



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

TEMA:

EVALUACIÓN SUBMAREAL DE LOS BAJOS “EL ACUARIO” Y “RABO DEL VIEJO” DE LA RESERVA MARINA “EL PELADO”, PROVINCIA DE SANTA ELENA, 2023

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención de los títulos de:

BIÓLOGO

AUTORES:

REYES FRANCO JOEL RICARDO
CORONEL CONFORME PABLO ENRIQUE

TUTOR:

BLGA. ANA GABRIELA BALSECA VACA, M.SC

CO-TUTOR:

QUIM. PATRICIA MACÍAS MORA

LA LIBERTAD - ECUADOR
2023

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

TEMA:

EVALUACIÓN SUBMAREAL DE LOS BAJOS “EL ACUARIO” Y “RABO DEL VIEJO” DE LA RESERVA MARINA “EL PELADO”, PROVINCIA DE SANTA ELENA, 2023

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención de los títulos de:

BIÓLOGO

AUTORES:

REYES FRANCO JOEL RICARDO

CORONEL CONFORME PABLO ENRIQUE

TUTOR:

BLGA. ANA GABRIELA BALSECA VACA, M.SC

CO-TUTOR:

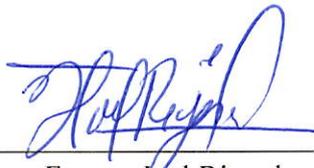
QUIM. PATRICIA MACÍAS MORA

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

DECLARACIÓN EXPRESA

Nosotros, **Reyes Franco Joel Ricardo** y **Coronel Conforme Pablo Enrique** declaramos bajo juramento que la responsabilidad del contenido, ideas y análisis de los resultados expuestos en este trabajo de integración curricular, nos corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena e Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la norma intelectual vigente.



Reyes Franco Joel Ricardo
C.I. 0928707389



Coronel Conforme Pablo Enrique
C.I. 2400051815

DEDICATORIAS

Con profunda gratitud y un corazón rebosante de aprecio, dedicamos esta tesis a todas las personas que han sido una fuente inagotable de apoyo, aliento y sabiduría a lo largo de nuestro camino académico.

Este trabajo de investigación va dedicado a Dios y mis padres que siempre creyeron en mí y me impulsaron a alcanzar mis sueños, quienes siempre han estado a mi lado, apoyándome en cada paso del camino, a mi novia que fue apoyo y testigo de mi esfuerzo, y a mis amigos que han logrado que este camino sea más llevadero. Esta tesis es un reflejo de nuestro amor y apoyo mutuo, gracias por creer en mí y ser mi mayor inspiración.

Ricardo Reyes Franco

Quiero agradecer a Dios y mi familia por su amor incondicional, paciencia y comprensión durante estos años de estudio. Su constante apoyo y sacrificio han sido fundamentales para alcanzar este logro. Agradezco su presencia constante, sus palabras de aliento y su confianza en mí, incluso cuando las dudas me invadían.

Pablo Coronel Conforme

AGRADECIMIENTOS

A la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, y a las autoridades y docentes, de la FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR, por ser nuestro segundo hogar y formarnos como profesionales. Agradecemos infinitamente el acceso a las instalaciones, la biblioteca y el apoyo técnico han sido esenciales para realizar un estudio riguroso y completo.

A la Blga. Ana Balseca Vaca, MSc, por su tiempo, esfuerzo y por revisar minuciosamente esta tesis. Sus comentarios y observaciones críticas han enriquecido enormemente este trabajo y nos ha ayudado a crecer como investigadores.

A el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP) por abrirnos las puertas de su institución y a la Quim. Patricia Macías Mora por sus enseñanzas e importarte apoyo en la toma de muestras y análisis de los parámetros físico químicos.

Finalmente, queremos agradecer al CENTRO DE TURISMO COMUNITARIO AYANGUE a todos sus integrantes que han contribuido en nuestra investigación y en la realización de esta tesis. Cada experiencia, conversación e interacción ha dejado una huella en nuestras vidas.

Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de todos ustedes. Les agradezco de todo corazón por ser parte de este logro y por ser una fuente constante de inspiración y motivación en nuestras vidas.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc
DECANO

FACULTAD CIENCIAS DEL MAR



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc
DIRECTOR

CARRERA DE BIOLOGÍA



Blga. Ana Gabriela Balseca Vaca, M.Sc
DOCENTE TUTOR



Q.F. Mery Ramírez Muñoz, Mgt.
DOCENTE DEL ÁREA



Ab. María Rivera González, Mgt.
SECRETARIA GENERAL

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. OBJETIVOS	9
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
5. HIPÓTESIS.....	10
6. MARCO TEÓRICO.....	11
6.1. ECOSISTEMAS ARRECIFALES CORALINOS	11
6.1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS ARRECIFES CORALINOS SEGÚN LA UICN.....	11
6.1.2. IMPORTANCIA DE LOS ARRECIFES CORALINOS.....	11
6.1.3. DISTRIBUCIÓN DE ARRECIFES CORALINOS A NIVEL MUNDIAL	12
6.1.4. DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE LOS ARRECIFES CORALINOS ..	13
6.1.6. CLASIFICACIÓN DE LOS ARRECIFES CORALINOS (POR SU FORMA).	13
6.1.6.1. ARRECIFE DE BARRERA.....	14
6.1.6.2. ARRECIFE COSTERO.....	14
6.1.6.3. ARRECIFE DE PARCHE.....	14
6.1.6.4. ARRECIFE DE ATOLÓN.	14
6.1.7. CLASIFICACIÓN DE LOS ARRECIFES CORALINOS: HERMATÍPICOS Y AHERMATÍPICOS.....	14
6.2. CORALES HERMATÍPICOS.....	15
6.2.1. SIMBIOSIS CORAL-ZOOXANTELA.....	17
6.2.2. MORFOLOGÍA	15
6.2.3. ALIMENTACIÓN	18
6.2.4. CRECIMIENTO.....	18
6.2.5. REPRODUCCIÓN.....	18
6.2.6. SUSTRATO DE FIJACIÓN	19
6.2.7. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	20

6.2.8.	POSICIÓN EN LA CADENA TRÓFICA	18
6.3.	TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA).....	20
6.4.	IMPACTOS Y AMENAZAS A LOS ECOSISTEMAS ARRECIFALES CORALINOS 22	
6.4.1.	FENÓMENO DE EL NIÑO (ENOS)	23
6.4.2.	FENÓMENO DE LA NIÑA	23
6.5.	BIOINDICADORES DE SALUD ARRECIFAL.....	23
6.5.1.	PECES	24
6.5.2.	EQUINODERMOS	25
6.6.	CORALES HERMATÍPICOS EN ECUADOR	26
6.7.	REMAPE.....	27
6.7.1.	CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS EN LA REMAPE.	27
6.7.2.	ASPECTOS GEOLÓGICOS EN LA REMAPE.....	27
6.7.3.	ENTORNO GEOGRÁFICO.....	28
6.7.4.	TIPOS DE SUSTRATO-HÁBITAT.....	29
6.7.5.	CATEGORÍAS DE SUSTRATO-HÁBITAT EN LADERAS ORIENTADAS AL ESTE.....	29
6.7.6.	ISLOTE “EL PELADO”.....	29
7.	MARCO METODOLÓGICO.....	31
7.1.	ÁREA DE ESTUDIO	31
	PERMISO DE INVESTIGACIÓN.....	33
7.2.	METODOLOGÍAS DE MONITOREO	33
7.2.1.	TRANSECTOS	33
7.2.2.	METODOLOGÍA REEF CHECK.....	34
7.2.2.1.	PECES.....	35
7.2.2.2.	EQUINODERMOS.....	36
7.2.3.	METODOLOGÍA NAGISA	37
7.2.4.	FOTOMOSAICO	38
7.2.5.	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	39
7.3.	IDENTIFICACIÓN DE ORGANISMOS.....	41
7.4.	ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA	41

7.4.1.	COMPOSICIÓN DE ESPECIES.....	41
7.5.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	42
8.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	43
8.1.	IDENTIFICACIÓN DE PECES, EQUINODERMOS Y CORALES	43
8.2.	COBERTURA DE SUSTRATOS EN LOS SITIOS DE ESTUDIO	43
8.3.	COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD.....	46
8.3.1.	COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA.....	46
8.3.2.	DIVERSIDAD	49
8.4.	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	53
8.5.	ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	56
8.6.	FOTOMOSAICO DE DISTRIBUCIÓN DE COLONIAS CORALINAS..	58
9.	DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
9.1.	DISCUSIÓN	59
9.2.	CONCLUSIONES	63
9.3.	RECOMENDACIONES.....	65
	ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cronología de los principales impactos a los arrecifes de coral.....	22
Tabla 2. Lista de peces y equinodermos indicadores de la salud arrecifal propuestos en la Guía Reef Check para el Pacífico Oriental Tropical (POT).....	26
Tabla 3. Localización de áreas de estudio en la PEP, con coordenadas y nombres comunes.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de arrecifes coralinos en el mundo.	12
Figura 2. Mapa de arrecifes coralinos en las regiones del Pacífico Oriental y el Caribe.	13
Figura 3. Morfología interna de un pólipos.....	17
Figura 4. Islote El Pelado.....	28
Figura 5. Ubicación geográfica del área de estudio. A, B, C: Representación de ubicación del área de estudio a nivel sudamericano, de país y a nivel de provincia respectivamente. D: Ubicación a nivel de la Reserva Marina “El Pelado”. E: Representación de los bajos que conforman la “Plataforma El Pelado”, los bajos de estudio se encuentran marcados con una estrella roja correspondiente a los puntos: 5 - “Rabo del Viejo” y 8 - “El Acuario”.....	31
Figura 6. Coordenadas de georreferenciación de los dos bajos de estudio correspondientes a “El Acuario”: zona sur respecto al islote y “Rabo del Viejo”: zona norte respecto al islote...32	
Figura 7. Esquematación de orientación de transectos, perpendicularmente con respecto a la costa para ambos bajos: “El Acuario” y “Rabo del Viejo”.....	34
Figura 8. Esquematación de método de monitoreo Reef Check, 2,5m a cada lado del transecto monitoreando así un ancho de 5 metros.....	35
Figura 9. Muestreo en "S" utilizado para el conteo de equinodermos. Los buceadores deben nadar en forma de S y buscar los invertebrados indicadores en grietas o hendiduras del arrecife.	37
Figura 10. Representación de configuración para monitoreo siguiendo el manual de muestreo para comunidades costera NaGISA.	38
Figura 11. Representación gráfica de configuración utilizada para realización de fotomosaico.	39

Figura 12. Valores promedios por porcentaje de cobertura de sustrato del bajo “Rabo del Viejo”.
 Todos los resultados obtenidos se presentan a manera de barras las cuales representan la media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de una vía ($p < 0.5$) y test posterior de Tukey.45

Figura 13. Valores promedios por porcentaje de cobertura coralina del bajo “El Acuario”.
 Todos los resultados obtenidos se presentan a manera de barras las cuales representan la media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de una vía ($p < 0.5$) y test posterior de Tukey.45

Figura 14. Valores promedios por porcentaje de cobertura coralina de las estaciones de bajo El Acuario y bajo Rabo del viejo. Todos los resultados obtenidos se presentan a manera de barras las cuales representan la media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de una vía ($p < 0.5$) y test posterior de Tukey.46

Figura 15. Abundancia de las familias de peces registradas en el bajo Rabo del viejo.47

Figura 16. Abundancia de las familias de peces registradas en el bajo El Acuario.47

Figura 17. Abundancia de equinodermos por especie registradas en el bajo Rabo del viejo. .48

Figura 18. Abundancia de equinodermos por especie registradas en el bajo El Acuario.49

Figura 19. Comparativa del Índice de Simpson de peces entre estaciones de muestreo. Los resultados obtenidos se presentan como barras \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.50

Figura 20. Comparativa del Índice de Simpson de equinodermos entre estaciones de muestreo. Los resultados obtenidos se presentan como barras \pm DS. Las letras iguales señalan que no

existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.	51
Figura 21. Comparativa del Índice de Shannon-Wiener de peces por familia entre estaciones de muestreo. Los resultados obtenidos se presentan como barras \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.	52
Figura 22. Comparativa del Índice de Shannon-Wiener de equinodermos por especies entre estaciones de muestreo. Los resultados obtenidos se presentan como barras \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.	53
Figura 23. Valores promedios de temperatura para la estación El Acuario. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.	60
Figura 24. Valores promedios de temperatura para la estación Rabo del viejo. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.	60
Figura 25. Valores promedios de pH para la estación Rabo del viejo. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.	61
Figura 26. Valores promedios de pH para la estación El Acuario. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe	

diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.....	61
Figura 27. Valores promedios de oxígeno disuelto para la estación El Acuario. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.....	62
Figura 28. Valores promedios de oxígeno disuelto para la estación Rabo del viejo. Los resultados obtenidos se presentan como barras representando la Media \pm DS. Las letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.....	63
Figura 29. Análisis de Componentes Principales entre los grupos taxonómicos (peces y equinodermos) analizados y la cobertura coralina del bajo “El Acuario”	64
Figura 30. Análisis de Componentes Principales entre los grupos taxonómicos (peces y equinodermos) analizados y la cobertura coralina de la estación El Acuario.....	65
Figura 31. Análisis de Componentes Principales entre los grupos taxonómicos (peces y equinodermos) analizados y la cobertura coralina de la estación El Acuario y Rabo del viejo.....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Especies de peces identificados en los bajos “Rabo del Viejo” y “El Acuario”.....	7
Anexo 2. Especies de equinodermos identificadas en los bajos de la PEP: “Rabo del Viejo” y “El Acuario”.....	84
Anexo 3. Especies de corales identificadas en los bajos de la PEP: “Rabo del Viejo” y “El Acuario”.....	88
Anexo 4. Especies identificadas en los bajos de la PEP: “Rabo del Viejo” y “El Acuario”...	90
Anexo 5. Fotomosaico del fondo marino en el bajo "El Acuario".	91
Anexo 6. Fotomosaico del fondo marino en el bajo "Rabo del Viejo".....	92

GLOSARIO

Abundancia: Simboliza el número de organismos encontrados dentro de un lugar en específico.

Diversidad: Hace referencia a la variedad y riqueza de especies, genes y ecosistemas en un determinado entorno.

Coral hermatípico: Organismo marino que pertenece al grupo de los corales constructores de arrecifes.

Zooxantelas: Algas microscópicas fotosintéticas que viven en simbiosis con los corales hermatípicos.

Peces arrecifales: Los peces desempeñan diversos roles en el ecosistema, como la alimentación de corales y algas, el mantenimiento de la salud de los arrecifes y la provisión de hábitats para otros organismos marinos.

