



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA
ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:
Biólogo

TEMA:

**ORGANISMOS ENCOSTRANTES EN LOS CASCOS DE
EMBARCACIONES PETROLERAS RELACIONADO A LA
TÉCNICAS ANTIFOULING, CAUTIVO-LA LIBERTAD.**

TESISTA:

ANDREA CAROLINA ZAMORA VILLACIS

TUTOR:

BLGA. MARÍA HERMINIA CORNEJO RODRÍGUEZ, PhD.

LA LIBERTAD- ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA
ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:
Biólogo

TEMA:

**ORGANISMOS ENCOSTRANTES EN LOS CASCOS DE
EMBARCACIONES PETROLERAS RELACIONADO A LA
TÉCNICAS ANTIFOULING, CAUTIVO-LA LIBERTAD.**

TESISTA:

ANDREA CAROLINA ZAMORA VILLACIS

TUTOR:

BLGA MARÍA HERMINIA CORNEJO RODRÍGUEZ, PhD.

LA LIBERTAD- ECUADOR

2024

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, “Organismos encostrantes en los cascos de embarcaciones petroleras relacionado a la técnicas antifouling, Cautivo-La Libertad”, elaborado por Zamora Villacis Andrea Carolina, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo/a, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Blga. María Herminia Cornejo Rodríguez, PhD.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0905260881

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista del Trabajo de Integración Curricular, “Organismos encostrantes en los cascos de las embarcaciones petroleras relacionado a las técnicas antifouling, Cautivo-La Libertad ”, elaborado por Zamora Villacis Andrea Carolina, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo/a, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para sustentación.

Atentamente

A handwritten signature in cursive script, reading "Jodie Darquea", is written over a horizontal dashed line.

Blga. Jodie Darquea Arteaga, M. Sc.

DOCENTE DE ÁREA

C.I. 0918674359

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido, ideas, hechos y resultados expuestos en esta tesis me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena



Andrea Carolina Zamora Villacis

C.C 0550223986

DEDICATORIA

El presente trabajo quiero dedicárselo a Dios por darme la fortaleza para seguir adelante.

A mi amada madre Alicia, quien, aunque ya no está esencialmente conmigo, su amor, sabiduría y apoyo continúan guiando cada paso que doy. Esta tesis es el fruto de tu inquebrantable fe en mí, de tu sacrificio y de tus sueños para mi futuro. A pesar de tu partida, siento tu presencia en cada palabra escrita, en cada descubrimiento realizado. Tu ausencia es un dolor inmenso, pero también es mi mayor inspiración para seguir adelante y honrar tu memoria con cada logro alcanzado. Este triunfo, sabiendo que, desde algún lugar, sigues iluminando mi camino gracias por ser mi guía, mi ejemplo y mi razón para nunca rendirme.

A mis queridos hermanos Andrés e Ivana, quienes han sido mi apoyo incondicional a lo largo de este arduo y gratificante camino académico. Su amor, paciencia y aliento han sido mi mayor motivación para alcanzar esta meta. A ustedes les dedico este logro, con profundo agradecimiento por estar siempre a mi lado, inspirándome a ser la mejor versión de mí misma. Gracias por ser mi roca en los momentos difíciles y por celebrar conmigo en los triunfos. Esta tesis lleva impresa una parte de su cariño y apoyo.

Zamora Villacis Andrea Carolina

AGRADECIMIENTO

A las autoridades y personal Académico de Universidad Estatal Península de Santa Elena por liderar el proceso de formación profesional.

En particular a mi madre Alicia por apoyarme en toda mi vida académica, a mis hermanos Ivana y Andrés por ayudarme en los momentos difíciles y ser un pilar fundamental en mi vida.

A la Bióloga María Herminia Cornejo, por ser mi tutora de tesis, sus sugerencias y apoyo a lo largo de este camino académico

Al Biólogo Xavier Vicente Piguave Preciado, por sus sugerencias y apoyo en la certificación de especies.

A mis amigos de la universidad, Lia , Genesis , Daniel y Kerly agradecerles por ser parte de esta gran experiencia de vida, y por el apoyo que me dieron cuando los necesite.

Zamora Villacis Andrea Carolina

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de integración Curricular por **Zamora Villacis Andrea Carolina** como requisito parcial para la obtención del grado de Bióloga de la Carrera de Biología, Facultad Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: jueves 18 de Julio del 2024



Ing, Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

DIRECTOR DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



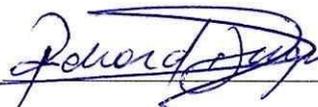
Blga, Jodie Darquea Arteaga, M.Sc.

PROFESOR DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blga, María Cornejo Rodríguez, Ph.D.

DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo, Richard Duque Marín, M.Sc.

DOCENTE GUÍA DE LA UICC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Lcdo, Pascual Roca Silvestre, Mgtr.

SECRETARIO DEL TRIBUNAL

INDICE GENERAL

GLOSARIO	3
ABREVIATURAS.....	4
INTRODUCCION	1
JUSTIFICACION	5
OBJETIVOS.....	7
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
HIPOTESIS	8
MARCO TEORICO	9
METODOLOGIA:.....	52
ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.....	57
DISCUSION	96
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES.....	103
BIBLIOGRAFIAS	104
ANEXOS	115

INDICE FIGURAS

Figura 1 Clasificación Biofouling.....	15
Figura 2 Instalaciones SUINLI	35
Figura 3 Buques Petroleros (Muelle de Petroecuador)	36
Figura 4 Actividades de la OMI en orden cronológico al respecto del control de emisiones de gases de efecto invernadero.....	49
Figura 5 Situación geográfica del área de estudio. Muelle de Petroecuador	52
Figura. 6 Vista panorámica del Muelle Y la localización de la estación (Muelle de Petroecuador).	54
Figura 7 Índices ecológicos por embarcaciones- Índice de Shannon-Wiene.....	84
Figura 8 Índices ecológicos por embarcaciones- Índice de Margaleef.	85
Figura 9. Correlación de los parámetros físicos filo Artrópoda	88
Figura 10 Correlación de los parámetros físicos filo Ochrophyta.....	89
Figura 11. Correlación de los parámetros físicos filo Chlorophyta.....	90
Figura 12. Correlación de los parámetros físicos filo Cnidaria.....	91
Figura 13. Correlación de los parámetros físicos filo Echinodermata.....	93
Figura 14. Correlación de los parámetros físicos filo Mollusca.....	94
Figura 15. Correlación de los parámetros físicos filo Anelidos.....	95

GLOSARIO

Afloramientos. - Acumulación de nutrientes sobre las aguas debido a la acción de las corrientes del fondo, permitiendo el desarrollo de una gran variedad de organismos.

Bentónico. - Especies que se encuentran relacionados en el fondo marino.

Bioincrustación.- La acumulación de organismos adherentes sobre superficies que se encuentran expuestas en un medio acuoso.

Biopolímeros. - Son macromoléculas sintetizados por los seres vivos encontrando las proteínas, polisacáridos y ácidos nucleicos.

Antifouling. - técnicas y productos diseñados para prevenir la acumulación de organismos marinos, en las superficies de las embarcaciones y otras estructuras sumergidas.

Heterogeneidad. - Integración de cualquier variedad, teniendo en cuenta que todos forman parte de un solo grupo, pero son diferentes entre sí.

Catalizar. - Favorecer o acelerar el desarrollo de un proceso.

Resiliencia. - Capacidad de un ser vivo para adaptarse a las situaciones adversas con resultados positivos.

Fluctuaciones. - Cambios sucesivos que se dan en el precio de un bien o en el valor de un activo financiero a lo largo de un período de tiempo

ABREVIATURAS

SUINLI. - Superintendencia del Terminal Petrolero de la Libertad

INOCAR. - Instituto Oceanográfico de la Armada

OMI. - Organización Marítima Internacional

C₁₀H₈N₂OS₂Zn. - Piritionato de Zinc

PTFE. - El politetrafluoroetileno

GHG. - Greenhouse gases

ClO₂.- Dióxido de Cloro

Cl₂.- Cloro

O₃.- Ozono

RESUMEN

Los organismos incrustantes, conocidos científicamente como *biofouling*, son una preocupación crítica para la operatividad y eficiencia de las embarcaciones petroleras. Estos organismos, que incluyen especies de moluscos, crustáceos, algas y bacterias, se adhieren a las superficies sumergidas de los buques, como los cascos, creando problemas significativos. El objetivo de esta investigación fue analizar la diversidad y densidad de organismos encostrantes en los cascos de embarcaciones petroleras, mediante colecta directa e identificación taxonómica estableciendo su relación con procesos *antifouling* posteriormente a esto se analizaron los datos con los diferentes índices ecológicos y se los correlaciono con los parámetros físicos. Se identificaron 20 especies. distribuida en filos Mollusca, Arthropoda, Echinodermata, Cnidaria, Anelidos, Macroalgas con un total de 6630 individuos registrados, los resultados mostraron una variabilidad significativa en la abundancia de los grupos de organismos estudiados.

Entre los moluscos, destacaron especies como *Calyptraeidae* Con respecto a los artrópodos fue *Chthamalidae* siendo esta de la especie más frecuente de la zona. La diversidad se evaluó con un índice de Shannon-Winner y Margalef mientras que la correlación de parámetros físicos se llevó a cabo con Pielou. La presencia y ausencia de organismos encostrantes vario según las condiciones de las técnicas *antifouling*, pero también estuvo influenciada por los parámetros físicos del entorno como la temperatura promedio 28°C en la Salinidad promedio de 32%, en la cual tuvieron una correlación significativa en la distribución de especies.

Palabras clave: *Biofouling*, organismos encrostantes, moluscos. Algas, densidad.

ABSTRACT

Fouling organisms, scientifically known as *biofouling*, are a critical concern for the operation and efficiency of oil vessels. These organisms, which include species of mollusks, crustaceans, algae and bacteria, adhere to the submerged surfaces of ships, such as hulls, creating significant problems. The objective of this research was to analyze the diversity and density of crusting organisms in the hulls of oil vessels, through direct collection and taxonomic identification, establishing their relationship with antifouling processes. After this, the data was analyzed with the different ecological indices and correlated with the physical parameters. 20 species were identified. distributed in phyla Mollusca, Arthropoda, Echinodermata, Cnidaria, Annelids, Macroalgae with a total of 6630 registered individuals, the results showed a significant variability in the abundance of the groups of organisms studied.

Among the mollusks, species such as Calyptraeidae stood out. With respect to arthropods, it was Chthamalidae, this being the most common species in the area. Diversity was evaluated with a Shannon-Winner and Margalef index while the correlation of physical parameters was carried out with Pielou. The presence and absence of encountering organisms varied according to the conditions of the antifouling techniques but was also influenced by the physical parameters of the environment such as the average temperature of 32°C at the average salinity of 28‰, in which they had a significant correlation in the distribution of species.

Keywords: *Biofouling*, fouling organisms, mollusks. Algae, density

1. INTRODUCCION

Los organismos incrustantes, también conocidos como *biofouling*, representan un desafío significativo para las embarcaciones, especialmente aquellas involucradas en la industria petrolera. El fenómeno de *biofouling* se refiere a la acumulación de organismos marinos como algas, moluscos, crustáceos y otros microorganismos en superficies sumergidas, como los cascos de las embarcaciones. Este proceso biológico tiene importantes implicaciones económicas y ambientales debido a que incrementa la resistencia al avance de los buques, lo que conlleva a un mayor consumo de combustible y, por ende, a mayores emisiones de dióxido de carbono (Schultz et al., 2020).

Estos organismos son parte de lo que se conoce como bentos epifaunal; y en el caso de las embarcaciones estos están adheridos, ya sean en el ancla y la cadena, el casco o la hélice. Siendo el transporte marítimo un vector muy importante que hace que estas especies marinas *bioinvasoras*; puedan viajar y soportar largos trayectos e inclusive poder reproducirse en ese medio.

Dentro de este grupo de organismos encostrantes, se citan diferentes especies que, a pesar de su grado de importancia, han sido consideradas algo insignificante como son las , *Trochammina inflata*, *Bankia* sp entre otras. Estos organismos una vez colonizados un sustrato sumergido en el medio acuícola, reaccionan y

producen algún tipo de alteración, generando a mediano plazo una reducción de un 30% a 50% en el desarrollo de la velocidad de las embarcaciones (Casanueva, 2020). Este proceso incide en un aumento del consumo de combustible, con el consiguiente perjuicio económico para los navegantes y, en otros casos al paulatino deterioro de muelles de desembarque y boyas náuticas.

En respuesta a estos desafíos, se han desarrollado diversas técnicas *antifouling* para prevenir y controlar el crecimiento de organismos incrustantes en los cascos de las embarcaciones. Estas técnicas incluyen el uso de recubrimientos *antifouling*, tecnologías de limpieza submarina, y métodos físicos como sistemas de ultrasonido y sistemas eléctricos y electromagnéticos (Yebra et al., 2021). Los recubrimientos *antifouling*, en particular, han evolucionado significativamente desde el uso de compuestos tóxicos hacia soluciones más ambientalmente sostenibles que buscan minimizar el impacto ecológico sin comprometer la eficacia (Champ, 2019).

Este análisis no solo es relevante para la industria marítima y petrolera, sino que también contribuye al desarrollo de prácticas más sostenibles y eficientes en la gestión de *biofouling*, alineándose con los objetivos globales de reducción de emisiones y protección de la biodiversidad marina.

La eficiencia y el impacto medioambiental de los tratamientos *antifouling* en las embarcaciones marinas han sido temas que han suscitado un gran interés en la industria naval durante los últimos años. Estos tratamientos desempeñan un papel crucial en la prevención del incremento de organismos marinos en los cascos de las embarcaciones, lo que puede mejorar significativamente su rendimiento y eficiencia. Sin embargo, se ha observado que los aditivos utilizados en los tratamientos *antifouling* pueden contener compuestos químicos que pueden tener efectos negativos para el ecosistema marino.

Para la prevención del *fouling* en las embarcaciones es recomendable seguir las instrucciones de descritas por la Organización Marítima Internacional (IMO) en las que se concluye que para la prevención de este fenómeno se ha de poner en seco la embarcación al menos una vez al año para limpiar y repintar los fondos.

Además de estas medidas de prevención y de realizar mantenimiento constante de toda la zona de obra viva en el casco, se recomienda el uso de diversas técnicas que permiten mitigar la presencia de estos organismos en los tubos de los intercambiadores de calor u otras partes del sistema de refrigeración. Cabe señalar que en todas las instalaciones se aplica algún tipo de tratamiento *antifouling* con el fin de mantener o restaurar la eficiencia. Estos tratamientos pueden ser: químicos, mecánicos, biológicos, etc. Algunos de estos métodos pueden ser llevados a cabo “on-line”, esto es, mientras la instalación está en funcionamiento,

pero en otras situaciones, cada cierto tiempo, será necesario proceder a la parada de los intercambiadores de calor (limpieza off-line). (Casanueva, 2020)

El presente estudio se centra en la identificación y análisis de los organismos incrustantes presentes en los cascos de embarcaciones petroleras en la zona de Cautivo-La Libertad, y cómo las técnicas *antifouling* implementadas en esta área afectan la distribución y abundancia de estos organismos. A través de un enfoque metodológico riguroso que incluye la recolección de muestras y la aplicación de índices ecológicos, se pretende proporcionar una comprensión integral de la dinámica de *biofouling* y la eficacia de las estrategias *antifouling* en un contexto real y específico.

2. JUSTIFICACION

Las especies que se encuentran adheridas a un sustrato crean comunidades masivas están formadas por diferentes poblaciones en un medio, y son las que mejor soportan las condiciones de alta energía, presentando una mayor superficie de fijación al sustrato (Fernández Mendiola, 1989). Estos organismos presentan un escaso desplazamiento, lo cual les ha permitido adoptar diferentes formas que se ajustan a exigencias hidrodinámicas y sin ningún problema de flotación. Debido a lo anterior necesitan algún tipo de sustrato sobre el cual puedan desarrollar sus estructuras morfológicas, como un caparazón grueso, base más ancha, menor altura entre otros, los cuales pueden alcanzar superficies considerables.

El estudio del *biofouling* es importante debido que estas incrustaciones marinas causan alteraciones en las superficies en las cuales se fijan (diseminación y reproducción), por lo que es necesario que se tomen medidas de control para reducción efectos negativos, que pudieran tener un alto costo en lo que respecta a reparaciones y/o mantenimientos, proceso rutinario en los buques petroleros.

Con el fin de combatir esta problemática, el mercado ofrece varias alternativas de tratamientos *antifouling* que contribuyen a prevenir el crecimiento de organismos en el casco de las embarcaciones. No obstante, surge un nuevo desafío ya que los

tratamientos *antifouling* pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente marino a causa de la liberación compuestos químicos tóxicos. Por esta razón, resulta crucial detenerse y realizar una evaluación exhaustiva a fin de determinar qué tratamiento *antifouling* se adapta mejor y es más eficiente en el mejoramiento del medioambiente, a la vez que brinda una protección efectiva al casco de las embarcaciones contra los organismos no deseados.

La información obtenida se considera valiosa tanto para proporcionar retroalimentación a los buques petroleros, permitiéndoles optimizar sus operaciones y mejorar sus protocolos ambientales, como para enriquecer la base de datos relacionada con este grupo biológico. Este fortalecimiento de la base de datos contribuirá a una mejor comprensión y manejo de los ecosistemas marinos afectados por la actividad

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Analizar la diversidad y densidad de organismos encostrantes en los cascos de embarcaciones petroleras, mediante colecta directa e identificación taxonómica estableciendo su relación con procesos *antifouling* en función del tiempo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar la diversidad de los organismos encostrantes, mediante índices ecológicos y su clasificación taxonómica.
- Establecer la diversidad y densidad de organismos encostrantes con las sustancias *antifouling* que usan las embarcaciones.
- Determinar los parámetros físicos del agua de mar (temperatura y salinidad) y describir la distribución poblacional del estudio.

4. HIPOTESIS:

H0: La diversidad y densidad de organismos enconstrantes varía en función a las sustancias *antifouling* que usan las embarcaciones petroleras para su eliminación en relación con el tiempo.

5. MARCO TEORICO

5.1. ANTECEDENTES

En el medio oceánico, los organismos causantes de *biofouling* son de diferente tamaño y estadios de desarrollo, desde microscópicas bacterias marinas, moluscos, artrópodos y macroalgas, que pueden adherirse fácilmente a cualquier tipo de superficie tanto de tipo natural como artificial, pudiendo mencionar en este caso las embarcaciones, (sistemas empleados para el transportar alimentos, gasolina, etc.) o simplemente adheridos sobre ciertas especies o estructuras que son llevadas por las corrientes (Jiménez, 2019)

Según el tipo de depósitos acumulados se clasifican en diferentes tipos de *fouling*:

- *Fouling* por precipitación o scaling: Cuando el depósito es materia inorgánica precipitada.
- *Fouling* orgánico: Es la deposición de sustancias orgánicas como el aceite, sustancias húmicas o proteínas.
- *Fouling* particulado: Es la deposición de sílice, arcillas, y otras partículas.
- *Biofouling* o *fouling* biológico: es la unión de microorganismos a superficies y desarrollo de bacterias u otros microbios que se adhieren a la superficie de una estructura.

