



**Uleam**  
UNIVERSIDAD LAICA  
ELOY ALFARO DE MANABÍ

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**PREVIA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**TEMA**

“USO DE COPEPODOS COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN EN  
EL MUELLE DE MANTA, 2024”

**AUTORAS**


INGRID NICOLE VELIZ BARCIA  
LAYLA NOHELIA ZAMBRANO MERO

**TUTOR**

BLGO. VÍCTOR ALCÍVAR ROSADO, MG.

**MANTA-MANABÍ-ECUADOR**

**2024-2**

 <b>Uleam</b> UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 2

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de los estudiantes **INGRID NICOLE VELIZ BARCIA** y **LAYLA NOHELIA ZAMBRANO MERO**, legalmente matriculados en la carrera de Ingeniería Ambiental, período académico 2024-2, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es "Uso de Copépodos como Bioindicadores de contaminación en el Muelle de Manta, 2024"

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 10 de enero de 2025.

Lo certifico,



Blgo. Víctor Alcívar Rosado, Mg

**Docente Tutor**

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

### TRABAJO DE TITULACIÓN MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL


#### “USO DE COPEPODOS COMO BIOINDICADORES DE COTAMINACIÓN EN EL MUELLE DE MANTA 2024”

Tribunal examinador que declara APROBADO el Grado de INGENIERO AMBIENTAL a las srtas. Veliz Barcia Ingrid Nicole y Zambrano Mero Layla Nohelia.



---

Lda. Dolores Muñoz Verduga, PhD  
**Presidente del tribunal de  
titulación**



---

Blgo. Carlos Anibal Chinga Panta, Mg  
**Miembro del tribunal de titulación.**



---

Blgo. Abraham Velázquez Ferrín Mg  
**Miembro del tribunal de titulación**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Veliz Barcia Ingrid Nicole y Zambrano Mero Layla Nohelia, egresadas de la facultad de Ciencias de la vida y Tecnologías, de la carrera de Ingeniería ambiental, libre y voluntariamente declaro que la responsabilidad del contenido de la presente investigación titulada "Uso de copépodos como bioindicadores para la contaminación en el muelle artesanal, 2024", corresponde exclusivamente al tutor y patrimonio intelectual de las autoras, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.



---

Veliz Barcia Ingrid Nicole

**AUTORA**



---

Zambrano Mero Layla Nohelia

**AUTORA**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por su esfuerzo y amor incondicional, gracias por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudaba. Y a mí misma, por no rendirme, por cada desvelo, cada esfuerzo y cada pequeño logro que hoy me lleva a cerrar este capítulo con orgullo.

## **DEDICATORIA**

A mi mamá con todo mi amor y gratitud, tú apoyo incondicional, amor y tu fe en mí han sido la fuente de inspiración y motivación para alcanzar este logro.

A mi papá, aunque nuestra relación haya tenido altibajos y momentos difíciles, me ayudaste a nunca rendirme en este camino para lograr mi objetivo.

A mis abuelitos Herma y Napoleón, aunque no estén físicamente conmigo, fueron ejemplo de bondad, sabiduría y amor, y sé que desde el cielo me iluminan para seguir adelante con mis proyectos.

También a roy y rayito, mis ángeles peludos, su amor incondicional me acompañaron durante los momentos más difíciles, espero que donde estén se sientan orgullosa de mi y de lo que he logrado.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a mis padres, quienes no solo me brindaron su amor y apoyo incondicional, sino que además hicieron un enorme esfuerzo al financiar completamente mis estudios. Su dedicación y sacrificio me dieron la oportunidad de enfocarme plenamente en mi formación académica y alcanzar este logro. Este triunfo es tanto mío como suyo. A mis amistades y novio (JM), quienes estuvieron a mi lado en los momentos de incertidumbre y celebraron conmigo cada pequeño avance. Su apoyo y compañía hicieron de esta experiencia algo mucho más especial. A mis profesores que me guiaron a lo largo de este camino, gracias por compartir conmigo su conocimiento, su tiempo y sus valiosas enseñanzas, que me han ayudado a crecer tanto profesional como personalmente. Finalmente, agradezco a la ULEAM, por proporcionar el entorno y las herramientas necesarias para llevar a cabo este proyecto. A todos ustedes, mi gratitud eterna.

## **AGRADECIMIENTOS**

El principal agradecimiento a Dios quien me ha guiado y dio la fortaleza para seguir adelante, a mi mamá, gracias por ser mi guía, consejera y mi mejor amiga, tu influencia en mi vida ha sido invaluable y tu presencia ha ido mi fuente de inspiración y motivación. A mi papá, gracias por apoyarme, aunque a veces el camino haya sido difícil de recorrer. A mi novio, gracias por creer en mí, tu paciencia, comprensión y amor me han permitido superar obstáculos y alcanzar mis metas. A mis amigos/as por su apoyo incondicional, compañerismo y motivación en momentos de estrés y desafíos. A los docentes que me han enseñado a lo largo de mi carrera universitaria, lo que fue sus conocimientos, experiencia y pasión por enseñarnos. Al bioq. Luis Fernández por su apoyo y colaboración en la realización de los experimentos y análisis de datos. A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí por proporcionarme los recursos y oportunidades para crecer y a la vez desarrollarme como profesional. Finalmente agradezco a todos aquellos que de alguna manera han contribuido en mi crecimiento personal y académico, les expreso mi más sincero agradecimiento.

## ÍNDICE

<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL</b> .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA</b> .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>5</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>5</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>6</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>6</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>7</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>11</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>12</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>II. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA</b> .....	<b>15</b>
<b>III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>17</b>
3.1. Preguntas de investigación.....	19
<b>IV. HIPÓTESIS</b> .....	<b>19</b>
4.1. Hipótesis nula.....	19
4.2. Hipótesis alternativa .....	19
<b>V. OBJETIVOS</b> .....	<b>19</b>
5.1. Objetivo General.....	19
5.2. Objetivos Específicos .....	20
<b>VI. MARCO TEORICO</b> .....	<b>20</b>
6.1. Gestión ambiental.....	20
6.2. Contaminación por su origen .....	20
6.2.1. Contaminación de origen natural.....	20
6.2.2. Contaminación de origen antrópico y su presencia en el agua.	20
6.2.3. Contaminación por compuestos orgánicos.....	21
6.3. Seguridad en el transporte marítimo .....	21
6.4. Capacidades operacionales .....	22
6.5. Apoyo a las operaciones de control de la contaminación marina.....	22
<b>VII. METODOLOGÍA</b> .....	<b>23</b>
7.1. Área de estudio .....	23
7.2. Materiales, aparatos y reactivos .....	24

7.3. Toma de muestra .....	25
7.3.1. Para la toma de muestra de aceites y grasas.....	25
7.3.2. Procedimiento del método.....	25
7.3.3. Para la toma de muestra de copépodos.....	26
7.3.4. Identificación de copépodos.....	26
7.3.5. Procedimiento del método.....	27
7.4. Tabulación y análisis estadístico .....	27
<b>VIII. RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
8.1. Aceites y grasas .....	28
8.1.1. Comparación de los resultados obtenidos con el acuerdo ministerial 097A.....	29
8.2. Copépodos.....	29
8.3. Análisis estadísticos .....	30
8.3.1. Anova.....	30
8.3.2. Coeficiente de relación.....	31
<b>IX. DISCUSIÓN.....</b>	<b>32</b>
<b>X. CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>XI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>XII. BIBLOGRAFÍAS .....</b>	<b>36</b>
<b>XIII. ANEXOS .....</b>	<b>38</b>



<b>Ilustración 1.</b> Ubicación del área de estudio .....	23
---	----

<b>Figure 1.</b> Gráficos de barras de aceites y grasas .....	28
---	----

<b>Figure 2.</b> Gráfico de barras de copépodos .....	29
---	----

<b>Figure 3.</b> Línea de dispersión de aceites y grasas y copépodos .....	31
--	----

<b>Tabla 1.</b> Resultados de las muestras recolectadas de aceites y grasas en la zona del muelle artesanal y el Puerto de Manta. ....	28
--	----