Equinodermos: Grupo de organismos marinos que desempeñar un papel importante en la estructura y biodiversidad de los arrecifes de coral, ya sea como depredadores de algas o como modificadores del sustrato.

Foto-identificación: Acción de comprobar una especie de organismo por medio de fotos sin la necesidad de perturbar a la misma.

Parámetros fisicoquímicos: Datos interpretativos de los indicadores biológicos

Fotomosaico: Técnica de composición visual que combina múltiples fotografías individuales para crear una imagen más grande.

ABREVIATURAS

CENAIM: Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas.

REMAPE: Reserva Marina El Pelado.

MAATE: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

PEP: Plataforma El Pelado

IPIAP: Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca.

INOCAR: Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada.

NaGISA: Natural Geography in Nearshore Areas.

SCUBA: Self-Contained Underwater Breathing Apparatus.

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

EPA: United States Environmental Protection Agency.

POT: Pacífico Oriental Tropical.

m: Metros

cm: Centímetros

mm: Milímetros.

min: Minutos

°C: Grados centígrados.

RESUMEN

Los arrecifes coralinos son los ecosistemas marinos con la mayor biodiversidad del planeta, se estima que albergan alrededor de un 25% del total de la biodiversidad marina existente en los océanos. Además, sirven de refugio para muchas especies de importancia comercial en su ciclo de vida, siendo pieza fundamental para el sector pesquero y el mantenimiento de la biodiversidad marina. En Santa Elena (Ecuador) la información referente a estos centros de alta abundancia y biodiversidad marina como son los bajos arrecifales coralinos, aún es escasa, y los pocos estudios realizados se basan principalmente al levantamiento de información de ciertas zonas estratégicas que abordan solo una parte de la totalidad biológica que representa cada bajo. Es por eso, que el presente estudio tuvo el objetivo de determinar la abundancia y diversidad de peces y equinodermos, obteniendo datos de la cobertura de corales hermatípicos, correlacionándolos entre sí en los bajos “Rabo del Viejo” y “El Acuario” de la Reserva Marina “El Pelado” mediante la guía de monitoreos Reef Check y protocolo NaGISA. Por lo que, se utilizaron transectos y cuadrantes para una línea base. Luego, se realizaron 3 muestreos por semana durante los meses de mayo y junio donde también se tomaron parámetros fisicoquímicos. Se determinó un total de 24.012 individuos representados en 4416 especímenes para peces y 19.596 para equinodermos y a su vez 3 especies de corales hermatípicos. Luego, se identificaron las especies usando claves taxonómicas. Después, se determinó que la familia de peces Chaetodontidae fue la más dominante y abundante, así como la especie de erizo *Diadema mexicanum* a través de los índices de Shannon – Wiener y de Simpson. Los parámetros fisicoquímicos no presentaron variaciones significativas y se mantuvieron en rangos relativamente constante sin superar los límites máximos permitidos de la normativa ambiental vigente ecuatoriana. Además, se hizo un análisis de componentes principales, el cual encontró que existe correlación entre los grupos taxonómicos estudiados y

la cobertura coralina en ambas estaciones de muestreo. Finalmente, se realizaron fotomosaicos que son la representación gráfica de los datos obtenidos, esta técnica se ha utilizado para capturar la asombrosa diversidad de los arrecifes de coral. Por todo lo expuesto anteriormente se acepta la hipótesis nula establecida en el presente estudio.

Palabras claves: Cobertura coralina, Índices de Diversidad, El Pelado, Submareal.

ABSTRACT

Coral reefs are the marine ecosystems with the greatest biodiversity on the planet; it is estimated that they are home to about 25% of the total marine biodiversity existing in the oceans. They also serve as a refuge for many species of commercial importance in their life cycle, being a fundamental piece for the fishing sector and the maintenance of marine biodiversity. In Santa Elena (Ecuador), information on these centers of high abundance and marine biodiversity, such as the coral reef shallows, is still scarce, and the few studies conducted are based mainly on the collection of information from certain strategic areas that address only a part of the biological totality that each shallow represents. Therefore, the present study had the objective of determining the abundance and diversity of fish and echinoderms, obtaining data on the coverage of hermatypic corals, correlating them with each other in the shallows "Rabo del Viejo" and "El Acuario" of the Marine Reserve "El Pelado" using the Reef Check monitoring guide and NaGISA protocol. For this reason, transects and quadrats were used for a baseline. Then, 3 samplings per week were carried out during the months of May and June where physicochemical parameters were also taken. A total of 24,012 individuals were determined, represented in 4416 specimens for fish and 19,596 for echinoderms and 3 species of hermatypic corals. The species were then identified using taxonomic keys. Later, the fish family Chaetodontidae was determined to be the most dominant and abundant, as well as the urchin species *Diadema mexicanum* through the Shannon - Wiener and Simpson indices. The physicochemical parameters did not show significant variations and remained in relatively constant ranges without exceeding the maximum limits allowed by current Ecuadorian environmental regulations. In addition, a principal component analysis was performed, which found that there is a correlation between the taxonomic groups studied and the coral cover in both sampling stations. Finally, photomosaics were made, which is the graphic presentation of

the data obtained, this technique has been used to capture the amazing diversity of coral reefs.

For all of the above, the null hypothesis established in this study is accepted.

Keyword: Abundance, Coral cover, Diversity Indexes, El Pelado, Subtidal.

1. INTRODUCCIÓN

Los arrecifes coralinos son los ecosistemas marinos con la mayor biodiversidad del planeta, se estima que albergan alrededor de un 32% del total de la biodiversidad marina existente en los océanos (Fernandez , 2021). Además, son fuente considerable de ingresos económicos para muchas economías costeras debido a la pesca artesanal que se puede realizar y a la gran cantidad de turistas que pueden atraer (Sánchez et al., 2011), cumplen un rol clave en la producción de arena y la protección de ciertas zonas costeras contra los efectos negativos de los fuertes oleajes y tormentas. Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2022) aproximadamente 500 millones de personas del mundo dependen de los corales para obtener alimentos, protección costera e ingresos del turismo y la pesca.

Los corales, principales constructores de este ecosistema, son organismos pertenecientes a la clase Anthozoa (anémonas y corales) del filo de los Cnidarios, dónde destacan en materia de estudio los órdenes Zoantharia, Alcyonacea (gorgóneas) y Scleractinia (corales duros o pétreos) (Sánchez et al., 2011).

Los arrecifes coralinos se encuentran generalmente localizados entre el trópico de cáncer y el trópico de capricornio, 30 grados al norte y 30 grados al sur de la línea ecuatorial, donde predominan las aguas cálidas tropicales (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2023). Son el resultado del reclutamiento de corales hermatípicos a través del tiempo, formando estructuras sólidas del relieve del fondo marino y provocando cambios en las propiedades físicas, químicas y ecológicas de la zona.

Sin embargo, en el PET (Pacífico Este Tropical) debido a la influencia de corrientes y eventos que modifican bruscamente la temperatura de las zonas marinas, Ecuador se ha

identificado como el límite sur donde se pueden encontrar parches de arrecifes coralinos, también debido a estas variaciones de temperatura en esta zona se ha identificado que los corales han desarrollado cierta tolerancia a estas fluctuaciones de las columnas de agua (Menoscal & Borges, 2022).

Ecuador está ubicado al noroeste de América del Sur, limitando al norte con Colombia, al sur y este con Perú, al oeste con el Océano Pacífico y cuenta con aproximadamente 252.000 km^2 . Posee una amplia variedad de climas, suelos, vegetación y fauna silvestre a pesar de su extensión territorial relativamente pequeña, cuenta con características geológicas, climáticas, hidrológicas y de sedimentación que aumentan la diversidad de ambientes terrestres, marinos y costeros (Estrella, 2005); y se divide en cuatro regiones (Costa, Sierra, Oriente e Insular), cada región presenta condiciones ecológicas diferentes haciéndolas únicas para el desarrollo de una alta diversidad de especies, las cuales se han adaptado a estos hábitats como resultado de procesos evolutivos (MAE, 2012).

La región costa se caracteriza por un clima tropical, dinámico y diverso, porque el frente costero converge periódicamente con corrientes marinas cálidas y frías, superficiales o profundas y cargadas de nutrientes, así como también la presencia ocasional de eventos que modifican el patrón usual de la zona (Estrella, 2005). Este frente costero de convergencia de corrientes marinas se sitúa principalmente al suroeste de la costa ecuatoriana, de cara a la provincia de Santa Elena en el área de la Reserva Marina “El Pelado” (REMAPE).

La REMAPE forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP) contando con 13005 hectáreas marinas 96 hectáreas terrestres. En esta área convergen las aguas cálidas, de baja salinidad provenientes de la bahía de Panamá, y las aguas frías, de

mayor salinidad, ricas en nutrientes de la corriente del Humboldt, caracterizándose por un marcado gradiente termohalino. El frente ecuatorial es afectado además por la ocurrencia periódica de los eventos relacionados al "El Niño"-oscilación Sur, los cuales modifican la temperatura y la salinidad oceánicas (CENAIM, 2022), dotando la zona con un alto potencial para estudios biológicos, de biogeografía, cambio climático, biodiversidad funcional y biodescubrimiento (Cruz, Gabor, Mora, Jimenez , & Mair, 2003).

La importancia económica en la REMAPE recae en las actividades de pesca y de turismo, además, brinda distintos servicios ambientales tales como soporte, provisión de alimento, regulación del clima y servicios culturales, sociales, científicos y educativos (MAE, 2015). Sin embargo, el recurso más relevante de la REMAPE, son su islote "El Pelado" y los arrecifes rocosos que se encuentran rodeándolo (CENAIM, 2022; MAE, 2015), el islote, hogar de diferentes aves como son fragatas, pelicanos y piqueros patas azules, de igual forma, es muy característico ver a los leones marinos, mientras que, en la zona submareal se caracterizan por ser hogar de peces e invertebrados, entre las que son representativos los erizos, estrellas, corales y anémonas (CENAIM, 2022; MAE, 2015).

A nivel de estudios científicos se reportan en el islote "El Pelado" la caracterización bioecológica de sitios de buceo (Cardenas & Triviño, 2013), la documentación de invertebrados bentónicos de ambientes rocosos (Steiner, Lavorato, & Rodriguez, 2016) y los patrones de distribución de los octocorales en el frente ecuatorial: Muricea y Leptogorgia (Abad, Jaramillo, Castro, Sánchez, & Rodriguez, 2022), entre otros. Estos estudios reportan que los bajos que rodean el islote "El Pelado" son "hot spots" de biodiversidad y que debido a la convergencia de varias corrientes se pueden encontrar diversos tipos de sustrato-hábitats

como son: zona pocillopora, zona de bosque de octocorales, zona de zoantharios, zona balanus, zona de turf, zona rocosa compleja y zona de arena.

El presente estudio pretende determinar la correlación entre corales hermatípicos, peces y equinodermos en los bajos “Rabo del Viejo” y “El Acuario” de la Reserva Marina “El Pelado” – Provincia de Santa Elena, Ecuador mediante la guía de monitoreos Reef Check y protocolo NaGISA proporcionando una base de datos actualizada que contribuya a los lineamientos para su conservación.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas coralinos están siendo amenazados por el aumento de temperatura, la acidificación de los océanos, malas prácticas turísticas y la sobrepesca de algunas especies provocando la pérdida del equilibrio en los arrecifes que mantiene a los corales saludables (Sánchez et al., 2011).

A pesar del aumento de los esfuerzos para la concienciación de los pobladores sobre la importancia y la conservación de los corales en la última década, su diversidad biológica sigue estando infravalorada (Steiner, Lavorato, & Rodriguez, 2016). Las actividades de importancia económica aún sobreponen sus intereses ante la salud, conservación y productividad de estos ecosistemas.

Por otra parte, el interés por los estudios marinos de los hábitats costeros de Ecuador ha estado a la sombra de proyectos de investigación y publicaciones sobre las Islas Galápagos debido a la asociación vinculante de las islas con “El origen de las especies” de Darwin en 1859 (Steiner, Lavorato, & Rodriguez, 2016). Para contrarrestar este desequilibrio han contribuido los esfuerzos de entidades medioambientales gubernamentales y privadas nacionales, así como universidades con programas relacionados con la biología, biología marina o la pesca (Steiner, Lavorato, & Rodriguez, 2016). Sin embargo, la base de conocimiento sobre las comunidades bentónicas someras sigue siendo modesta en las costas del continente ecuatoriano (Cruz et al. 2003).

En la Provincia de Santa Elena, la información referente a estos centros de alta abundancia y biodiversidad marina como son los bajos arrecifales coralinos, aún es escasa, los pocos estudios realizados se basan principalmente al levantamiento de información de ciertas

zonas estratégicas que abordan solo una parte de la totalidad biológica que representa cada bajo, aún existe una basta brecha en investigación para cubrir el total de la superficie coralina de los bajos existentes, peor aún, en estudios relacionados al estado ecológico de estos hábitats.

En la REMAPE, existe la documentación de invertebrados bentónicos en la mayoría de los bajos alrededor del islote “El Pelado, no obstante, la mayoría de los esfuerzos investigativos se han centrado en estudios de diversidad y abundancia mediante estimaciones, por lo tanto, se desconoce a ciencia cierta las características de estos bajos, aún se desconoce la cantidad de colonias coralinas existentes en ellos, es un desconcierto los límites de su distribución y el área que abarcan en estos bajos los parches arrecifales coralinos. En lo que respecta a estudios que evalúen el estado de estos parches arrecifales coralinos mediante la correlación de organismos bioindicadores: peces, corales y equinodermos, la bibliografía es casi inexistente. A pesar de que los bajos representan un rubro importante de conservación y de ingreso económico en la zona.

Por esta razón, el presente estudio tiene como objetivo analizar la cobertura de las colonias coralinas hermatílicas en los bajos “El Acuario” y “Rabo del Viejo” que se encuentran en los alrededores del Islote “El Pelado”, además de determinar la correlación entre corales, equinodermos y peces como organismo bioindicadores de la salud del arrecife, analizando los parámetros físico-químicos de las zonas, contribuyendo a los lineamientos de su conservación. La metodología que se aplicó facilitó la elaboración de un fotomosaico donde se evidencia la distribución de las colonias coralinas en cada bajo, además de poder distinguir la forma del bajo en estudio se estableció el porcentaje de cobertura que ocupan las colonias coralinas hermatílicas en cada uno de ellos.

