para reducir la concentración de microfibras en el medio. Esto va de la mano con el desarrollo de programas de difusión y educación ambiental que fomentarán el cuidado ambiental y la participación ciudadana.

Es necesario realizar bioensayos a nivel de laboratorio, exponiendo a los organismos de la especie *Mytella guyanensis*, a altas concentraciones de microplásticos, con el fin de obtener datos del nivel de bioacumulación máxima que puede soportar esta especie, y si estas concentraciones provocan efectos adversos en los organismos, tales como: mortalidad, baja fecundidad, malformaciones y déficit de crecimiento en talla y peso. También es importante estudiar la biomagnificación de los microplásticos en la cadena trófica.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Amas López, C. A., & Crispín Vásquez, E. E. (2019). "Contaminación y bioacumulación por microplásticos en la población de Mejillones, Playa Donofrio, Ancón – 2019". (*Tesis de grado*). Universidad César Vallejo, Lima-Perú.
- Arvizu, A. (2014). Estudio del crecimiento y edad de primera madurez del mejillón, *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) en condiciones experimentales en la laguna costera La Cruz, Sonora, México. (*Tesis de posgrado*). Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora.
- Avio, C., Gorbi, S., & Regoli, F. (2015). Experimental development of new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: first observations in commercial species from Adriatic Sea. *Marine environmental research*, 111, 18-26.
- Browne, M. A., Galloway, T., & Thompson, R. (2007). Microplástico: ¿un contaminante emergente de posible preocupación? *Evaluación y gestión ambiental integrada*, 3(4), 559–561. doi: 10.1002 / ieam.5630030412
- Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., & Manzano, C. A. (2020). Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Revista Boliviana de Química*, 37(3), 160-175.
- Castro, R. (2017). "Contaminación por metales pesados cadmio y plomo en agua, sedimento y en mejillón *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) en los puentes 5 de junio y Perimetral (Estero Salado, Guayaquil-Ecuador)". (*Tesis de grado*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador.
- Chilán Tumbaco, I. E., & Montalván Alvarado, E. E. (2016). "Procesamiento de mejillones en escabeche del sector del Puerto El Morro". (*Tesis de grado*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador.
- Cobos, G. (2017). Construcción participativa e integral de aportes y recomendaciones para la elaboración de estrategias de adaptación local al cambio climático para dos comunidades de pescadores-recolectores en



zonas de manglares del Golfo de Guayaquil, Ecuador. (*Tesis de posgrado*). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

Cole, M., Webb, H., Lindeque, P. K., Fileman, E. S., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2015). Isolation of microplastics in biotrich seawater samples and marine organisms. *Scientific Reports*, 4(1).

CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA. (1998). *REGLAMENTO (CE) No 850/98 DEL CONSEJO de 30 de marzo de 1998 para la conservación de los recursos pesqueros a través de medidas técnicas de protección de los juveniles de organismos marinos*. Diario Oficial de las Comunidades Europeas.

Do Sul, J., Costa, M., & Fillmann, G. (2014). Microplastics in the pelagic environment around oceanic islands of the Western Tropical Atlantic Ocean. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225(7), 2004.

EFSA. (2016). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *EFSA Journal*, 14(6), 30 pp.

FAO. (2017). *Microplastics in fisheries and aquaculture*. Fisheries and Aquaculture Technical Paper 615. Obtenido de <http://www.fao.org/3/i7677e/i7677e.pdf>

Frias, J. P., & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, pp 145-147.

GESAMP. (2015). "*Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment*". Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/ UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP, No. 90, 96 p.

GESAMP. (2016). "*Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment*" (Kershaw, P.J., and Rochman, C.M., eds).