<b>Tabla 2.</b> Resultados del conteo de copépodos .....	29
--	----

<b>Tabla 3.</b> Aceites y grasas de los sitios de muestreo .....	30
--	----

<b>Tabla 4.</b> Copépodos en las zonas de muestreo .....	30
--	----

Anexo 1. Datos de aceites y grasas .....	38
Anexo 2. Datos de copépodos .....	39
Anexo 3. Recorte de filtro para aceites y grasas .....	39
Anexo 4. Recorte de muselina .....	39
Anexo 5. Laboratorio donde se desarrollará el método de Soxhlet .....	39
Anexo 6. Molde de muselina para la filtración de aceites y grasas .....	39
Anexo 7. Embudo Bucher con filtros para aceites y grasas.....	39
Anexo 8. Embudo Buchner .....	39
Anexo 9. Recolección de muestras para aceites y grasas .....	39
Anexo 10. Lugar del muestreo.....	39
Anexo 11. Etiquetado los frascos para aceites y grasas .....	39
Anexo 12. Recolección de muestras para aceites y grasas y copépodos.....	39
Anexo 13. Proceso de Aceites y grasas .....	39
Anexo 14. Filtración para aceites y grasas.....	39
Anexo 15. Proceso terminado de filtración .....	39
Anexo 16. Bomba al vacío .....	39
Anexo 17. Soxhlet, extractor de grasas.....	39
Anexo 18. Desecador de vacío.....	39
Anexo 19. Estufa para secar los balones de aceites y grasas .....	39
Anexo 20. Arrastre de red de manera superficial para los copépodos.....	39
Anexo 21. Red de fitoplancton para hacer el muestreo .....	39
Anexo 22. Presencia de aceites y grasas .....	39
Anexo 23. Balanza analítica de calibración .....	39
Anexo 24. Foto con la persona que nos ayudó con la lancha .....	39
Anexo 25. Etiquetas de copépodos .....	39
Anexo 26. Lavado de alcohol para los copépodos.....	39
Anexo 27. Filtración de los copépodos.....	39
Anexo 28. Microscopio.....	39
Anexo 29. Homogeneizador para las muestras de copépodos .....	39
Anexo 30. Copépodos (Copepoda) .....	39
Anexo 31. Visualización de copépodos.....	39
Anexo 32. Señalización de las sub muestras.....	39
Anexo 33. Sub muestras de los copépodos por diferentes tomas.....	39

## Resumen

Este estudio analiza la capacidad de los copépodos como bioindicadores para evaluar la contaminación por aceites y grasas en las aguas costeras cercanas al Terminal Portuario de Manta, Ecuador. La investigación incluyó la recolección de muestras de agua en tres puntos estratégicos, donde se evaluaron parámetros químicos y biológicos utilizando metodologías específicas, como la extracción Soxhlet para determinar la concentración de aceites y grasas, y técnicas microscópicas para el conteo e identificación de copépodos. Los resultados muestran que las concentraciones de aceites y grasas exceden los límites establecidos por el Acuerdo Ministerial 097A, confirmando una significativa contaminación en la zona de estudio. Asimismo, se observó que la presencia y distribución de copépodos fluctúan en función de las condiciones ambientales y los niveles de contaminación, reflejando su sensibilidad a los cambios en la calidad del agua.

**Palabras Claves:** Copépodos, bioindicadores, contaminación, aceites y grasas, extracción Soxhlet, concentración, calidad de agua.

## **Abstract**

This study analyzes the potential of copepods as bioindicators to assess oil and grease pollution in the coastal waters near the Port Terminal of Manta, Ecuador. The research included the collection of water samples at three strategic points, where chemical and biological parameters were evaluated using specific methodologies, such as Soxhlet extraction to determine oil and grease concentrations, and microscopic techniques for the counting and identification of copepods. The results show that oil and grease concentrations exceed the limits established by Ministerial Agreement 097A, confirming significant contamination in the study area. Additionally, the presence and distribution of copepods were observed to fluctuate based on environmental conditions and pollution levels, reflecting their sensitivity to changes in water quality.

Key words: Copepods, bioindicators, pollution, oil and grease, such as Soxhlet, concentrations, water quality.

## I. INTRODUCCIÓN

El petróleo o el petróleo crudo es uno de los contaminantes más comunes liberados en el medio marino (Consejo Nacional de Investigación – NRC, 2003). El aumento de la demanda mundial de energía ha dado lugar a un aumento en la búsqueda y el transporte de petróleo crudo en el mar, lo que hace que los entornos marinos sean especialmente susceptibles a un mayor riesgo de derrames de petróleo crudo (Dals et al., 2007).

Entre los componentes biológicos de los ecosistemas marinos, los organismos planctónicos son particularmente susceptibles a la contaminación del petróleo crudo (Walsh GE (1978); (Almeda et al., 2013). El zooplancton no puede superar los efectos de las corrientes, limitando su capacidad para evitar parches de petróleo crudo y, potencialmente, obligándolos a entrar en masas de agua altamente contaminadas después de los derrames de petróleo crudo.

Pequeñas gotas de petróleo crudo (1–100  $\mu\text{m}$  de diámetro) generadas por el viento y las olas y o por tratamiento con dispersantes químicos se suspenden efectivamente en la columna de agua (Delvigne y Sweeney , 1988). Estas gotas de petróleo crudo, que con frecuencia se encuentran en los espectros del tamaño de los alimentos de muchos zooplancters, pueden interactuar fácilmente con los organismos planctónicos. Por tanto, se ha observado la ingestión de gotas de petróleo crudo en diferentes grupos taxonómicos de zooplancton, desde ciliados del tamaño de micras hasta zooplancton gelatinoso grande (Conover, 1971); (Muschenheim 2002).

Algunos de los componentes del petróleo crudo, como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), pueden ser altamente tóxicos para el zooplancton y acumularse y transferirse a través de las redes alimentarias (Walsh, 1978); (Gray, 2002). Por lo tanto, dado el papel clave del zooplancton en la dinámica de la red alimentaria marina, el ciclo biogeoquímico y el reclutamiento de peces (Alcaraz et al., 2010) el conocimiento de las interacciones entre el petróleo crudo y el zooplancton es crucial para nuestra comprensión del destino del petróleo crudo en la zona pelágica y el impacto de los derrames de petróleo en los ambientes marinos.

Los efectos de la contaminación por petróleo en el zooplancton varían ampliamente dependiendo de factores intrínsecos (por ejemplo, especies, etapa de vida, tamaño) y extrínsecos (por ejemplo, concentración de aceite, tiempo de exposición, temperatura, salinidad, radiación UV, uso de dispersantes químicos) (Almeda et al., 2013); (Jiang et al., 2012). Los efectos letales y subletales, incluyendo narcosis, alteraciones en la alimentación, el desarrollo y la reproducción, se han observado con frecuencia en el zooplancton expuesto a hidrocarburos de petróleo (Suderman y Marcus, 2002).

La contaminación por aceites y grasas en ambientes marinos es una de las principales problemáticas que afectan los ecosistemas costeros, especialmente en zonas de alta actividad portuaria como el muelle de Manta. Estos contaminantes, provenientes de derrames de hidrocarburos, descargas de aguas residuales y actividades industriales, generan impactos negativos en la calidad del agua, la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas. En este contexto, los copépodos, pequeños crustáceos planctónicos, han sido ampliamente reconocidos como bioindicadores efectivos para evaluar la presencia y los efectos de aceites y grasas en el medio marino.

Los copépodos son organismos sensibles a cambios en la calidad del agua y, debido a su posición en la base de la cadena trófica, reflejan de manera directa las condiciones ambientales. La exposición a aceites y grasas puede alterar sus tasas de supervivencia, reproducción y comportamiento, además de provocar acumulación de compuestos tóxicos en sus tejidos. Estas alteraciones no solo afectan su función ecológica, sino que también tienen repercusiones en los niveles tróficos superiores, lo que los convierte en indicadores clave para monitorear la contaminación en áreas específicas (Ajith et al., 2020; Amrutha et al., 2023).

En el muelle de Manta, donde las actividades portuarias generan un alto riesgo de contaminación por hidrocarburos y residuos grasos, el uso de copépodos como bioindicadores resulta fundamental. Estos organismos interactúan constantemente con partículas contaminantes suspendidas en la columna de agua, incluyendo aceites y grasas que forman películas superficiales o se dispersan en microgotas. Estudios previos han demostrado que estas sustancias

afectan la permeabilidad de la cutícula de los copépodos, interfieren en su capacidad de alimentación y alteran su metabolismo energético (Rillig, 2012; Cole et al., 2011).

Además, los copépodos pueden acumular hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), compuestos presentes en los residuos de aceites y grasas, que son conocidos por su alta toxicidad. Esta acumulación puede ser monitoreada mediante análisis químicos en laboratorio, proporcionando una herramienta efectiva para evaluar los niveles de contaminación y su impacto en el ecosistema. La biomagnificación de estos contaminantes a lo largo de la red trófica representa un riesgo significativo no solo para la fauna marina, sino también para las comunidades humanas que dependen de los recursos pesqueros locales (Delgado, 2019; Yuan et al., 2022).

En el contexto de la contaminación ambiental, existe una brecha importante en la comprensión de los efectos de los derrames de petróleo crudo en el plancton gelatinoso. Asimismo, los derrames de hidrocarburos, aunque poco frecuentes, tienen un impacto considerable sobre los ecosistemas marinos, afectando tanto a las especies que los habitan como a las comunidades humanas cercanas. Estos contaminantes, especialmente los hidrocarburos, no solo generan alteraciones en los ecosistemas, sino que también están vinculados a problemas de salud.