3. JUSTIFICACIÓN

Los arrecifes rocosos y coralinos son hábitats submarinos críticos, que se caracterizan por su alta diversidad, especialmente de peces y macroinvertebrados (Hurtado et al., 2010), además de una extraordinaria riqueza de hábitats, especies y productividad marina (Ministerio del Ambiente, 2020). Es necesario entender que los corales no sólo son de valor para la conservación de la biodiversidad marina “per se”, sino también para la economía y el bienestar de las comunidades locales, que se benefician directamente de este ecosistema a través de la pesca y el creciente turismo de buceo (Rivera & Martínez, 2011).

Los arrecifes rocosos (bajos) - “El Acuario” y “Rabo del Viejo” son dos de los arrecifes rocosos más cercanos que rodean al islote “El Pelado” en la REMAPE, zona que se caracteriza por recibir la mayor afluencia turística del área junto a las diversas actividades recreacionales que representa. El bajo “Rabo del Viejo” está ubicado al norte del islote, con influencia de oleaje moderado agitado llegando a crear en ocasiones fuertes corrientes submarinas, evitando el acercamiento a un gran número de turistas, por lo que se desconoce el estado de su ecosistema coralino, por otro lado, el bajo “El Acuario” ubicado al sur del islote, con influencia de oleaje moderado no agitado, limita con el sitio conocido como el “Cristo Sumergido”, punto principal de buceo recreativo y snorkeling, actividades que degradan estos ecosistemas coralinos rocosos (Cardenas & Triviño, 2013). Debido a la ubicación de los bajos respecto al islote y la naturaleza de las corrientes marinas dirigiéndose hacia la costa (MAE, 2015), desconocemos la posible interacción de una misma columna de agua entre ambos bajos, por lo tanto, las actividades o impactos producidos en uno de los bajos es un desconcierto si se verá reflejado en la degradación del otro. Estos bajos son sitios idóneos para el contraste de datos sobre cobertura coralina con el grado de impacto antropogénico de los sitios, esperando que posteriores investigaciones expandan el área de estudio a los bajos consiguientes.

Con el fin de conservar y manejar adecuadamente los arrecifes coralinos del mundo, se han creado redes de monitoreo que proporcionen información básica acerca de su estado. Esta información permite crear alertas y proponer medidas de mitigación de impactos en zonas determinadas. Uno de los protocolos más conocidos a nivel mundial es el creado por la Organización Reef Check. Su objetivo es darles seguimiento a los arrecifes mientras se logra elevar el interés de los usuarios por los recursos coralinos (Sánchez et al., 2011).

La importancia de esta investigación recae en la correlación existente entre la biodiversidad y abundancia de peces, corales hermatípicos y equinodermos, a su vez la correlación juega un papel fundamental en la evaluación de la salud de estos hábitats en el islote “El Pelado”.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la correlación entre corales hermatípicos, peces y equinodermos en los bajos “Rabo del Viejo” y “El Acuario” de la Reserva Marina “El Pelado” - Provincia de Santa Elena, Ecuador mediante la guía de monitoreos Reef Check y protocolo NaGISA proporcionando una base de datos actualizada que contribuya a los lineamientos para su conservación.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los corales hermatípicos, peces y equinodermos al nivel de taxón más bajo posible mediante claves o guías de identificación.
- Establecer la cobertura de corales hermatípicos en los dos sitios de estudio.
- Determinar la diversidad y abundancia de los corales hermatípicos, peces y equinodermos en cada bajo.
- Análisis de los parámetros físico-químicos de los bajos “Rabo del Viejo” y “El Acuario.”
- Elaborar un fotomosaico de distribución de las colonias coralinas hermatípicas de cada sitio de estudio.

5. HIPÓTESIS

H0: La correlación entre corales hermatípicos, peces y equinodermos, está relacionada a la salud del parche arrecifal coralino, sin embargo, no se encuentran diferencias en cuanto a la salud entre los bajos “El Acuario” y “Rabo del Viejo”.

H1: La correlación entre corales hermatípicos, peces y equinodermos, está relacionada a la salud del parche arrecifal coralino, demostrando que el bajo “El Acuario” se encuentra en mejores condiciones que las presentadas en el bajo “El Rabo del Viejo”.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. ECOSISTEMAS ARRECIFALES CORALINOS

Los arrecifes de coral son de los ecosistemas más diversos del planeta, poseen diferentes hábitats naturales asociados con sus diferentes estructuras morfológicas en la composición del sustrato, así como de sus componentes biológicos que dan forma al fondo marino y proporcionando importantes zonas de reproducción y guarderías de especies en el desarrollo de las comunidades de animales (Barreriro, S. & García, R., 2022),

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), más de 800 especies de corales tiene la capacidad de construir arrecifes creando hábitats donde albergan un 32% de todas las especies marinas registradas, excluyendo microbios y hongos, el 37% de especies de peces dependen de una u otra manera de las estructuras arrecifales y más del 90% de las especies de arrecifes de coral no se han descubierto según las estimaciones recientes y que totalizarían alrededor de 800.000 especies diferentes. Asimismo, los arrecifes de coral son ricos en las relaciones simbióticas entre especies que se han desarrollado durante millones de años mediante su evolución (UNEP, 2022).

6.1.1. IMPORTANCIA DE LOS ARRECIFES CORALINOS

La importancia de los arrecifes coralinos recae principalmente en los beneficios ecológicos como socioeconómicos. Son ecosistemas análogos a los bosques lluviosos en términos de biodiversidad y variedad de bienes y servicios ecosistémicos que proveen (Zambrano et al., 2022). A continuación, se mencionan algunos de los beneficios que nos

brindan los arrecifes coralinos: biodiversidad y hábitat, protección costera, pesca, turismo y recreación (Zambrano et al., 2022; Núñez, 2016).

Además en trabajos como el de (Reyes-Bonilla et al., 2014), se menciona la capacidad de almacenamiento de carbono y regulación climática que poseen los arrecifes de coral junto a las algas calcáreas, ayudando a mitigar el cambio climático y la acidificación de los océanos.

6.1.2. DISTRIBUCIÓN A NIVEL MUNDIAL DE LOS ARRECIFES CORALINOS

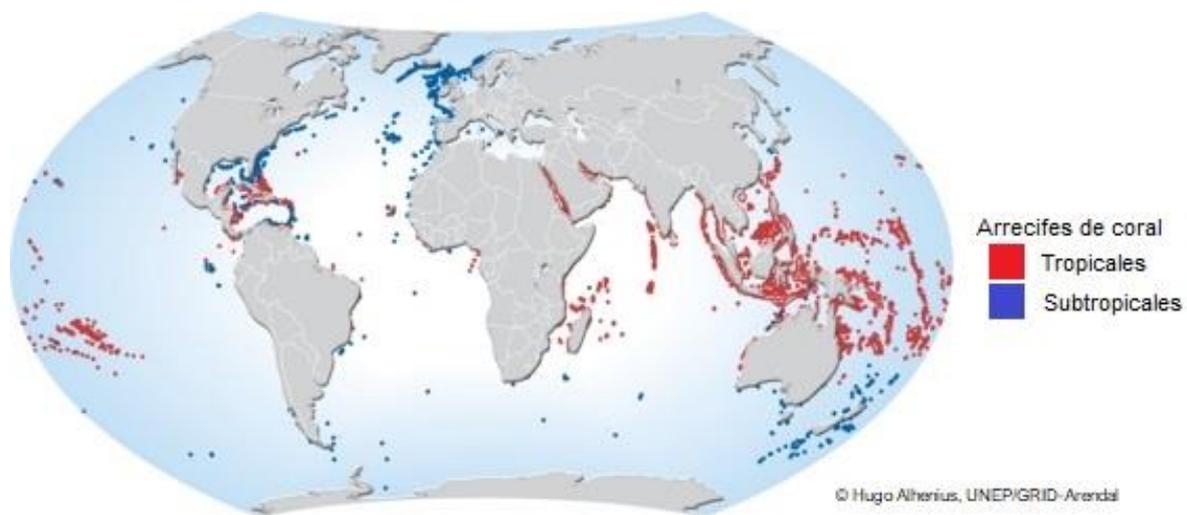


Figura 1. Distribución de arrecifes coralinos en el mundo.

Fuente: (Alhenius, Hugo; UNEP/GRID-Arendal, 2008).

Los ecosistemas de arrecifes coralinos predominan en regiones de latitudes bajas desarrollándose en zonas marinas tropicales y subtropicales, entre los trópicos de Cáncer y Capricornio siendo las latitudes de 30°N y 30°S (Santander, L., & Propin, E, 2009), se encuentran en más de 100 países (Astorga, 2017), cubriendo solo unos 285.000 kilómetros cuadrados, o el 0,1 por ciento de la superficie del océano (UNEP, 2022).

Las formaciones arrecifales más grandes del mundo son: la Gran Barrera coralina del norte de Australia (longitud 2600 km) y la Barrera arrecifal de Belice, en Centroamérica (Astorga, 2017).

6.1.3. ARRECIFES CORALINOS EN EL PACÍFICO ESTE TROPICAL



Figura 2. Región de los arrecifes de coral del Pacífico Oriental Tropical.

Fuente: (Cortés, y otros, 2017)

Las formaciones coralinas en la región del Pacífico Este Tropical se extienden desde Costa Rica hasta Ecuador e incluye islas oceánicas, con una extensión de 2 millones de Km². Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre formaciones coralinas en la región se han centrado en Colombia, específicamente en el Caribe Colombiano (Núñez, 2016).

6.1.4. TIPOS DE ARRECIFES CORALINOS (POR SU FORMA)

Existen varias etapas en la conformación de los arrecifes coralinos y cada una de ellas constituye una forma en particular, las cuales se mencionan a continuación:

ARRECIFE DE PARCHE

Son pequeños y aislados. A menudo, se forman en áreas donde las condiciones para el crecimiento coralino son más limitadas, como aguas frías o con baja disponibilidad de luz solar (Alcolado, 2004).

ARRECIFE COSTERO

Son el tipo de arrecife más común, crecen cerca de la costa alrededor de islas y continentes, separados por lagunas estrechas y poco profundas con fondo arenoso (CONABIO, 2023).

ARRECIFE DE BARRERA

Se forman paralelos a la costa, a cierta distancia de la línea de costa, separados por una laguna. La formación se puede dar sobre arrecifes marginales causados por fenómenos de hundimiento o aumento del nivel del mar (Alcolado, 2004).

ARRECIFE DE ATOLÓN

Estos arrecifes se forman alrededor de una laguna central poco profunda con arena en la parte superior. Los atolones se forman en aguas oceánicas profundas, generalmente sobre volcanes submarinos extintos (Alliance, 2023).

6.1.5. TIPOS DE ARRECIFES CORALINOS (POR SU CONSTITUCIÓN).

Los arrecifes de coral se pueden dividir en dos tipos según el tipo de coral que los constituye: corales hermatípicos y corales ahermatípicos.

CORALES HERMATÍPICOS

También conocidos como corales duros o escleractinios, construyen estructuras sólidas y ramificadas de carbonato de calcio en forma de cristales llamados aragonita para construir su esqueleto, formando los arrecifes de coral. Se caracterizan por tener pólipos con un esqueleto calcáreo duro que les proporciona soporte y protección. A medida que los corales crecen y se multiplican, sus esqueletos se acumulan y forman las estructuras tridimensionales que conocemos como arrecifes de coral. Los corales hermatípicos se diferencian del resto de corales por poseer una relación simbiótica con algas unicelulares llamadas zooxantelas, que les proporcionan energía a través de la fotosíntesis (Díaz et al., 2015).

CORALES AHERMATÍPICOS

Son organismos que pueden construir estructuras y hábitats similares a los arrecifes, pero su formación no está directamente relacionada con la secreción de carbonato de calcio. Pueden distribuirse en aguas frías, puesto que no poseen relación simbiótica con algas zooxantelas. Son menos comunes que los corales hermatípicos y no son tan importantes para la biodiversidad marina (Méndez-Venegas et al., 2021).

6.2. CORALES HERMATÍPICOS

6.2.1. MORFOLOGÍA

La estructura externa de los corales se compone de un exoesqueleto duro, mientras que la estructura interna se caracteriza por un complejo sistema de tubos y cámaras interconectados que se utilizan para la alimentación, la respiración y la reproducción, así como la relación simbiótica del coral con las zooxantelas (Guerra et al., 2019).

En su forma colonial, estos pólipos se conectan a través un tejido común, llamado cenénquima, por lo general está compuesto de los pólipos, las escleritas, y los canales gastrodermales, un sistema muy complejo y de canales gastrovasculares, esta es utilizada para que los nutrientes se repartan de maneras iguales. Los pólipos son de tan solo pocos milímetros de diámetro, y están compuestos de epitelio y tejido interno gelatinoso. (INVEMAR, 2011).

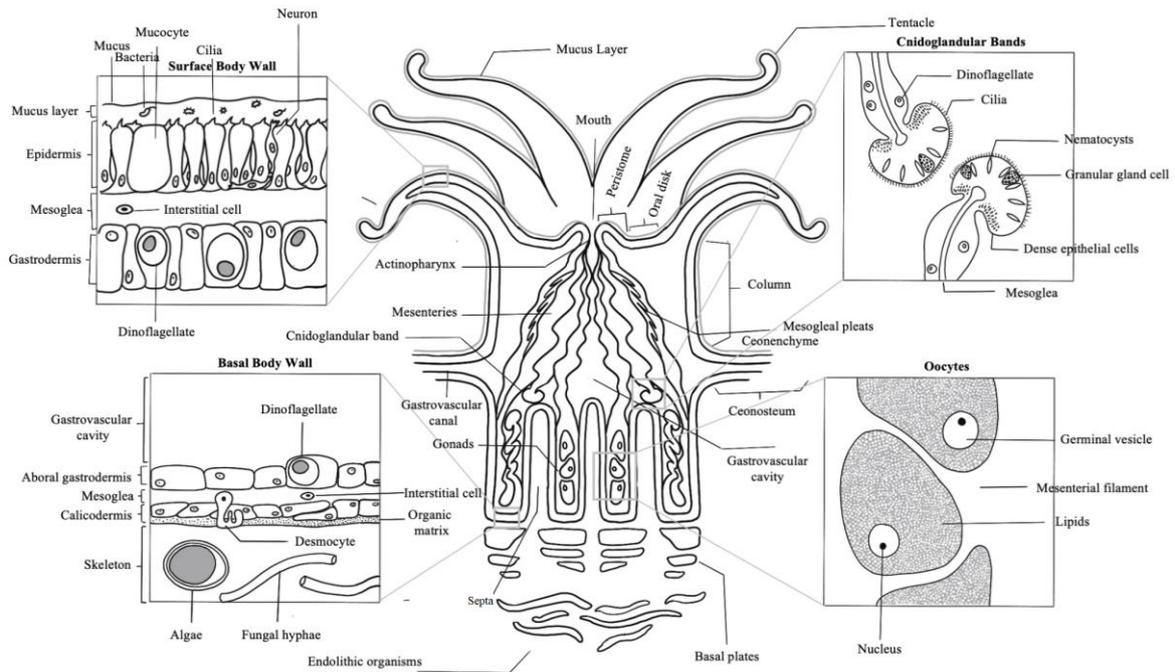


Figura 3. Morfología externa e interna de un pólipo de coral.