- (IMO/FAO/UNESCO/IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 93, 220 p.
- Google Maps. (2021). *Puerto El Morro*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2021, de Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps/place/Puerto+El+Morro>
- GREENPEACE. (2021). *Datos sobre la producción de plásticos*. Recuperado el 22 de Mayo de 2021, de GreenPeace: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>
- Helmenstine, A. M. (10 de Abril de 2020). *Plastic Definition and Examples in Chemistry*. Recuperado el 31 de Octubre de 2021, de ThoughtCo: <https://www.thoughtco.com/plastic-chemical-composition-608930>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R., & Thiel, M. (2012). Microplásticos en el medio marino: una revisión de los métodos utilizados para la identificación y cuantificación. *Ciencia y tecnología ambientales*, 46(6), 3060-3075. doi:doi.org/10.1021/es2031505
- Lino Domínguez, J. G. (2019). "Microplástico en el tracto digestivo de *Scomber japonicus*, *Opisthonema libertate* y *Auxis thazard*, comercializados en el puerto pesquero de Santa Rosa, Provincia De Santa Elena-Ecuador.". (Tesis de grado). Universidad Estatal Península De Santa Elena, La Libertad-Ecuador.
- MAE, CI-Ecuador, Hivos, GEF, & FAO. (2018). *Manejo integrado de espacios marinos y costeros de alto valor para la biodiversidad en el Ecuador continental*. 133 pags.
- Martínez, A., & Campos, W. (2015). Correlación entre Actividades de Interacción Social Registradas con Nuevas Tecnologías y el grado de Aislamiento Social en los Adultos Mayores. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, Vol.36(No.3), pp. 181-191.

- Martínez, J. M. (2020). Hábitos alimenticios de *Scomber japonicus* en el golfo de Guayaquil. (*Tesis de grado*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- OMS. (30 de Abril de 2020). *Inocuidad de los alimentos*. Recuperado el 31 de Octubre de 2021, de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- ONU. (2018). *El estado de los plásticos; Perspectiva del día mundial del medio ambiente 2018*.
- Ory, N., Sobral, P., & Thiel, M. (2017). Amberstripe scad *Decapterus muroadsi* (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre. *Science of the Total Environment*, 586, 430-437.
- Pastor, J. P., & Avilés, C. M. (2008). Propuesta de equipamiento en el Sector de Puerto de El Morro. (*Tesis de grado*). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador.
- Prata, J. C., Da Costa, J. P., Lopes, I., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2019). Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *The Science of the Total Environment*, 1(702), 33 pages. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134455.
- Rivero, S. (2009). *Diagnóstico del cultivo y extracción de moluscos en Centroamérica, hacia una estrategia regional*. San Salvador.
- Rodríguez, F. (2013). "Cuantificación de cadmio, plomo y níquel en agua superficial, sedimento y organismo (*Mytella guyanensis*) en los puentes Portete y 5 de junio del Estero Salado (Guayaquil)". (*Tesis de grado*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador.
- Rodríguez-Perera, G. R. (2019). Detección de microplásticos en mejillón (*Mytilus edulis*) de las Costa Atlántica de Uruguay. (*Tesis de grado*). Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Romero-Saldaña, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería del Trabajo*, 6(3), 105-114.

- Su, L., Cai, H., Kolandhasamy, P., Wu, C., Rochman, C. M., & Shi, H. (2018). Using the Asian clam as an indicator of microplastic pollution in freshwater ecosystems. *Environmental Pollution*, 234, 347-355.
- Toledo Martínez, M. Á. (2019). Revisión bibliográfica de los métodos de análisis de micro(nano) Plásticos en el medio ambiente y en la biota marina. (*Tesis de maestría*). Universidad Nacional De Educación A Distancia.
- Ureña, P. (2020). Condiciones ambientales y biológicas del cultivo en suspensión del mejillón (*Mytella guyanensis*) en Puerto Palito, Isla Chira, Costa Rica. (*Tesis de Posgrado*). Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- Vethaak, A. D., & Leslie, H. A. (2016). Plastic debris is a human health issues. *Environ. Sci. Technol*, 50(13), 6825-6826.
- Wang, W., Gao, H., Jin, S., Li, R., & Na, G. (2019). The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review. *Ecotoxicology and Environmental*, 110-117.
- Zhang, Y., Kang, S., Allen, S., Allen, D., Gao, T., & Sillanpää, M. (2020). Atmospheric microplastic: A review on current status and perspectives. *Earth-Science Reviews*, 203, 103-118.