## **II. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA**

El trabajo Evaluación de los parámetros físicos y químicos del agua de mar en los alrededores de la Isla Uvita, Limón, Costa Rica realizado por (Evaluación de los parámetros físicos y químicos del agua de mar en los alrededores de la Isla Uvita, Limón, Costa Rica., 2021), evaluó la posible influencia de las descargas del emisario submarino de la ciudad de Limón en el entorno marino circundante. Se analizaron parámetros físicos y químicos, incluyendo nutrientes, metales pesados, sólidos (disueltos y sedimentables) y parámetros físicos (pH, temperatura, turbiedad).

Estos antecedentes son relevantes para el presente estudio, ya que proporcionan información valiosa sobre la calidad del agua marina en los

alrededores, así como posibles fuentes de contaminación que podrían afectar el entorno marino circundante.

El artículo Evaluación de la contaminación por grasas y aceites en balnearios de la bahía de Santiago de Cuba realizado por Rodríguez y Santana (2017) es un compendio de los resultados obtenidos durante tres años, en los que se determinó la concentración de grasas y aceites en las zonas de baño de la bahía de Santiago de Cuba: La Socapa, La Estrella, Barrio Técnico, Punta Gorda y El Níspero. El objetivo fue evaluar el grado de contaminación por estos químicos en las playas de la Bahía.

El estudio de Rodríguez y Santana (2017) comprendió los años 2013, 2014 y 2016. En todos los casos se tomaron muestras de agua superficial en cada balneario y se analizaron por el método gravimétrico, resultando que todas las zonas monitoreadas presentaron niveles de grasas y aceites muy por encima de lo establecido por la NC 22:1999, por lo que se considera que estas playas de la Bahía no son aptas para contacto directo. De los puntos de muestreo, La Estrella resultó ser el balneario más contaminado durante los tres años.

El estudio titulado "Evaluación de la calidad de sedimento marino por metales pesados en el puerto de Ilo, Perú" realizado por Renée Condori (2023), tiene como objetivo general determinar los niveles de concentración de metales pesados en los sedimentos marinos del puerto de Ilo, Perú, utilizando técnicas analíticas como la fluorescencia de rayos X y la difracción por fluorescencia de rayos X. La metodología de investigación incluyó la toma de muestras de sedimentos marinos en tres áreas del puerto, a profundidades entre 10.5 y 16.7 metros, mediante buceo. Los resultados obtenidos indicaron una influencia antropogénica significativa en la zona de estudio.

Por otra parte, en el contexto nacional el estudio Evaluación de la contaminación físico-química de las aguas del estero salado, sector norte de la ciudad de Guayaquil-Ecuador-2017 realizado por Mariscal-Santi et al. (2018) los objetivos fueron determinar la contaminación físico-química de las aguas del Estero



Salado. Las principales actividades que contribuyen a la contaminación del estero en los sectores de Urdesa y Miraflores son 573 industrias, identificadas por el Ministerio del Ambiente, que vierten sus aguas residuales por canales no regulados, además de desechos sólidos y domésticos de la población, descargas de escorrentías y tuberías de desagües clandestinas. Finalmente, se determinó que el sector del puente de la ciudadela Miraflores es el que presenta mayor contaminación, desde el punto de vista de carga orgánica e inorgánica.

Además, en diversos estudios científicos se ha demostrado que los bioindicadores, como los copépodos y otros microorganismos, son herramientas efectivas para evaluar la presencia de componentes químicos en ambientes acuáticos. Estos organismos, debido a su sensibilidad a cambios en la calidad del agua, pueden reflejar la contaminación existente de manera precisa (Using metagenomic approaches to assess the impact of hydrocarbon pollution on marine microbial communities., 2020); (The use of benthic foraminifera as bioindicators of hydrocarbon pollution in marine environments. , 2020).

Estos estudios respaldan la idea de que el uso de bioindicadores en combinación con el análisis de muestras de agua proporciona una evaluación integral y precisa de la contaminación. Para el presente estudio en las aguas costeras cercanas al Terminal Portuario de Manta, se propone utilizar copépodos como bioindicadores para monitorear y evaluar la contaminación por aceites y grasas, complementando los análisis químicos tradicionales. Esta información es esencial para evaluar el panorama de responsabilidad y compensación en caso de incidentes de contaminación marina, lo que ayuda a informar y orientar las acciones futuras en la gestión de riesgos ambientales en el ámbito marítimo.

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La mayoría de los centros urbanos globales se encuentran en áreas costeras, donde el avance económico acelerado, la industrialización, la urbanización, el aumento demográfico y las actividades agrícolas han generado serias preocupaciones ambientales. Una amplia gama de contaminantes, que abarca desde metales pesados hasta sustancias orgánicas persistentes, son vertidos en

los ecosistemas acuáticos a través de múltiples fuentes y rutas de ingreso (Spatial distribution, environmental risk and sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments northwest of Persian Gulf, 2020).

La contaminación marina afecta a toda la masa de agua del planeta, abarcando infraestructuras y espacios marítimos necesarios para procesos multimodales (Polución Marina, 2020). Se define como cualquier actividad humana, directa o indirecta, que introduce sustancias perjudiciales en el medio marino, causando efectos adversos y perturbando sistemáticamente los ecosistemas oceánicos (Corazon Planeta Verde Proteccion Ambiental Marino: Playa Varadero, 2023).

Estos agentes contaminantes peligrosos son liberados al entorno y pueden ser transportados a grandes distancias gracias a la acción de los vientos y las corrientes marinas (El uso pasado, presente y futuro de los dispositivos de concentración de peces (DCP) a la deriva en el Océano Índico, 2019), dado que se originan principalmente en las áreas urbanas locales, estos contaminantes se distribuyen a través de la deposición atmosférica, el vertido de aguas residuales y el escurrimiento superficial (Contamination characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons in river and coastal sediments collected from the multi-industrial city of Ulsan, South Korea, 2020).

El Terminal Portuario de Manta es una de las infraestructuras marítimas más importantes de Ecuador, desempeñando un papel crucial en la economía regional. Sin embargo, la creciente actividad industrial y el tráfico marítimo asociado a este puerto han generado preocupaciones sobre la posible contaminación por aceites y grasas, ya sea por derrames accidentales, operaciones de carga y descarga, o descargas de aguas residuales de embarcaciones, representa una amenaza significativa para la salud del ecosistema marino.

Por esta razón, se propone analizar la calidad del agua en las aguas costeras cercanas al Terminal Portuario de Manta, con un enfoque específico en la

presencia de grasas y aceites. Para ello, se llevará a cabo la recopilación y análisis de muestras de agua en tres puntos estratégicos, en áreas cercanas al terminal portuario.

El uso de bioindicadores, como los copépodos y otros microorganismos, ha demostrado ser una herramienta efectiva para evaluar la presencia de grasas y aceites en ambientes acuáticos, proporcionando información precisa sobre la calidad del agua y la extensión de la contaminación. Por lo tanto, se propone un estudio que incluya la recopilación y análisis de muestras de agua y a la vez, el uso de bioindicadores en puntos estratégicos cercano al terminal portuario.

### **3.1. Preguntas de investigación**

¿La presencia de copépodos (*Copepoda*) con relación a la presencia de aceites y grasas en las aguas costeras de Manta se puede determinar cómo bioindicadores?

## **IV. HIPÓTESIS**

### **4.1. Hipótesis nula**

La presencia de los aceites y grasas no limitan la presencia de copépodos en las aguas costeras cercanas al Terminal Portuario de Manta.

### **4.2. Hipótesis alternativa**

La presencia de los aceites y grasas limitan la presencia de copépodos en las aguas costeras cercanas al Terminal Portuario de Manta.

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo General**

Analizar la presencia de copépodos (como bioindicadores) frente a la presencia de aceites y grasas en las aguas costeras cercanas al Terminal Portuario de Manta.

## **5.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la presencia de aceites y grasas en las aguas costeras cercanas al Terminal Portuario de Manta.
- Establecer la presencia de copépodos (*Copepoda*) en las aguas costeras cercanas del Terminal Portuario de Manta.
- Evaluar los copépodos como bioindicadores en aguas con presencia de aceites y grasas.

## **VI. MARCO TEORICO**

### **6.1. Gestión ambiental**

La gestión ambiental, considerando sus variables, componentes e integridad, se describe como un proceso participativo y sistemático que comienza con el diagnóstico, la planificación, el control y la medición de acciones destinadas a utilizar los recursos ambientales tanto internos como externos de la organización. Su objetivo principal es reducir el impacto ambiental negativo, garantizando así el cumplimiento de la política y los objetivos establecidos por la entidad (Reyes y Ochoa 2019).