Existen instituciones u organizaciones como la Marina de Estados Unidos, la Organización Marítima Internacional (OMI), en septiembre 2021 realizó sus diferentes estudios sobre la problemática de la presencia de organismos encostrantes y de cómo su permanencia en el medio altera a largo plazo su propagación en el medio. Este tipo de instituciones fomentan la maricultura, protegiendo sus estructuras y aplicando sistemas de compensación térmica, minimizando así los potenciales impactos ambientales que pudiesen generar estas especies.

Se han establecido comunidades bentónicas interrelacionadas pertenecientes a diversos filos. Dentro del Phylum Cnidaria y Polychaeta, y del Phylum Arthropoda del Orden Cirripedia, se identificaron múltiples familias. En el Phylum Mollusca, clase Bivalvia, se hallaron las familias Ostreidae, Mytilidae, Dreissenidae, Veneridae, Tellinidae y Corbiculidae. En la clase Gasteropoda, se encontraron familias como Neritidae, Potamididae, Littorinidae y Melampidae. Además, se identificaron individuos de *Cibicides bertheloti*, pertenecientes al grupo Foraminifera (Orellana,2022).

En la costa ecuatoriana, se han llevado a cabo estudios sobre especies bentónicas, distribuidas en diversas áreas para evaluar su valor ecológico. Utilizando técnicas

de dragado, se ha logrado clasificar los organismos recolectados, proporcionando datos precisos que han sido publicados en las Actas Oceanográficas del INOCAR.

5.2. BIOFULING U ORGANISMOS ENCONSTRANTES.

La progresión biológica desde el microbentos hasta el macrobentos facilita la aparición de organismos encostrantes, responsables del *biofouling*, un fenómeno también denominado biopelícula, bioadherencia, bioincrustación y biocorrosión. Así, se facilita la formación de una comunidad biológica en sustratos artificiales, que se asemejan a las comunidades naturales de fondos marinos.

Para impedir el crecimiento de los organismos incrustantes sobre los cascos de barcos, se utilizan pinturas que forman una superficie tóxica. Estos cascos se repintan en diques secos, donde los inspeccionan y reparan de tal forma que sea más fácil colocar la pintura y que su duración de secado sea más efectiva. Los compuestos orgánicos permiten proteger los cascos de los buques de los organismos incrustantes durante periodos de hasta 60 meses, Sin embargo, esta clase de sustancias tóxicas, tienen un impacto negativo en el medio ambiente como es el caso del cobre. (García, 2018)

5.3. CLASIFICACION DEL *BIOFOULING* POR SU TAMAÑO

La formación del *biofouling* se basa en las propiedades fisicoquímicas del sustrato, causado por la consolidación de moléculas de biopolímeros. Esto lleva a categorizarlo en:

- Microfouling
- Macrofouling

Microfouling

Esta etapa marca el comienzo de la formación de la biopelícula, donde varias especies bacterianas desempeñan un papel clave en la descomposición de la materia orgánica e inorgánica, adhiriéndose al sustrato. Posteriormente, en este proceso de colonización, se suman diversas especies de hongos y microalgas. Durante los primeros días, se observa el desarrollo inicial de las biopelículas, que pueden detectarse utilizando un microscopio. En este punto temprano, las biopelículas tienen solo algunas micras de grosor, pero con el tiempo pueden llegar a tener varios milímetros y mostrando una coloración pardo-verdosa claramente perceptible. (Serrano, 2021)

Macrofouling

Después de que se ha generado un sustrato con abundancia de nutrientes, se produce la colonización inicial de las primeras células y larvas que han estado siendo transportadas por las corrientes. Estos organismos suelen tener un tamaño mayor a 1 mm y se denominan generalmente Meiobentos y Macrobentos. (Jones et al., 2017).

Estos organismos están expuestos a ciertas condiciones fisicoquímicas del entorno que son propicias para su fijación, lo que les permite desarrollar adaptaciones como resistencia a la presión hidrodinámica de las corrientes y variaciones de mareas. Esto conduce a una diversidad de especies en diversos ecosistemas marinos costeros, formando microhábitats que son importantes para la biodiversidad. Dentro del *biofouling* macroscópico, se destacan organismos marinos como briozoos, hidrozoos, cirripedios, bivalvos, entre otros. (Serrano, 2021)

5.4. CLASIFICACION DEL BIOFOULING POR SU MOVILIDAD.

La supervivencia de las especies relacionadas con el *biofouling* depende de que la mayoría de ellas, incluyendo las unicelulares, se adhieran brevemente a diversas

superficies en varias estructuras. Su breve tiempo de fijación se debe a su mayor sensibilidad a condiciones ambientales desfavorables.

Al contrario, algunas especies tienen la capacidad de mantenerse adheridas durante extensos periodos, como los moluscos bivalvos y los balanos, creando una capa resistente a las variaciones ambientales, una vez que han hallado el sustrato adecuado para completar su ciclo vital.

Algunas especies, como los briozoos, esponjas, ciertas bacterias marinas y organismos unicelulares, crean una capa blanda que no responde a reacciones químicas, permitiéndoles completar su ciclo vital (Serrano, 2021) . Estos suelen dividirse en dos categorías:

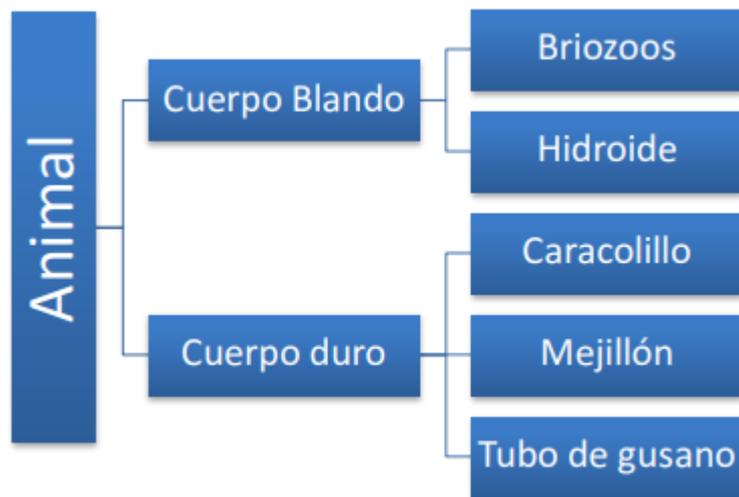
- Inmóviles
- Semi móviles

5.4.1. ORGANISMOS INMOVILES

Se refiere a especies con movilidad limitada una vez que encuentran un sustrato propicio para su desarrollo y que les permite adherirse. Estas especies pueden dividirse en dos grupos principales: aquellas que tienen una capa dura y aquellas que carecen de ella o tienen una capa frágil. Entre las especies con capa dura y/o estructura calcárea se incluyen los balanos, moluscos y briozoos, mientras que entre

las de capa frágil se encuentran algas marinas, briozoos filamentosos, hidroides y esponjas (Serrano, 2021).

Figura 1.
Clasificación del *fouling* animal



Fuente: Basado en "Mantenimiento, el futuro de los antifoulings" por Antonio Rodríguez. "Náutica & Yates magazine"

5.4.2. ORGANISMOS SEMI MOVILES

Por lo general, estos organismos permanecen fijos en un lugar durante toda su vida, aunque tienen una capacidad limitada de movimiento. Sin embargo, interactúan con

otros organismos sésiles para formar una comunidad bentónica única en un área específica. Ejemplos de estos organismos incluyen anémonas y mejillones.

La existencia y supervivencia de estas especies se deben a factores bióticos y abióticos en el medio marino. Las corrientes transportan alimento, que puede consistir en organismos pequeños o restos de material orgánico, así como gases disueltos como oxígeno y dióxido de carbono, necesarios para sus funciones vitales. (Serrano, 2021)

5.5. CONTROL DE BIOFOULING

Hoy en día, hay un movimiento hacia el abandono o reemplazo de ciertos productos químicos nocivos, como las pinturas que contienen sustancias como el tributilo de estaño (TBT $C_{16}H_{34}OSn$) y el óxido cuproso (Cu_2O), que son conocidos por su grave impacto en la contaminación del agua. En lugar de estos materiales, se está buscando alternativas naturales que estén ampliamente disponibles, con el objetivo de reducir el contenido de cobre en las formulaciones y, por ende, disminuir su impacto en el medio ambiente. Un ejemplo de esto es el eugenol ($C_{10}H_{12}O_2$), un líquido de color amarillo claro que se encuentra en ciertos aceites esenciales, como el clavo de olor, la nuez moscada y la canela. Su solubilidad limitada en agua y su fácil disolución en solventes orgánicos lo hacen una opción atractiva tanto para el ecosistema marino como para las empresas, gracias a su alta disponibilidad y bajo costo (Serrano, 2021)

5.5.1. METODOS QUIMICOS

En los procesos de tratamiento es importante conocer los siguientes factores:

Como es la cantidad, frecuencia de aplicación, duración de la aplicación, temperatura del medio y ph del medio. Además, se debe tener en cuenta:

- Lo afectado que se encuentra el sistema.
- El tipo de agente (su agresividad).
- La legislación que se aplique en la zona.

La forma de comercialización de estos productos es en forma de:

- Pastillas.
- Polvos.
- Soluciones líquidas.
- Gaseosas.
- Disuelto en agua.
- A través de una máquina instalada en la misma planta.

- Biocidas Oxidantes

Este método de uso se da a través de la aplicación de una inyección en el circuito con el agua. La inyección de biocidas oxidantes en el circuito de agua de los barcos permite mantener las superficies internas y externas libres de crecimiento biológico que podría afectar la eficiencia operativa y la seguridad del barco. El cloro, por ejemplo, es uno de los biocidas oxidantes más utilizados debido a su alta eficacia y

bajo costo. Por ello el uso continuo de biocidas oxidantes puede tener impactos ambientales adversos, ya que estos compuestos pueden reaccionar con materia orgánica e inorgánica en el agua, formando subproductos tóxicos como los trihalometanos y los ácidos haloacéticos (Sanchez,2023) .

- Cloro- Bromo.

Este producto se utiliza para controlar la propagación de especies invasoras como el mejillón cebra. Además, se descompone rápidamente en el medio ambiente una vez que ha sido liberado fuera de la instalación, lo que ayuda a minimizar su impacto en el entorno natural.

- Cloro (Cl₂).

El método más eficaz utilizado habitualmente para combatir el *biofouling*. Durante su aplicación, se generan reacciones químicas que pueden producir subproductos de desinfección perjudiciales para el medio ambiente. Este método se puede aplicar de diversas formas, ya sea utilizando cloro en forma líquida o gaseosa, así como hipoclorito de sodio o de calcio.

- Ozono (O₃).

Este agente desinfectante se empezó a utilizar por primera vez hace muchos años atrás, para purificar el agua destinada al consumo humano. Se utiliza principalmente para combatir el macrofouling, y aunque es altamente efectivo como desinfectante, su uso resulta más costoso en comparación con el cloro. No obstante, con una misma cantidad, el ozono tiene una capacidad desinfectante hasta 300 veces mayor.

- Dióxido de Cloro (ClO₂).

Se emplea para controlar la presencia de microorganismos en el proceso de desinfección del agua de mar y del agua destinada al consumo humano. Su eficacia es comparable a la del cloro, pero necesita una concentración menor para lograr el mismo efecto.

- Piritionato de Zinc (C₁₀H₈N₂OS₂Zn)

El óxido de cobre es altamente eficaz contra las incrustaciones de tipo concha, como mejillones o percebes. Para mejorar sus capacidades anti-incrustantes contra otros tipos de incrustaciones, como algas, limos, hongos, entre otros, se agrega piritionato de zinc.

Esta combinación fortalece la protección de la superficie no solo contra incrustaciones de tipo alga y limo, sino también contra las incrustaciones de tipo concha gracias al óxido de cobre.

- Esconea

Es antiincrustante sin metales que protege los cascos de los barcos, es indicado para incrustaciones de tipo concha y de organismos invertebrados. Se erosiona con rapidez una vez se pone en contacto con el agua. Una vez está en el medio marino, Esconea tiene un mínimo impacto en el medio ambiente debido a su composición por productos biodegradables.

5.6. PINTURAS ANTIFOULING

En 1625, William Beale presentó una innovadora pintura para proteger los cascos de los barcos de la incrustación marina. Su fórmula combinaba polvo de hierro, cemento y un compuesto de cobre, marcando posiblemente el debut del cobre como agente antiincrustante. Más adelante, en 1670, Howard y Watson idearon otra mezcla, esta vez con alquitrán, resina, cera de abejas, aguarrás, y laca disuelta en alcohol.

El siglo XVIII trajo consigo tres nuevas composiciones patentadas. La primera incorporaba vidrio triturado en una mezcla de alquitrán, aceite y cal. La segunda combinaba estaño molido con pasta de zinc. Y la tercera, concebida por William Murdock en 1791, consistía en sulfuro de hierro y zinc mezclado con barniz. Estas invenciones marcaron hitos en la protección de las embarcaciones contra los elementos marinos, combinando elementos naturales con ingenio humano para mantener los barcos en óptimas condiciones (Tomas, 2023).

En 1737, en Portsmouth, se llevaron a cabo pruebas con diversas mezclas para combatir los problemas de incrustación en los cascos de los barcos. Entre todas, la más efectiva resultó ser una combinación de alquitrán y azufre. Aunque esta mezcla logró controlar en cierta medida la presencia de gusanos en el casco, no abordaba por completo el problema del *fouling* (Tomas, 2023).

Hasta el siglo XVIII, cuando los cascos de hierro no eran tan comunes, las pinturas *antifouling* no recibían tanta atención como solución al problema. Sin embargo, a partir de 1835, debido a los desafíos planteados por la corrosión galvánica, comenzó a aumentar el interés en estas pinturas. Desde entonces, la producción de pinturas *antifouling* experimentó un rápido crecimiento en cantidad, marcando un cambio significativo en la forma en que se abordaba este desafío en la protección de los cascos de los barcos (Tomas, 2023)-

5.6.1. MATRIZ SOLUBLE O BLANDA

Las pinturas de matriz blanda se destacan por su eficacia en la liberación controlada de biocida, lo que les permite utilizar menos cantidad de este compuesto para ofrecer una protección más amplia contra las incrustaciones marinas. Cuando se menciona que la matriz es blanda, significa que tiene una tendencia a erosionarse fácilmente, aunque existen diferentes métodos para acelerar este proceso.

Por otro lado, las patentes de matriz soluble se fundamentan en aglomerantes y resinas que son sensibles al agua salada, y suelen contener óxido cuproso como principal biocida, al que se añaden otros agentes para mejorar las propiedades del producto y prolongar su eficacia. Estas pinturas absorben agua a medida que la parte soluble de la resina se desintegra, dejando una estructura insoluble que gradualmente se va disolviendo, liberando sustancias activas que impiden que los organismos marinos se adhieran al casco.

En aguas templadas, la vida útil típica de estos recubrimientos es de hasta 6 meses, mientras que en aguas tropicales puede llegar a 9 meses e incluso en casos excepcionales hasta 12 meses con un diseño de alta calidad, este tipo de pinturas son echas a partir de resinas naturales fueron creadas al principio para ser aplicadas en embarcaciones pequeñas por su alto grado de secado rápido (Tomas, 2023).

5.6.2. AUTOPULIMENTABLES

Este tipo de *antifouling* emplea una pintura que tiene cierta capacidad de disolverse en el agua, lo que provoca que sus diminutos fragmentos se erosionen gradualmente, dejando al descubierto el biocida activo que contiene. Una de las ventajas evidentes de este enfoque es que no se acumulan capas en el casco, ya que su espesor disminuye con el tiempo, lo que a largo plazo tiende a ser más económico que los *antifouling*s con matrices que no se disuelven en el agua. Sin embargo, el principal inconveniente es que no se puede limpiar fácilmente el casco cuando se utiliza este tipo de pintura, por lo general son más adecuadas para embarcaciones de crucero, tanto a vela como a motor, así como para embarcaciones de desplazamiento, proporcionando una solución efectiva para mantener los cascos libres de incrustaciones sin necesidad de limpieza constante (Tomas, 2023).

5.6.3. COPOLOMERO DE SOLUBILIDAD CONTROLADA

Estas pinturas tienen una particularidad interesante: son parcialmente solubles, lo que implica que cuando el agua entra en contacto con su superficie, parte de ella se disuelve y se lleva consigo una parte del revestimiento. Para entenderlo mejor, es como cuando usas una pastilla de jabón que se va desgastando con el tiempo y el uso. La interacción del agua con la superficie de la pintura reduce gradualmente el espesor de la capa que se forma, asegurando así que el biocida presente en la superficie permanezca siempre fresco durante toda la temporada. Esta característica

hace que este tipo de pintura sea especialmente eficaz en áreas donde se acumulan más incrustaciones en el casco, y su resistencia depende en gran medida de cuántas capas de pintura se apliquen (Tomas, 2023).

5.6.4. PINTURAS SIN BIOCIDAS

El principal objetivo de las pinturas anti-incrustantes, sin lugar a duda, es evitar que los cascos de los barcos se llenen de incrustaciones no deseadas. Sin embargo, esta función implica el uso de biocidas, que, a pesar de su eficacia, son sustancias tóxicas que se liberan en el medio marino. Es por esto que han surgido alternativas a las pinturas convencionales, como el Intersleek de International o el Silic One de Hempel, que son nombres comerciales de este tipo de productos.

Estas pinturas no contienen biocidas activos y, por lo tanto, no pueden repeler constantemente la formación de incrustaciones en el casco. En cambio, su objetivo es crear una superficie alrededor del barco que dificulte que los organismos marinos se adhieran a ella y formen incrustaciones en el futuro. Una vez que el *fouling* se adhiere al casco, debido a esta superficie especial, se vuelve vulnerable y, en una etapa inicial, es relativamente fácil de eliminar con un simple raspado, sin necesidad de un esfuerzo considerable (Tomas, 2023).

5.6.5. PINTURAS BASADAS EN FLUOROPOLIMEROS

Los polímeros que incorporan grupos de flúor son la opción preferida para las pinturas libres de biocidas debido a su baja energía superficial y su estabilidad química. Su energía superficial típicamente se encuentra en un rango de 10 a 20 Mn/m. Hay una amplia gama de materiales basados en fluoropolímeros que están siendo investigados como alternativas a las pinturas convencionales que contienen biocidas.