Fuente: (Murphy-McDonald; NOAA, 2023.).

6.2.2. SIMBIOSIS CORAL-ZOOXANTELA.

La relación simbiótica mutualista que mantienen los corales hermatípicos con las zooxantelas es fundamental para la supervivencia y el crecimiento de los corales. Por un lado, las zooxantelas viven protegidas en los tejidos del coral y aprovechando los nutrientes que éste le brinda para su crecimiento (nitrógeno y fósforo), en forma de desechos metabólicos (Rivera, 2019), por otro lado, las zooxantelas realizan la fotosíntesis, convirtiendo la energía solar en energía química utilizable, proporcionándole al coral una fuente constante de nutrientes y productos de desecho, como azúcares, aminoácidos y oxígeno (J. Cortés et al., 2016); y al mismo tiempo confiriéndole su color característico (Díaz, 2019).

6.2.3. ALIMENTACIÓN

Los corales se alimentan de una combinación de diferentes fuentes de nutrientes; no son grandes depredadores ya que obtienen la mayor parte de su energía a través de una relación simbiótica con las zooxantelas que viven en sus tejidos, no obstante corales también pueden capturar partículas de alimento suspendidas en el agua, como plancton y materia orgánica en descomposición. Los pólipos tienen tentáculos que contienen células urticantes llamadas cnidocitos. Estos cnidocitos pueden disparar pequeñas estructuras llamadas nematocistos que atrapan y paralizan a las presas. Una vez capturadas, las presas son llevadas hacia la boca del coral y se ingieren (Núñez, 2016).

6.2.4. POSICIÓN DE LOS CORALES EN LA CADENA TRÓFICA

En términos de la cadena trófica, son considerados consumidores primarios, ya que se alimentan de los productos de desecho y los nutrientes producidos por las zooxantelas. También pueden atrapar partículas de plancton y detritos suspendidos en el agua utilizando tentáculos especializados. A su vez, los corales también pueden ser presas para ciertos organismos. Algunos organismos como los peces, los erizos de mar y los caracoles pueden alimentarse de los tejidos del coral, aunque esto generalmente ocurre en situaciones de estrés o desequilibrio en el ecosistema del arrecife (Maldonado-Duran et al., 2021).

6.2.5. REPRODUCCIÓN Y CICLO DE VIDA

Son organismos coloniales, cada colonia está conformada por pólipos, mismos que se conectan entre sí por procesos metabólicos en los que se realiza el intercambio de nutrientes y productos de respiración, así también procesos fisiológicos como el crecimiento y reproducción (Santiago, J., & Rodríguez, A., Reproducción, reclutamiento y conectividad en corales: procesos esenciales para el mantenimiento de las comunidades coralinas. Tópicos sobre

ciencias biológicas. Universidad de Guadalajara, 11-32., 2016). En condiciones óptimas llegan a crecer hasta 1 cm anualmente (Vizcarra, 2008).

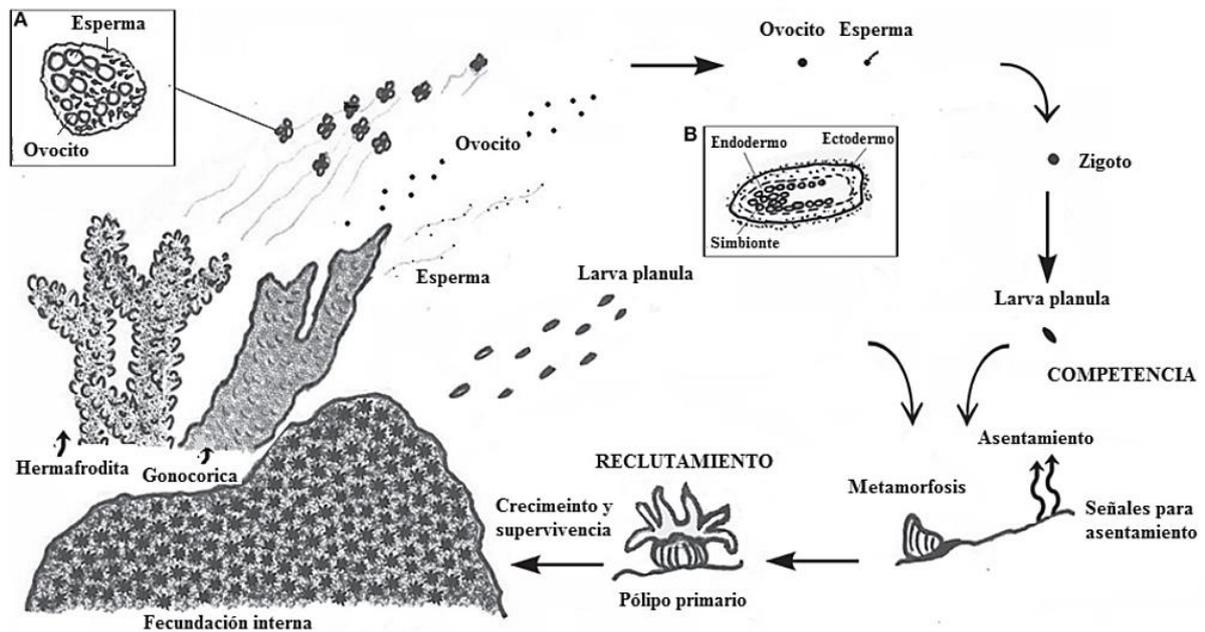


Figura 4. Reproducción y ciclo de vida de los corales hermatípicos. A) Paquete de gametos (ovocitos y espermias), desove de una colonia hermafrodita. B) Anatomía básica de una larva plánula.

Fuente: (Santiago, J., & Rodríguez, A., 2016).

En la reproducción sexual, siguen tres pasos para formar una colonia: precompetencia, competencia y reclutamiento. Estas fases inician con una colonia adulta sésil que libera gametos (larvas plánulas); seguido de la fase de competencia con la larva desarrollada que es transportada por las corrientes marinas; terminando con la fase de reclutamiento en la que se asienta la larva en el sustrato y completa la metamorfosis para convertirse en pólipo primario que le dará paso a la reproducción asexual por gemación hasta formar una colonia adulta y madura (Santiago, J., & Rodríguez, A., Reproducción, reclutamiento y conectividad en corales: procesos esenciales para el mantenimiento de las comunidades coralinas. Tópicos sobre ciencias biológicas. Universidad de Guadalajara, 11-32., 2016).

En la asexual el coral se reproduce por fragmentación, ocurre cuando una parte de una colonia se rompe o se divide. Los fragmentos resultantes pueden establecerse y crecer como

nuevos corales independientes. Otra forma de reproducción asexual es la gemación; durante ésta, el coral desarrolla pequeños brotes o yemas que se separan del pólipo parental y crecen para formar nuevos pólipos independientes (León, 2019).

6.2.6. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Los corales hermatípicos son sensibles a diversos parámetros fisicoquímicos del agua que los rodea, siendo cruciales para su crecimiento y salud, pudiendo influir en su capacidad de construir y mantener su esqueleto de carbonato de calcio, en la siguiente tabla, se mencionan algunos de estos parámetros más relevantes (Cuartas et al., 2014):

Tabla 1. Parámetros más relevante necesarios para el crecimiento de los corales hermatípicos.

Parámetro	Descripción
Temperatura	Valores demasiado altos o bajos pueden causar estrés y llevar al blanqueamiento y muerte de este. Rangos entre 23 °C y 28 °C son idóneos.
pH	Afecta disponibilidad de iones de carbonato, fundamentales para la formación del esqueleto de los corales duros. Rangos de entre 7.8 y 8.5 son idóneos.
Profundidad	Afecta la recepción de la luz solar. Rangos de profundidad entre 0 m y 30 m son idóneos.
Oxígeno disuelto	es esencial para los procesos metabólicos de los corales duros, en general, requieren niveles de oxígeno disuelto entre 4 y 8 mg/L
Transparencia	está relacionada con la claridad o turbidez del agua y afecta la penetración de la luz solar. Aguas claras y con baja turbidez son idóneas.

Fuente: (Cuartas et al., 2014)

6.3. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA)

LIBRO VI ANEXO 1: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA.

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional (MAE, 2016).

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Tabla 2. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible Agua marina y de estuario
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrogeno	pH		6, 5-9, 5

Fuente: (MAE, 2016)

Tabla 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible Agua marina y de estuario
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3

Fuente: (MAE, 2016)

6.4. IMPACTOS Y AMENAZAS A LOS ECOSISTEMAS ARRECIFALES CORALINOS

Está claro que los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas más importantes del mundo. Sin embargo, estos ecosistemas enfrentan una serie de amenazas e impactos, tanto de fuentes naturales como de actividades humanas, entre las principales: Cambio climático, Contaminación, Sobrepesca, Turismo y Perturbaciones físicas (Reef Resilience Network, 2023).

El reporte de Arrecifes en riesgo del Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés) estima que el 60% las estructuras arrecifales del mundo se encuentran amenazadas por distintas actividades humanas. Así mismo, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) muestra que el 36% de las especies arrecifales estudiadas se encuentran amenazadas (UICN, 2022).

6.4.1. CRONOLOGÍA DE LOS PRINCIPALES IMPACTOS A LOS ARRECIFES CORALINOS

Tabla 4. Cronología de los principales impactos producidos a los arrecifes de coral.

Impacto	Año	Descripción	Bibliografía
Degradación severa del ecosistema y blanqueamiento	1982-1983	Fenómeno de El Niño, causó un aumento de las temperaturas del agua en el Pacífico tropical y el Caribe, provocando blanqueamiento masivo de corales y la muerte de gran cantidad de ellos.	(Glynn, Historia de la investigación de los arrecifes de coral del Pacífico, 2017)
Blanqueamiento	1997-1998	Fenómeno del niño desde la costa norte hasta la costa sur	(Escobar et al., 2001)
Hotspot Oceánico Térmico (TOHS)	2005	El huracán Katrina, uno de los huracanes más destructivos de la historia, azotó la costa del Golfo de México, incluyendo los arrecifes de coral de Florida y el Caribe.	(J-L.Siméon, 2013)

Fragmentación de corales, blanqueamiento y pérdida de diversidad	2010	El fenómeno de La Niña de 2010 causó una serie de tormentas tropicales y huracanes en el Caribe, lo que resultó en daños significativos en los arrecifes de coral de la región.	(Camacho et al., 2015)
Blanqueamiento masivo global	2015 - 2016	Las altas temperaturas del agua causaron una alta mortalidad de corales principalmente en la Gran Barrera de Coral en Australia y los arrecifes del Caribe.	(Barraza, 2023)

Fuente: Reyes-Coronel, 2023.

6.5. FENÓMENO DE EL NIÑO (ENOS)

El Niño se refiere a un ciclo climático causado por la interacción entre el océano y la atmósfera, que se manifiesta por medio de los cambios en el comportamiento de las corrientes oceánicas, patrones de viento y la distribución de la temperatura y las precipitaciones (Meteorology, 2016).

Los eventos de calentamiento han causado grandes pérdidas de arrecifes coralinos en todo el Pacífico Oriental Tropical. En Ecuador en los años 1982-83 la elevada temperatura del mar ocasionó la muerte y erosión del 95-99% de la cobertura coralina a lo largo del marco del arrecife, presentando uno de los casos de degradación más severa registrada no solo en las Islas Galápagos, sino también en las zonas costeras de Los Frailes, Cabuya, Isla de la Plata y Machalilla (Glynn, Historia de la investigación de los arrecifes de coral del Pacífico, 2017).

6.6. BIOINDICADORES DE SALUD ARRECIFAL

Los indicadores de salud de arrecifes son un conjunto de medidas que permiten evaluar la salud de los arrecifes de coral. Estos indicadores se basan en la evaluación de grupos focales de organismos que habitan en los arrecifes y permiten conocer el estado de salud de estos. Estos

indicadores pueden variar según los objetivos específicos del monitoreo y la disponibilidad de datos (Hernández Fernández, 2021). Algunos indicadores más comunes de la salud del arrecife son:

- **Cobertura del coral vivo:** una alta cobertura de coral vivo generalmente indica un arrecife saludable, mientras que una baja cobertura puede indicar estrés o deterioro del ecosistema.
- **Diversidad de especies de coral:** la diversidad de especies de coral presente en un arrecife es un indicador importante de la salud y la resiliencia del ecosistema.
- **Biomasa de vida marina:** la abundancia y diversidad de peces y otras especies marinas en un arrecife son indicadores de su salud en especial de aquellas que cumplen roles fundamentales en estos ecosistemas.
- **Estructura del hábitat:** la estructura física del arrecife, como la complejidad y diversidad de las formas coralinas, es un indicador de su salud (Caballero & Díaz, 2015).

6.6.1. SALUD ARRECIFAL POR BIOMASA DE VIDA MARINA

6.6.1.1. PECES

La presencia y abundancia de peces puede reflejar la calidad del hábitat y la disponibilidad de alimento debido a su relación estrecha con el ecosistema y su respuesta a los cambios ambientales. Por ejemplo, una disminución en la abundancia de peces herbívoros puede ser indicativa de la sobrepesca o la alteración del hábitat y repercutiría en el crecimiento excesivo de algas en el arrecife (Gonzabay, 2019). Otro ejemplo sería el de los peces loro, quienes desempeñan un rol clave para la supervivencia de los corales, ya que eliminan las algas que les quitan oxígeno y luz, la supervivencia del uno depende del otro (Praeli, 2018). A continuación se presenta una lista de especies indicadoras según Reef Check (tabla 5).

Tabla 5. Lista de peces indicadores de la salud arrecifal propuestos en la Guía Reef Check para el Pacífico Oriental Tropical (POT).

Peces	
<p>Mariposas (Todas las especies) Chaetodontidae Indicador de sobrepesca para acuarios</p>	<p>Morenas (Todas las especies) Muraenidae Indicador de sobrepesca. Depredadores importantes</p>
<p>Roncadores (Todas las especies) Haemulidae Indicador de sobrepesca</p>	<p>Meros y Cabrillas (Todas las especies) 30 cm Serranidae Indicador de sobrepesca. Depredadores importantes</p>
<p>Pargos (Todas las especies) Lutjanidae Indicador de sobrepesca</p>	<p>Vieja de la Piedra (<i>Bodianus diplotaenia</i>) Labridae Indicador de sobrepesca y comercio de pesca para acuarios. Importantes limpiadores</p>
<p>Pez Loro (Todas las especies) 20 cm Scaridae Indicador de sobrepesca. Herbívoros importantes</p>	<p>Angel Rey (<i>Holacanthus passer</i>) Pomacanthidae Indicador de comercio de pesca para acuarios</p>

Fuente: (Sánchez Godínez et al., 2011).