### **6.2. Contaminación por su origen**

#### **6.2.1. Contaminación de origen natural**

Estas sustancias son generadas por diversos fenómenos naturales que ocurren en nuestro entorno y no son atribuibles a la actividad humana. Entre estas se incluyen la ceniza, el dióxido de carbono y el metano liberados durante erupciones volcánicas, así como los incendios forestales provocados por tormentas eléctricas. También se encuentran los residuos generados por la erosión de las rocas, que en concentraciones elevadas pueden dar lugar a suelos tóxicos (Paucar 2023).

#### **6.2.2. Contaminación de origen antrópico y su presencia en el agua**

Las sustancias contaminantes, al entrar en contacto con el océano, crean un entorno peligroso para la vida marina, afectando la flora y fauna existente en el

área. Esto ocasiona daños prolongados al ecosistema, a menudo irreversibles, que dificultan su restauración a su estado natural (Nuñez 2023).

### **6.2.3. Contaminación por compuestos orgánicos**

Los contaminantes orgánicos persistentes (COP) de origen natural son compuestos que exhiben propiedades físicas y químicas específicas, lo que dificulta su descomposición en el medio ambiente y prolonga su persistencia en los ecosistemas. Estas características fisicoquímicas permiten que los COP se dispersen por el aire, el agua y el suelo, alcanzando regiones distantes de su lugar de liberación, como desiertos, zonas polares y océanos. Según estudios realizados por la comunidad científica estos compuestos tienen un impacto negativo en los procesos reproductivos de las especies, lo que resulta en una disminución significativa de las poblaciones existentes (Albert 1997).

### **6.3. Seguridad en el transporte marítimo**

Hace unos 30 años, se consideraba que el transporte marítimo era importante para la economía y el comercio a nivel mundial. Sin embargo, en la actualidad, esta afirmación va más allá, ya que el transporte marítimo se ha convertido en el principal instrumento a nivel global en términos económicos, lo que se ha consolidado como una realidad a principios del siglo XXI.

Según UNCTAD (2020), respecto al transporte marítimo precisó que:

Grecia, Japón y China son los tres principales países propietarios de buques en términos de capacidad de transporte de carga, representando el 40.3% del tonelaje mundial y el 83% del valor de la flota a nivel global. Los 35 principales países propietarios de embarcaciones en cuanto a capacidad de transporte de carga se han mantenido estables desde 2016. Durante los 12 meses anteriores al 1 de enero de 2020, algunos países experimentaron aumentos significativos en su capacidad de transporte en comparación con el año anterior, como Nigeria (hasta un 17.2%), los Emiratos Árabes Unidos (hasta un 5%) y el Reino Unido (un 11.9%). Por otro lado, Alemania, Arabia Saudita y Malasia registraron pérdidas en su capacidad de transporte (menos 6.2%, 3.6% y 3.4% respectivamente).

Gutiérrez et al. (2018), precisaron que:

La Unión Europea, en términos de importación, exportación y tráfico doméstico por vía marítima, representa aproximadamente 2 800 millones de toneladas en mercancías al año, lo que equivale a no menos del 46% de la demanda mundial. El Reino Unido, siendo una nación insular, encabeza la lista de países de la Unión Europea con mayor tráfico marítimo. Por su parte, España ocupa el cuarto lugar en esta lista. La condición de península, con alrededor de 4 000 km de costa y la presencia de varias islas, ha favorecido históricamente el transporte marítimo como el motor de desarrollo del país.

#### **6.4. Capacidades operacionales**

Las capacidades operativas se refieren al aprovechamiento de los recursos disponibles, incluyendo equipos, infraestructura y personal capacitado, para lograr un alto nivel de preparación en la ejecución de operaciones que contribuyan al cumplimiento de la misión asignada. Esta capacidad no solo se limita a los recursos y medios disponibles en una institución, sino que también implica su uso adecuado y aplicación efectiva en una variedad de situaciones (Hernández et al. 2017)

#### **6.5. Apoyo a las operaciones de control de la contaminación marina**

La Fuerza Naval, despliegan sus unidades y aprovechan sus capacidades operativas para respaldar a las entidades encargadas de gestionar los riesgos asociados a incidentes provocados por operaciones en la industria química y petrolera dentro de sus áreas de responsabilidad. Esta colaboración se lleva a cabo en estrecha coordinación con el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos, participando activamente en el control, mitigación y recuperación de los daños ocasionados. Además, se involucran en las mesas técnicas establecidas, que cuentan con representantes políticos de cada jurisdicción, para asegurar una respuesta coordinada y efectiva ante cualquier situación de emergencia (De La Cadena y Vargas 2023)

## VII. METODOLOGÍA

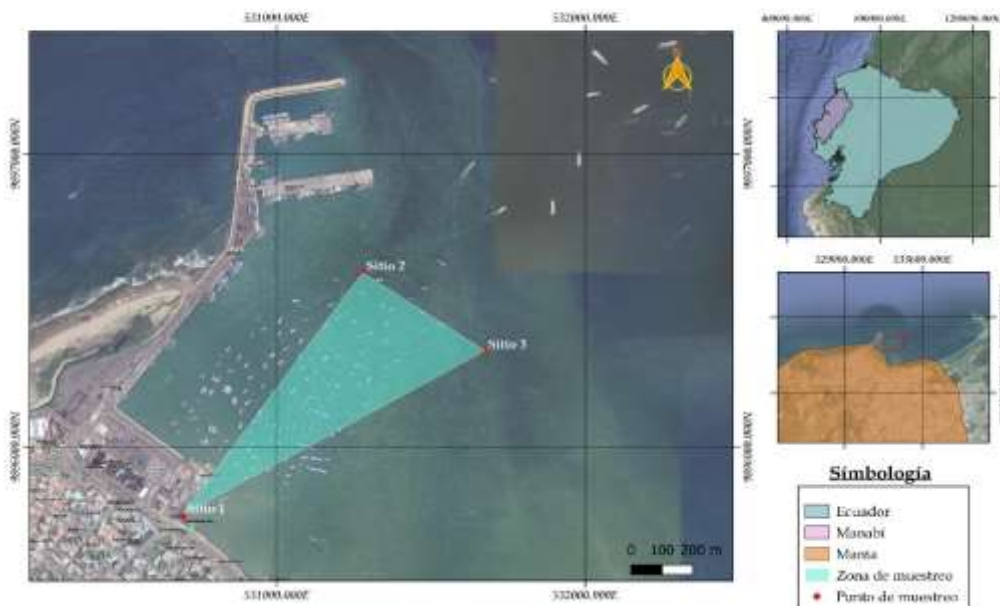
### 7.1. Área de estudio

El estudio se llevará a cabo en las aguas costeras del muelle artesanal de Manta ubicado en la provincia de Manabí, Ecuador. Las coordenadas geográficas del área de estudio son:

X	Y
530696,2	9895766,2
531450	9896450
531673	9896327

El muelle es conocido por ser uno de los principales puertos marítimos del país, ya que tiene gran importancia tanto para el comercio como para la pesca, y desempeña un papel fundamental en la economía local y nacional, es así lo que lo hace susceptible a la contaminación por grasas y aceites. Las muestras se tomarán en forma de triángulo y serán en tres puntos específicos, a continuación, se muestran en la imagen, de cada punto se tomarán 4 repeticiones.

*Mapa de área de estudio de los sitios de muestreo en Manta, Manabí, Ecuador.*



*Ilustración 1. Ubicación del área de estudio*

## 7.2. Materiales, aparatos y reactivos

- Embudo Buchner, de 12 cm de diámetro.
- Dedal de extracción de vidrio.
- Papel de filtro, de 11 cm de diámetro cuantitativo (Whatman N° 40 o equivalente)
- Discos de tela fina
- Pinzas, metálicas.
- Frasco lavador.
- Vaso de precipitado de 50 mL
- Varilla de vidrio
- Extractor Soxhlet BÜCHI B-810.
- Bomba de vacío.
- Balanza analítica de cuatro cifras decimales
- Horno de secado
- Rotavapor (para la recuperación del solvente)
- Desecador grande
- Hexano, C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>, punto de ebullición 69°C, libre de residuos.
- Suspensión para ayuda de filtración,
- Agua destilada.
- Agitador
- Red de zooplancton
- Microscopio
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Pipeta
- Algodón
- Alcohol 70%



### **7.3. Toma de muestra**

Se detectó el área cercana a fuentes de contaminación, como lo son el puerto e industrias pesqueras, la frecuencia de la toma de muestra que se sugiere en éstos casos es de forma quincenal, así poder detectar cambios en los niveles en la concentración de aceites y grasas. También, se aprovechó la actividad portuaria del día de semana donde las operaciones suelen estar en su estado normal y continuo.