El politetrafluoroetileno (PTFE), también conocido como teflón en términos comerciales, destaca como uno de los mejores candidatos para estas pinturas *antifouling* debido a su excelente resistencia frente a factores como el pH, la salinidad, los rayos UV, las variaciones de temperatura y la exposición a compuestos orgánicos como disolventes y aceites. Sin embargo, presenta ciertas limitaciones debido a su insolubilidad en disolventes orgánicos comunes. Además, sus microcavidades pueden permitir que el *biofouling* penetre y se adhiera al sustrato mediante mecanismos de entrelazamiento (Tomas, 2023).

5.7. METODO DE APLICACIÓN

Para aplicar el producto *antifouling*, es fundamental contar con una superficie preparada. Para ello, se deberá limpiar el casco con el fin de eliminar cualquier suciedad, aceite, grasa o residuos presentes en la superficie. Una vez limpio, se procederá al lijado de este, paso que resulta especialmente importante ya que será el que cree una superficie rugosa que mejorará la adherencia de la pintura.

Por otro lado, es recomendable la aplicación de una capa de primer. Este ayuda a mejorar la adhesión de la pintura al casco y proporciona una capa de protección adicional. Luego, se pinta el casco. Este paso tiene propósitos estéticos ayudando también a proteger la estructura del barco. Se elige el tipo de pintura adecuado según preferencias y recomendaciones del fabricante.

Finalmente, una vez secada por completo, se procederá a la aplicación del *antifouling* sobre la pintura. Es posible utilizar el *antifouling* como pintura sin necesidad de aplicar una capa adicional, ya que ya vienen pigmentados. (Escola, 2021)

5.8. FRECUENCIA DE APLICACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente existen diferentes tipos de pinturas antiincrustantes, la frecuencia de aplicación dependerá de los factores como el tipo de embarcación, el tiempo que esta pasará navegando, la zona en la que operará, etc. Si se trata, por ejemplo, de aguas más frías, una capa de *antifouling* puede ser suficiente para dicha temporada. Sin embargo, una zona de aguas más cálidas implica una mayor exposición a los organismos y, por tanto, un mayor riesgo de que estas incrustaciones se produzcan. Los cruceros, buques, por su parte, suelen aplicar dos capas de antiincrustante antes del inicio de la temporada, lo cual suele ser suficiente hasta que la embarcación vuelva a mantenimiento. No obstante, en aguas cálidas y con un nivel de suciedad considerable, se puede observar una gran formación de incrustaciones en el casco a partir de las pocas semanas después de haber sido aplicado. Esto también influye la limpieza que presenten dichas aguas ya que, si se hace referencia a las embarcaciones atracadas a puerto durante largos periodos de tiempo, estas presentarán una mayor cantidad de incrustaciones debido a la suciedad de la zona. (Curbelo, 2023).

Es posible decir que la durabilidad de esta sustancia está directamente relacionada con el grosor de capas que se le aplique al casco. Esto se debe a que poco a poco se va liberando, dando paso a la siguiente capa más próxima a su superficie. Por lo

tanto, no se debe aplicar capas excesivamente gruesas con el fin de prolongar la vida útil de estas pinturas, porque esto puede provocar un daño sobre la pintura convencional del barco y, posteriormente, sobre el casco. Se requiere, encontrar un equilibrio barajando todos los factores mencionados anteriormente. (Curbelo, 2023).

Por otra parte, la composición juega también un papel importante a la hora de establecer la durabilidad del antiincrustante. Habiendo estudiado en el punto anterior los diferentes tipos de *antifouling* se observa que, los de matriz soluble representan una de las soluciones menos duraderas del mercado. Por ello, se renueva de forma anual, por ello se dice que en aguas más cálidas su duración se reduce a la mitad, siendo de 6 meses aproximadamente. En aguas más frías, este periodo suele prolongarse hasta los 9 meses de duración (Curbelo, 2023).

5.9. DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS ANTIFOULING

En lugar de depender de pinturas llenas de químicos o dispositivos sofisticados, hay opciones más amigables con el medio ambiente y efectivas para evitar que las incrustaciones se adhieran a los cascos de los barcos. Algunas de estas alternativas incluyen el uso de ondas de ultrasonido, corrientes eléctricas, protección catódica e incluso el empleo de productos naturales. Es como ofrecer un menú variado de

defensas para mantener los cascos de los barcos limpios y saludables, sin dañar el ecosistema marino (Guillermo, 2023).

Este desarrollo de nuevas técnicas ha sido efectivo para determinados tipos de bivalvos, ya que existen muchas variaciones en la naturaleza del *biofouling*, lo que también establece variaciones en los grados de tolerancia que tiene cada especie. Por ello y a pesar de las numerosas alternativas, la dificultad y el costo de su aplicación en los cascos de los buques han limitado su extensión y prueba a otras especies diferentes que se encuentran en otros ambientes marinos (Almeida, 2007)

5.9.1. Recubrimientos antiadherentes

Se basan en compuestos antiadherentes de baja energía superficial, como la silicona o los fluoropolímeros, para impedir la adhesión del *biofouling*.

Estos organismos se adhieren a las superficies sumergidas, lo que puede incrementar la resistencia al avance, aumentar el consumo de combustible y generar emisiones adicionales de gases contaminantes.

5.9.2. Tecnología de limpieza submarina

Las tecnologías más comunes para la limpieza submarina incluyen el cepillado/raspado, el uso de herramientas de limpieza suaves y los sistemas de chorro de agua o aire. Cada uno de estos métodos varía en su eficacia para eliminar

los organismos *biofouling* y en su compatibilidad con diferentes tipos de recubrimientos *antifouling*.

El cepillado y raspado implican el uso de cepillos o rascadores mecánicos para eliminar físicamente los organismos adheridos a las superficies submarinas. Este método es efectivo pero puede dañar los recubrimientos protectores si no se realiza con cuidado.

Las herramientas de limpieza suaves, como esponjas y cepillos de cerdas finas, ofrecen una alternativa menos agresiva. Son particularmente útiles para superficies delicadas y para mantener la integridad de los recubrimientos *antifouling*.

Los sistemas de chorro de agua o aire utilizan alta presión para desalojar los organismos *biofouling* sin contacto directo. Este método es menos propenso a dañar los recubrimientos y puede ser ajustado en términos de presión para adaptarse a diferentes condiciones y tipos de recubrimientos.

La elección del método de limpieza depende de varios factores, incluidos el tipo de *biofouling* presente, el tipo de recubrimiento *antifouling* aplicado y la frecuencia de limpieza requerida para mantener la eficacia del recubrimient. (Tian, 2021).

5.9.3. Sistema de cepillos

Limpiar los cascos bajo el agua es crucial para mantenerlos en óptimas condiciones, y uno de los métodos más comunes es el cepillado. Esto se debe a su habilidad para eliminar depósitos superficiales y niveles bajos de incrustaciones biológicas de los revestimientos. Además, puede revitalizar el rendimiento de ciertos tipos de recubrimientos. Sin embargo, los sistemas de cepillado actuales tienen limitaciones: no pueden eliminar completamente todas las incrustaciones, incluyendo las áreas difíciles de alcanzar, ni pueden contener todo el material eliminado. Además, el uso de cepillos abrasivos puede resultar en una liberación excesiva de los componentes biocidas de los recubrimientos. Es importante tener en cuenta que el cepillado puede dañar la superficie del recubrimiento *antifouling* si no se realiza con cuidado, por lo que es fundamental obtener orientación del fabricante o proveedor antes de proceder con esta técnica. En resumen, mientras que el cepillado puede ser efectivo, es importante tomar precauciones para evitar dañar el recubrimiento y consultar con los expertos en la materia (Tian, 2021).

5.9.4. Herramientas Blandas

Son dispositivos diseñados para eliminar el *biofouling* de las superficies submarinas sin dañar los recubrimientos *antifouling* aplicados. Estas herramientas incluyen cepillos suaves, esponjas, y almohadillas no abrasivas que se utilizan manualmente o con equipos mecánicos para limpiar los cascos de las embarcaciones.

El objetivo principal de estas herramientas es mantener la integridad de los recubrimientos *antifouling* mientras se remueven los organismos marinos adheridos, como algas, mejillones y percebes. Este tipo de limpieza es crucial para preservar la eficacia de los recubrimientos *antifouling*, prolongando su vida útil y asegurando que sigan protegiendo el casco de la embarcación contra la acumulación de organismos marinos.

Además, las herramientas blandas son preferidas en muchos casos debido a su menor impacto ambiental en comparación con métodos más agresivos como el raspado o el uso de chorro de agua a alta presión, que pueden dañar tanto el casco como el ecosistema marino circundante (Tian, 2021).

5.9.5. Sistemas de chorro de agua y de aire

Los sistemas de limpieza que emplean chorro de agua y aire son herramientas muy adaptables, ya que su presión de funcionamiento puede ajustarse según el tipo de recubrimiento y el nivel de incrustaciones biológicas. Aunque no se comprende completamente cómo afecta esta tecnología a los recubrimientos que contienen biocidas, es importante destacar que los sistemas de chorro disponibles no pueden capturar todas las incrustaciones eliminadas ni todo el material del recubrimiento. Por lo tanto, es fundamental utilizar presiones de agua que no comprometan la integridad del recubrimiento *antifouling*. Es como tratar con cuidado una obra de arte delicada: se requiere precisión para limpiarla correctamente sin causar daños (Tian, 2021).

5.9.6. Sistemas eléctricos y electromagnéticos.

Los sistemas eléctricos y electromagnéticos en las técnicas *antifouling* son innovaciones diseñadas para prevenir el *biofouling*, que es la acumulación de organismos en superficies sumergidas. Estos sistemas funcionan mediante la generación de campos eléctricos o electromagnéticos que interfieren con la capacidad de los organismos marinos para adherirse a las superficies. Este enfoque se considera una alternativa ecológica a los recubrimientos químicos tradicionales, ya que minimiza el uso de sustancias tóxicas y reduce el impacto ambiental en los ecosistemas marinos (Tian, 2021).

5.9.7. Sistema de prevención del crecimiento marino (MGPS).

- Marine Growth Prevention System

Este sistema aprovecha la corriente eléctrica para prevenir la acumulación de organismos marinos en el interior del barco. Funciona mediante el uso de ánodos de sacrificio y cátodos de acero conectados a un ratificador eléctrico controlado. Este sistema genera iones de cobre principalmente a través de la electrolisis en agua salada. Estos iones se dispersan por el sistema, creando un entorno que desalienta a los microorganismos a adherirse. Los ánodos de sacrificio, generalmente de hierro o aluminio, se reemplazan periódicamente cuando el barco está en dique seco (Cathodic Marine Engineering , 2019).

5.9.8. Sistemas emisores de ultrasonidos

Son dispositivos que emiten ondas de ultrasonido para prevenir el *biofouling* en superficies sumergidas, como cascos de barcos y estructuras marinas. Estas ondas crean microvibraciones en la superficie, impidiendo que los organismos marinos se adhieran y se acumulen. Este método es ecológico, ya que no utiliza productos químicos tóxicos, y es eficaz en la reducción del mantenimiento y limpieza de las superficies tratadas, prolongando la vida útil de las estructuras sumergidas. (Sell, 2023).

Las principales ventajas del sistema por corrientes impresas son:

- Doble protección contra la corrosión y las incrustaciones
- Fácil instalación
- Fácil mantenimiento
- Cubren diferentes tipos de buques y diferentes esloras

5.10. LA SUPERINTENDENCIA DEL TERMINAL PETROLERO DE LA LIBERTAD

El terminal petrolero de La Libertad se encuentra localizado en la península de Santa Elena a 140 Km. al oeste de la ciudad de Guayaquil y a 5 millas al este del faro de Santa Elena.

Posee un sistema conformado por 4 boyas localizado a 2.5 millas del Malecón de La Libertad, la cual que está construida para bombear 550 toneladas cada hora en su máxima capacidad. El cual recibe buques con peso muerto de hasta 40.000 toneladas y con una profundidad de calado de 10,5 metros en los buques. Terminal petrolero de La Libertad SUINLI Terminal petrolero de Balao SUINBA Terminal petrolero de El Salitral SUINSA 7-

Figura 2.
Instalaciones SUINLI



Esta institución tiene un muelle de 322.5 metros de longitud construido de hormigón y en marea baja 4.67 metros de calado para los buques. Recibe buques de 4500 toneladas de peso muerto en su máxima capacidad, en la actualidad alberga un total de 12 buques

5.11. TIPOS DE BUQUES PETROLEROS EN EL ECUADOR

Los buques petroleros contienen cisternas especiales para transportar crudo y sus derivados. Se diferencian de los buques de carga por características técnicas tales como la capacidad de reserva de petróleo, la resistencia estructural, y su sistema de bombeo para la carga y descarga de combustible. Son embarcaciones de tamaño tan elevado que deben realizar el atraque en alta mar. Estos albergan hasta dos millones de barriles de crudo (Bilogistik, 2019) (Figura 3).

Figura 3.

Buques Petroleros (Muelle de Petroecuador).



Fuente: Suinli (Terminal Petrolero de la Libertad)

5.11.1. Coastal Tanker (Costeros)

- Se trata de buques de hasta 16.500 DWT.
- Por lo general son utilizados en trayectos costeros, cortos y/o cautivos.
- Pueden transportar petróleo crudo o derivado.

5.11.2. General Purpose Tanker (Multipropósito).

- Desde 16.500 DWT hasta 25.000 DWT.
- Operan en tráfico diversos.
- Transportan petróleo crudo o derivado.

5.11.3. Handy Size Tanker.

- Se trata de módulos de 25.000 DWT hasta 30.000 DWT.
- Ejemplos de áreas de operación son el Caribe y la costa Este de los Estados Unidos o puertos del mar Mediterráneo y del Norte de Europa.
- Pueden transportar petróleo crudo o derivado.

5.11.4. Panamax.

- Su tonelaje puede variar entre los 55.000 DWT hasta los 80.000 DWT. Poseen una capacidad que oscila entre los 350.000 y los 500.000 barriles de petróleo.

- Se trata de buques que transportan petróleo crudo, aunque también existen tráficos con cargamentos de derivados livianos, por ejemplo, Golfo Pérsico, Japón.

5.11.5. Aframax.

- Es un módulo de 75.000 DWT y 120.000 DWT, es decir, de 500.000 a 800.000 barriles de petróleo.
- Transportan por lo general petróleo crudo.
- Sus tráficos habituales poseen cargamentos entre puertos ubicados en áreas como el Caribe, el mar Mediterráneo o el Golfo Pérsico.

5.11.6. Suezmax.

- Sus módulos van desde los 120.000 DWT hasta los 200.000 DWT. Transportan entre 900.000 y 1.200.000 barriles de petróleo crudo.
- En sus orígenes, su nombre estaba vinculado a que el módulo con su mayor carga cumplía con las máximas dimensiones permitidas para el tránsito por el Canal de Suez. Hoy en día navegan por ese canal buques de hasta 300.000 DWT.
- Su demanda se concentra en la costa Oeste de África con destino al Caribe.

5.11.7. V.L.C.C. (Very Large Crude Carrier).

- Módulos desde los 200.000 DWT hasta los 320.000 DWT. Transportan dos millones de barriles.
- Por sus dimensiones se trata de buques que operan por lo general en terminales de mar adentro.
- Entre sus tráficos habituales, de largas distancias, cargan crudo en el Golfo Árabe con destino a los Estados Unidos o puertos de la India y Asia.

5.11.8. U.L.C.C. (Ultra Large Crude Carrier).

- Contienen módulos mayores a los 320.000 DWT aproximadamente tres millones de barriles, son muy limitados para operar en aguas restringidas o poco profundas.
- Como en el caso de los V.L.C.C., son habituales los viajes largos. Sus tráficos más corrientes se realizan entre puertos del Golfo Árabe y el Golfo de los Estados Unidos; también con puertos de Asia o la costa Oeste de África.

5.11.9. Combinados.

Cuentan con bodegas aptas para el transporte, según su clase, de mineral de hierro y petróleo crudo o mineral de hierro, petróleo crudo, carga seca (carbón o cereal)

5.12. EFECTOS DEL BIOFOULING EN LA EFICIENCIA DE LOS BUQUES.

El *biofouling*, o la acumulación de organismos marinos en las superficies sumergidas de los buques, afecta negativamente la eficiencia operativa de estos. La presencia de *biofouling* aumenta la fricción y el arrastre en el casco del buque, lo que conduce a un mayor consumo de combustible y emisiones de gases de efecto invernadero (GHG). Según estudios recientes, una capa de *biofouling* tan delgada como 0.5 mm puede incrementar las emisiones de GHG de un buque en un 25-30%, dependiendo de las características del barco y las condiciones operativas.

La presencia de organismos como percebes y pequeños corales puede aumentar el peso del buque, reduciendo su velocidad de crucero hasta en un 86% y causando retrasos operativos significativos. Además, el costo asociado a la limpieza del *biofouling* y la aplicación de recubrimientos *antifouling* es considerable, alcanzando cifras sustanciales en términos de mantenimiento y consumo adicional de combustible. (Organización marítima Internacional 2023).

El mantenimiento de un casco limpio es crucial para la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental de los buques. La adopción de medidas efectivas de gestión del *biofouling* no solo contribuye a la reducción del consumo de combustible y las emisiones de GHG, sino que también ayuda a minimizar la propagación de especies invasoras a través de las aguas internacionales.

Cabe mencionar que los principales factores que contribuyen a la eficiencia del buque, la acumulación de *biofouling*, la rugosidad del casco del buque que está relacionada con la fuerza de arrastre, la relación de consumo de combustible y la cantidad de emisiones producidas. (International Maritime Organization, 2023).

5.13. IMPACTO DE LA ACUMULACIÓN DE BIOFOULING EN LA RESISTENCIA DEL BUQUE.

La acumulación de *biofouling* en la superficie de los cascos de los buques puede tener un impacto significativo en su eficiencia operativa y su rendimiento. Este fenómeno consiste en la adherencia de organismos marinos como algas, percebes, mejillones y otros invertebrados al casco del barco. Los principales efectos del *biofouling* en la resistencia del buque incluyen.

5.13.1. Incremento de la Resistencia al Avance

La acumulación de *biofouling* en el casco de un buque aumenta la rugosidad de la superficie, lo que incrementa la resistencia al avance. Esto se traduce en un mayor consumo de combustible y una reducción en la velocidad del buque. Según Schultz et al. (2020) un casco cubierto de *biofouling* puede aumentar la resistencia al avance en un 60% o más, dependiendo del tipo y la cantidad de *biofouling* presente.