6.6.2. EQUINODERMOS

Según el Instituto de ecología (2022) menciona que los equinodermos si bien controlan el crecimiento de las algas en los arrecifes, a su vez mantienen a los corales desahogados y les permiten alimentarse de las diferentes partículas orgánicas que se encuentra en los diferentes viajes de las corrientes marinas. En cuanto a, los erizos de mar tienen un papel significativo en su hábitat ya que son grandes bioerosionadores de las bases calcáreas que desisten los corales y por tanto son capaces de perturbar el ambiente en que habitan, además, fungen a modo consumidores primarios en los ambientes marinos al alimentarse de algas, así mismo, el sitio que dejan debido al forrajeo es reutilizado por demás organismos, por ejemplo corales, para su establecimiento (Fernanda Ramos, 2022). Sin embargo, un aumento excesivo de erizos de mar

puede indicar una disminución en la disponibilidad de algas o un desequilibrio en la comunidad (Rosales, 2015). A continuación, se presenta una lista de especies indicadoras según Reef Check (tabla 6).

Tabla 6. Lista de equinodermos indicadores de la salud arrecifal propuestos en la Guía Reef Check para el Pacífico Oriental Tropical (POT).

Equinodermos	
Estrella azul (<i>Phataria unifascialis</i>) Asteroidea Abundante y fácil de observar	Pepinos de Mar (Todas las especies) Holothuroidea Indicador de sobrepesca
Pepinos de Mar (Todas las especies) Holothuroidea Indicador de sobrepesca	Erizo Negro (<i>Diadema mexicanum</i>) Echinoidea Indicador de enfermedades, sobrepesca o depredadores. Herbívoro importante
Erizo Negro (<i>Diadema mexicanum</i>) Echinoidea Indicador de enfermedades, sobrepesca o depredadores. Herbívoro importante	Erizo colector (<i>Tripneustes o Toxopneustes</i>) Echinoidea Indicador de sobrepesca. Herbívoro importante
Estrella Corona de Espinas (<i>Acanthaster planci</i>) Asteroidea Depredador de coral	Estrella Corona de Espinas (<i>Acanthaster planci</i>) Asteroidea Depredador de coral

Fuente: (Sánchez Godínez et al., 2011).

6.7. CORALES HERMATÍPICOS EN ECUADOR

En las costas ecuatorianas se encuentran formaciones rocosas con parches de coral hermatípico, donde se encuentra una gran diversidad de especies, las más importantes están ubicadas en las Islas Galápagos, Parque Nacional Machalilla y en la Isla de la Plata (Reina, 2015).

En cuanto a los estudios realizados sobre corales hermatípicos en Ecuador, existen varias investigaciones y monitoreos llevados a cabo por instituciones académicas,

gubernamentales y organizaciones no gubernamentales. En un estudio realizado en la Isla San Cristóbal - Galápagos, (Pita & Vidarte, 2011) registraron especies de corales y otros organismos que forman parte de los arrecifes; (Constante & Torres, 2010) realizaron una base de datos del ecosistema coralino de la Isla Salango, la cual junto con índices de diversidad, permitirán conocer los cambios en el entorno a largo plazo. Así mismo, (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016) indica que en el Ecuador no hay grandes extensiones de arrecifes coralinos como las de Australia u otras del mar Caribe. Más bien, en la Costa los arrecifes son del tipo rocoso, con pocos parches de coral, mientras en las Galápagos las formaciones coralinas son incipientes. En la Costa, estos arrecifes rocosos son relativamente pequeños y tienen fuertes pendientes en lugares como las costas expuestas, pero en las costas protegidas y semi-protegidas son más extensos y pueden alcanzar profundidades de hasta 25 metros.

6.8. RESERVA MARINA “EL PELADO” (REMAPE)

La Reserva Marina El Pelado se encuentra ubicada en la provincia de Santa Elena, esta incluye y protege el islote El Pelado, el mar que está a su alrededor y la línea costera que se encuentra entre las poblaciones de Valdivia, San Pedro y Palmar. El islote es un área de anidación para diversas especies de aves marinas como pelícanos, piqueros patas azules y fragatas. sin embargo, el recurso más significativo en la REMAPE son los bajos rocosos que se encuentran bordeando este islote, puesto que a estos lugares visitan una gran variedad de peces e invertebrados, entre las que se encuentran las estrellas, corales, anémonas, entre otros (MAE, 2015).

6.8.1. CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS EN LA REMAPE.

La REMAPE se encuentra dentro del rango de las oscilaciones estacionales del Pacífico Oriental del frente ecuatorial, que separa el Flujo de Panamá, que fluye hacia el sur, y la

Corriente de Perú, que fluye hacia el norte. La reserva también está bajo la influencia de la corriente anual de El Niño, que fluye hacia el sur y se origina como la rama occidental del giro de Panamá Bight (Glynn, 2003, basado en Fiedler, 1992 y Strub et al., 1998). En 2015 la temperatura media anual del agua fue de 26,5 °C en la superficie y de 22,4 °C a 30 m de profundidad (S. Sonnenholzner, datos no publicados). Las amplitudes de las mareas alcanzan los 2,3 m (Steiner, Lavorato, & Rodriguez, 2016).

6.8.2. ENTORNO GEOGRÁFICO DEL ISLOTE “EL PELADO”

Steiner, Lavorato, & Rodriguez, (2016) indican que el islote “El Pelado” está rodeado por cuatro zonas distintas (montículos) que oscilan entre profundidades mínimas de 0 - 15 m. Los montículos están compuestos por sustratos rocosos estratificados y rodeados de sedimentos blandos. Las formaciones rocosas se extienden hasta 25 m de profundidad máxima aproximadamente. Se ha informado de hasta 10 puntos de inmersión alrededor del Islote (Figura 5), muchos de los cuales se equiparán a arrecifes separados o "bajos".



Figura 5. Islote El Pelado.

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2015.

6.8.3. TIPOS DE SUSTRATO-HÁBITAT

Las comunidades bentónicas de El Pelado están conformadas por una topografía rocosa más que por presencia de grandes invertebrados sésiles (Steiner, Lavorato, & Rodriguez, 2016), sin embargo, un aspecto ecológico fundamental de los arrecifes rocosos que lo rodean es la ausencia de roca desnuda, en mayor porcentaje están cubiertas por diversos grupos de algas y/o invertebrados.

Hasta el momento se han descrito tres categorías principales de sustrato-hábitat basadas en la morfología del sustrato y de organismos sésiles, que se denominan zonas Balanomorfa, Pasto marino y Muricea. Entre 1-10 m de profundidad con exposición de a una alta turbulencia y oleaje habituales en El Pelado, organismos pequeños, como el balanomorfo incrustante, han colonizado extensas zonas creando revestimiento calcáreo. Las carillas calcáreas parecen particularmente "limpias", debido que en las inmediaciones se encuentra agregaciones del erizo de mar *Diadema mexicanum*, herbívoro nocturno, mientras que los pastos marinos de algas filamentosas son comunes en ausencia de estos. Los arrecifes de coral, otro tipo de sustrato duro secundario, están ausentes en El Pelado. Dentro de la zona de Balanomorfa, se encuentran grupos dispersos de *Pocillopora spp.* en laderas orientales del islote y en los montículos rocosos vecinos situados al noroeste y suroeste. Las formaciones más extensas se encuentran en los sitios 5 (Rabo del Viejo) y 7 (Zona protegida).

En los bajos de la PEP no se encuentran agregaciones de *D. mexicanum* a profundidades mayores de siete metros, por lo que es común encontrar planos homogéneos de céspedes de algas filamentosas que comienzan desde el límite inferior de distribución de tales agregaciones y se extienden hasta profundidades de hasta 12 m aproximadamente. En este tipo de hábitat los grandes invertebrados sésiles son poco comunes, apuntado a limitaciones de asentamiento para las larvas de invertebrados sésiles en este tipo de hábitat. Por otro lado, las laderas orientadas

hacia el este entre 10 y 25 m de profundidad eran estructuralmente más heterogéneas. Las alcionáceas son el grupo más conspicuo de este fondo marino. Como resultado de la complejidad estructural, los organismos esciáfilos se encuentran condiciones adecuadas para asentarse. En el extremo menos profundo de esta zona es donde se encontraron más *Spondylus*, lo que posiblemente indica un hábitat preferente.

6.8.4. USO DE LOS RECURSOS EN LA ZONA

Ayangue es el principal punto de acceso a la REMAPE para la creciente industria del buceo recreativo (Cardenas & Triviño, 2013) en la zona. Hasta la fecha, el snorkel y las excursiones turísticas son las actividades turísticas más comunes que tienen impactos modestos de las comunidades bentónicas. Sin embargo, el número de buceadores SCUBA y el potencial de impactos directos (rotura de corales pétreos) está aumentando. Para minimizar los daños causados por las anclas a las comunidades bentónicas, se han instalado boyas permanentes en los lugares de buceo más populares que rodean el "Islote El Pelado" (Steiner, Lavorato, & Rodriguez, 2016).

Otra actividad turística actual está representada por las excursiones de avistamiento de ballenas, que llevan a los turistas a observar la especie *Megaptera novaeangliae* en la temporada de ballenas (de junio a finales de septiembre). Esta actividad comenzó en los últimos 10 años y está aportando beneficios económicos a la comunidad de Ayangue.

Con el cese de la pesca de arrastre a escala industrial en 2012 (De la Roche, 2015), las prácticas pesqueras se concentran en torno a la pesca artesanal con sedal, la pesca con redes de cerco a lo largo de las costas arenosas, el arponeo con compresor y la recolección en zonas con sustrato rocoso. A pesar de la normativa que limita las actividades pesqueras en el REMAPE, la aplicación y el cumplimiento parecen laxos, ya que a diario se observan diversas prácticas pesqueras.

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1.ÁREA DE ESTUDIO

UBICACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO

El Islote “El Pelado” está situado a 6950,11 m de la costa, cerca de las localidades de San Pedro y Ayangue en la Reserva Marina El Pelado (REMAPE) en la costa ecuatoriana de la provincia de Santa Elena, Ecuador. Se monitorearon 2 bajos (arrecifes rocosos) – “El Acuario” y “Rabo del Viejo” (Figura 5) (Steiner, Lavorato, & Rodriguez, 2016).

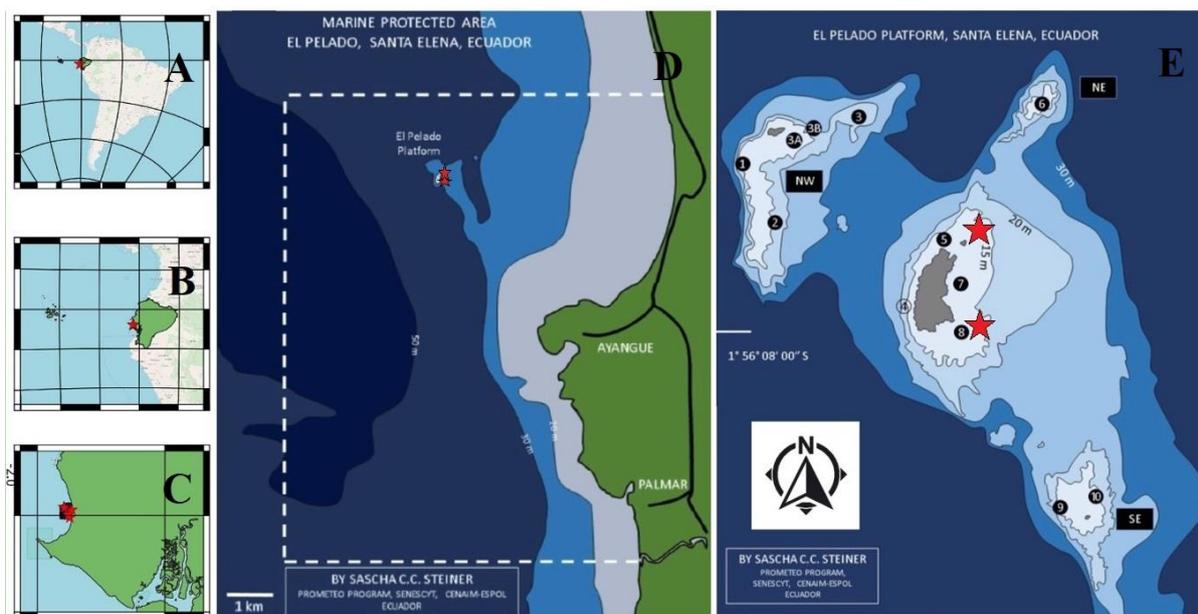


Figura 6. Ubicación geográfica del área de estudio. A, B, C: Representación de ubicación del área de estudio a nivel sudamericano, de país y a nivel de provincia respectivamente. D: Ubicación a nivel de la Reserva Marina “El Pelado”. E: Representación de los bajos que conforman la “Plataforma El Pelado”, los bajos de estudio se encuentran marcados con una estrella roja correspondiente a los puntos: 5 - “Rabo del Viejo” y 8 - “El Acuario”.

Fuente: (Steiner, Lavorato, & Rodriguez, 2016), modificado por: Reyes-Coronel, 2023.

LOCALIZACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO

La localización geográfica de las áreas de estudio ubicadas en la Plataforma El Pelado (PEP) de la Reserva Marina El Pelado presentan las siguientes coordenadas (tabla 3):

Tabla 7. Localización de áreas de estudio en la PEP, con coordenadas y nombres comunes.

Nombre común	Respecto al islote	Coordenadas
Bajo “El Acuario”	Sur del Islote	1°56'10.20''S 80°47'20.12''W
Bajo “Rabo del Viejo”	Norte del Islote	1°56'00.59''S 80°47'19.35''W

Fuente: Reyes-Coronel, 2023.

La selección de los arrecifes fue precedida por los siguientes criterios: Cercanía al Islote “El Pelado”, profundidad máxima de 16 m, sustrato rocoso, presencia de corales hermatípicos, facilidad de acceso (amarre) y seguridad de los buceadores. A continuación, se pueden observar los puntos de georreferenciación que delimitan el área de estudio, siguiendo los criterios de selección (Figura 7):



Figura 7. Coordenadas de georreferenciación de los dos bajos de estudio correspondientes a “El Acuario”: zona sur respecto al islote y “Rabo del Viejo”: zona norte respecto al islote.