#### **7.3.1. Para la toma de muestra de aceites y grasas**

Se comenzó con la preparación del uso de guantes para recolectar las muestras del agua salada, se recogió la muestra en puntos específicos donde pueden existir derrames de combustibles.

Se introdujo el frasco suavemente en la superficie del agua para recolectar con mayor eficacia el aceite que se observaba flotar, una vez obtenida la muestra, se procedió a cerrar el envase, se etiquetó con los detalles del muestreo (hora, fecha, ubicación exacta, número de muestra) y luego se procedió a colocarlo en el cooler para mantener la temperatura y transportar la muestra hasta el laboratorio, donde se aplicó el Método de Extracción Soxhlet.

#### **7.3.2. Procedimiento del método**

El contenido de las botellas fue identificado para no confundir el lugar de la recolección de la muestra, para la ayuda de la filtración el filtro consistió en un disco de tela fina y otro de papel filtro, donde fueron colocados en el Embudo Büchner y en la máquina de presión, hasta que no pasó más agua a través del filtro, se limpiaron los bordes y el fondo del embudo Büchner con algodón empapado en solvente de extracción, teniendo cuidado de eliminar todas las películas causadas por grasa y de recolectar todo el material sólido. Procediendo a colocar la tela fina y el papel filtro dentro de los dedales de extracción con ayuda de pinzas y este mismo se llenó de algodón. Posteriormente, el dedal se llevó a un horno para secar el exceso de humedad, a una temperatura de 103°C durante 30 minutos.

Antes de colocar los dedales en su respectivo matraz fueron pesados para volverlos a pesar después del procedimiento en el aparato Soxhlet y determinar

el volumen inicial y final de la muestra. En la maquina Soxhlet se dejó un tiempo de 2 horas para extraer el aceite y la grasa, para el enjuague se añadió 100 mL del reactivo (hexano). El solvente disuelve las grasas y los aceites, que se encuentran en la muestra de agua, posteriormente se separa el solvente insoluble del agua, colocándolo en balón y por medio de destilación simple se recupera el solvente; luego, la grasa que queda en el balón se pesa y se relaciona con el volumen de muestra para determinar la concentración de grasa en la muestra de agua.

### **Cálculo**

Para calcular el volumen de los aceites y grasas se aplicó la siguiente fórmula:

$$x = \frac{Pf - Pi}{Vm} \times 100\ 000 = mg/l$$

Donde:

**Pf**= peso final

**Pi**= peso inicial

**Vm**= volumen de la muestra

#### **7.3.3. Para la toma de muestra de copépodos**

Se obtuvieron las muestras mediante arrastres verticales a 1 m de profundidad a una velocidad de 3,5 km en un tiempo de 10 minutos, con una red especial para la captura del zooplancton, con una circunferencia de 55 cm.

Se realizaron las etiquetas correspondientes de las muestras para su respectiva identificación y luego se procedió guardarlas en una hielera para mantenerlas y transportarlas al laboratorio

#### **7.3.4. Identificación de copépodos**

Los copépodos requieren necesariamente disección para su identificación, puesto que algunos de los caracteres básicos de análisis son la forma de la 5ª ó 6ª pata, el receptáculo seminal de la hembra, los apéndices o estructuras de los pares de patas y las setas terminales. Una vez obtenida la estructura, y el resto de los caracteres útiles, se sigue la guía correspondiente hasta lograr la

identificación. Se recomienda tomar fotos digitales de las estructuras usadas para la determinación de las especies y hacer preparaciones permanentes de ellas para su revisión posterior (Woelfl et al., 2018).

### **7.3.5. Procedimiento del método**

Se filtró el agua en la máquina de presión para separar los microorganismos del agua, luego se colocaron en recipientes de vidrio con alcohol y agua destilada. Con ayuda de una máquina agitadora se mezcló la muestra para homogenizarla y con una pipeta se manipuló el líquido para posteriormente colocar 0.25 mL en el portaobjetos para la observación de los copépodos en el microscopio.

De cada muestra recogida se tomaron 10 tomas para sacar un promedio de la cantidad de copépodos presentes.

### **Cálculo**

Para obtener el valor del volumen de agua que ingresó por la red, se tuvieron en cuenta los siguientes datos: el tiempo de arrastre de la red que fue por un tiempo de 10 minutos convertidos a segundos (600sg), la velocidad de la lancha 3,5 km/h convertidos a m/sg (0.97m/sg) y la circunferencia interna de la red 0,024 m<sup>2</sup>, dando un resultado de 133,970 m<sup>3</sup>.

Posterior, se sacó un promedio de los individuos de copépodos contabilizados por cada submuestra, ese proceso fue realizado para cada sitio de las muestras, cada muestra fue colocada en una máquina agitadora para que el contenido de la muestra sea homogenizado, con ayuda de una pipeta se continuó colocando 5 gotas en cada portaobjetos hasta finalizar teniendo 10 submuestras para el respectivo conteo de individuos.

### **7.4. Tabulación y análisis estadístico**

Para poder realizar el análisis del estudio se utilizó la herramienta Microsoft Excel para la tabulación de los datos seleccionado es así que esto permitió una organización adecuada de la información recopilada, por lo tanto, se hizo sus debidas operaciones matemáticas. Seguido se hizo un análisis estadístico llamado análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5% y coeficiente de relación, lo cual nos permitió evaluar y determinar la validez de los

objetivos planteados, también se utilizó la herramienta de área “measurements” para georreferenciar las coordenadas y a la vez se manejó Qgis para realización de mapa.

## VIII. RESULTADOS

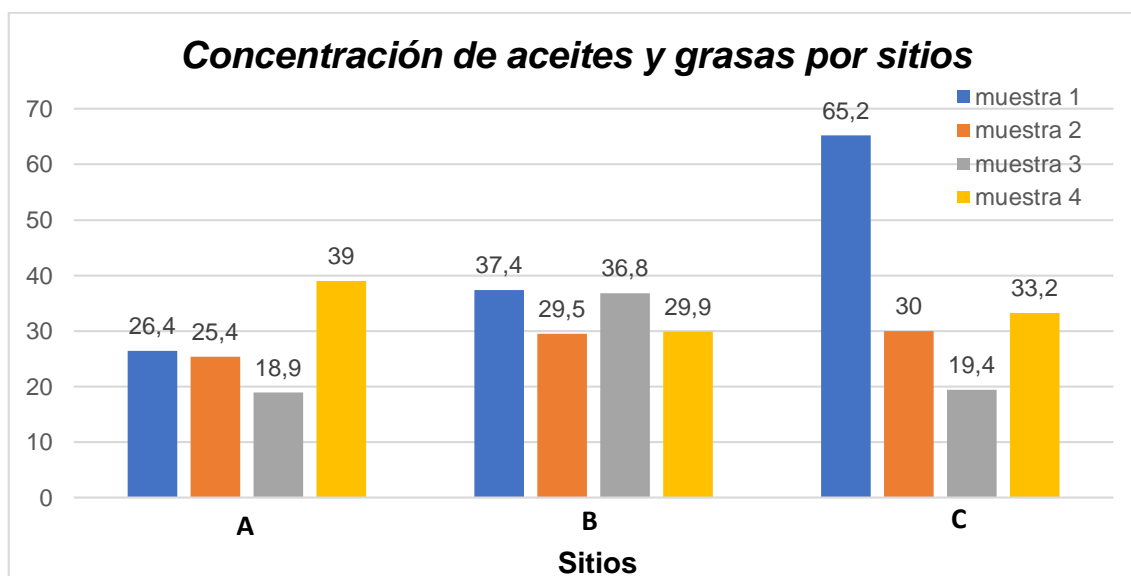
### 8.1. Aceites y grasas

ACEITES Y GRASAS				
SITIOS	MUESTRAS (mg/L)			
	1	2	3	4
A	26,4	25,4	18,9	39
B	37,4	29,5	36,8	29,9
C	65,2	30	19,4	33,2

*Tabla 1. Resultados de las muestras recolectadas de aceites y grasas en la zona del muelle artesanal y el Puerto de Manta.*

La concentración más elevada de aceites y grasas se representa en el sitio C de la muestra 1 teniendo un nivel significativamente alto, a comparación de la concentración más baja que representa el sitio A de la muestra 3.

A continuación, los datos graficados para una mejor visualización:



*Figure 1. Gráficos de barras de aceites y grasas*

El sitio C destaca por tener los valores más altos en la mayoría de las muestras, a comparación del sitio A que se mantiene con los valores más bajos, mientras que los valores más uniformes son el sitio B.

### 8.1.1. Comparación de los resultados obtenidos con el acuerdo ministerial 097A

Las muestras y concentraciones del área de estudio están por encima del límite máximo permisible según lo establecido en el AM 097A, que establece como límite máximo permisible el valor de 0,3 mg/l para el contenido de aceites y grasas en el criterio de calidad de agua marina, por lo tanto, no se cumple con lo permitido con la legislación ambiental.