## 10. ANEXOS

**Tabla 4.** Ficha de registro de datos.

|  <b>UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA SANTA ELENA</b><br><b>FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR</b><br><b>ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA</b> |         |                                     |         |           |                            |                                      |                                |                               |           |
|--|---------|-------------------------------------|---------|-----------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------|
| <b>REGISTRO QUINCENAL</b>  |         |                                     |         |           |                            |                                      |                                |                               |           |
| <b>Alumno</b>  |         | Villao Rodríguez Jonathan Ricardo   |         |           |                            |                                      |                                |                               |           |
| <b>Tutor</b>   |         | Blgo. Xavier Piguave Preciado M.Sc. |         |           |                            |                                      |                                |                               |           |
| <b>Fecha</b>   |         | 8 de noviembre de 2021              |         |           |                            |                                      |                                |                               |           |
| <b>Monitoreo</b>   |         | <b>Nº1</b>                          |         |           |                            |                                      |                                |                               |           |
| <b>Estación Nº1</b>  |         |                                     |         |           |                            |                                      |                                |                               |           |
| Nº de organismo  | LT (cm) | PT (g)                              | Ptb (g) | Nº de MPs | Características físicas    |                                      |                                |                               |           |
|  |         |                                     |         |           | Forma                      | Color                                | Tamaño (mm)                    |                               |           |
| 1  | 4,9     | 11                                  | 2       | 10        | Fibras (10)                | FA (9)<br>FR (1)                     | FA<br>1,5<br>1,3<br>1,9<br>0,8 | 0,5<br>2<br>1,3<br>0,7<br>0,5 | FR<br>1,3 |
| 2  | 5       | 10                                  | 2       | 6         | Fibras (5)<br>Película (1) | FA (3)<br>FT (2)<br>PT (1)           | FA<br>2,3<br>2,6<br>2          | FT<br>2,5<br>1,1              | PT<br>0,6 |
| 3  | 5,4     | 13                                  | 3       | 5         | Fibras (5)                 | FA (2)<br>FR (3)                     | FA<br>3,1<br>4,6               | FR<br>3<br>2,7<br>1,2         |           |
| 4  | 4,9     | 11                                  | 1       | 7         | Fibras (7)                 | FA (4)<br>FV (1)<br>FR (1)<br>FT (1) | FA<br>0,8<br>0,4<br>0,1<br>3,2 | FV<br>1,3<br>FR<br>1,6        | FT<br>3,4 |
| 5  | 4,7     | 9                                   | 2       | 5         | Fibras (5)                 | FA (3)<br>FT (2)                     | FA<br>1,1<br>0,4<br>1,5        | FT<br>0,6<br>0,3              |           |
| 6  | 5,1     | 11                                  | 2       | 2         | Fibras (2)                 | FA (1)<br>FT (1)                     | FA<br>0,3                      | FT<br>0,5                     |           |
| 7  | 5,6     | 13                                  | 3       | 3         | Fibras (3)                 | FT (3)                               | FT<br>1,7<br>0,7<br>0,8        |                               |           |
| 8  | 5,2     | 9                                   | 2       | 4         | Fibras (3)<br>Película (1) | FA (2)<br>FT (1)<br>PT (1)           | FA<br>3,4<br>4,9               | FT<br>0,7                     | PT<br>3   |
| 9  | 4,9     | 10                                  | 3       | 4         | Fibras (3)<br>Película (1) | FA (3)<br>PT (1)                     | FA<br>0,4<br>0,9<br>0,1        | PT<br>1,6                     |           |
| 10   | 4,8     | 10                                  | 2       | 2         | Fibras (1)<br>Película (1) | FA (1)<br>PT (1)                     | FA<br>1                        | PT<br>1,9                     |           |
| 11   | 4,9     | 10                                  | 3       | 4         | Fibras (4)                 | FA (2)<br>FT (2)                     | FA<br>1,4<br>1                 | FT<br>1,1<br>1                |           |