5.13.2. Efectos en la Eficiencia Energética

El aumento de la resistencia debido al *biofouling* lleva a un incremento en el consumo de combustible. Esto no solo tiene implicaciones económicas, sino también ambientales, ya que contribuye a mayores emisiones de gases de efecto invernadero. Yebra et al. (2019) destacan que un buque con un casco limpio consume menos combustible y, por ende, emite menos CO₂ y otros contaminantes.

5.13.3. Costos de Mantenimiento

La necesidad de mantener el casco libre de *biofouling* mediante técnicas de limpieza y la aplicación de recubrimientos *antifouling* representa un costo significativo para los operadores de buques. Además, la acumulación excesiva de *biofouling* puede llevar a la necesidad de reparaciones más frecuentes y costosas. La Organización Marítima Internacional (OMI, 2020) estima que los costos globales relacionados con el *biofouling* en buques ascienden a miles de millones de dólares anuales.

5.13.4. Riesgo de Introducción de Especies Invasoras

Los buques que navegan entre diferentes regiones pueden transportar organismos marinos adheridos a sus cascos, facilitando la introducción de especies invasoras en nuevos ambientes. Esto puede tener efectos devastadores en los ecosistemas locales, alterando la biodiversidad y afectando las actividades económicas dependientes del medio marino (Schultz et al., 2020).

5.14. MARCO LEGAL

5.14.1. Marco Legal de trabajo de la OMI y algunos instrumentos relacionados con los sistemas de *biofouling* y *antifouling*.

En este capítulo se presentarán los instrumentos jurídicos de la OMI relacionados con los sistemas de *biofouling* y *antifouling*. Además, se mencionarán algunas normativas de Estados Unidos. Además, se mencionará la inclusión de las *biofouling* en la eficiencia energética de los buques y las normativas y directrices pertinentes en general, por ejemplo, EEDI, EEOI. Además, se discutirán más detalles centrados en el SEEMP por su importancia en el tema de la eficiencia energética de los buques. Por último, se presentarán las Directrices de la OMI sobre *biofouling* para reconocer su importancia y relevancia en el marco legal junto con el Proyecto de Asociación Glofouling.

Prevenir la transferencia de especies invasoras y desarrollar respuestas eficaces es tarea de todos, organizaciones no gubernamentales, gobiernos, sectores económicos, y organizaciones de tratados internacionales; La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (UNCLOS) es la encargada de exigir a los Estados a trabajar en equipo para controlar, reducir y prevenir la contaminación del ecosistema marino causada por los humanos.

Gracias a la implementación del Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques, 2004 (Convenio BWM) los

Estados integrantes de la OMI se comprometieron a reducir la transferencia de especies acuáticas invasoras por transporte marítimo, específicamente a través del agua de lastre (Pacífico Sur, 2016).

La Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) ha realizado trabajos en conjunto desde el 2009 con países como Ecuador, Panamá, Chile, Perú, Colombia y Argentina, con el único objetivo de reducir la Transferencia de organismos acuáticos dañinos en aguas de lastre de los buques y así alcanzar los objetivos del Convenio BWM.

Debido a la oportuna atención de la OMI por primera vez en el 2006 se desarrollaron varias directrices para minimizar la transferencia de especies acuáticas invasoras como bioincrustaciones para embarcaciones de recreo. De acuerdo a la guía MEPC.1 / Circ.792 hace referencia a todos los propietarios y operadores de embarcaciones de recreo de menos de 24 metros de eslora, las cuales pueden constituir un vector importante para la transferencia de especies acuáticas invasoras debido a su gran número y su perfil operativo que puede hacerlas particularmente susceptibles a la bioincrustación.

En el 2011 se desarrolló otra directriz enfocada al control y la gestión de la contaminación biológica de los buques que tiene como único fin la minimización de transferencia de especies acuáticas invasoras. En esta guía MEPC.1 / Circ.811

se proporciona ayuda a los Estados miembros y observadores que deseen recopilar la información necesaria para emprender futuras revisiones de las Directrices sobre bioincrustaciones y hacerlo de una manera más coherente. (International Maritime Organization, 2019).

5.14.2. Convenio internacional sobre el control de los sistemas anti-fouling perjudiciales en los buques - Convenio AFS.

Como resultado de las diferentes iniciativas creadas para la prohibición del TBT, la Organización Marítima Internacional elaboró el "Convenio internacional sobre el control de los sistemas *anti-fouling* perjudiciales en los buques" (Convenio AFS), adoptado el 5 de octubre de 2001, y que entró en vigor internacionalmente el 17 de septiembre de 2008, 1 año después de haber sido ratificado por un mínimo de 25 Estados cuyas flotas mercantes combinadas representaban casi el 38.1% del tonelaje bruto de la marina mercante mundial. El objetivo del convenio es reducir o eliminar los efectos desfavorables de algunos sistemas *antifouling*, ampliamente utilizados como biocidas en las pinturas de protección del casco de los buques (OMI, 2008).

El Convenio AFS es uno de los acuerdos más recientes y los puntos más importantes son los siguientes:

- Se aplica a cualquier buque que enarbole el pabellón de un Estado miembro y también a los que enarbolan un pabellón extranjero, pero hacen escala en un puerto de un Estado miembro que ha adoptado el acuerdo AFS.

- Los buques de guerra y los buques propiedad de un Estado miembro o que prestan servicios gubernamentales están exentos de cumplir los requisitos del Convenio.
- Dependiendo del tamaño del buque, se requiere exámenes y certificaciones periódicas.
- En el caso de los buques con un tonelaje de registro bruto igual o superior a 400, deben estar sujetos al reconocimiento y a la obligación de tener el certificado AFS en vigor.
- Los buques de 24 metros de eslora y menos de 400 TRB deben llevar una declaración de conformidad con las disposiciones del Convenio AFS. Los buques de menos de 24 metros de eslora están exentos de certificados y reconocimientos.
- Las partes del Convenio AFS se comprometen a garantizar que, a partir del 1 de enero de 2003, todos los buques no apliquen o reapliquen compuestos órgano-estánicos que actúan como biocidas en los sistemas *antifouling*. Además, las partes garantizan que, antes del 1 de enero de 2008, los buques tampoco deberán llevar dichos compuestos en sus cascos o partes o superficies externas, o deben llevar un revestimiento que forme una barrera contra la lixiviación de dichos compuestos desde los sistemas *antifouling* subyacentes que no cumplan la normativa (Jackson, 2008).

- El Convenio también exige que los residuos de la aplicación o remoción de pinturas a base de TBT se gestionen de forma ecológica y segura, y que los buques sean inspeccionados y certificados.
- Uno de los puntos más importantes del Convenio AFS se encuentra en el artículo 6, que permite la prohibición de futuros sistemas *antifouling* que representen una amenaza de daño grave o irreversible para el medio acuático marino y/o a la salud humana (OMI, 2008).

El Convenio AFS beneficia tanto a los Estados parte como a la industria marítima, al tiempo que contribuye a cuidar el medio ambiente marino y la salud de las personas mediante el control de las sustancias tóxicas presentes en las pinturas antiincrustantes.

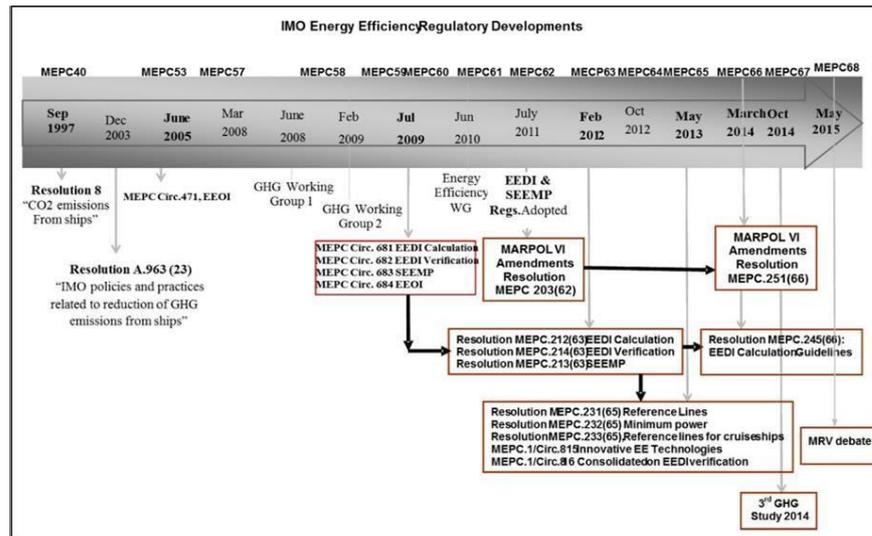
Las partes del Convenio AFS pueden beneficiarse de: la aplicación estandarizada de los controles de las pinturas *antifouling* tanto nacionales como extranjeras, que entren en los puertos, astilleros o terminales bajo su jurisdicción. Las partes también pueden intercambiar información sobre nuevas investigaciones y desarrollo de tecnologías *antifouling*, y compartir experiencias prácticas relacionadas con el control de los sistemas *antifouling* perjudiciales. Por otra parte, el sector naviero sólo tendrá que preocuparse de un único régimen internacional uniforme que se ocupe de los sistemas *antifouling*, en lugar de tener que lidiar con un gran número de acciones y reglamentos individuales de cada país. (Serrano Christian.2020).

5.14.3. Inclusión del *biofouling* en los instrumentos de eficiencia energética de los buques por parte de la OMI.

Como se ha dicho anteriormente, el *biofouling* tiene efectos perjudiciales sobre la rugosidad del casco y, por tanto, aumentan el consumo de combustible que, en última instancia, incrementa las emisiones de GHG. En consecuencia, para reducir los gastos de combustible y las emisiones de GHG, la OMI ha considerado la inclusión de la limpieza del casco en sus reglamentos relacionados con la eficiencia energética de los buques. Para responder a la comunidad internacional en la reducción de las emisiones de GHG, la OMI inició los debates sobre el tema en 1997, tras el Protocolo de Kioto. Las negociaciones de la OMI condujeron a la adopción del capítulo 4 del anexo VI de MARPOL sobre la reglamentación de la eficiencia energética de los buques (Baumler et al., 2014). En este capítulo se presentarán los instrumentos que han sido introducidos por la OMI en relación con la mejora y la reducción del impacto de los GHG, además de mostrar su importancia y si están abordando directa o indirectamente la cuestión del *biofouling* y los GHG. La figura explica los acontecimientos cronológicos iniciados en la OMI en 1997 en relación con los GHG y la contribución de los buques, centrándose más en la introducción de medios legales y prácticos para reducir las emisiones nocivas

Figura 4.

Actividades de la OMI en orden cronológico al respecto del control de emisiones de gases de efecto invernadero.



Fuente: IMO Energy Efficient ship Operation

Para comprender mejor esta cronología de los acontecimientos es necesario mencionar una breve explicación de los principales eventos:

- 1997: La OMI inició los debates sobre las emisiones de GHG de los buques.
- 2000: Se realiza el primer estudio sobre las emisiones de GHG de los buques.
- 2003: La Asamblea de la OMI adoptó la resolución A.963(23) sobre "Políticas y prácticas de la OMI relativas a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de los buques".

- 2005: Se publica el primer borrador sobre el Indicador Operativo de Eficiencia Energética (EEOI) por sus siglas en inglés Energy Efficiency Operational Indicator.
- 2009: Se publicaron y difundieron los borradores sobre el uso voluntario del (EEOI), el Índice de Diseño de Eficiencia Energética (EEDI) por sus siglas en inglés Energy Efficiency Design Index, y el Plan de Gestión de Eficiencia Energética de los Buques (SEEMP) por sus siglas en inglés Ship Energy Efficiency Management Plan. Además, ese mismo año se publicó el segundo estudio de la OMI sobre los gases de efecto invernadero.
- 2011: Se adoptaron los reglamentos obligatorios del EEDI y del SEEMP, que entraron en vigor en 2013.
- 2013: Se inician los debates en la OMI sobre otras medidas de eficiencia energética, centrándose en el "Sistema de Recolección de Datos de la OMI" o mejor conocido por sus siglas en inglés "IMO Data Collection System".
- 2014: Se publicó el tercer estudio de la OMI sobre los GHG.
- 2015: Continuaron los debates sobre el "Sistema de Recolección de Datos".

Es importante abordar las nuevas reglas establecidas en el capítulo 4 del anexo VI de MARPOL. Este conjunto de regulaciones se adoptó en 2011, cubriendo las medidas operativas y de diseño (MEPC (62), 2011). Estas normas son las siguientes:

- Regla 19 – Aplicación.
- Regla 20 - EEDI alcanzado.
- Regla 21 - EEDI requerido.
- Regla 22 – SEEMP.
- Regla 23 - Fomento de la cooperación técnica y la transferencia de tecnología.

6. METODOLOGIA:

6.1. Área de estudio

El área de estudio está localizada dentro de la Zona de Protección o Seguridad Portuaria, frente a la Superintendencia del Terminal Petrolero (SUINLI), del cantón La Libertad, Provincia de Santa Elena.

Para poder ejecutar este trabajo, se realizó los trámites respectivos en la Superintendencia del Terminal Petrolero de La Libertad (SUINLI), el mismo que nos autorizó establecer los puntos de muestreo en la Zona de Fondeo Industrial (ZFI), desde el mes de febrero del 2024. Según el cronograma y variaciones realizadas al protocolo de CRIMP, se empezó a muestrear durante los 3 meses seguidos, es decir los muestreos se abarcaron los meses de marzo, abril, mayo del mismo año.

El área de estudio tiene las siguientes coordenadas: El Muelle de Petroecuador, ubicado en la Lat. $2^{\circ} 13' 03.35''$ S y en la Long. $80^{\circ} 54' 22.45''$ W, con una profundidad de 6 a 7 m en pleamar (Fig. 5).

Figura 5.

Situación geográfica del área de estudio. Muelle de Petroecuador.



Los océanos, debido a su gran diversidad biológica, albergan una amplia gama de especies que van desde microorganismos hasta macroorganismos, ya sean bentónicos o planctónicos. Estas especies se encuentran tanto en las áreas intermareales como en aquellas expuestas a estructuras creadas por el hombre, así como en las zonas sublitorales. A lo largo de su desarrollo, estas especies crean pequeños hábitats de diversas formas y con diferentes tipos de colonizadores. Estos hábitats no solo proporcionan protección durante los distintos estados larvales, sino que también sirven como fuente de alimento para numerosos organismos, dando lugar a la formación de comunidades bióticas interconectadas.

6.3. PARÁMETROS FÍSICOS

Los parámetros físicos como la temperatura se midieron con el multiparámetro, multifunción (WATER QUALITY TESTER), en la estación durante los muestreos realizados. La salinidad fue medida también con el mismo equipo. Datos importantes para el establecimiento de las relaciones de estas variables con la abundancia de las especies en cada una de las embarcaciones establecidas.

6.4. METODOLOGIA DE CAMPO:

6.4.1. Recolección de muestras. -

Desde el puerto de Petroecuador La Libertad, se preparó todo el equipo necesario para la realización del muestreo y verificado siempre que la marea se encuentre en pleamar, Se utilizo 2 equipos completos de buceo, 1 cuadrante de 50cm, una espátula, un balde, 12 fundas plásticas herméticas (p/c muestreo), una cámara fotográfica, hielera, gaberas y la respectiva embarcación para poder realizar el muestreo. La salida se realizó desde el muelle de Petroecuador .

Figura. 6

Vista panorámica del Muelle y la localización de la estación (Muelle de Petroecuador).



Para cada embarcación se siguieron los siguientes protocolos:

1. Se utilizaron 1 cuadrante con medidas 50x50 cm fueron ubicados en la parte delantera de la embarcación, para la recolección de muestra.
2. Se tomaron fotografías en las diferentes embarcaciones de todo el proceso de extracción de organismos enconstrantes, desde delantera (proa) hasta la parte trasera (popa) de la misma, la cámara se mantuvo constante de la embarcación.
3. El muestreo cuantitativo-destructivo del *boifouling* de las comunidades incrustantes se las realizo cuidadosamente mediante un raspado con espátula metálica dentro del cuadrante de 50cm, de tal manera que estos organismos cayeron dentro de la bolsa del cuadrante y luego las muestras de la fauna recolectada fueron depositadas en fundas plásticas herméticas.
4. Las muestras de *fouling* fueron recogidas de las Embarcaciones, depositadas en una gaveta hasta terminar totalmente el muestreo, una vez terminada la recolección se colocó el material en formalina al 4 %.
5. Cada muestreo tuvo una duración de 2 horas aproximadamente realizando 2 muestreos por barco. Las muestras de *biofouling* luego de la recolección, fueron transportadas al laboratorio de UPSE para su respectivo procesamiento. Ya en el laboratorio las muestras fueron posteriormente analizarlas e identificarlas.

6.5. METODOLOGÍA DE LABORATORIO:

6.5.1. Preservación de organismos del *Fouling*

Para preservar las muestras de *fouling* se colocó formalina dentro de las 5 horas de la recolección, las especies preservadas fueron refrigeradas, para poder ser analizadas de tal manera que sea más fácil su identificación ya que aún conservan su color natural; esto va a depender mucho del tiempo para poder identificar con más facilidad. Luego de su identificación, las muestras fueron colocadas nuevamente a en fundas térmicas para consérvale directamente al 4 % de formalina y evitar la descomposición preservando sus estructuras celulares. La formalina es particularmente efectiva para la preservación a largo plazo.

6.6. IDENTIFICACIÓN DE ORGANISMOS DEL FOULING

- La identificación de las especies de organismos incrustantes se realizó mediante el uso de un estereomicroscopio para la observación detallada, junto con bandejas de disección para organizar las muestras. Se utilizaron medidas de protección personal, como mascarillas y gafas de protección transparentes, además de guantes de látex para manipular las muestras. Las cajas de Petri fueron esenciales para contener y observar las especies, mientras que las pinzas y lupas facilitaron el manejo y la inspección detallada de los organismos. Las cámaras fotográficas digitales documentaron las observaciones. Los manuales de identificación, citados en la bibliografía, proporcionaron las guías taxonómicas necesarias para la identificación precisa de las especies incrustantes.

7. RESULTADOS

Durante el muestreo que se llevó a cabo en la Zona de Muelle Petroecuador se identificó varias especies del Phylum Mollusca, Arthropoda(Crustacea) , Echinodermata, Algas y Anelidos , cabe señalar que la dominancia fue de los moluscos con un total 2719 organismo siendo la especie con mayor número de familias identificadas durante la investigación.

En la Tabla 1 se muestra que dentro del del filo Mollusca la familia *Calyptraeidae*, fue la más representativa con un total de 1200 individuos registrados. En contraste, las demás familias presentan una menor cantidad de organismos como es el caso de la familia *Tellinidae* que mostro un total menos significativo con 1 individuo.