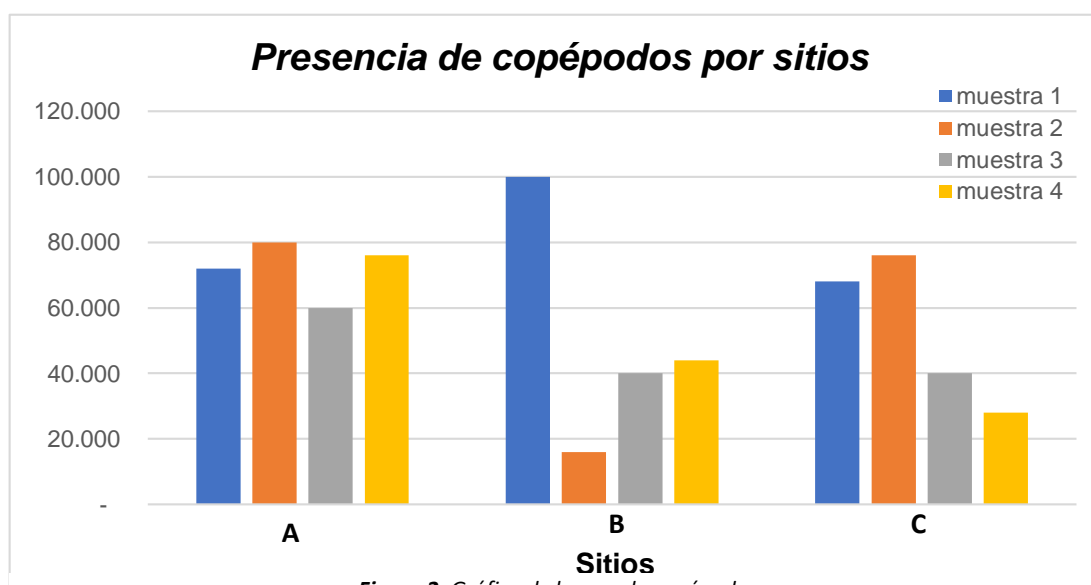
### 8.2. Copéodos

COPÉODOS				
SITIOS	MUESTRAS (ind/L)			
	1	2	3	4
A	72.000	80.000	60.000	76.000
B	100.000	16.000	40.000	44.000
C	68.000	76.000	40.000	28.000

*Tabla 2. Resultados del conteo de copéodos*

Se observa que la mayor presencia de copéodos fue de 100.000 individuos por litro en la primera muestra del sitio B, por el contrario, en la segunda muestra del mismo sitio representó la menor cantidad de presencia de copéodos con 16.000 individuos.

Estas observaciones son útiles en estudios de bioindicadores, donde la abundancia de copéodos se relaciona con la calidad del agua.



*Figure 2. Gráfico de barras de copéodos*

En el sitio B existe el nivel más alto (muestra 1) y bajo (muestra 2) de la presencia de los copépodos, mientras que en el sitio A existe mayor similitud de las muestras. Y en el sitio C existen fluctuaciones correspondientes a la presencia de estos individuos.

### 8.3. Análisis estadísticos

#### 8.3.1. Anova

Según el análisis de varianza se determinó un valor en F de 0,58 y valor crítico para F de 4,26.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	185,37	2	92,69	0,58	0,58	4,26
Dentro de los grupos	1.435,26	9	159,47			
Total	1.620,63	11				

*Tabla 3. Aceites y grasas de los sitios de muestreo*

Esto indica que no hay diferencia significativa en las variables analizadas debido a que F tiene un valor menor a el valor crítico para F, es importante considerar que el valor de F, sugiere las diferencias observadas son pequeñas en comparación con la variabilidad dentro de los grupos, esto conlleva a la aceptación de la hipótesis nula, es decir que no hay diferencia significativa entre los sitios.

Según el análisis de varianza realizado, se obtuvo un valor de F igual a 1,03, mientras que el valor crítico F es de 4,26.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	7.693,17	2	3.846,58	1,03	0,39	4,26
Dentro de los grupos	33.501,75	9	3.722,42			
Total	41.194,92	11				

*Tabla 4. Copépodos en las zonas de muestreo*

Esto indica que no existe una diferencia significativa en las variables evaluadas, ya que el valor de F es menor que el valor crítico para F. Es relevante destacar que el valor de F sugiere que las diferencias observadas son mínimas en comparación con la variabilidad interna de los grupos. Esto lleva a aceptar la hipótesis nula, lo que implica que no hay una diferencia significativa, entre los sitios.

### 8.3.2. Coeficiente de relación

Coeficiente de relación	
Sitio 1	0,6078456
Sitio 2	0,6997007
Sitio 3	0,4355746

En lo que respecta en el coeficiente de relación, mide el grado de relación lineal entre dos variables, y sus valores oscilan entre -1 y 1, es decir el significa relación lineal positiva fuerte, 1 la relación lineal negativa fuerte y la 0 relación es débil o inexistente.

Para interpretar los coeficientes tenemos lo siguiente: en el sitio 1 (0.6078) existe una relación positiva moderada entre las variables, mientras que en el sitio 2 (0.6997), hay una relación positiva moderada-alta y el sitio 3 (0.4355) tiene una relación positiva débil-moderada entre las variables.

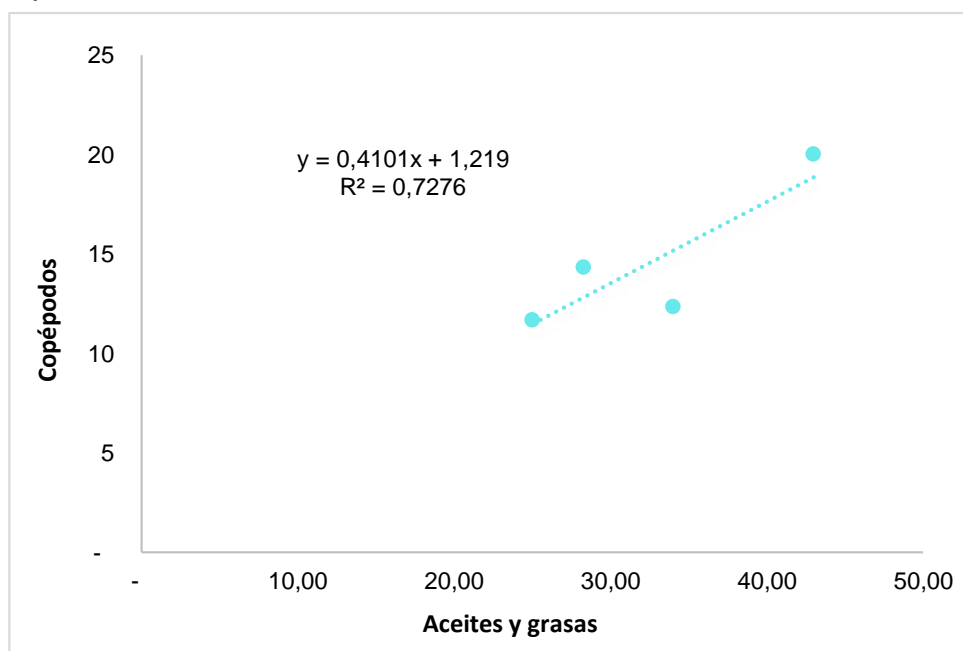


Figure 3. Línea de dispersión de aceites y grasas y copépodos

## IX. DISCUSIÓN

El uso de copépodos como bioindicadores de contaminación en las aguas costeras cercanas al muelle artesanal de Manta proporciona hallazgos relevantes en el contexto de la gestión ambiental marina y el monitoreo de contaminantes. Los resultados obtenidos permitieron evaluar la eficacia de estos organismos en la detección de contaminación por aceites y grasas, y su sensibilidad frente a cambios en la calidad del agua.

La concentración de aceites y grasas superó los límites establecidos por el Acuerdo Ministerial 097A en los tres sitios de muestreo. Este hallazgo confirma un nivel significativo de contaminación en el área de estudio, lo cual se atribuye a las actividades portuarias y descargas provenientes de embarcaciones. La metodología utilizada, como la extracción Soxhlet, permitió cuantificar con precisión estos compuestos en el agua, lo que refuerza la validez de los resultados obtenidos.

El coeficiente de relación calculado muestra una correlación positiva moderada entre la presencia de copépodos y los niveles de aceites y grasas en el agua. Esto respalda la hipótesis de que los copépodos pueden ser utilizados como bioindicadores efectivos para evaluar la calidad del agua en entornos marinos contaminados.

Los resultados de este estudio son consistentes con investigaciones previas realizadas en entornos similares. Por ejemplo, estudios en la Bahía de Santiago de Cuba y el Puerto de Ilo en Perú también documentaron niveles elevados de contaminantes y su impacto en la biota marina. Además, estos estudios coinciden en la utilidad de los bioindicadores acuáticos como herramientas complementarias para el monitoreo ambiental.