Fuente: QGIS versión 3.26 Buenos Aires, (2023), modificado por: Reyes-Coronel, 2023.

Tabla 8. Coordenadas geográficas de delimitación de perímetro en las áreas de estudio: "El Acuario": zona sur respecto al islote y "Rabo del Viejo": zona norte respecto al islote.

Coordenadas	Bajo "El Acuario"	Bajo "Rabo del Viejo"
Punto 1	01°56.067' S 80°47.321'W	1°56'03.9"S 80°47'18.5"W
Punto 2	01°56.148' S 80°47.341'W	1°56'03.5"S 80°47'18.9"W
Punto 3	01°56.113' S 80°47.303'W	1°56'01.4"S 80°47'17.7"W
Punto 4	01°56.119' S 80°47.333'W	1°56'01.4"S 80°47'18.2"W

PERMISO DE INVESTIGACIÓN

Se obtuvo el permiso de investigación con N° de CODIGO: MAATE-ARSFC-2023-3179 emitido por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, autorizando la recolección de especímenes de la diversidad biológica sin fines comerciales para investigación científica.

7.2. METODOLOGÍAS DE MONITOREO

Para realizar monitoreo de campo con respecto a parámetros biológicos se utilizaron 3 metodologías como son Reef Check, NaGISA y fotomosaico, además, se utilizó la metodología de Parson & Strikland (1972) con la finalidad de monitorear y analizar los parámetros químicos con ayuda de expertos del Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP). Para esto se realizó un total de 28 salidas a los bajos "El Acuario" y "Rabo del Viejo" con una frecuencia de 3 monitoreos por semana, las metodologías aplicadas se realizaron mediante recorridos submarinos con equipo de buceo SCUBA, los días de investigación se coordinaron en función a las condiciones oceanográficas emitidas en los boletines del Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (INOCAR).

Las metodologías que se mencionan a continuación fueron adaptadas siguiendo las recomendaciones de Steiner, Lavorato, & Rodriguez, (2016): "Manual on documenting benthic

invertebrate communities from rocky environments in the Marine Reserve El Pelado, Santa Elena, Ecuador”. Los protocolos están diseñados para un mínimo de dos buceadores. Cada buzo, además del equipo básico para buceo en SCUBA, requiere de los materiales y equipos que se describen en cada metodología a continuación.

7.2.1. METODOLOGÍA REEF CHECK

Para la realización de los transectos se utilizó cabos de 5mm de diámetro con plomos de aproximadamente 34 g a cada 0.5 m y tiras plásticas de señalización a cada 1 m y 5 m de intervalos adaptando las recomendaciones de Steiner, Lavorato, & Rodriguez, (2016).

Todos los transectos fueron colocados perpendicularmente a la costa, mediante la delimitación del área de los bajos en “El Acuario” con un área aproximada de 20 m de ancho x 40 m de largo se estableció utilizar 8 transectos de 20 m de longitud colocados paralelamente uno de otro a cada 5 m, mientras que en el “El Rabo del Viejo” con un área aproximada de 15 m de ancho x 45 m de largo se estableció utilizar 9 transectos de 15 m de longitud colocados paralelamente uno de otro a cada 5 m.

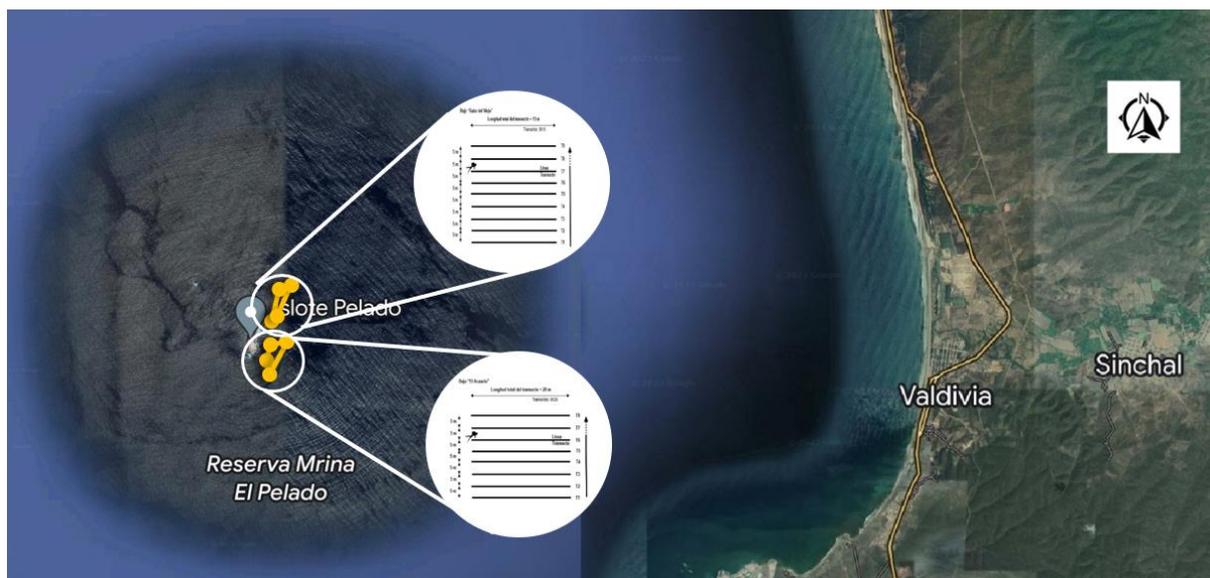


Figura 8. Esquemización de orientación de transectos, perpendicularmente con respecto a la costa para ambos bajos: “El Acuario”: zona sur respecto al islote y “Rabo del Viejo”: zona norte respecto al islote.

Fuente: Google maps (2023), modificado por Reyes-Coronel, 2023.

En primer lugar, para la evaluación de la salud de los parches arrecifales coralinos en los bajos de estudio, se aplicó la Guía Reef Check para Monitoreo de Arrecifes de Coral (Hodgson, y otros, 2006), este protocolo se ajustó y modificó con el objetivo de documentar únicamente peces (inicio de monitoreo) y equinodermos, para ello se realizó un total de 11 monitoreos a cada bajo de estudio con una frecuencia de 3 salidas por semana.

El protocolo Reef Check utiliza un área de monitoreo de 5 m de ancho a lo largo del transecto, es decir 2.5 m a cada lado del transecto (Fig. 9), y en el caso de monitoreo de peces, también se monitorea a 5 m de alto de esta área.

7.2.1.1. PECES

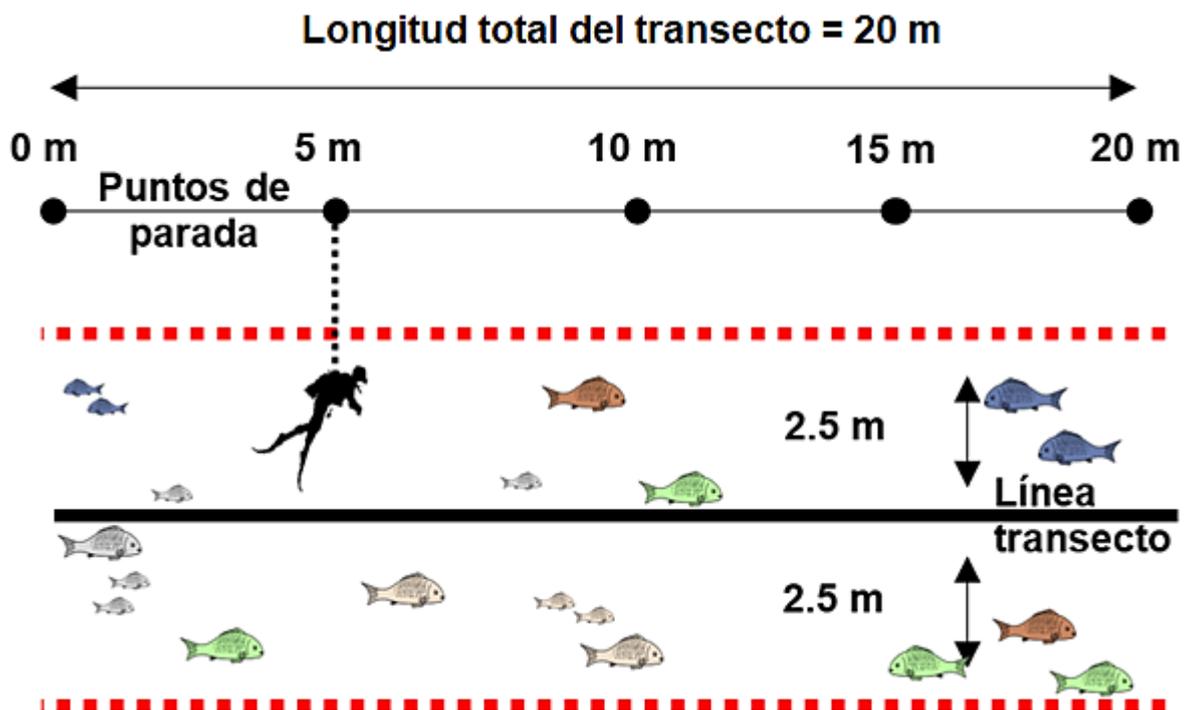


Figura 9. Esquematización de método de monitoreo Reef Check, 2,5m a cada lado del transecto monitoreando así un ancho de 5 metros y puntos de parada para el registro de los peces a lo largo del transecto.

Fuente: Reyes-Coronel, 2023.

El muestreo de peces es el primero que se realizó en cada jornada de monitoreo debido a que los peces pueden ser fácilmente molestados por los buzos. Los muestreos se realizaron entre las 9 y 10 am, en cada transecto monitoreó un solo buzo tomándose un tiempo estándar de 4 min por transecto, es decir, deteniéndose 1 min a cada 5 m (puntos de parada) con el fin de observar peces indicadores que se encuentran ocultos (Fig.9). Nota: se debe registrar los animales poco comunes observados como rayas, tiburones y tortugas.

7.2.1.2. EQUINODERMOS

Una vez completado el primer transecto de peces, consiguientemente se realiza el muestreo de equinodermos. Se recomienda la presencia de dos buzos de manera que cada uno sea encargado de buscar los invertebrados a cada lado del transecto en grietas o hendiduras del arrecife.

Además, durante este muestreo se utiliza la técnica de “S” (fig. 10). El transecto será recorrido de manera lenta (aprox. 4 min con ayuda de un compañero; aprox. 8 min sin ayuda) (Reff Check, 2004).

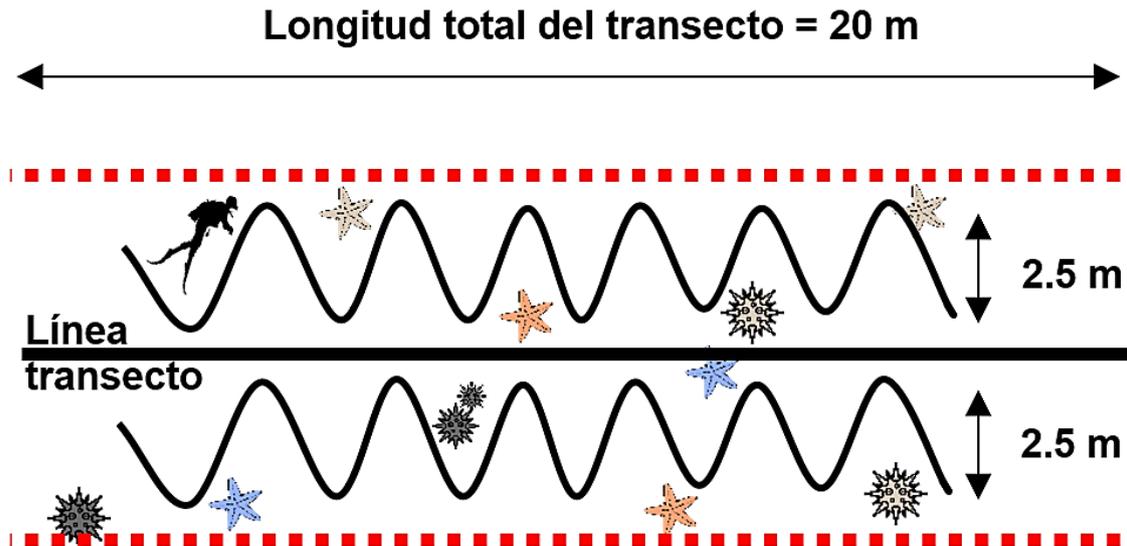


Figura 10. Muestreo en "S" utilizado para el conteo de equinodermos.

Fuente: Reyes-Coronel, 2023.

7.2.2. METODOLOGÍA NAGISA

Consiguientemente, en la misma salida donde se utiliza el monitoreo Reef Check, se aplicó posteriormente en cada bajo de estudio el Manual de Muestreo para Comunidades Costeras NaGISA (Miloslavich & Carbonini, 2010).

Haciendo uso de los transectos colocados anteriormente para el protocolo Reef Check; utilizando un cuadrante de dimensiones 1m x 1m, con hilos de separación de 10cm; y una cámara I RS HERO7 BLACK Número de serie: C3281325962805, se procedió a realizar foto-cuadrantes a cada 5 m de intervalo, alternando lados del transecto (Fig. 11). Con el fin de registrar la cobertura coralina hermatíptica y el tipo de sustrato predominante.

Los foto-cuadrantes se realizaron siguiendo las recomendaciones Steiner, Lavorato, & Rodriguez, (2016), con el fin de optimizar el tiempo de la toma de datos y conseguir una base de datos de mayor amplitud de la cobertura y sustrato en cada bajo.

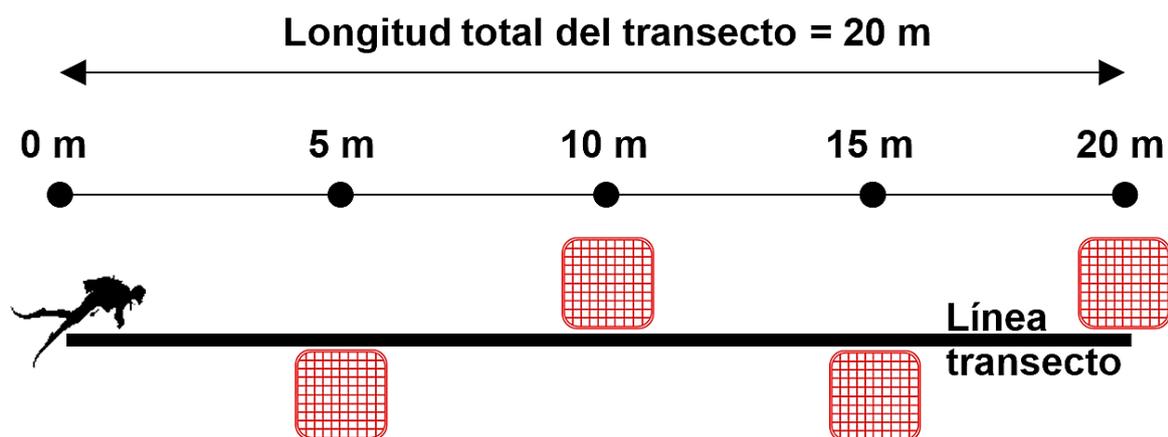


Figura 11. Esquematización de método de monitoreo siguiendo el manual de muestreo para comunidades costera NaGISA. Ubicación de cuadrantes a cada 5 m de intervalo e intercambiando lados a lo largo de la línea del transecto.