Tabla 1.
Distribución de Moluscos en las diferentes embarcaciones

FAMILIAS		TOTAL
1	<i>Calyptraeidae</i>	1200
2	<i>Littorinoidea</i>	133
3	<i>Fissurellidae</i>	260
4	<i>Vermetidae</i>	110
5	<i>Siphonariidae</i>	279
6	<i>Ambleminae</i>	87
7	<i>Isognomonidae</i>	210
8	<i>Tellinidae</i>	1
9	<i>Pisaniidae</i>	2

El filo Artrópoda (subfilo Crustácea), la especie más representativa fue la familia *Chthamalidas* con un total de 1865 organismo, cabe mencionar que la familia *Gammaridas*, también se vio con un alto porcentaje de especies con un total de 1356, a diferencia de otras especies de la misma familia que resulto menos representativo con 1 solo organismo, como es el caso de la familia Majidae.

Tabla 2.

Distribución de Artrópodos en las diferentes embarcaciones.

FAMILIAS		TOTAL
1	<i>Chthamalidae</i>	1865
2	<i>Gammaridae</i>	1356
3	<i>Cirolanidae</i>	4
4	<i>Grapsidae</i>	15
5	<i>Majidae</i>	1

En el filo Macroalgas se identificaron tres especies, siendo la familia más representativa la *Dictyotaceae*, con un total de 42 organismos. En comparación, la familia *Ulvaceae*, perteneciente al filo Chlorophyta (algas verdes), presentó un total de 31 organismos, Para el Filo de Anélidos se encontró dos familias la más representativa fue la *Nereidinae* con un total de 284 organismos. A diferencia de la familia *Sipunculus* con una cantidad de 14 especies (Tabla 3).

Tabla 3.

Distribución de Macroalgas, Echinodermata, Cnidaria, Anélidos de las diferentes embarcaciones.

FAMILIAS		TOTAL
1	<i>Dictyotaceae</i>	42
2	<i>Gigartinaceae</i>	38
3	<i>Ulvaceae</i>	31
1	<i>Ophiocominae</i>	201
	<i>Actiniidae</i>	201
1	<i>Nereidinae</i>	284
2	<i>Sipunculus</i>	14

7.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LAS ESPECIES ENCOSTRANTES.

A continuación, se presenta un análisis detallado que abarca la taxonomía, distribución geográfica, distribución específica en Ecuador, hábitat, descripción morfológica y talla de cada una de las especies identificadas.

Vista dorsal	Vista Ventral
	
<p>TAXONOMIA: Reino: Animalia Phylum: Mollusca Clase: Gasteropoda Subclase: Caenogastropoda Orden: Littorinimorpha Superfamilia: Calyptraeidae (Lamarck, 1809) Familia: Calyptraeidae (Lamarck, 1809)</p>	
<p>Distribución Geográfica: Bahía Magdalena, Baja California a Paita Perú, (Keen, 1971), y hacia el sur hasta 7,5 millas SW de Isla Lobos de Afuera, Perú (Álamo & Valdivieso, 1987).</p> <p>Distribución en Ecuador: Islas Galápagos</p>	<p>Descripción: 'Concha de forma cónica y un ápice subcentral, superficie externa de color café oscuro. Con estrías radiales bien marcadas de color blanco y unas mas finas del mismo color.</p> <p>Talla alto 22mm y diámetro 18mm</p>
<p>Hábitat: Fondo areno-fangoso sobre piedras pequeñas</p>	

Vista dorsal



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Molusca

Clase: Gasteropoda

Subclase:Caenogastropoda

Orden:Littorimorpha

Superfamilia:Littorimorpha

Familia: Littorinoidea

Distribución Geográfica: Costas Atlántico, el mar mediterráneo y el Mar del Norte, Australia, Asia y África.

Distribución en Ecuador: Aguas templadas y Cálidas.

Descripción: Generalmente de tamaño pequeño a mediano, adaptadas para habitar en áreas intermareales y submareales poco profundas., el color es típicamente es de tonos oscuros o verdosos para camuflaje.

Talla: entre 1 a 3 cm.

Hábitat: Areas intermareales y submareales poco profundas, principalmente en aguas templadas a frías del Atlántico y Pacífico

Vista dorsal



Vista Ventral



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Mollusca

Clase: Gasteropoda

Subclase: Vetigastropoda

Orden: Leepetellida

Superfamilia: Fissurellinae

Familia: Fissurellidae

Distribución Geográfica:

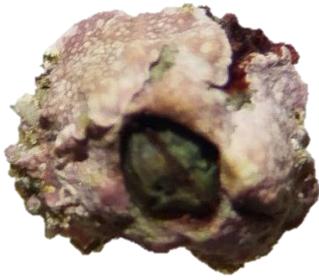
Manzanillo Mexico la isla los lobos,
Perú.

Distribución en Ecuador: Salinas y
Punta Galera

Descripción: Concha Plana cuyo
extremo es mas angosto. El orificio es
ovalargada y tripartito.Exteriormente
presenta una escultura radial con líneas
de colores rosados y blanco alternados
con otras hileras de color gris

Talla: 28mm y de ancho 18mm

Hábitat: Zona intermareal y adherida a las rocas expuestas al oleaje.

<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Vista Ventral</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Vista dorsal</p>  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>	
<p>TAXONOMIA:</p> <p>Reino: Animalia</p> <p style="padding-left: 20px;">Phylum: Arthropoda</p> <p style="padding-left: 40px;">Subphylum: Crustacea</p> <p style="padding-left: 60px;">Clase: Maxillipoda</p> <p style="padding-left: 80px;">Orden: Sessilia</p> <p style="padding-left: 100px;">Suborden: Balanomorpha</p> <p style="padding-left: 120px;">Familia: Chthamalidae</p>	
<p>Distribución Geográfica:</p> <p>Bahía de James, punta Vicente</p> <p>Archipiélago Occidental, <i>endémica de las Islas Galapagos.</i></p> <p>Distribución en Ecuador: Manabi , Santa Elena, Guayaquil, Galapagos.</p>	<p>Descripción: Son pequeños balanos que se caracterizan por estar en zonas rocosas expuestas al oleaje y es común encontrarlos asociados a pequeñas almejas, poseen un aparato bucal similar a la plumilla que les permiten capturar materia orgánica suspendida</p>
<p>Hábitat: Rocas, área de acción de oleaje</p>	

<p>Vista dorsal</p> 	<p>Vista Ventral</p> 
<p>TAXONOMIA:</p> <p>Reino: Animalia</p> <p>Phylum: Mollusca</p> <p>Clase: Bivalvia</p> <p>Subclase: Pteriomorphia</p> <p>Orden: Ostreida</p> <p>Superfamilia: Ostreoidea</p> <p>Familia: Isonomondae</p>	
<p>Distribución Geográfica: México: Baja California Sur (Cabo San Lucas), Golfo de California.</p> <p>Distribución en Ecuador: Santa Elena, Islas Galapagos.</p>	<p>Descripción: La concha de los Isognomon es típicamente irregular y alargada, con forma de abanico o ala, En el interior de las valvas, tienen tejidos blandos que incluyen el manto, que secreta la concha, y los órganos internos necesarios para la alimentación y la reproducción.</p>
<p>Hábitat: Zonas Costeras, Estuarios.</p>	



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Annelida

Clase: Polychaeta

Orden: Phyllodocida

Suborden: Nereidinae

Familia: Nereididae

Distribución Geográfica: Atlántico, Pacífico, Índico y en el Mar Mediterráneo.

Distribución en Ecuador: Santa Elena, Manabí, Las Islas Galápagos

Descripción: Tienen cuerpos alargados y segmentados, con una cabeza distintiva que lleva antenas y apéndices sensoriales. Cada segmento del cuerpo está cubierto por parapodios, estructuras que actúan como patas o aletas y que ayudan en la locomoción y la respiración.

Hábitat: Sustratos como arena, lodo, rocas y algas marinas.



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subclase: Multicrustacea

Orden: Amphipoda

Suborden: Senticaudata

Superfamilia: Gammaridira

Familia: Gammaridae

Distribución Geográfica: México Mar de Caribe.

Distribución en Ecuador: Manabi, Guayas, Santa Elena .

Descripción: os gammáridos son crustáceos pequeños y alargados, con cuerpos comprimidos lateralmente y divididos en segmentos. Tienen dos pares de antenas, ojos compuestos y mandíbulas bien desarrolladas que utilizan para la alimentación.

Talla: 6mm a 9 mm.

Hábitat: Ríos, lagos, estanques y arroyos

Vista dorsal



Vista Ventral



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Crustacea

Subclase: Multicrustacea

Orden: Isopodos

Suborden: Peracarida

Superfamilia: Cymothooidea

Familia: Cirolanidae

Distribución Geográfica: Golfo de California hasta Chile.

Distribución en Ecuador: Santa Elena, Islas Galápagos.

Descripción: Los isópodos de la familia Cirolanidae tienen cuerpos alargados y segmentados, Tienen un caparazón duro y articulado que cubre su cuerpo, proporcionando protección y soporte estructural.

Hábitat: Ambientes marinos y de agua dulce



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Mollusca

Subclase: Caenogastropoda

Orden: Littorinimorpha

Superfamilia: Vermetoidae

Familia: Vermetoidae

Distribución Geográfica: Nueva Zelanda.

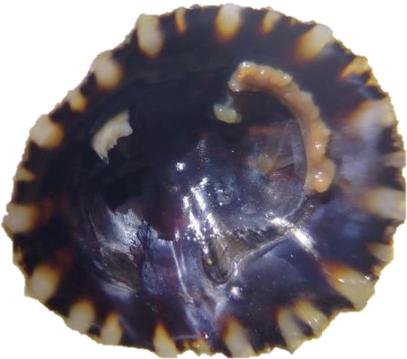
Distribución en Ecuador: Santa Elena, Manabi, Las Islas Galapagos.

Descripción:

Estas especies van a formar una concha tubular, y son conocidos como conchas gusanos, estos organismos van adherirse sobre un sustrato que puede estar solitario o formar colonias.

Talla:73mm.

Hábitat: Orilla de mar en playa

<p style="text-align: center;">Vista dorsal</p> 	<p style="text-align: center;">Vista Ventral</p> 
<p>TAXONOMIA:</p> <p>Reino: Animalia</p> <p>Phylum: Mollusca</p> <p>Clase: Gasteropoda</p> <p>Subclase: Heterobranchia</p> <p>Orden: Heterobranchia</p> <p>Suborden: Basommatophora</p> <p>Superfamilia: Siphonarioidea</p> <p>Familia: Siphonariidae</p>	
<p>Distribución Geográfica: Guaymas México, Perú, intermarealmente (Keen, 1971).</p> <p>Distribución en Ecuador: Santa Elena, Libertad, Ayangue (Tigrero, 2019).</p>	<p>Descripción:</p> <p>La forma de su concha es de abanico; presenta ribetes acordados; internamente la concha es de color purpura.</p> <p>Talla: 16mm de diámetro, 15 a 22 mm de altura .</p>
<p>Hábitat: Se encuentra adheridos en la superficie o debajo de las rocas.</p>	

<p>Vista dorsal</p>  <p>Vista Ventral</p> 	
<p>TAXONOMIA:</p> <p>Reino: Animalia</p> <p>Phylum: Arthropoda</p> <p>Subphylum: Crustacea</p> <p>Clase: Malacostraca</p> <p>Subclase: Eumalacostraca</p> <p>Orden: Decapoda</p> <p>Infraorden: Anomura</p> <p>Familia: Grapsidae</p>	
<p>Distribución Geográfica: Alaska hasta Baja California, y hacia el sur a lo largo de las costas de América Central. (Cuesta, 2002).</p> <p>Distribución en Ecuador: Esmeraldas, el Oro. Salinas.</p>	<p>Descripción: os cangrejos de la familia Grapsidae tienen un caparazón cuadrado o rectangular, con patas relativamente largas y robustas.</p> <p>Talla 15cm.</p>
<p>Hábitat: Zonas Intermareales. Manglares y Estuarios.</p>	

Vista dorsal



Vista Ventral



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Mollusca

Subclase: Bivalvia

Orden: Unionida

Superfamilia: Unionoidea

Familia: Ambleminae

Distribución Geográfica: este de América del Norte y se extiende hasta Centroamérica. Reportada en Ecuador, como familia.

Distribución en Ecuador: Esmeraldas, Guayaquil.

Descripción: caracterizan por sus caparazones alargados, a menudo aplanados, con distintas crestas radiales y concéntricas. Poseen una estructura sifonal única que les permite filtrar el alimento de manera eficiente mientras permanecen enterrados en el sustrato.

Hábitat: Agua dulce, lagos Arroyos, ambientes marinos.



TAXONOMIA:

Reino: Chromista

Phylum: Ochrophyta

Clase: Phaeophyceae

Subclase: Dictyotophycidae

Orden: Dictyotales

Familia: Dictyotaceae

Distribución Geográfica: Atlántico, Pacífico, Índico y en mares como el Mar Mediterráneo, el Mar Caribe y el Mar Rojo.

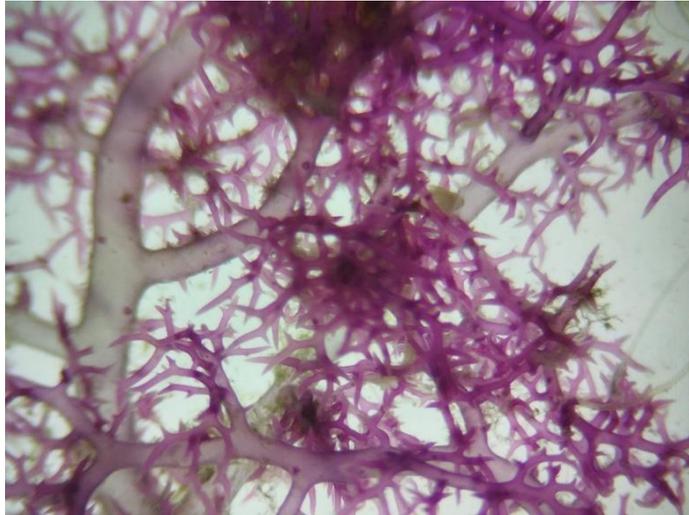
Distribución en Ecuador: Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro.

Descripción: Los talos (cuerpos) de las algas Dictyotaceae suelen ser aplanados y bifurcados, con una estructura en forma de cinta o lámina.

Tienen un color marrón a verde parduzco, debido a la presencia de pigmentos fotosintéticos como la fucoxantina.

Talla 0.5 a 2 cm de laminas , 10 cm de longitud.

Hábitat: Zonas Intermareales y Submareales.



TAXONOMIA:

Reino: Plantae

Division: Rhodophyta

Subclase: Rhodymeniophycidae

Orden: Gigartinales

Familia: Gigartinaceae

Distribución Geográfica: Costas frías hasta Chile y Peru.

Distribución en Ecuador: Santa Elena.

Descripción:

Es un alga ramificada, cuya fronda mide alrededor de 60 cm de extensión, color rojizo/morada. En la superficie posee numerosos cistocarpos que producen esporas. Se fija a rocas y conchas, con ayuda de un disco de fijación.

Talla 32mm.

Hábitat: Zona Intermareal Baja y submareal.



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Annelida

Orden: Sipuncula

Familia: Sipunculidae

Distribución Geográfica: océano Atlántico, océanos Pacífico e Índico.

Distribución en Ecuador: salinas, Agua Subtropicales.

Descripción: Se caracteriza por tener un cuerpo alargado, cilíndrico o en forma de huso, con una cabeza bien diferenciada y un extremo posterior más estrecho. No poseen segmentación externa y su piel está cubierta de una cutícula delgada. Su boca está rodeada por un disco oral con tentáculos retractile.

Hábitat: aguas tropicales, subtropicales y templadas de todos los océanos, desde zonas intermareales.

<p>Vista dorsal</p>  <p>Vista Ventral</p> 	
<p>TAXONOMIA:</p> <p>Reino: Animalia</p> <p>Phylum: Mollusca</p> <p>Clase: Bivalvia</p> <p>Subclase: Pteriomorphia</p> <p>Orden: Mytiloidae</p> <p>Superfamilia: Mytiloidea</p> <p>Familia: Mytilidae</p>	
<p>Distribución Geográfica: Oeste de Africa, Mar rojo y desde sur de California hasta Perú.</p> <p>Distribución en Ecuador: Salinas, los Frailes, Punta Galera.</p>	<p>Descripción: Bivalvo perforador de rocas blandas. cuya principal característica es que los extremos posteriores de las valvas se encuentren cruzados uno con otro dando la apariencia de tijera.</p> <p>Talla: Largo de 25mm de alto 10 mm</p>
<p>Hábitat: Zona intermareal como submareal.</p>	

<p>Vista dorsal</p> 	<p>Vista Ventral</p> 
<p>TAXONOMIA:</p> <p>Reino: Animalia</p> <p>Phylum: Arthropoda</p> <p>Subphylum: Crustacea</p> <p>Clase: Malacostraca</p> <p>Subclase: Eumalacostraca</p> <p>Orden: Decapoda</p> <p>Familia: Majidae.</p>	
<p>Distribución Geográfica:</p> <p>En particular, se pueden localizar en el Atlántico Norte, el Atlántico Sur, el Pacífico Norte y Sur, el Océano Índico, el Ártico y el Antártico (NOAA).</p> <p>Distribución en Ecuador. Islas Galápagos.</p>	<p>Descripción: se caracteriza por su cuerpo alargado y patas largas, que les dan una apariencia similar a la de una araña.</p> <p>Talla: 6 a 10 mm de ancho de caparazón.</p>
<p>Hábitat: Arrecifes de corrales. Rocas y fondos arenosos.</p>	



TAXONOMIA:

Reino: Plantae

Phylum: Chlorophyta

Subclase: Ulvophyceae

Orden: Ulvales

Familia: Ulvaceae

Distribución Geográfica: Estas algas se encuentran en diversas partes del mundo, desde las regiones polares hasta los trópicos.

Distribución en Ecuador: litoral continental, Islas Galápagos.

Descripción: Tienen un talo verde brillante, que puede ser laminar o tubular. Las láminas son generalmente delgadas y translúcidas. (Bieler, 2010).

Talla: 10cm de largo.

Hábitat: Zonas intermareales, Submareales, Estuarios y Lagunas.



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Cnidaria

Clase: Anthozoa

Subclase: Hexacorallia

Orden: Zoantharia

Familia: Actiniidae

Distribución Geográfica: Zona templada y tropical del océano Atlántico, del océano Pacífico desde Alaska hasta Nueva Zelanda, del mar Mediterráneo y del mar Rojo.

Distribución en Ecuador: Santa Elena, Islas Galapagos. Manta, Guayaquil.

Descripción: anémonas que tienen un disco basal robusto, tentáculos dispuestos en círculos, sin acontios, sin esfínter (o si existe de origen ectodérmico), y con más de 6 pares de mesenterios completos.

Hábitat: Es una especie solitaria que no forma colonias, se encuentra en rocas y grietas de zonas litorales, frecuentemente en zonas intermareales.