| 12                  | 4,6     | 11     | 2       | 4         | Fibras (4)                 | FA (2)<br>FT (2)                     | <b>FA</b><br>1<br>0,8                       |                                       | <b>FT</b><br>1,8<br>1              |
|---------------------|---------|--------|---------|-----------|----------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------------|------------------------------------|
| 13                  | 5,5     | 15     | 3       | 5         | Fibras (3)<br>Película (2) | FA (1)<br>FR (2)<br>PT (2)           | <b>FA</b><br>1,4                            | <b>FR</b><br>0,5<br>4,1               | <b>PT</b><br>0,6<br>1,1            |
| 14                  | 5,9     | 14     | 3       | 2         | Fibras (2)                 | FA (1)<br>FT (1)                     | <b>FA</b><br>0,6                            |                                       | <b>FT</b><br>0,8                   |
| 15                  | 5,2     | 13     | 2       | 2         | Fibras (1)<br>Película (1) | FT (1)<br>PT (1)                     | <b>FT</b><br>1                              |                                       | <b>PT</b><br>2.3                   |
| <b>Estación Nº2</b> |         |        |         |           |                            |                                      |   |                                       |                                    |
| Nº de organismo     | LT (cm) | PT (g) | Ptb (g) | Nº de MPs | Características físicas    |                                      |   |                                       |                                    |
|                     |         |        |         |           | Forma                      | Color                                | Tamaño                                      |                                       |                                    |
| 1                   | 4,2     | 7      | 2       | 8         | Fibras (7)<br>Película (1) | FA (2)<br>FR (3)<br>FT (2)<br>PR (1) | <b>FA</b><br>0,5<br>1,5<br><b>FR</b><br>4,8 | 0,7<br>1,4<br><b>FT</b>               | 1,1<br>1,7<br><b>PR</b><br>2,4     |
| 2                   | 5,1     | 10     | 2       | 5         | Fibras (5)                 | FA (3)<br>FR (1)<br>FT (1)           | <b>FA</b><br>0,6<br>1,2                     | 1<br><b>FR</b><br>0,5                 | <b>FT</b><br>2,6                   |
| 3                   | 5,6     | 7      | 2       | 4         | Fibras (4)                 | FA (4)                               |   | <b>FA</b><br>0,9<br>0,3<br>0,3<br>0,6 |                                    |
| 4                   | 5,3     | 12     | 2       | 5         | Fibras (5)                 | FA (3)<br>FT (2)                     | <b>FA</b><br>0,8<br>1,3<br>0,2              |                                       | <b>FT</b><br>1,2<br>0,3            |
| 5                   | 5       | 9      | 2       | 6         | Fibras (5)<br>Película (1) | FA (4)<br>FT (1)<br>PT (1)           | <b>FA</b><br>4,4<br>1<br>0,8<br>0,6         |                                       | <b>FT</b><br>1,6<br><b>PT</b><br>1 |
| 6                   | 5,2     | 11     | 1       | 7         | Fibras (7)                 | FA (4)<br>FR (1)<br>FT (2)           | <b>FA</b><br>0,9<br>1,1<br>0,6              | 0,9<br><b>FR</b><br>0,9               | <b>FT</b><br>0,4<br>0,8            |
| 7                   | 5,3     | 12     | 2       | 4         | Fibras (2)<br>Película (2) | FT (2)<br>PT (1)<br>PA (1)           | <b>FT</b><br>4,2<br>0,9                     | <b>PT</b><br>0,7                      | <b>PA</b><br>0,3                   |
| 8                   | 4,5     | 7      | 1       | 5         | Fibras (5)                 | FA (2)<br>FT (2)<br>FR (1)           | <b>FA</b><br>0,2<br>0,4                     | <b>FT</b><br>1<br>0,8                 | <b>FR</b><br>0,1                   |
| 9                   | 4,3     | 7      | 1       | 4         | Fibras (4)                 | FA (2)<br>FT (1)<br>FR(1)            | <b>FA</b><br>1,6<br>0,6                     |                                       | <b>FT</b><br>1<br><b>FR</b><br>0,3 |
| 10                  | 4,5     | 6      | 1       | 8         | Fibras (8)                 | FA (4)<br>FT (3)<br>FR (1)           | <b>FA</b><br>2,5<br>0,6<br>0,6<br>0,3       | <b>FT</b><br>2,8<br>2,1<br>0,3        | <b>FR</b><br>1                     |
| 11                  | 4,4     | 6      | 1       | 4         | Fibras (4)                 | FA(1)<br>FT(3)                       | <b>FA</b><br>0,2<br><b>FT</b>               |                                       | 0,3<br>1<br>0,4                    |