Fuente: Reyes-Coronel, 2023.

7.2.3. FOTOMOSAICO

Posteriormente, se elaboró un fotomosaico del fondo marino para cada bajo respectivo, siguiendo las recomendaciones de Cornejo Lascano & Ferreyros Marcos, (2010), para esta metodología se necesitó un total de 11 salidas de monitoreos, con una frecuencia de monitoreo de 3 veces por semana.

Utilizando un cuadrante de 1 m x 1 m con base de cámara I RS HERO7 BLACK Número de serie: C3281325962805, se colocó los transectos utilizados en las metodologías anteriores pero esta vez a 1 m sucesivamente paralelo el uno del otro hasta cubrir la totalidad del área delimitada para cada bajo: 44 transectos para el bajo “Rabo del viejo” y 39 transectos respectivamente para el bajo “El Acuario”. Se procedió a realizar las capturas fotográficas de un lado del transecto entre las cintas de señalización de 1 m consecutivamente hasta llegar al final del transecto, seguido a esto se realizó las capturas fotográficas del lado del transecto faltante, y consiguientemente a los siguientes transectos con el fin de capturar mediante el foto-

cuadrante la totalidad del bajo. Al momento de tomar las fotos es necesario mantener la misma orientación de las fotos en los distintos lados monitoreados, por ejemplo, debemos mantenernos monitoreando de 0 a 20 m o de 20 a 0 m según cómo hayamos empezado (Fig. 12).

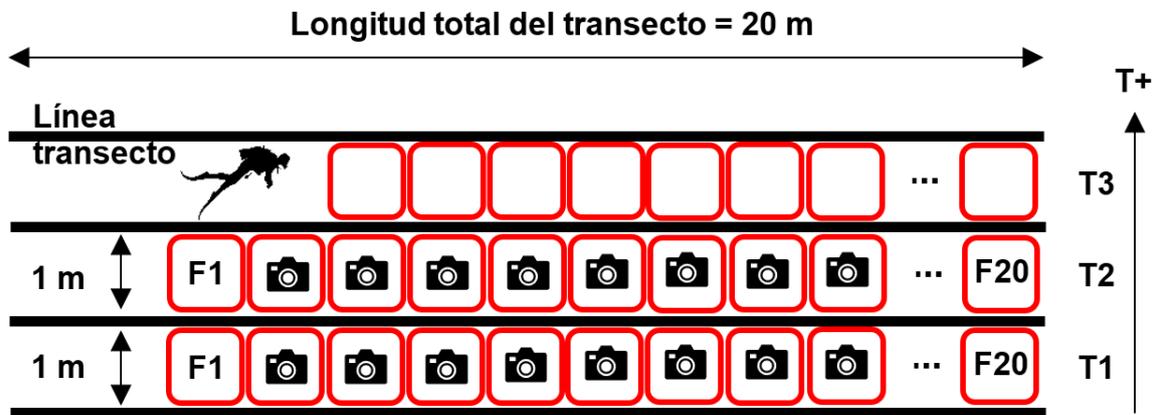


Figura 12. Representación gráfica de configuración utilizada para realización de fotomosaico.

Fuente: Reyes-Coronel, 2023.

7.2.4. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Finalmente en conjunto con el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP), se realizó el monitoreo de los parámetros físico-químicos (Temperatura, pH y oxígeno disuelto) en los bajos de estudio aplicando la metodología de (Parson & Strikland, 1972); modificado por Carpenter (1965). Se realizarón 6 salidas de monitoreo con una frecuencia de un monitoreo periódico semanal.

La medición de temperatura, pH y oxígeno disuelto en muestras de agua debe ser una labor realizada *in situ*, y no aplica por ello los procedimientos de almacenamiento o preservación (American Public Health Association, 2012).

Las muestras son obtenidas de las botellas Niskin de 5 L, en profundidades de 0 y 10 m. Cada botella es bajada a la profundidad deseada a mano, una a la vez. Posteriormente son sometidas a los distintos análisis que se describen a continuación.

7.2.4.1. PARÁMETROS FÍSICOS

7.2.4.1.1. TEMPERATURA

El multiparámetro portátil HQ40D está equipado con un sensor de temperatura interno, que utiliza materiales sensibles al calor, como termistores o termopares, al entrar en contacto con el líquido, el sensor detecta la temperatura y convierte esta información en una señal eléctrica proporcional que se procesa dentro del equipo y se muestra en la pantalla del dispositivo como el valor numérico correspondiente a la temperatura medida.

7.2.4.2. PARÁMETROS QUÍMICOS

7.2.4.2.1. PH: MÉTODO POTENCIOMÉTRICO PH (SM 4500-H+-B)

Este método se basa en la medición de la diferencia de potencial que existe entre dos electrodos, de los cuales uno de ellos es sensible a los iones hidrogeno y el otro es un electrodo de referencia. Se realizó la calibración del potenciómetro modelo Hach HQ 40D con buffer de pH 4, 7 y 10, luego se procedió a la lectura de las muestras, y posteriormente los valores fueron registrados en una base de datos.

7.2.4.2.2. OXÍGENO DISUELTO MÉTODO YODOMÉTRICO (SM 4500 O-B)

El oxígeno disuelto se obtuvo por medio de la metodología (Strickland & Parsons, 1972); modificado por Carpenter, (1965). Las muestras fueron tomadas, con ayuda de botellas winkler de 300 ml. esterilizadas, con la precaución necesaria para no dejar ninguna burbuja de oxígeno y obtener los mejores resultados.

Luego de tomar la muestra, se agregó 1.0 ml. de reactivo de sulfato manganoso (manganeso divalente) con una pipeta seguido por 1.0 ml. de solución de yoduro alcalino (álcali

fuerte). Luego se forma un precipitado que se asienta ligeramente en 2-3 min y se debe homogenizar para que el hidróxido manganeso-mangánico quede disperso uniformemente.

En el laboratorio de Oceanografía química del Instituto Público de Investigación Acuicultura y Pesca (IPIAP) se agregó 1.0 ml. de ácido sulfúrico (solución ácida) concentrado para liberar el oxígeno fijado. Luego de la liberación del O₂ mediante la acidificación, se transfirió 50,0 ml de solución a un matraz y se realizó de inmediato la valoración del yodo con una solución patrón estándar de 0.01 N de Thiosulfato de sodio.

7.2.5. ENTRADA DE DATOS

Después del censo, se pasará la información a una base de datos, luego se revisará y comprobará la exactitud de la transcripción. Se harán respaldos de los datos regularmente, y se guardará la información en un lugar seguro.

7.3. IDENTIFICACIÓN DE ORGANISMOS

7.3.1. IDENTIFICACIÓN DE PECES, EQUINODERMOS Y CORALES

Se realizó la identificación al nivel de taxón más bajo posible de las principales especies monitoreadas en los grupos de corales, peces y equinodermos mediante foto identificación utilizando las siguientes guías: Humann & DeLoach, (2003), Rivera & Martínez, (2021) y Hickman C., (1998, 2008).

7.4. ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA

7.4.1. COMPOSICIÓN DE ESPECIES.

La diversidad puede ser expresada cuantitativamente por medio de varios índices bióticos (Vargas Perez, 2009) entre los cuales tenemos: Riqueza específica (S) y Diversidad (H') de especies, así como la Equidad (J), la Dominancia (λ).

La diversidad de especies en cada sitio se estimó por medio del índice de Shannon-Wiener:

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{N_i}{N} \log \frac{N_i}{N}$$

El índice de Simpson se estimó utilizando:

$$\lambda = \sum_{i=1}^s \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

7.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se determinó la normalidad de los datos utilizando una prueba de Anderson-Darling y homocedasticidad mediante un test de Levene. La distribución de los datos para número de individuos, abundancia, parámetros físico-químicos, dominancia y diversidad, así como la distribución de la obertura coralina fue normal, por lo cual, para la comparación entre las mismas, se utilizó una prueba paramétrica de ANOVA de 1 vía tomando $p < 0.05$ como valor significativo y un test posterior de Tukey.

Para estudiar la correlación entre la diversidad de peces, equinodermos y cobertura coralina hermatípica se realizó un análisis de componentes principales (ACP) y un test no paramétrico de Spearman y las interpretaciones de los rangos absolutos obtenidos fueron consideradas en base a los rangos establecidos por Evans (1996) (Tabla 3).

Correlación de Spearman:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde:

r_s = Coeficiente de correlación por rangos de Spearman r

d = diferencia entre los rangos (X menos Y)

n = número de datos

Tabla 3. Rangos absolutos de la correlación de Spearman

	Rangos	Interpretación
0	0,19	Muy débil
0,20	0,39	Débil
0,40	0,59	Moderado
0,60	0,79	Fuerte
0,80	1	Muy fuerte

Fuente: Evans, 1996

Todas las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el programa MINITAB versión 19.0.

8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

8.1. IDENTIFICACIÓN DE PECES, EQUINODERMOS Y CORALES

Se realizó la identificación al nivel de taxón más bajo posible de las principales especies monitoreadas en los grupos de corales, peces y equinodermos mediante foto identificación utilizando las siguientes guías: Humann & DeLoach, (2003), Rivera & Martínez, (2021) y Hickman, (1998), Hickman, (2008) (Ver anexos: 1,2 y 3).

8.2. COBERTURA DE SUSTRATOS EN LOS SITIOS DE ESTUDIO

Se calculó el porcentaje de cobertura coralina hermatípica existente en los bajos a través del monitoreo de los diferentes tipos de sustratos y su cobertura utilizando la metodología de NaGISA. Para el bajo “Rabo del Viejo” los promedios por replicas y transectos arrojaron que la mayor cobertura de sustrato corresponde al sustrato de tipo Pasto marino (conocido también en inglés como Turf Zone según Steiner et al., 2016) con un 71,8 %, el segundo sustrato más

abundante corresponde al sustrato de tipo Pocillopora que presentó una cobertura del 9,2 %, el tercer lugar lo comparten el sustrato de tipo Arena y el sustrato de tipo Roca, con un porcentaje de cobertura del 6.3% y 6.2% respectivamente y consecutivamente en menor proporción de cobertura se encontraron los sustratos de tipo Muricea 4.0 %, Corales Fragmentados 1.5 % y por último el sustrato de tipo Balanomorfo 1.1% (Figura 13).

De igual manera, para el bajo “El Acuario”, la mayor cobertura de sustrato corresponde al sustrato de tipo Pasto marino con un 59,8 %, en segundo lugar, el sustrato más abundante corresponde al sustrato de tipo Roca presentando una cobertura del 14.40 %, en tercer lugar encontramos al sustrato de tipo Pocillopora, con un porcentaje de cobertura del 12.28 % y consecutivamente en menor proporción de cobertura se encontraron los sustratos de tipo Balanomorfo 3.12 %, Muricia 3.0 %, Arena 2.80 %, Pavona 2.76 % y por último el sustrato de tipo Balanomorfo 1.84% (Figura 14).

Cabe mencionar, que no hubo diferencias estadísticamente significativas para las estaciones de muestreo según ANOVA de una vía ($p < 0.5$) y test posterior de Tukey. Así mismo, comparativamente no hay diferencias significativas entre bajos (Figura 15).

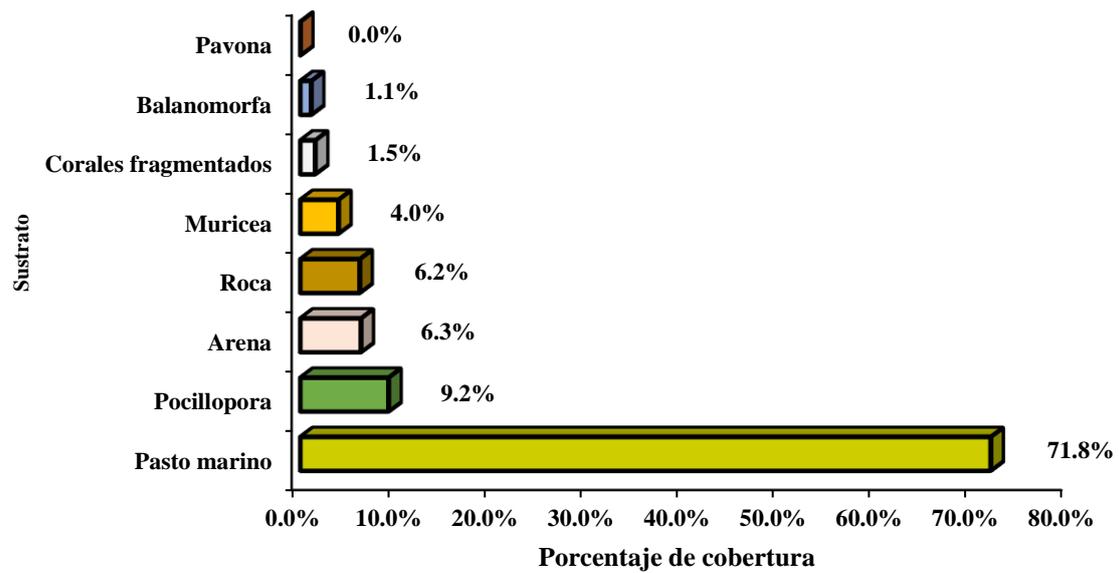


Figura 13. Valores promedio por porcentaje de cobertura de sustrato del bajo “Rabo del Viejo”. Todos los resultados obtenidos se presentan a manera de barras.