Vista dorsal



Vista Ventral



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Mollusca

Clase: Bivalvia

Subclase: Autobranchia

Orden: Ostreida

Familia: Isognomonidae

Distribución Geográfica: Océano Atlántico, Océano Pacífico, Océano Índico.

Distribución en Ecuador: Islas Galápagos.

Descripción: Las conchas suelen ser delgadas y pueden variar de alargadas a ovaladas, con bordes irregulares de coloración grises o blancas (Bieler, 2010)

Talla 32mm de longitud total

Hábitat: Manglares, Arrecifes de coral, Zonas Intermareales.

Vista dorsal



Vista Ventral



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Mollusca

Clase: Bivalvia

Subclase: Autobranchia

Orden: Mytilida

Superfamilia: Carditoidea

Familia: Mytilidae

Distribución Geográfica: Golfo de California hasta Ecuador y las Islas de las Galápagos (Keen, 1971).

Distribución en Ecuador: Salinas y Ballenita (Mora eat., 2002).

Descripción:

La forma de su concha es de abanico; presenta ribetes acordanados; internamente la concha es de color púrpura.

Talla 6:82mm a 8.55mm de longitud, su altura es de 3.81mm a 4,17mm.

Hábitat: Están Adheridos en las rocas, su mayoría en la zona meso litoral.

Vista dorsal

Vista Ventral



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Echinodermata

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiacanthida

Familia: Ophiocomidae

Distribución Geográfica: Desde baja californiana a Panamá.

Distribución en Ecuador: Salinas, Los Frailes e Islas de la Plata, Islas Galapagos.

Descripción: La superficie dorsal y el disco posee diversos colores pardo verdoso con manchas oscuras; disco cubierto de pequeñas y finas espinas placas dorsales ovaladas; espinas robustas por lo general cilíndricas después de tres o cuatro hileras (Bieler, 2010).

Talla: 11 a 135mm longitud de los brazos 6 a 33 de diámetro.

Hábitat: Pozas de marea.

Vista dorsal



Vista Ventral



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Mollusca

Subclase: Autobranchia

Orden: Bivalvia

Superfamilia: Tellinoidea

Familia: Tellinidae

Distribución Geográfica: Océano Atlántico, Océano Pacífico, Océano Índico.

Distribución en Ecuador: Islas Galapagos Costas Continentales..

Descripción: Las conchas son generalmente delgadas, con formas ovaladas a alargadas y suelen ser simétricas, tienen una gran variedad de colores (Bieler, 2010)

Hábitat: Zonas Intermareales, Playas Arenosas y Fangosas.

Vista Ventral



TAXONOMIA:

Reino: Animalia

Phylum: Mollusca

Clase: Gastropoda

Subclase: Caenogastropoda

Orden: Neogastropoda

Familia: Pisaniidae

Distribución Geográfica Indo-Pacífico.

Distribución en Ecuador: Salinas, Los Frailes e Islas de la Plata, Islas Galapagos.

Descripción: Concha distintiva, de hasta 4 cm, con numerosos cordones en espiral de color marrón sobre un fondo más claro. Apertura dentada y blanca. (Richmond, 1997).

Talla: 11mm.

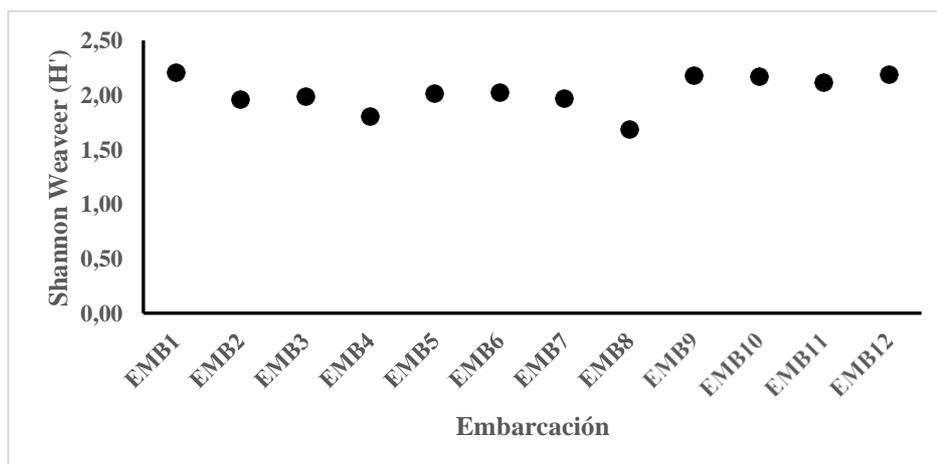
Hábitat: debajo de cantos rodados en aguas poco profunda.

7.2. RELACION DE INDICES

Los valores del índice de Shannon para las 12 embarcaciones muestran una diversidad moderadamente alta, con una media de 2.0225 y una desviación estándar de 0.1545, lo que indica que los valores están concentrados alrededor de la media. La mediana de 2.01 sugiere una distribución equilibrada sin valores atípicos significativos. Las embarcaciones EMB1 (2.20), EMB9 (2.18), EMB10 (2.17), EMB11 (2.11) y EMB12 (2.19) tienen los valores más altos de diversidad de Shannon. Por otro lado, EMB4 (1.79) y EMB8 (1.69) tienen los valores más bajos, lo que sugiere condiciones óptimas. Por lo tanto, la baja variabilidad de datos con un rango de 0.51 refuerzan la idea de una diversidad uniforme entre las embarcaciones, lo cual es positivo para la estabilidad y resiliencia del ecosistema marino (Figura 7).

Figura 7.

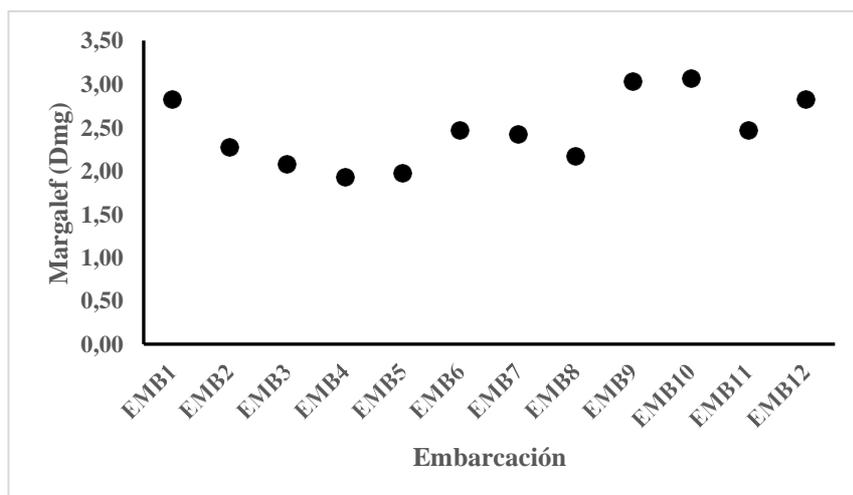
Diversidad - Índice de Shannon-Wiener



Los datos del índice de Margalef para las 12 embarcaciones indican una riqueza moderada de especies, con una media de 2.456 y una desviación estándar de 0.381, lo que sugiere una variabilidad moderada en los valores. La mediana de 2.439 respalda esta uniformidad. Las embarcaciones EMB9 (3.023) y EMB10 (3.061) tienen los índices de riqueza más altos, lo que podría reflejar condiciones ambientales favorables o una mayor heterogeneidad del hábitat. Por otro lado, EMB4 (1.920) y EMB5 (1.967) muestran los índices más bajos, sugiriendo ambientes menos favorables o más homogéneos. El rango de variabilidad de 1.141 indica una diferencia significativa entre los valores extremos, destacando la diversidad del ecosistema marino estudiado y subrayando la variabilidad en la riqueza de especies entre las embarcaciones (Figura 8).

Figura 8.

Diversidad por embarcaciones- Índice de Margaleef



7.3. RESULTADOS DE ANTIFOULING

Los mecanismos *antifouling* deben demostrar eficacia en las embarcaciones para prevenir impactos adversos en el ecosistema marino, asegurando su efectividad. Este enfoque puede catalizar el desarrollo de políticas y regulaciones más rigurosas en cuanto al uso de estos tratamientos en la industria naval, promoviendo la adopción de métodos ambientalmente responsables.

En cuanto a las embarcaciones se sabe que María del Carmen I, María del Carmen III, María del Carmen IV, María del Carmen V, Libertad III, Libertad IV, Libertad VI, Victoria. son embarcaciones que no han tenido mantenimiento un aproximado de unos 2 años sin ser aplicado el método *antifouling*, por ello se considera el alto porcentaje de organismos en sus cascos.

Al contrario de las embarcaciones Jambelí I, Jambelí III, Andes III, Andes IV, son embarcaciones que han tenido un mantenimiento constante con respecto a la pintura *antifouling*, su tiempo de colocado fue hace un año, durante el periodo de muestreo, se pudo evidenciar un porcentaje bajo de organismos.

7.4. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS

Se tomaron los valores de temperatura y salinidad en la zona de muestreo para así evaluar los parámetros presentes durante el periodo de la investigación y su influencia entre los organismos (Tabla 4).

Tabla 4.

Datos estacionales registrados en los meses de Marzo, Abril, Mayo, obteniendo un promedio general por mes de la temperatura y Salinidad del mar durante los periodos de monitoreos en la Zona

PERIODO	TEMPERATURA	SALINIDAD
	°C	‰
MARZO	28,5	32,28
ABRIL	29,1	31,83
MAYO	27.6	33,1

Se registró un descenso de la temperatura del mar, considerable en el mes de mayo en comparación con los meses de marzo y abril.

Las unidades prácticas de salinidad se mantuvieron normales a excepción del mes de mayo que hubo una notable disminución, con un 32 ‰ máximo y mínimo de 31 ‰.

Los parámetros obtenidos pertenecen a la masa de aguas tropicales superficiales

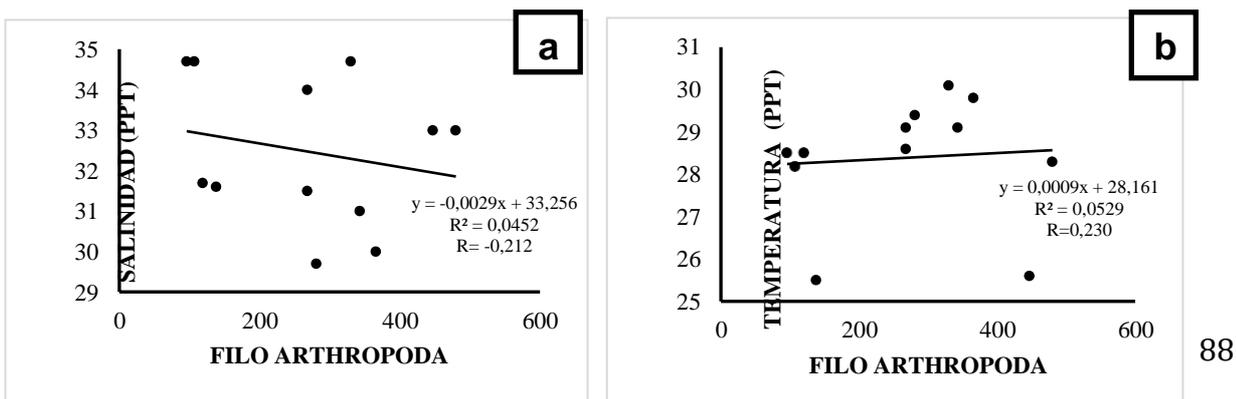
(ATS), dado que tenemos temperaturas que van desde 27,6 a 29,1°C y salinidades de 31,0 a 35,0 ‰ durante todo el tiempo de muestreo.

7.4.1. Parámetros físicos con los organismos

Los resultados (Figura 9, a) muestra una relación negativa moderada entre la salinidad y el número de organismos de artrópodos, evidenciada por la ecuación de regresión $y = -0.0029x + 33.256$ y un coeficiente de correlación $R = -0.212$. Esto indica que, en promedio, a medida que aumenta la salinidad del ambiente, se espera una disminución en el número de artrópodos. Sin embargo, el coeficiente de determinación $R^2 = 0.0452$ revela que solo el 4.52% de la variabilidad en el número de organismos de artrópodos puede explicarse por la variabilidad en la salinidad, Sin embargo, la (Figura 9, b), da una positiva correlación entre la temperatura y el número de organismos de artrópodos, como se refleja en la ecuación de regresión de Spearman $y = 0.0009x + 28.161$ y el coeficiente de correlación $R = 0.230$. Esto indica que, en promedio, a medida que aumenta la temperatura, se espera un aumento en el número de artrópodos. Sin embargo, el coeficiente de determinación $R^2 = 0.0529$ revela que solo el 5.29% de la variabilidad en el número de organismos.

Figura 9.

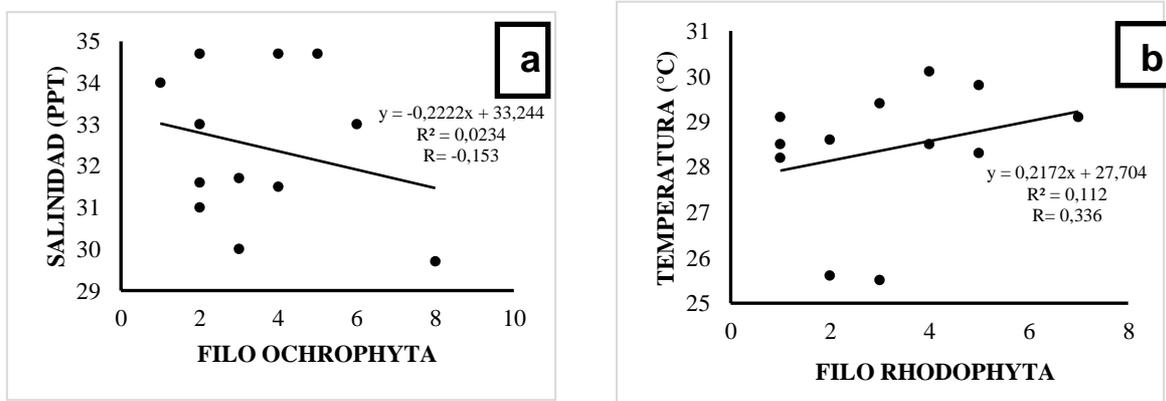
Correlación de Pearson Salinidad / Temperatura Filo Artrópoda.



Para este Filo se muestra una correlación negativa moderada entre el número de Orchrophyta y la salinidad (Figura 10, a), representada por la ecuación de regresión $y = -0.2101x + 33.132$ y un coeficiente de correlación $R = -0.220$. Esto indica que, en promedio, a medida que aumenta la salinidad, se espera una disminución en el número de Orchrophyta. Sin embargo, el coeficiente de determinación $R^2 = 0.0486$ revela que solo el 4.86% de la variabilidad existe de estos organismos, Con relación a la temperatura (Figura 10, b) representada por la ecuación de regresión de Spearman $y = 0.2172x + 27.704$ y un coeficiente de correlación $R = 0.336$. Esto indica que, en promedio, existe una tendencia hacia un aumento en el número de organismo con el incremento de la temperatura por ende el coeficiente de determinación $R^2 = 0.112$ es relativamente bajo, pero indica que aproximadamente el 11.2% de la variabilidad en el número de Orchrophyta. puede explicarse por la variabilidad en la temperatura según el modelo de Spearman. Esto sugiere que la temperatura podría ser un factor importante que influye en la abundancia de podría ser un factor importante que influye en la abundancia de este filo.

Figura 10

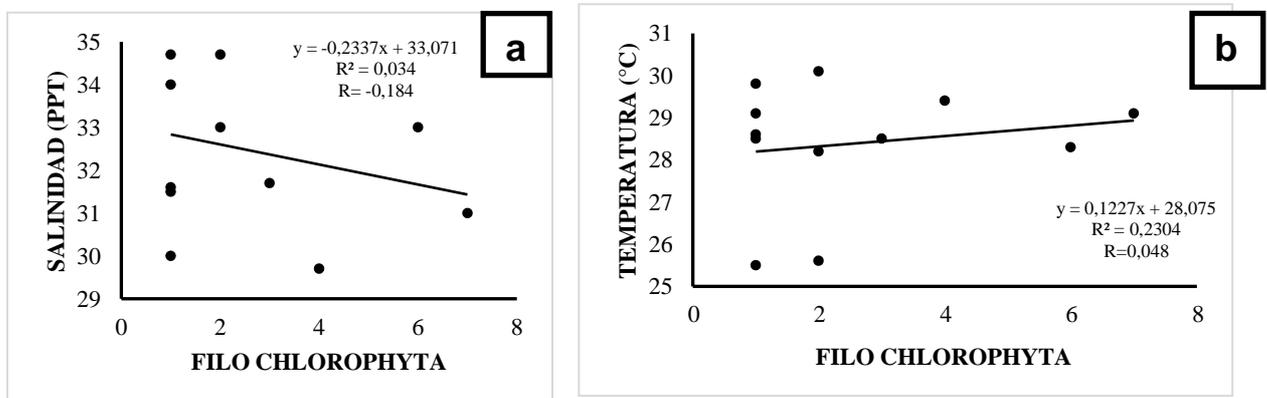
Correlación de Pearson Salinidad / Temperatura Filo Ochrophyta



El análisis de correlación de Spearman entre la salinidad (Figura 11, a) el número de Chlorophyta muestra una relación negativa débil, como indicado por la ecuación de regresión $y = -0.2337x + 33.071$ y un coeficiente de correlación $R = -0.184$. Esto sugiere que, en promedio, podría haber una ligera tendencia hacia una disminución en el número de Chlorophyta con el aumento de la salinidad, aunque la asociación es débil. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.034$ es bajo, indicando que solo el 3.4% de la variabilidad en el número de Chlorophyta Sin embargo la temperatura muestra una correlación positiva débil, como indicado por la ecuación de regresión de Spearman $y = 0.1227x + 28.075$ y un coeficiente de correlación $R = 0.048$. Esto sugiere que, en promedio, podría haber una leve tendencia hacia un aumento en el número de organismo con el incremento de la temperatura, aunque la asociación es muy débil. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.2304$ es relativamente bajo, indicando que aproximadamente el 23.04% de la variabilidad en el número de Chlorophyta puede explicarse por la variabilidad en la temperatura según el modelo.