A pesar de los hallazgos obtenidos, es importante considerar las limitaciones del estudio. La frecuencia de muestreo quincenal podría no capturar completamente las fluctuaciones diarias o estacionales de los contaminantes y la biota. Además, factores como la técnica de recolección y las condiciones climáticas durante el muestreo podrían haber influido en los resultados.



Por otro lado, la identificación taxonómica de los copépodos requirió un alto nivel de precisión, lo que plantea la necesidad de contar con recursos adecuados en términos de equipamiento y capacitación técnica. La variabilidad observada también sugiere que podrían ser necesarios estudios complementarios para entender mejor la relación entre los niveles de contaminación y la respuesta de los copépodos.

Los resultados de este estudio tienen implicaciones importantes para la gestión ambiental en el muelle artesanal de Manta. La identificación de contaminación por aceites y grasas destaca la necesidad de implementar protocolos más estrictos para el manejo de residuos. Además, sería beneficioso realizar estudios adicionales que aborden los efectos a largo plazo de los contaminantes en la biota marina y que exploren la aplicación de bioindicadores en diferentes contextos ambientales.

## **X. CONCLUSIONES**

- La presencia de aceites y grasas en las aguas costeras cercanas al TPM se identificó que existe una contaminación derivada de las actividades portuarias o fuentes cercanas.
- La presencia y distribución de copépodos en el área de estudio proporcionó una visión sobre el estado de la biodiversidad marina, su existencia puede ser un indicador de la salud del ecosistema.
- El uso de copépodos como bioindicadores ante la presencia de aceites y grasas puede ser utilizado como una herramienta de monitoreo ambiental.
- Las condiciones climáticas influyen directamente a los valores tanto de aceites y grasas como de los copépodos que muestran fluctuaciones entre los diferentes sitios.

## **XI. RECOMENDACIONES**

- Establecer protocolos más estrictos para el manejo y disposición de residuos, con especial atención a los derrames de aceites y grasas, minimizando su impacto en el ecosistema marino.
- Reforzar las leyes y regulaciones ambientales relacionadas con las actividades portuarias, con el fin de reducir la contaminación marina y proteger la vida acuática.
- Realizar estudios adicionales para comprender los efectos a largo plazo de los aceites y grasas en los copépodos y otros organismos marinos, ampliando la base de conocimiento sobre la interacción entre contaminantes y biota.
- Optimizar la recolección de los copépodos para mejorar la calidad de los resultados, incluyendo el uso de equipos y materiales necesarios en el laboratorio para un análisis preciso que garantice que los resultados obtenidos sean fiables.

## XII. BIBLOGRAFÍAS

- Albert, L. (1997). Compuestos Orgánicos Persistentes. Obtenido de Compuestos Orgánicos Persistentes:  
<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51396702/COPSlibre.pdf?1484681613=&response-contentdisposition=inline%3B+filename%3DCOPS.pdf&Expires=1685999044&Signature=g9HNmLB7VVxFm3WLRiS2E1m4rTK5~T4ISE0zBgwy1SpESIAV4qZ9j-p-OTx-B5jVsuO-A8pYcNBrcxhoBo2cZpsbilH1r>
- Guerra, Covas & Santos (2018). Nuevas perspectivas para la educación ambiental en la educación de adultos. VARONA, 02(2018): 1-12. Universidad Pedagógica Enrique José Varona, Cuba.  
<https://www.redalyc.org/journal/3606/360672109014/360672109014.pdf>
- Análisis de captura de las especies más representativas de túnidos por buques cerqueros y cañeros en el océano pacífico oriental-Ecuador-periodo 2010-2018.* **Padilla, E. 2021.** 2021, pág. 56.
- Contamination characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons in river and coastal sediments collected from the multi-industrial city of Ulsan, South Korea.* **Choi, S., y otros. 2020.** 2020, Mar. Pollut. Bull, Vol. 160.
- Corazon Planeta Verde Proteccion Ambiental Marino: Playa Varadero.* **Mendoza, G. 2023.** 2023, págs. 1-44.
- El uso pasado, presente y futuro de los dispositivos de concentración de peces (DCP) a la deriva en el Océano Índico.* **Davies, T, Mees, C y Milner, E. 2019.** 16, 2019, Política Marina, Vol. 9, pág. 45.
- Estudio sobre la velocidad y tiempo de biodegradación bajo condiciones Controladas de Fibras Naturales de Fique (Furcraea andina) y Algodón (Gossypium barbadense).* **Pinchao, Y, y otros. 2019.** 4, 2019, Información Tecnológica, Vol. 30, págs. 59-68.
- Evaluación de la calidad de sedimento marino por metales pesados en el puerto de Ilo, Perú.* **Condori, R. 2023.** 2023.

*Evaluación de la contaminación físico-química de las aguas del estero salado, sector norte de la ciudad de Guayaquil-Ecuador-2017.* **Mariscal-Santi, Walter E., y otros. 2018.** 4, 2018, Revista Polo de Conocimiento, Vol. 3, págs. 133-149

*Evaluación de la contaminación por grasas y aceites en balnearios de la bahía de Santiago de Cuba.* **Rodríguez-Heredia y Santana-Gómez. 2017.** 2, 2017, Tecnología Química, Vol. 37.

*Evaluación de los parámetros físicos y químicos del agua de mar en los alrededores de la Isla Uvita, Limón, Costa Rica.* **Alfaro-Sandí, J, y otros. 2021.** 2, 2021, Tecnología en marcha, Vol. 34, págs. 88-95.

*Polución Marina.* **Cedeño, E, Salinas, S y Andrade, K. 2020.** 2020, pág. 15.

*Spatial distribution, environmental risk and sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments northwest of Persian Gulf.* **Keshavarzi, B., y otros. 2020.** 2020, Cont. Shelf Res, Vol. 193.

*The use of benthic foraminifera as bioindicators of hydrocarbon pollution in marine environments.* . **Breithaupt, J. L., y otros. 2020.** 2, 2020, Journal of Marine Science and Engineering, Vol. 8, págs. 123-135.

*Using metagenomic approaches to assess the impact of hydrocarbon pollution on marine microbial communities.* **Hüffmeier, S., y otros. 2020.** 156, 2020, Marine Pollution Bulletin, Vol. 1, págs. 111-119.

### XIII. ANEXOS

#### Anexo 1. Datos de aceites y grasas

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
<b>Fecha:</b> 10 de octubre del 2024		<b>Fecha:</b> 24 de octubre del 2024		<b>Fecha:</b> 7 de noviembre del 2024		<b>Fecha:</b> 21 de noviembre del 2024	
<b>Sitio 1</b>		<b>Sitio 1</b>		<b>Sitio 1</b>		<b>Sitio 1</b>	
<b>Datos:</b>		<b>Datos:</b>		<b>Datos:</b>		<b>Datos:</b>	
Pi= 107.9930 g		Pi= 117.2409 g		Pi= 117.2393 g		Pi= 117.2400 g	
Vm= 1000 ml		Vm= 1000 ml		Vm= 1000 ml		Vm= 1000 ml	
Pf= 108.0194 g		Pf= 117.2663 g		Pf= 117.2582		Pf= 117.2790 g	
<b>Procedimiento</b>		<b>Procedimiento</b>		<b>Procedimiento</b>		<b>Procedimiento</b>	
Pf-Pi/Vm x 1000000		Pf-Pi/Vm x 1000000		Pf-Pi/Vm x 1000000		Pf-Pi/Vm x 1000000	
=	26,4 mg/Lt	=	25,4 mg/Lt	=	18,9 mg/Lt	=	39 mg/Lt
<b>Sitio 2</b>		<b>Sitio 2</b>		<b>Sitio 2</b>		<b>Sitio 2</b>	
<b>Datos:</b>		<b>Datos:</b>		<b>Datos:</b>		<b>Datos:</b>	
Pi= 117.2323 g		Pi= 107.9865 g		Pi= 111.6817 g		Pi= 107.9859 g	
Vm= 1000 ml		Vm= 1000 ml		Vm= 1000 ml		Vm= 1000 ml	
Pf= 117.2697 g		Pf= 108.0160		Pf= 111.7185 g		Pf= 108.9859 g	
<b>Procedimiento</b>		<b>Procedimiento</b>		<b>Procedimiento</b>		<b>Procedimiento</b>	
Pf-Pi/Vm x 1000000		Pf-Pi/Vm x 1000000		Pf-Pi/Vm x 1000000		Pf-Pi/Vm x 1000000	
=	37,4 mg/Lt	=	29,5 mg/Lt	=	36,8 mg/Lt	=	29,9 mg/Lt
<b>Sitio 3</b>		<b>Sitio 3</b>		<b>Sitio 3</b>		<b>Sitio 3</b>	
<b>Datos:</b>		<b>Datos:</b>		<b>Datos:</b>		<b>Datos:</b>	
Pi= 111.6791 g		Pi= 111.6800 g		Pi= 107.9857 g		Pi= 111.6837 g	
Vm= 1000 ml		Vm= 1000 ml		Vm= 1000 ml		Vm= 1000 ml	
Pf= 111.7443 g		Pf= 111.7100 g		Pf= 108.0051 g		Pf= 111.7169 g	
<b>Procedimiento</b>		<b>Procedimiento</b>		<b>Procedimiento</b>		<b>Procedimiento</b>	
Pf-Pi/Vm x 1000000		Pf-Pi/Vm x 1000000		Pf-Pi/Vm x 1000000		Pf-Pi/Vm x 1000000	
=	65,2 mg/Lt	=	30 mg/Lt	=	19,4 mg/Lt	=	33,2 mg/Lt