| 12                  | 4,4     | 5      | 1       | 3         | Fibras (2)<br>Película (1) | FT(2)<br>PT(1)                       | <b>FT</b><br>0,5<br>1                | <b>PT</b><br>0,7                     |                         |
|---------------------|---------|--------|---------|-----------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| 13                  | 4,6     | 6      | 1       | 5         | Fibras (4)<br>Película (1) | FA(3)<br>FR (1)<br>PT(1)             | <b>FA</b><br>3,3<br>2<br>0,7         | <b>FR</b><br>0,4<br><b>PT</b><br>1,2 |                         |
| 14                  | 4,4     | 7      | 1       | 3         | Fibras (2)<br>Película (1) | FA(2)<br>PT(1)                       | <b>FA</b><br>0,9<br>0,3              | <b>PT</b><br>1,3                     |                         |
| 15                  | 5,1     | 8      | 2       | 3         | Fibras (3)                 | FA(2)<br>FT(1)                       | <b>FA</b><br>0,7<br>0,7              | <b>FT</b><br>1,6                     |                         |
| <b>Estación N°3</b> |         |        |         |           |                            |                                      |                                      |                                      |                         |
| N° de organismo     | LT (cm) | PT (g) | Ptb (g) | N° de MPs | Características físicas    |                                      |                                      |                                      |                         |
|                     |         |        |         |           | Forma                      | Color                                | Tamaño                               |                                      |                         |
| 1                   | 4,9     | 10     | 2       | 6         | Fibras (6)                 | FA (1)<br>FT (3)<br>FR (2)           | <b>FA</b><br>0,7                     | <b>FT</b><br>2,5<br>2<br>1,6         | <b>FR</b><br>0,7<br>1   |
| 2                   | 4,6     | 8      | 2       | 6         | Fibras (5)<br>Película (1) | FA (3)<br>FT (2)<br>PT (1)           | <b>FA</b><br>3,5<br>1,6<br>0,3       | <b>FT</b><br>2,1<br>0,6              | <b>PT</b><br>0,9        |
| 3                   | 5,3     | 12     | 2       | 2         | Fibras (1)<br>Película (1) | FT (1)<br>PT (1)                     | <b>FT</b><br>0,8                     | <b>PT</b><br>0,5                     |                         |
| 4                   | 5       | 10     | 2       | 6         | Fibras (6)                 | FA (1)<br>FT (5)                     | <b>FA</b><br>1,6<br><b>FT</b><br>1   | 2<br>3,1<br>1,8<br>0,9               |                         |
| 5                   | 4,9     | 10     | 1       | 5         | Fibras (5)                 | FT (5)                               | <b>FT</b><br>0,8<br>1,3              | 1,2<br>0,8<br>1,6                    |                         |
| 6                   | 5       | 11     | 2       | 2         | Fibras (2)                 | FT (2)                               | <b>FT</b><br>0,2<br>0,6              |                                      |                         |
| 7                   | 4,7     | 8      | 2       | 5         | Fibras (5)                 | FA (2)<br>FT(3)                      | <b>FA</b><br>0,9<br>0,8              | <b>FT</b><br>1<br>1,3<br>1           |                         |
| 8                   | 5,2     | 10     | 2       | 2         | Fibras (2)                 | FA (1)<br>FT(1)                      | <b>FA</b><br>1,3                     | <b>FT</b><br>1,3                     |                         |
| 9                   | 4,8     | 5      | 1       | 7         | Fibras (5)<br>Película (2) | FA (3)<br>FT (1)<br>FR (1)<br>PT (2) | <b>FA</b><br>0,5<br>0,3<br>0,4       | <b>FT</b><br>0,9<br><b>FR</b><br>0,3 | <b>PT</b><br>0,5<br>1,3 |
| 10                  | 4,9     | 9      | 2       | 7         | Fibras (5)<br>Película (2) | FA (1)<br>FT (4)<br>PT (2)           | <b>FA</b><br>0,2<br><b>FT</b><br>0,1 | 0,9<br>1,1<br>0,3                    | <b>PT</b><br>0,7<br>0,5 |
| 11                  | 5       | 9      | 2       | 3         | Fibras (2)<br>Película (1) | FT (2)<br>PT (1)                     | <b>FT</b><br>1,7<br>0,6              | <b>PT</b><br>0,2                     |                         |
| 12                  | 5,4     | 12     | 2       | 3         | Fibras (2)<br>Película (1) | FT (2)<br>PT (1)                     | <b>FT</b><br>0,2<br>2                | <b>PT</b><br>1,1                     |                         |
| 13                  | 5,4     | 8      | 2       | 4         | Fibras (4)                 | FA (3)                               | <b>FA</b>                            | 0,5                                  |                         |