Figura 11

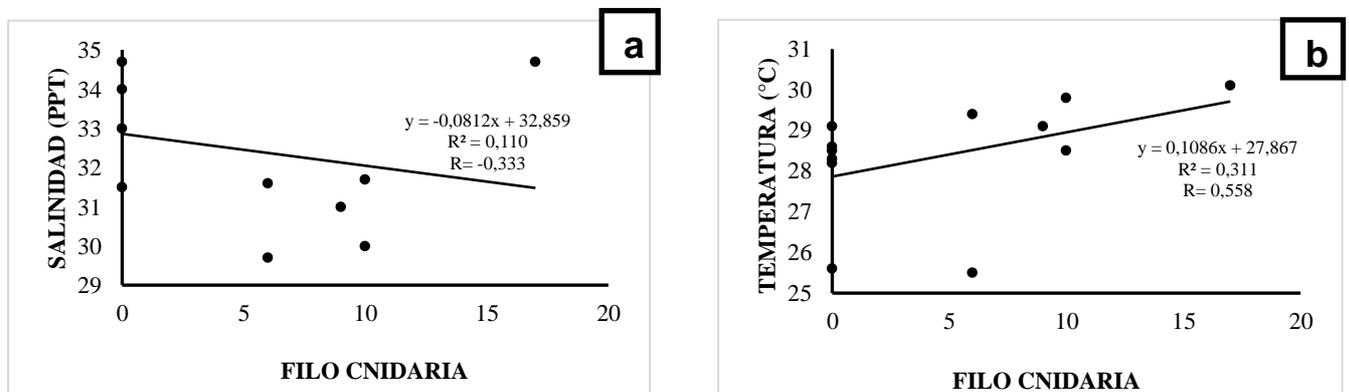
Correlación de Pearson Salinidad / Temperatura Filo Chlorophyta



El análisis de correlación entre el número de cnidarios y la salinidad (Figura 12, a) muestra una correlación negativa moderada, como indicado por la ecuación de regresión de Spearman $y = -0.0812x + 32.859$ y un coeficiente de correlación $R = -0.333$. Esto sugiere que, en promedio, podría haber una tendencia hacia una disminución en el número de cnidarios con el aumento de la salinidad. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.110$ es relativamente bajo, indicando que aproximadamente el 11% de la variabilidad son estos organismos, con respecto a la temperatura (Figura 12, b) y el número de cnidarios muestra una correlación positiva fuerte, como indicado por la ecuación de regresión de Spearman $y = 0.1086x + 27.867$ y un coeficiente de correlación $R = 0.558$. Esto sugiere que, en promedio, existe una clara tendencia hacia un aumento en el número de cnidarios con el incremento de la temperatura. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.311$ es relativamente alto, indicando que aproximadamente el 31.1% de la variabilidad, por ende, esto sugiere que la temperatura puede ser un factor muy influyente en la abundancia de cnidarios.

Figura 12

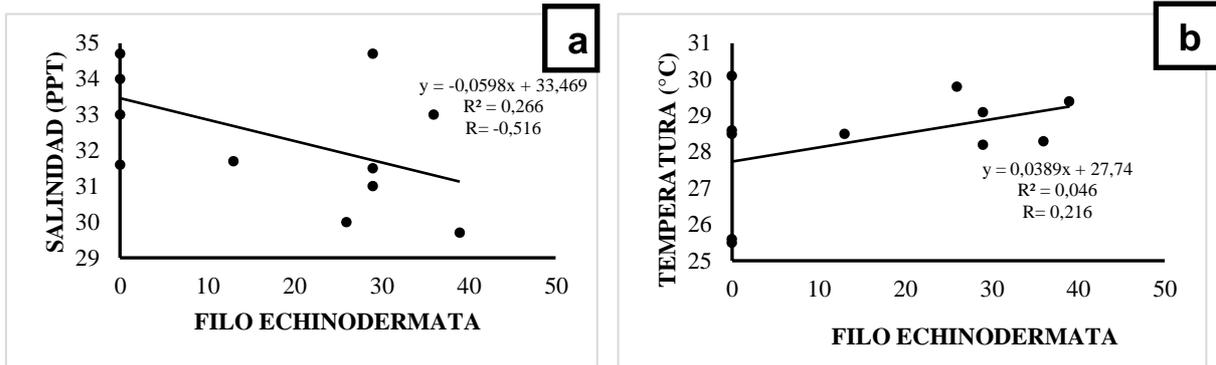
Correlación de Pearson Salinidad / Temperatura Filo Cnidaria



Esta correlación entre la salinidad (Figura 13, a) y el número de equinodermos muestra una correlación negativa moderada, como indicado por la ecuación de regresión de Spearman $y=-0.0598x+33.469$ y un coeficiente de correlación $R=-0.516$. Esto sugiere que, en promedio, podría existir una tendencia hacia una disminución en el número de equinodermos con el aumento de la salinidad. El coeficiente de determinación $R^2=0.266$ es relativamente alto, indicando que aproximadamente el 26.6% de la variabilidad en el número de equinodermos puede explicarse por la variabilidad en la salinidad según el modelo de Spearman. Esto sugiere que la salinidad puede ser un factor significativo que influye en la abundancia de equinodermos. Según la temperatura (Figura 13, b) y el número de equinodermos muestra una correlación positiva débil, como indicado por la ecuación de regresión de Spearman $y=0.0389x+27.74$ y un coeficiente de correlación $R=0.216$. Esto sugiere que, en promedio, podría existir una leve tendencia hacia un aumento en el número de equinodermos con el incremento de la temperatura, aunque la asociación es débil. El coeficiente de determinación $R^2=0.046$ es bajo, indicando que solo aproximadamente el 4.6% de la variabilidad en el número de equinodermos puede explicarse por la variabilidad en la temperatura según el modelo de Spearman. Esto sugiere que la temperatura puede tener cierta influencia en la abundancia de equinodermos, pero que otros factores no incluidos en el modelo podrían desempeñar un papel más significativo en su dinámica poblacional.

Figura 13

Correlación de Pearson Salinidad / Temperatura Filo Echinodermata

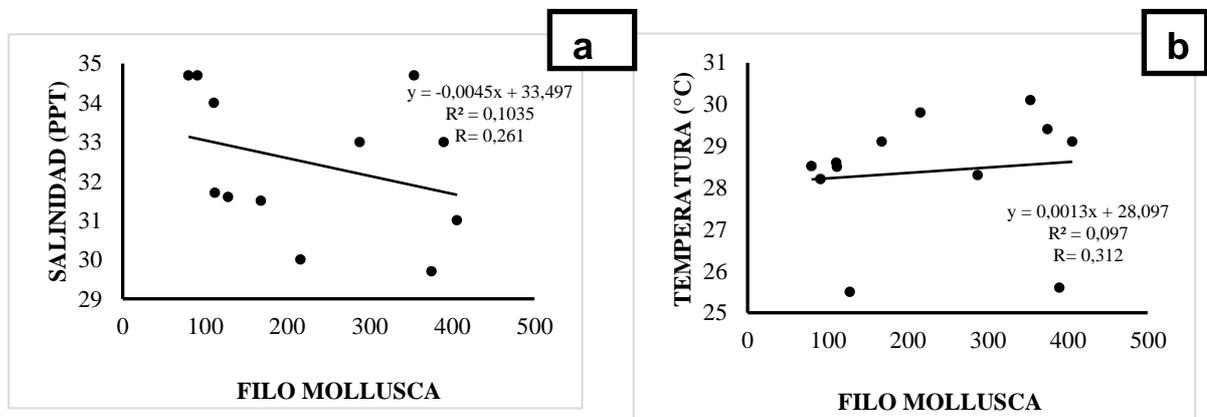


La salinidad (Figura 14, a) y el número de moluscos muestra una correlación positiva moderada (Figura 20, a) como indicado por la ecuación de regresión de Spearman $y = -0.0045x + 33.497$ y un coeficiente de correlación $R = 0.261$. Esto sugiere que, en promedio, podría existir una tendencia hacia un aumento en el número de moluscos con el incremento de la salinidad, aunque la asociación es moderada. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.1035$ es relativamente bajo, indicando que aproximadamente el 10.35% de la variabilidad en el número de moluscos puede explicarse por la variabilidad en la salinidad según el modelo de Spearman, con respecto a la temperatura, (Figura 14, b) el número de moluscos muestra una correlación positiva moderada, como indicado por la ecuación de regresión de Spearman $y = 0.0013x + 28.097$ y un coeficiente de correlación $R = 0.312$. Esto sugiere que, en promedio, existe una tendencia hacia un aumento en el número de moluscos con el incremento de la temperatura, aunque la asociación es

moderada. El coeficiente de determinación $R^2=0.097$ es relativamente bajo, indicando que aproximadamente el 9.7% de la variabilidad de organismos

Figura 14

Correlación de Pearson Salinidad / Temperatura Filo Mollusca

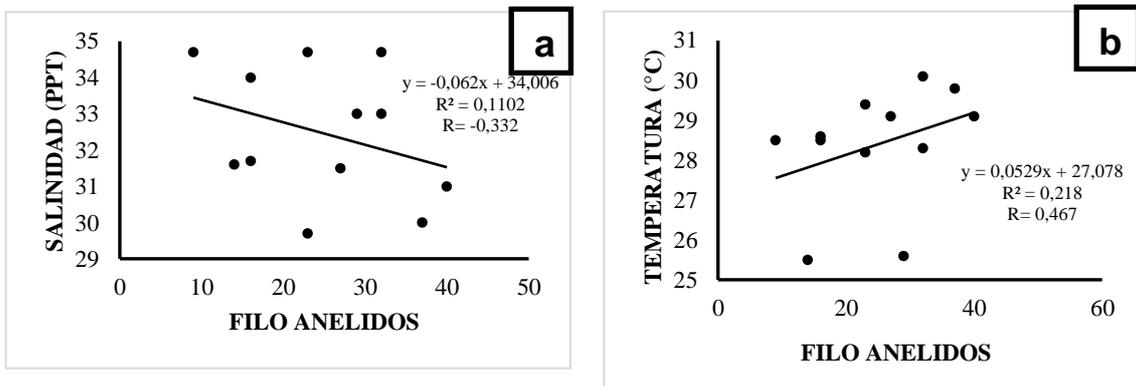


La correlación de Pearson entre la salinidad (Figura 15, a) el número de anélidos muestra una correlación negativa moderada, como indicado por la ecuación de regresión de Pearson $y=-0.062x+34.006$ y un coeficiente de correlación $R=-0.332$. Esto sugiere que, en promedio, podría existir una tendencia hacia una disminución en el número de anélidos con el aumento de la salinidad. El coeficiente de determinación $R^2=0.1102$ es relativamente bajo, indicando que aproximadamente el 11.02% de la variabilidad en el número de anélidos, Esto implica que la salinidad puede tener cierta influencia en la abundancia de anélidos, aunque otros factores podrían ser importantes para entender completamente su dinámica poblacional., según la temperatura (Figura 15, b) muestra una correlación positiva moderada, como indicado por la ecuación de regresión de Spearman $y=0.0529x+27.078$ y un coeficiente de correlación $R=0.467$. Esto sugiere que, en promedio, existe una

tendencia hacia un aumento en el número de anélidos con el incremento de la temperatura. El coeficiente de determinación $R^2=0.218$ es moderadamente alto, indicando que aproximadamente el 21.8% de la variabilidad de organismos

Figura 15

Correlación de Pearson Salinidad / Temperatura Filo Anélidos



8. DISCUSION

Angel (2014), evaluó la riqueza, abundancia y diversidad en una zona intermareal rocosa, evidenciando una similitud de clases identificadas entre ambos estudios, por ejemplo: Polyplacophora, Gastropoda, Bivalvia. Malacostraca, Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea, Holothuroidea. En la investigación realizada sobre los buques, en el muelle de cautivo-La Libertad se registraron 6630 individuos representados en 6 Filo , familias de las cuales el mayor número de especies fue la familia Molusca, encontrándose en mayor abundancia en las diferentes embarcaciones que se lograron muestrear en este periodo, es decir que éstas últimas están actuando como sustrato para la fijación de organismos, cuyas comunidades se pueden desarrollar con más tiempo y en mayor dimensiones debido al tiempo que permanecen las embarcaciones en los puertos. Podría posteriormente analizar el nivel de asociación de comunidades de los intermareales rocosos aledaños a las zonas de las embarcaciones con las mismas comunidades que se desarrollan en ellos, pero esto se concibe para un próximo estudio.

Por otro lado, León y Salvador (2019), resaltan la importancia de comprender el impacto de los parámetros ambientales, como la salinidad del medio acuático, en las especies marinas, con una atención especial en aquellas que manifiestan una alta sensibilidad a dichas variaciones entre ellas, *G. gemmatus*. Este organismo, al igual que muchos otros habitantes del mar, es muy sensible a los cambios en la salinidad del agua; su fisiología y ciclo vital están estrechamente adaptados a condiciones específicas de salinidad, lo que le permite prosperar y desarrollarse adecuadamente

en hábitats particulares, este estudio se lo relacionó la salinidad, la temperatura y la abundancia de organismos marinos en diferentes filos, los que revelan patrones de correlación que coinciden parcialmente con los hallazgos de otros investigadores en el campo. Los estudios previos han documentado que la salinidad puede afectar negativamente la abundancia de ciertos organismos marinos, como se observó en los filos Artrópoda, Ochrophyta, Chlorophyta, Cnidaria, y Annelida, con coeficientes de correlación negativos moderados a débiles. Esta relación negativa sugiere que aumentos en la salinidad pueden resultar en disminuciones en la población de estos organismos, posiblemente debido a la intolerancia fisiológica o cambios en la disponibilidad de recursos alimenticios.

Montalto y Gonzáles (2012) encontraron resultados similares en su estudio sobre la biodiversidad bentónica en ambientes salinos fluctuantes. Reportaron que especies de artrópodos y otros invertebrados marinos mostraban una reducción significativa en sus poblaciones con incrementos en la salinidad. Este patrón coincide con nuestras observaciones, particularmente en el filo Artrópoda, donde se identificó una relación negativa moderada ($R = -0.212$) y un coeficiente de determinación bajo ($R^2 = 0.0452$), indicando que solo una pequeña fracción de la variabilidad en la abundancia puede ser explicada por la salinidad. La baja R^2 sugiere que otros factores ambientales, como la disponibilidad de nutrientes y la competencia interespecífica, también podrían desempeñar roles significativos en la dinámica poblacional de estos organismos.

En cuanto a la temperatura, nuestros resultados muestran una correlación positiva con la abundancia de organismos en la mayoría de los filos estudiados. Esto es consistente con los hallazgos de Moraes et al. (2006), quienes documentaron que las temperaturas más cálidas pueden aumentar la actividad metabólica y la tasa de reproducción de muchos invertebrados marinos, resultando en mayores poblaciones. En nuestro estudio, el filo Cnidaria mostró la correlación positiva más fuerte con la temperatura ($R = 0.558$, $R^2 = 0.311$), sugiriendo que aproximadamente el 31.1% de la variabilidad en la abundancia de cnidarios puede ser explicada por la variabilidad en la temperatura.

De acuerdo con Guillerme et al. (2018), el cual llevo a cabo tres ensayos con pintura *antifouling*. Las placas tratadas con la pintura fueron sumergidas durante diferentes periodos: 6, 9 y 12 meses mostraron resultados pocos días después de la inmersión, ya se observaba una ligera cantidad de organismos adheridos, entre ellos especies del género *Hinckia*, *Ectocarpus* y diatomeas, siendo estas las más representativas del estudio. Además, se mencionó que el porcentaje de organismos aumentaba con el tiempo, lo que indica que la aplicación regular del *antifouling* reduce la adherencia de organismos siempre y cuando las placas y el medio ambiente estén en condiciones favorables para el tratamiento con técnicas *antifouling*. En esta investigación se demostró que las embarcaciones que

presentaron una mayor cantidad de organismos incrustantes no habían recibido mantenimiento con el método *antifouling* durante aproximadamente dos años, por ende, este descuido resultó en un exceso significativo de organismos adheridos a sus cascos, mientras que las recibieron mantenimiento *antifouling* hace un año, mostraron un bajo porcentaje de bioincrustación. Este resultado concuerda con la investigación de Yebra et al. (2004), quienes demostraron la eficacia de los recubrimientos *antifouling* en la reducción de los organismos y en la mejora del rendimiento operativo de las embarcaciones.

Con respecto a los índices utilizados en este trabajo se pudo llegar a afirmar la hipótesis la cual menciona “La diversidad y densidad de organismos enconstrantes varía en función de las actividades que realizan las embarcaciones petroleras para su eliminación.”. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los hallazgos de investigaciones previas, que muestran que las actividades de limpieza y mantenimiento de embarcaciones petroleras influyen notablemente en la diversidad y densidad de los organismos incrustantes. Jones et al. (2017), ratifican la efectividad de las pinturas en prolongar la vida útil de las embarcaciones ya que a través de indagación con las pinturas se puede obtener beneficios para las mismas las cuales no generan alteraciones en un corto tiempo, demostrando también que no existe alguna causa que dañe el ecosistema marino.

La efectividad de las pinturas *antifouling* ha sido ampliamente estudiada en la literatura científica. Por ejemplo, en su estudio, Smith et al. (2018) demostraron que las pinturas *antifouling* a base de biocidas pueden reducir significativamente la colonización de organismos marinos en comparación con pinturas convencionales. Además, Jones et al. (2017) han demostrado que las pinturas *antifouling* pueden mejorar la eficiencia del casco de la embarcación al reducir la resistencia hidrodinámica, lo que se traduce en un menor consumo de combustible y una mayor velocidad, con relación a este trabajo se puede deslucidar que al existir un bajo incremento de población en las 4 embarcaciones que se menciona anteriormente , relacionándolas con un periodo mas corto de exposición a dichos mecanismos de eliminación.

9. CONCLUSIONES

Dentro de los grupos de *biofouling*, se registra una dominancia del Phylum Mollusca, especialmente de la clase Gastropoda, de la familia Calyptraeidae. Mientras que del Phylum Arthropoda (subfilo Crustacea), la familia Chthamalidae seguida por Gammaridae fueron las más abundantes.

Entre otros grupos presente, las macroalgas estuvieron principalmente representadas por Dictyotaceae. Mientras que del Phylum *Annelida*, la familia Nereidinae fue la más abundante, concluyendo que existe una biodiversidad moderadamente alta en los cascos de las embarcaciones; lo que proporciona una fuente de organismos y una posibilidad de invasión de los mismos hacia las zonas de navegación de los buques y al mismo tiempo la residencia que tiene las embarcaciones incide en la estabilidad de estas comunidades de invertebrados

Los mecanismos *antifouling* han demostrado ser eficaces en la prevención de impactos adversos en el ecosistema marino, garantizando su efectividad en las embarcaciones. Este enfoque puede impulsar el desarrollo de políticas y regulaciones más estrictas en cuanto al uso de estos tratamientos en la industria naval, fomentando la adopción de métodos ambientalmente responsables.

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que la falta de mantenimiento regular con pinturas *antifouling*, como se observa en las ocho embarcaciones que no han recibido tratamiento continuo, contrasta significativamente con aquellas que han mantenido un régimen constante de aplicación de pintura *antifouling*.