## Anexo 2. Datos de copéodos

MUESTRA 1						MUESTRA 2					
Fecha: 10 de Octubre del 2024						Fecha: 24 de Octubre del 2024					
Conteo de Copéodos						Conteo de Copéodos					
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3	
T1=	30	T1=	16	T1=	13	T1=	11	T1=	8	T1=	23
T2=	28	T2=	28	T2=	17	T2=	13	T2=	5	T2=	8
T3=	18	T3=	29	T3=	18	T3=	20	T3=	3	T3=	28
T4=	17	T4=	21	T4=	15	T4=	30	T4=	4	T4=	19
T5=	12	T5=	26	T5=	15	T5=	23	T5=	3	T5=	11
T6=	10	T6=	24	T6=	14	T6=	28	T6=	3	T6=	21
T7=	21	T7=	20	T7=	16	T7=	22	T7=	5	T7=	17
T8=	15	T8=	21	T8=	16	T8=	13	T8=	0	T8=	21
T9=	14	T9=	25	T9=	15	T9=	22	T9=	3	T9=	18
T10=	16	T10=	35	T10=	28	T10=	20	T10=	2	T10=	20
Total	181		245		167	Total	202		36		186
Promedio total	18		25		17	Promedio total	20		4		19

MUESTRA 3						MUESTRA 4					
Fecha: 7 de Noviembre del 2024						Fecha: 21 de Noviembre del 2024					
Conteo de Copéodos						Conteo de Copéodos					
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3	
T1=	19	T1=	3	T1=	15	T1=	18	T1=	10	T1=	8
T2=	16	T2=	21	T2=	11	T2=	23	T2=	15	T2=	11
T3=	8	T3=	14	T3=	9	T3=	20	T3=	15	T3=	10
T4=	11	T4=	6	T4=	6	T4=	16	T4=	12	T4=	7
T5=	20	T5=	15	T5=	11	T5=	19	T5=	11	T5=	6
T6=	19	T6=	10	T6=	9	T6=	25	T6=	12	T6=	3
T7=	21	T7=	9	T7=	10	T7=	20	T7=	6	T7=	7
T8=	14	T8=	7	T8=	7	T8=	19	T8=	11	T8=	5
T9=	12	T9=	6	T9=	10	T9=	14	T9=	13	T9=	5
T10=	10	T10=	12	T10=	7	T10=	16	T10=	9	T10=	10
Total	150		103		95	Total	190		114		72
Promedio total	15		10		10	Promedio total	19		11		7

Anexo 4. Recorte de muselina



Anexo 3. Recorte de filtro para aceites y grasas



**Anexo 6. Molde de muselina para la filtración de aceites y grasas**



**Anexo 5. Laboratorio donde se desarrollará el método de Soxhlet**



**Anexo 8. Embudo Buchner**

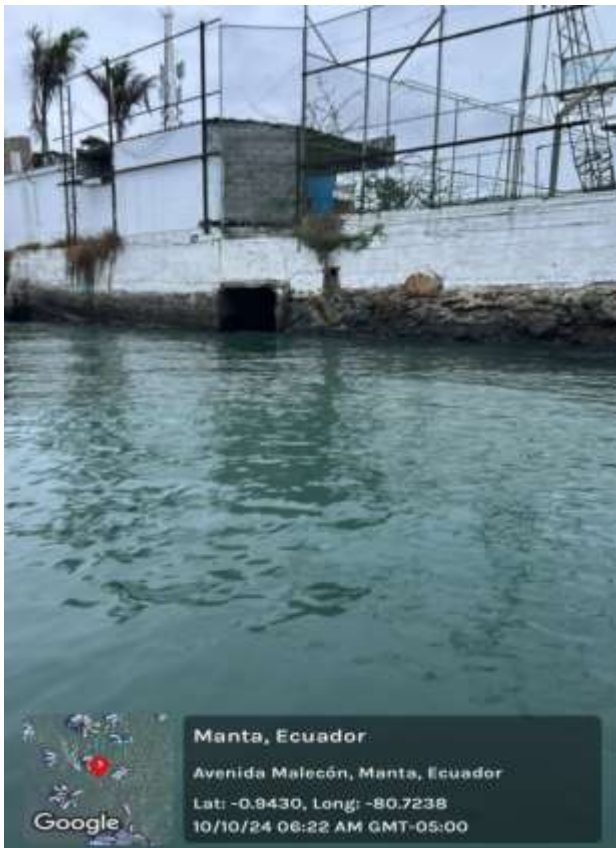


**Anexo 7. Embudo Bucher con filtros para aceites y grasas**





**Anexo 10. Lugar del muestreo**



**Anexo 9. Recolección de muestras para aceites y grasas**



**Anexo 11. Etiquetado los frascos para aceites y grasas**



**Anexo 12. Recolección de muestras para aceites y grasas y copépodos**



**Anexo 14. Filtración para aceites y grasas**



**Anexo 13. Proceso de Aceites y grasas**



**Anexo 16. Bomba al vacío**



**Anexo 15. Proceso terminado de filtración**



**Anexo 17. Soxhlet, extractor de grasas**

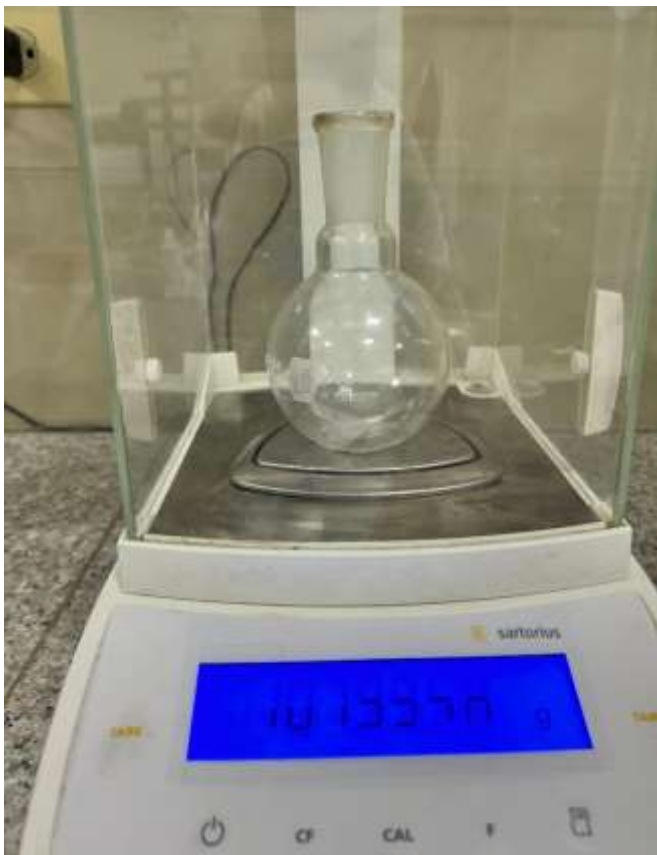


**Anexo 19. Estufa para secar los balones de aceites y grasas**

**Anexo 18. Deseccador de vacío**



**Anexo 23. Balanza analítica de calibración**



**Anexo 22. Presencia de aceites y grasas**



**Anexo 21. Red de fitoplancton para hacer el muestreo**



**Anexo 20. Arrastre de red de manera superficial para los copépodos**



**Anexo 25. Etiquetas de copéodos**



**Anexo 24. Foto con la persona que nos ayudó con la lancha**



**Anexo 27. Filtración de los copéodos**



**Anexo 26. Lavado de alcohol para los copéodos**



**Anexo 29. Homogeneizador para las muestras de copéodos**



**Anexo 28. Microscopio**



**Anexo 31. Visualización de copéodos**



**Anexo 30. Copéodos (Copepoda)**



Anexo 32. Señalización de las sub muestras



Anexo 33. Sub muestras de los copéodos por diferentes tomas