|                       |  |    |   |   |                            |                                      |                                      |                                |                         |
|-----------------------|--|----|---|---|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
|                       |  |    |   |   |                            | FT (1)                               | 0,7<br>1,2                           | <b>FT</b><br>3                 |                         |
| 14                    | 5,4  | 10 | 2 | 7 | Fibras (5)<br>Película (2) | FA (1)<br>FT (3)<br>FR (1)<br>PT (2) | <b>FA</b><br>0,4<br><b>FT</b><br>0,7 | 0,4<br>0,8<br><b>FR</b><br>0,5 | <b>PT</b><br>0,6<br>0,5 |
| 15                    | 5,2  | 12 | 2 | 3 | Fibras (3)                 | FT (2)<br>FV (1)                     | <b>FT</b><br>1,8<br>0,8              | <b>FV</b><br>0,7               |                         |
| <b>Observaciones:</b> | En películas de plástico están incluidos las láminas o cintas por lo general de sacos tejidos. |    |   |   |                            |                                      |                                      |                                |                         |

**LT:** longitud total en centímetros; **PT:** peso total en gramos; **Ptb:** peso del tejido blando; **MPs:** microplásticos encontrados; **FA:** fibra azul; **FR:** fibra roja; **FV:** fibra verde; **FT:** fibra transparente; **PA:** película azul; **PT:** película transparente; **PV:** película verde. **Elaborado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).

**Tabla 5.** Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para los datos biométricos de *Mytella guyanensis* capturados en tres estaciones de Puerto El Morro.

**Pruebas de normalidad**

|                        | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |     |              | Shapiro-Wilk |     |      |
|------------------------|---------------------------------|-----|--------------|--------------|-----|------|
|                        | Estadístico                     | gl  | P-valor Sig. | Estadístico  | gl  | Sig. |
| Longitud total         | ,074                            | 180 | 0,019        | ,987         | 180 | ,099 |
| Peso total             | ,097                            | 180 | 0,000        | ,978         | 180 | ,005 |
| Peso del tejido blando | ,330                            | 180 | 0,000        | ,799         | 180 | ,000 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Elaborado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).

**Tabla 6.** Correlación de Spearman para datos biométricos vs MPs presentes en *M. guyanensis* capturados en la Estación 1.

**Correlación – EST 1**

|                        |                          |                             | Número de microplásticos | Longitud total | Peso total | Peso del tejido blando |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|------------|------------------------|
| <b>Rho de Spearman</b> | Número de microplásticos | Coefficiente de correlación | 1,000                    | -,074          | -,166      | ,019                   |
|                        |                          | Sig. p-valor                | .                        | 0,576          | 0,206      | 0,884                  |
|                        |                          | N                           | 60                       | 60             | 60         | 60                     |

**Elaborado por:** (Villao-Rodríguez, 2022).



**Tabla 7.** Correlación de Spearman para datos biométricos vs MPs presentes en *M. guyanensis* capturados en la Estación 2.

**Correlación – EST 2**

|                        |                          |                            | Número de microplásticos | Longitud total | Peso total | Peso del tejido blando |
|------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------|------------|------------------------|
| <b>Rho de Spearman</b> | Número de microplásticos | Coeficiente de correlación | 1,000                    | ,002           | -,022      | -,187                  |
|                        |                          | Sig. p-valor               | .                        | 0,987          | 0,870      | 0,152                  |
|                        |                          | N                          | 60                       | 60             | 60         | 60                     |

Elaborado por: (Villao-Rodríguez, 2022).

**Tabla 8.** Correlación de Spearman para datos biométricos vs MPs presentes en *M. guyanensis* capturados en la Estación 2.