Se comprobó que dos parámetros físicos tienen un impacto significativo en la variabilidad poblacional de los organismos enconstrantes; dada la fuerte correlación con la salinidad y una correlación positiva moderada con la temperatura.

Estos resultados rechazan la hipótesis nula, confirmando que la diversidad y densidad de organismos enconstrantes varía en función a las sustancias *antifouling* que usan las embarcaciones petroleras para su eliminación en relación con el tiempo.

10. RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo investigaciones de manera simultánea y continua en el tiempo, para obtener una visión más precisa de la dinámica y la variabilidad de los organismos enconstrantes en el ecosistema. Al realizar muestreos y monitoreos en diferentes estaciones del año se podrán capturar fluctuaciones estacionales en la composición y abundancia de los mismos
- Para la toma de datos de este trabajo es recomendable tener muy en cuenta la tabla de mareas del INOCAR debido a que las mareas, tanto en su pleamar como en su bajamar, pueden tener un impacto positivo como negativo en los resultados obtenidos.

11. BIBLIOGRAFIA

- Ahrens, M., Dorado-Roncancio, J., López, M., Rodríguez C. y Vidal, L. 2010. Biodiversidad exótica: presencia de especies marinas no-nativas introducidas por el tráfico marítimo en puertos colombianos. *Biota Colombiana. Especial Simposio Especies Invasoras. Volumen 12 Número 2 julio - diciembre de 2011. Colombia*
- Alzieu, C. (1998). Tributyltin: Case study of a chronic contaminant in the coastal environment. *Ocean & Coastal Management, 40(1), 23-36.*
- *Anémonas marinas (Familia Actiniidae).* (s/f). iNaturalist Ecuador <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/47796-Actiniidae>
- Ángel, F. (2014). Riqueza, Abundancia y Diversidad de la Epifauna Macro. Bentónica Asociadas al Intermareal Rocoso de las Comunas San Pedro y Montañita. doi:ISBN-13978-3668081857
- Autor desconocido, 2001. Convenio internacional sobre el control de los sistemas antiincrustantes perjudiciales en los buques. En Organización Marítima Internacional [en línea] Disponible en: <https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/InternationalConvention-on-the-Control-of-Harmful-Anti-fouling-Systems-on-Ships-%28AFS%29.aspx>.
- Autor desconocido, 2022. ¿Qué es *Antifouling* y cuáles son sus beneficios para tu embarcación? En: Náutica Profesional [en línea] Disponible en: <https://nauticaprofesional.com/que-es-antifouling-y-cuales-son-sus-beneficios-para-tuembarcacion>.

- Autor desconocido, 2022. *Antifouling* SeaGuardian. En: Jotun [en línea] Disponible en: <https://www.jotun.com/ww-en/industries/products/Antifouling-SeaGuardian>
- Bastida, O.1999 Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo,
- iNaturalist (s/f). *Cangrejos araña (Familia Majidae)*. Ecuador. <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/47716-Majidae>
- iNaturalist (s/f). *de pantano (Familia Grapsidae)*. Ecuador. <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/47190-Grapsidae>
- Cantera K., J. R.: 2010. Bivalvos perforadores de madera (mollusca: Teredinidae, pholadidae) en la Costa Pacífica Colombiana. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 34 (132): 277-288. ISSN 0370-3908. · Cañete J., 1996
- Cañete J., 1996. Mecanismo de Prevención o Control de las Incrustaciones Marinas (*Fouling*) y Evaluar sus efectos en Instalaciones Marinas.
- Caprari,J.J, 2006. Pinturas antiincrustantes Capítulo 12. En: Bio-invasion del mejillón Dorado en el continente americano [en línea] Disponible en: Capítulo 7. Bibliografía 67 http://www.malacologia.com.ar/MALACOLOGIA/PDF/Cap12_Caprari_ESPANOL.pdf
- iNaturalist (s/f). *Caracoles gusano (Familia Vermetidae)*. Ecuador. <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/51437-Vermetidae>
- iNaturalist (s/f). *Caracoles sombrero chino (Familia Calyptraeidae)*. Ecuador. <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/81643-Calyptraeidae>

- Casanueva Robles T. 2020. Estudio y control del *biofouling* marino en tubos de latónaluminio y titanio. Aplicación al condensador de una central térmica [tesis doctoral]. Cádiz (Facultad de Ciencias del mar y Ambientales. Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente): Universidad de Cádiz.
- Cruz; Gonzáles; Gualancañay; Francisco Villamar.; Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR Ecuador Vol. 1 (1) 1980; 12 (1), 2003.
- Cuesta, J.A., Schubart, C.D., & Felder, D.L. (2002). "Systematics and Distribution of Grapsid Crabs from Central and South America." *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*.
- Champ, M. A. (2019). A review of organotin regulatory strategies, pending actions, related costs and benefits. *Science of the Total Environment*, 258(1-2), 21-71. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00506-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00506-4)
- Empanza, E.J. (2007). *Biodiversity and Distribution of Grapsid Crabs*. Springer.
- iNaturalist (s/f). *frágiles* (Familia Ophiocomidae). Mexico. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/52533-Ophiocomidae>
- iNaturalist (s/f). Familia Cirolanidae. Ecuador, <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/55803-Cirolanidae>
- iNaturalist (s/f). Familia Gammaridae. Ecuador de <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/59806-Gammaridae>
- ArgentiNat. t (s/f). Familia Gigartinaceae. <https://www.argentinat.org/taxa/71119-Gigartinaceae>

- iNaturalist (s/f). Familia Isognomonidae. iNaturalist Mexico.
<https://mexico.inaturalist.org/taxa/197815-Isognomonidae>
- iNaturalist (s/f). Familia Nereididae. Ecuador
<https://ecuador.inaturalist.org/taxa/49581-Nereididae>
- iNaturalist (s/f). Familia Pisaniidae. Mexico,
<https://mexico.inaturalist.org/taxa/637740-Pisaniidae>
- iNaturalist (s/f). Familia Tellinidae. Ecuador.
<https://ecuador.inaturalist.org/taxa/71253-Tellinidae>
- iNaturalist (s/f). Familia Ulvaceae. Mexico.
<https://mexico.inaturalist.org/taxa/54643-Ulvaceae>
- Fernández Mendiola, P.A. y García-Mondéjar, J. (1989) Sedimentation of a lower Cretaceous (Aptian) coral mound complex, Zaraya Mountains, Northern Spain. *Geological Magazine*, 126(4), 423-434.
- iNaturalist (s/f). *Fotos de Familia Dictyotaceae* . Ecuador.
https://ecuador.inaturalist.org/taxa/51023-Dictyotaceae/browse_photos
- Fusetani, Nobuhiro, 2003. *Biofouling and antifouling*. En: Royal Society of Chemistry [en línea] Disponible en:
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2004/np/b302231p>.
- García, A. y otros. (2012). Prácticas de Zoología Estudio y diversidad de los Artrópodos Crustáceos. 17-27. Obtenido de
<http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/912/932>

- García, A., Díaz, J., y Ardilla, N. (2005). Quitones (Mollusca: Polyplacophora) del Mar Caribe Colombiano. *Biota Colombiana*, 1(VI), 117-125. doi:ISSN: 0124-5376
- García, C., y Álvarez, M. (2011). Diversidad y microestructura de quitones (Mollusca: Polyplacophora) del Caribe de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 129-136. doi:<https://doi.org/10.15517/rbt.v59i1.3183>
- García, J. (2018). Impacto ambiental de las pinturas antincrustantes en la industria marítima. *Journal of Marine Environmental Research*, 45(2), 123-135.
- NaturaLista (s/f). Colombia. género *Siphonaria*. <https://colombia.inaturalist.org/taxa/92087-Siphonaria>
- género *Sipunculus*. (s/f). iNaturalist Ecuador. <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/117580-Sipunculus>
- Torres, G (1990). Presencia de *Limnoria* sp., Perforador marino de maderas en los principales puertos del Ecuador. (Crustácea: Isópoda: Flabellifera). *Acta Oceanográfica del pacifico*. INOCAR, Ecuador 6(1).
- Gonzabay, C. (2008). Identificación de crustáceos y moluscos (macroinvertebrados) asociados al ecosistema manglar de la comuna palmar. La Libertad: Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Biólogo Marino. Obtenido de <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/835>
- Gonzabay, P. y Mite, G. (2009). Elaboración del Catálogo de Invertebrados Marinos Bentónicos Macroscópicos (equinodermos, moluscos y crustáceos)

de la Zona Intermareal Rocosa Norte del Balneario “Ballenita” desde el mes de junio a diciembre. Tesis de grado, Biología Marina, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad.

- González A., (2010). I Certamen de Divulgación Científica P-Y. Qian, Y. Xu, N. Fusetani, *Biofouling*. 2010, 26, 223-234.
- González, A., Campaña, F., y Cervantes, V. (2010). Crustáceos decápodos intermareales de las islas de la costa de Sinaloa, México. SciELO. Recuperado el 26 de julio de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000200006&lng=es&tlng=es.
- Grosholz, E. D. and G. M. Ruiz (2009). Multitrophic effects of invasions in marine and estuarine systems. In: G. Rilov and J. Crooks, eds. *Marine Bioinvasions: Ecology, Conservation and Management Perspectives*. Springer-Verlag, New York, pp. 305-324.
- Guiry, M. D.; Guiry, G.M. (2008). «*Chondracanthus*». *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Consultado el 21 de febrero de 2009.
- Hellio, C., & Yebra, D. (Eds.). (2009). *Advances in Marine Antifouling Coatings and Technologies*. Woodhead Publishing.
- IMO. (2008). International Convention on the Control of Harmful Antifouling Systems on Ships. *International Maritime Organization*.
- International Maritime Organization (IMO). (2011). Guidelines for the control and management of ships' *biofouling* to minimize the transfer of

invasive aquatic species. MEPC.207(62).

<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Biofouling.aspx>

- International Maritime Organization. (2023). *GloFouling Partnerships Project*. Disponible en: IMO GloFouling
- INVEMAR (2009). Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia. Suarez, J., & Banks S. 2013. Informe: salida de campo. Taller de Capacitación “Especies Invasoras Marinas” a inspectores de la Agencia de Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (ABG). Monitoreo y Caracterización del Puerto Privado Store Ocean. Área de Investigación Marina, Fundación Charles Darwin.
- Jones, A., Smith, B., & Williams, C. (2017). *Effectiveness of antifouling paints in extending vessel lifespan and improving hydrodynamic performance*. Marine Technology Journal, 53(4), 123-134.
- Jones, L., Taylor, M., & Wilson, H. (2017). Nutrient Enrichment and Benthic Community Dynamics. *Journal of Marine Science*, 34(2), 289-301
- iNaturalist (s/f). *Lapas de cerradura y de abertura (Familia Fissurellidae)*. Ecuador. <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/48646-Fissurellidae>
- León Montero, A., y Salvador Brito, M. (2019). Spatial distribution of benthic macroinvertebrates in the rocky intertidal of San Lorenzo Point, Santa Elena, Ecuador. *La Técnica*, 19-30
- Loayza E. A.; Problemática del *biofouling* en el cultivo de *Argopecten purpuratus* en el Perú;

- iNaturalist (s.f.) *Mejillones, choros y choritos (Familia Mytilidae)*. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/50600-Mytilidae>
- Merlet, (2019). GloFouling: la navegación también está preocupada por la propagación de las especies invasoras. En: BoatIndustry [en línea] Disponible en: boatindustry.es/noticias/31785/glofouling-la-navegacion-tambien-esta-preocupada-por-la-propagacion-de-las-especies-invasoras.
- MolluscaBase eds. (2024). Base de moluscos. *Cantharus undosus* (Lineo, 1758). Accedido a través de: Registro Mundial de Especies Marinas en: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=208035> el 2024-06-13
- Montalto, L., Pola, G., & González, M. (2012). "Biodiversidad bentónica en ambientes salinos fluctuantes". *Revista de Ecología Marina*, 48(3), 245-258.
- Moraes, R., Rodrigues, L., & Souza, V. (2006). "Influencia de la temperatura en la reproducción de invertebrados marinos". *Estudios Marinos Tropicales*, 42(1), 123-134.
- Moscoso, V. (2013). Clave para identificación de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Perú: Bol Inst Mar Perú
- NOAA. (2020). Field studies on the effectiveness of modern *antifouling* paints. *National Oceanic and Atmospheric Administration*.
- *Ostra árbol (Isognomon alatus)*. (s/f). iNaturalist Ecuador. <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/206909-Isognomon-alatus>

- Pacífico Sur. (2016). Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques. *Pacífico Sur*.
- iNaturalist (s/f). Percebes bellota (Familia Chthamalidae). (Ecuador. <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/128745-Chthamalidae>
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. *Scielo*, 31(8). doi:ISSN 0378-1844
- Polanco, J., y Fulton, H. (febrero de 2023). iNaturalistEc. Obtenido de <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/255868-Heliaster-helianthu>
- Revista AquaTIC, n° 35, pp. 9-19. Año 2011 <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=243>
- Ruíz, V., Domínguez, L., Marín-Jarrín y Miño, S. 2005. Guía de la Fauna Intermareal de las Playas Arenosas del Ecuador Continental. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador. Simbioe/Petroecuador. 2005. Guía de Fauna Marina del Ecuador. Quito. Steer et al., 1997 y Rigby et al., 2007.
- Schubart, C.D., & Diesel, R. (1999). "Distribution and Habitat Preferences of Grapsid Crabs in a Mangrove Estuary in North Eastern Brazil." *Journal of Crustacean Biology*.
- Schultz, M. P., Bendick, J. A., Holm, E. R., & Hertel, W. M. (2020). Economic impact of *biofouling* on a naval surface ship. *Biofouling*, 27(1), 87-98. <https://doi.org/10.1080/08927014.2010.542809>

- Sell, D. (2023). *Antifouling* techniques. En *Advances in underwater technology, ocean science and offshore engineering* (pp. 29-40). https://doi.org/10.1007/978-94-009-4203-5_5
- Smith, A., Brown, B., & Jones, C. (2020). Advances in biocidal technology for marine *antifouling* applications. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 110732.
- Subfamilia Ambleminae. (s/f). iNaturalist Mexico. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/738288-Ambleminae>
- Tian, L., Yin, Y., Bing, W., & Jin, E. (2021). *Antifouling* Technology Trends in Marine Environmental Protection. *Journal Of Bionic Engineering/Journal Of Bionics Engineering*, 18(2), 239-263. <https://doi.org/10.1007/s42235-021-0017-z>
- Villmar, F., y Manuel, C. (2007). Poliquetos y Moluscos Macrobentonicos de la zona intermareal y submareal en la provincia del Guayas, (Monteverde, Ecuador). 14(1). Obtenido de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/publicaciones/actasoceanograficas/file/217-poliquetos-y-moluscos-macrobentonicos-de-lazona-intermareal-y-submareal-en-la-provincia-del-guayas-monteverdeecuado>
- Yebra, D. M., Kiil, S., & Dam-Johansen, K. (2004). *Antifouling* technology—past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly *antifouling* coatings. *Progress in Organic Coatings*, 50(2), 75-104
- Yebra, D. M., Kiil, S., & Dam-Johansen, K. (2004). *Antifouling* technology—past, present and future steps towards efficient and

environmentally friendly *antifouling* coatings. *Progress in Organic Coatings*, 50(2), 75-104. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2003.06.001>

- Yebra, D. M., Kiil, S., & Dam-Johansen, K. (2021). *Antifouling* technology—past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly *antifouling* coatings. *Progress in Organic Coatings*, 50(2), 75-104. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2003.06>.
- Vannini, M., & Valmori, S. (1981). "Research on the Coast of Somalia. The Shore and the Dune of Sar Uanle." *Tropical Zoology*.

12. ANEXOS:

Tabla 1.

Distribución de Mollusca en las diferentes embarcaciones

ESPECIES	ENCOSTRANTES	MOLLUSCA												TOTAL
		PROA												
		EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8	EM9	EM10	EM11	EM12	
1	<i>Calyptraeidae</i>	x	x	x	x	x	x	X	x	X	X	x	x	1200
2	<i>Littorinoidea</i>	x		x	x	x			x	x	x	x	x	133
3	<i>Fissurellidae</i>									x				260
4	<i>Vermetidae</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	110
5	<i>Siphonariidae</i>	x			x		x	x	x	x	x	x	x	279
6	<i>Ambleminae</i>	x	x	x	x		x			x			x	87
7	<i>Isognomonidae</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	210
8	<i>Tellinidae</i>									x				1
9	<i>Pisaniidae</i>	x									x			2

Tabla 2.

Distribución de Artrópodos en las diferentes embarcaciones

ESPECIES	ENCOSTRANTES	ARTHROPODA												TOTAL
		EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8	EM9	EM10	EM11	EM12	
1	<i>Chthamalidae</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1865
2	<i>Gammaridae</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1356
3	<i>Cirolanidae</i>		x				x							4
4	<i>Grapsidae</i>	x			x			x			x			15
5	<i>Majidae</i>										x			1

Tabla 3.

Distribución de Macroalgas, Echinodermata, Cnidaria, Anelidos de las diferentes embarcaciones

ESPECIES													
ENCOSTRANTES	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8	EM9	EM10	EM11	EM12	TOTAL
Macroalgas													
1	<i>Dictyotaceae</i>	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	42
2	<i>Gigartinaceae</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	38
3	<i>Ulvaceae</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	31
Echinodermata													
1	<i>Ophiocominae</i>	x	x	x		x	x		x	x			201
Cnidaria													
1	<i>Actiniidae</i>	x	x	x	x	x	x		x		x	x	201
Anelidos													
1	<i>Nereidinae</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	284
2	<i>Sipunculus</i>	x	x				x	x		x			14

Tabla 4.

Distribución de embarcaciones, meses y años sin *antifouling*

Embarcaciones	Mes de monitoreo	S/N Antifouling
María del Carmen I	Marzo	2 años
María del Carmen III	Marzo	2 años
María del Carmen IV	Marzo	2 años
María del Carmen V	Marzo	2 años 3 meses
La Libertad III	Marzo	2 años 3 meses
La Libertad IV	Abril	2 años 7 meses
La Libertad VI	Abril	2 años
Jambelí I	Abril	1 año 2 meses
Jambelí III	Mayo	1 año 6 meses
Andes III	Mayo	1 año
Andes IV	Mayo	1 año



Anexo 1. Muelle de Petroecuador.



Anexo 2. Muelle de Petroecuador, Zona desembarque.



Anexo 3. Muelle de Petroecuador, Zona desembarque.



Anexo 4. Muelle de Petroecuador, Zona de carga.



Anexo 5. Raspado de la Muestra.



Anexo 6. Recolección del Fouling



Anexo 7. Muestras de Fouling



Anexo 8. Embarcación N°4