**Correlación – EST 3**

|                        |                          |                            | Número de microplásticos | Longitud total | Peso total | Peso del tejido blando |
|------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------|------------|------------------------|
| <b>Rho de Spearman</b> | Número de microplásticos | Coeficiente de correlación | 1,000                    | -0,404**       | -0,473**   | -0,413**               |
|                        |                          | Sig. p-valor               | .                        | 0,001          | 0,000      | 0,001                  |
|                        |                          | N                          | 60                       | 60             | 60         | 60                     |

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Elaborado por: (Villao-Rodríguez, 2022).



**Figura 10.** Zona de manglares del Puerto el Morro.



**Figura 11.** Contaminación de fibras de artes de pesca en las ramas de los mangles.



**Figura 12.** Medio de transporte marítimo.



**Figura 13.** Hábitat de los mejillones.



**Figura 14.** Extracción *in situ* de *Mytella guyanensis*.



**Figura 15.** Colecta de las muestras por estación.



**Figura 16.** *Mytella guyanensis* *in situ*.



**Figura 17.** Substrato fangoso donde habita *Mytella guyanensis*.



**Figura 18.** Bancos de *Mytella guyanensis*.



**Figura 19.** *Mytella guyanensis*.





**Figura 20.** Limpieza de los organismos colectados.



**Figura 21.** Toma de peso total de los organismos.



**Figura 22.** Medición de la longitud total de los organismos.



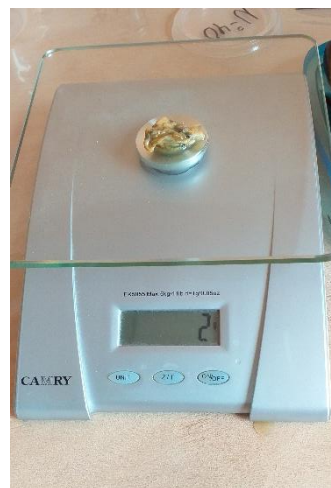
**Figura 23.** Equipos de laboratorio.



**Figura 24.** Materiales de laboratorio.



**Figura 25.** Disección de cada muestra.



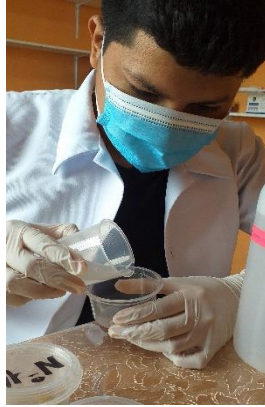
**Figura 26.** Toma de peso del tejido blando.



**Figura 27.** Guardado y etiquetado de las muestras del tejido blando.



**Figura 28.** Solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 10%.



**Figura 29.** Proceso para la digestión orgánica.



**Figura 30.** Reposo de 24 horas para que ocurra la digestión orgánica.



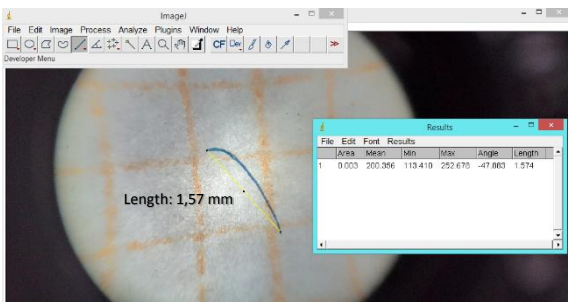
**Figura 31.** Tamizado del producto de la digestión en un tamiz de 100 micras.



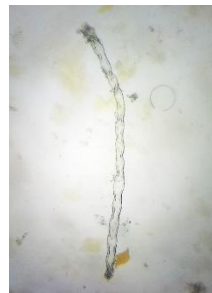
**Figura 32.** Traspaso de los residuos retenidos en el tamiz a una caja Petri.



**Figura 33.** Análisis microscópico.



**Figura 34.** Medición de los MPs en el software ImageJ.



**Figura 35.** Fibra transparente.



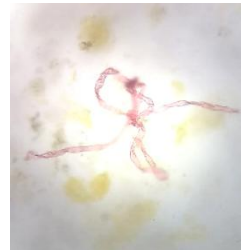
**Figura 36.** Película de plástico transparente (lamina).



**Figura 37.** Fibra azul.



**Figura 38.** Fibra verde.



**Figura 39.** Película de plástico rojo.



**Figura 40.** Fibra roja.