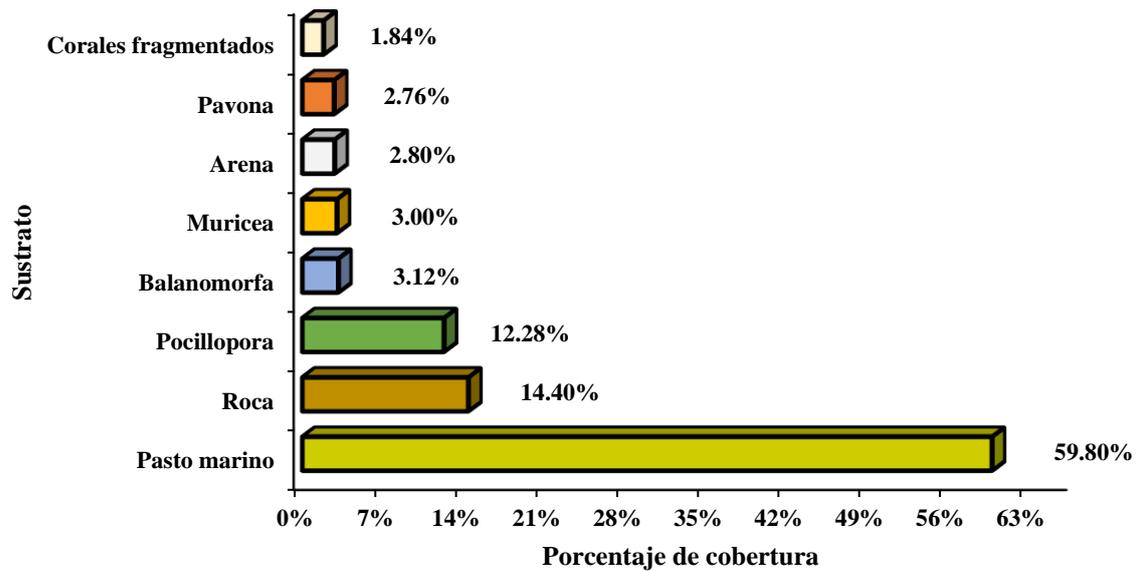


Figura 14. Valores promedio por porcentaje de cobertura coralina del bajo “El Acuario”. Todos los resultados obtenidos se presentan a manera de barras.

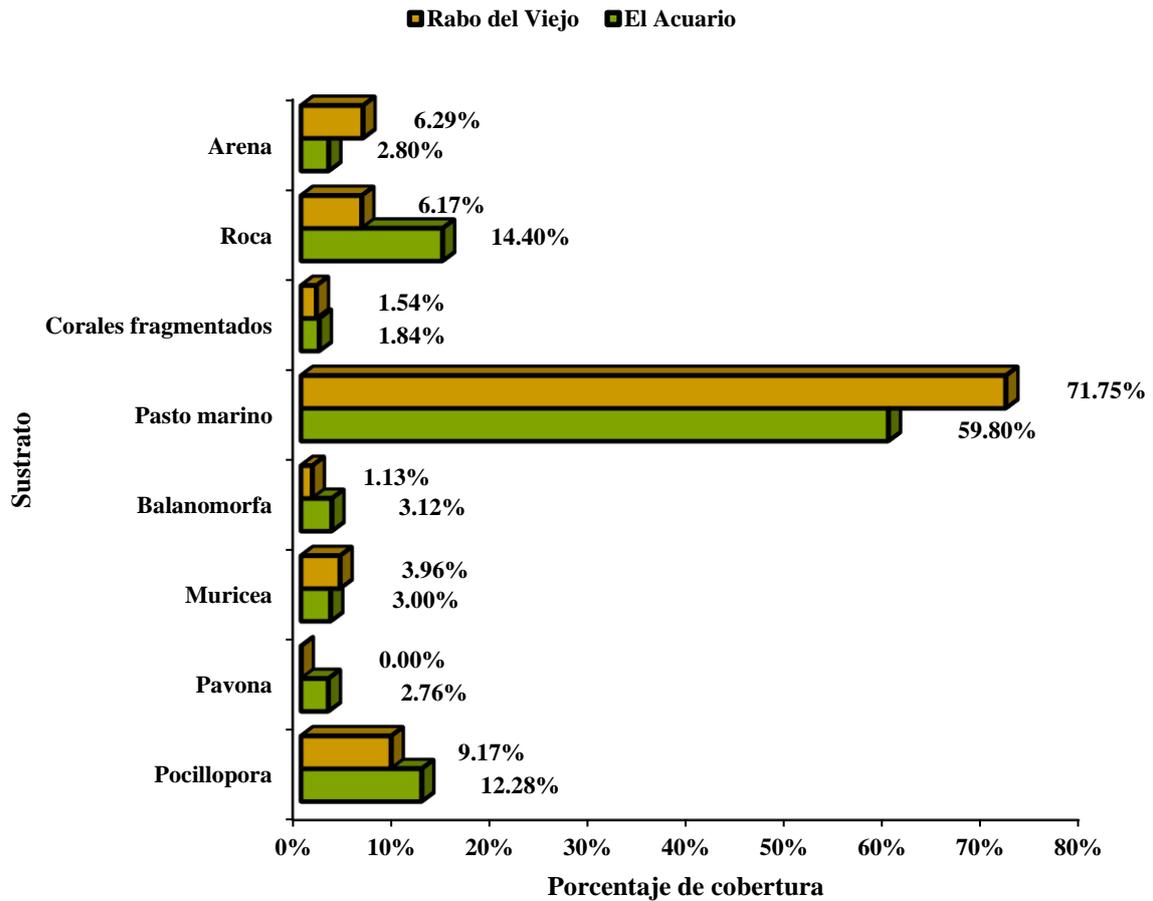


Figura 15. Valores promedios por porcentaje de cobertura coralina de las estaciones de bajo El Acuario (color verde) y bajo Rabo del viejo (color café). Todos los resultados obtenidos se presentan a manera de barras.

8.3. COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD.

Se tomaron en consideración solo los grupos de peces y equinodermos enlistados en la guía Reef Check para Monitoreos de Arrecifes de Coral: Adaptación del protocolo de monitoreo Reef Check para el Pacífico Oriental Tropical (Sánchez et al., 2011).

8.3.1. COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA

Para el bajo “Rabo del Viejo” se colectaron un total de 1908 individuos de peces, obteniendo un promedio diario de 174 individuos. Se registraron un total de 8 familias. Las familias que presentaron mayor abundancia fueron Chaetodontidae (36.37 %) y Haemulidae

(16.25 %), consecutivamente en menor proporción se encontraron a las familias Lutjanidae (4.82 %), Pomacanthidae (2.83 %) y, por último, como menos abundante, a la familia Muraenidae (0.58 %) (Figura 16).

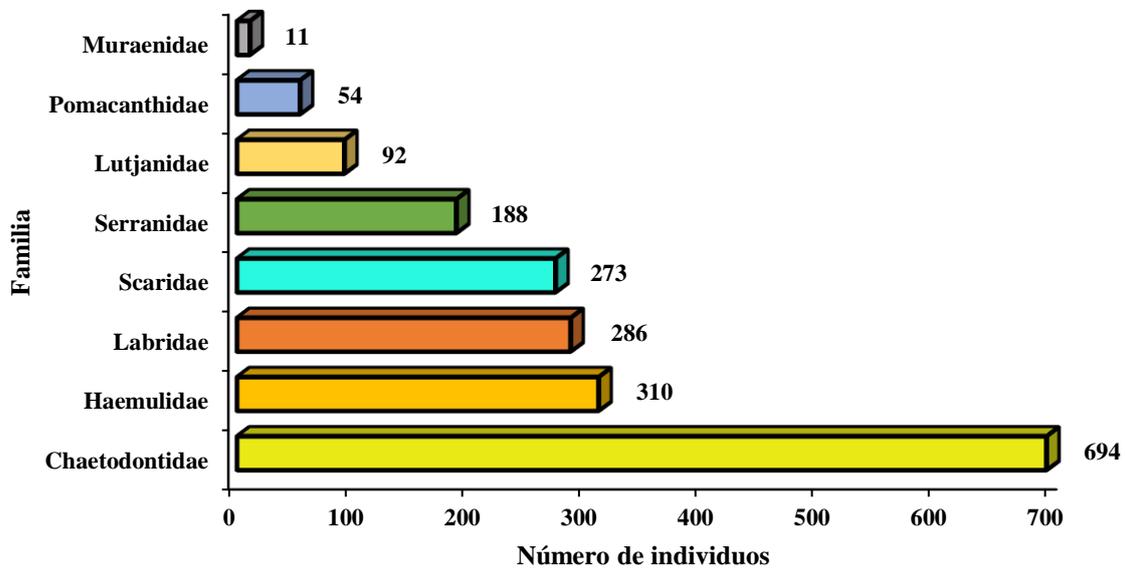


Figura 16. Abundancia absoluta de los peces registrados en el bajo Rabo del Viejo. Todos los resultados obtenidos se presentan a manera de barras y clasificados por familia.

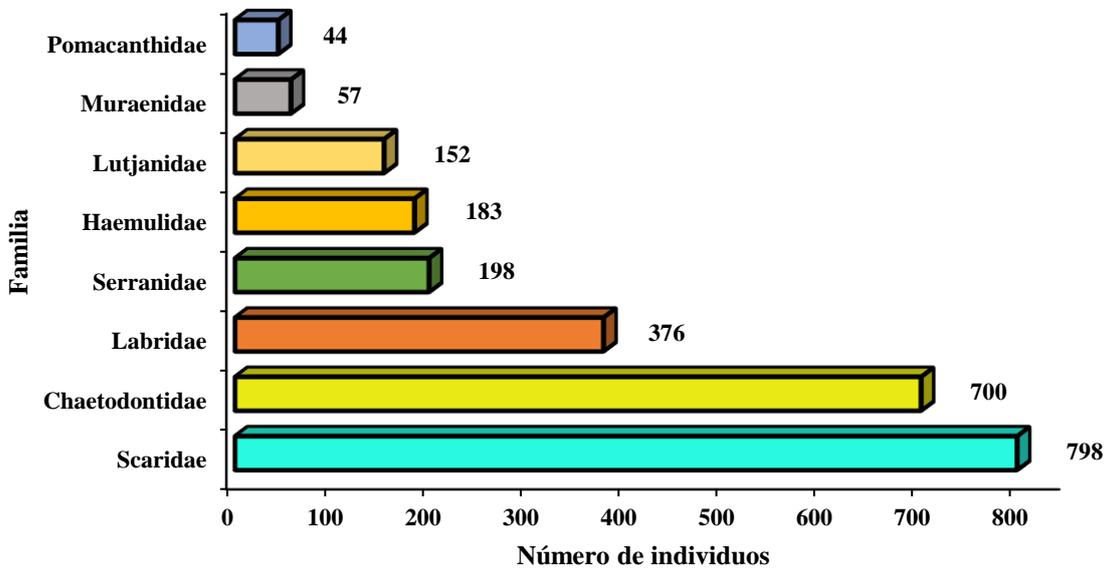


Figura 17. Abundancia absoluta de los peces registrados en el bajo El Acuario. Todos los resultados obtenidos se presentan a manera de barras y clasificados por familia.

Por otro lado, en el bajo “El Acuario” se contabilizaron un total de 2508 especímenes, obteniendo un promedio diario de 228 individuos. Cualitativamente se registraron un total de 8 familias. Entre las más abundantes se encuentran las familias Scaridae (31.82 %) y Chaetodontidae (27,91 %) en contraste con las familias menos abundantes como son Lutjanidae (6.06 %), Muraenidae (2.27 %) y, en último lugar, la familia Pomacanthidae (1.75 %) (Figura 17).

Para el bajo “Rabo del Viejo” se colectaron un total de 8882 equinodermos (individuos), obteniendo un promedio diario de 808 individuos, distribuidos en 8 especies de 6 familias. Se determinó a *Diadema mexicanum* (75.14 %) como la especie más abundante, seguido de *Eucidaris thouarsii* (12.33 %) contrario a *Toxopneustes roseus* (0.98 %), *Isostichopus fuscus* (0.16 %) y por último *Pentaceraster cumingi* (0.10 %) la cual es la especie que se presentó como la menos abundante (Figura 18).

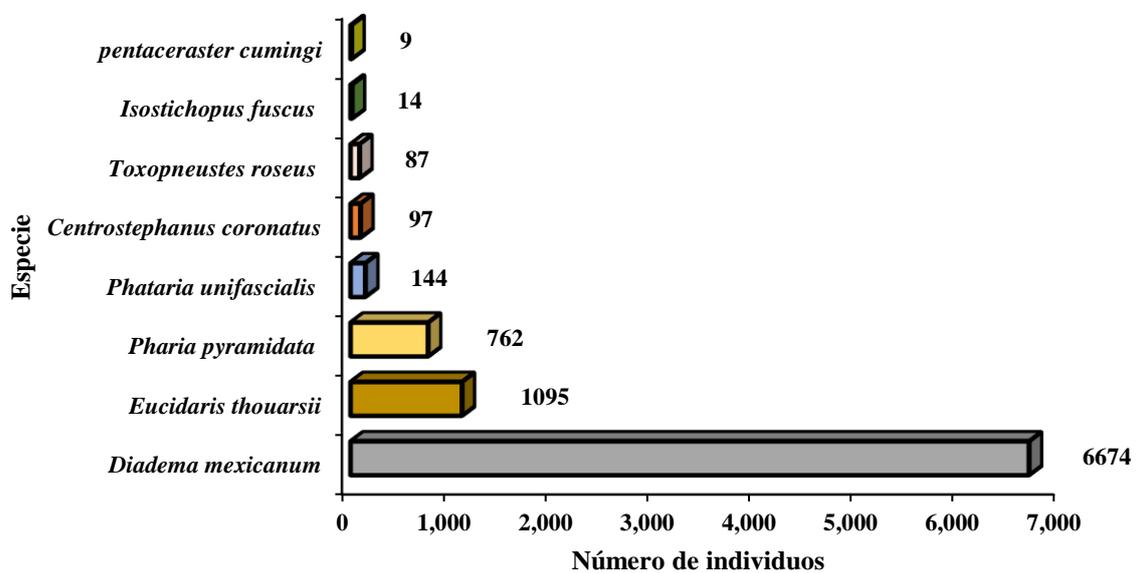


Figura 18. Abundancia absoluta de equinodermos registrados en el bajo “Rabo del Viejo. Todos los resultados obtenidos se presentan a manera de barras y clasificados por especie.

Por otro lado, en el bajo El Acuario se contabilizaron un total de 10714 individuos (equinodermos), obteniendo un promedio diario de 974 individuos, distribuidos en 8 especies de 6 familias respectivamente. Se encontró la mayor abundancia entre las especies *Diadema mexicanum* (79,66 %) y *Eucidaris thouarsii* (9.96 %), no así, entre las especies menos abundantes tenemos a *Pentaceraster cumingi* (0,38 %), *Isostichopus fuscus* (0.32 %) y por último *Toxopneustes roseus* (0.23 %) la cual es la especie que se presentó como la menos abundante (Figura 19).

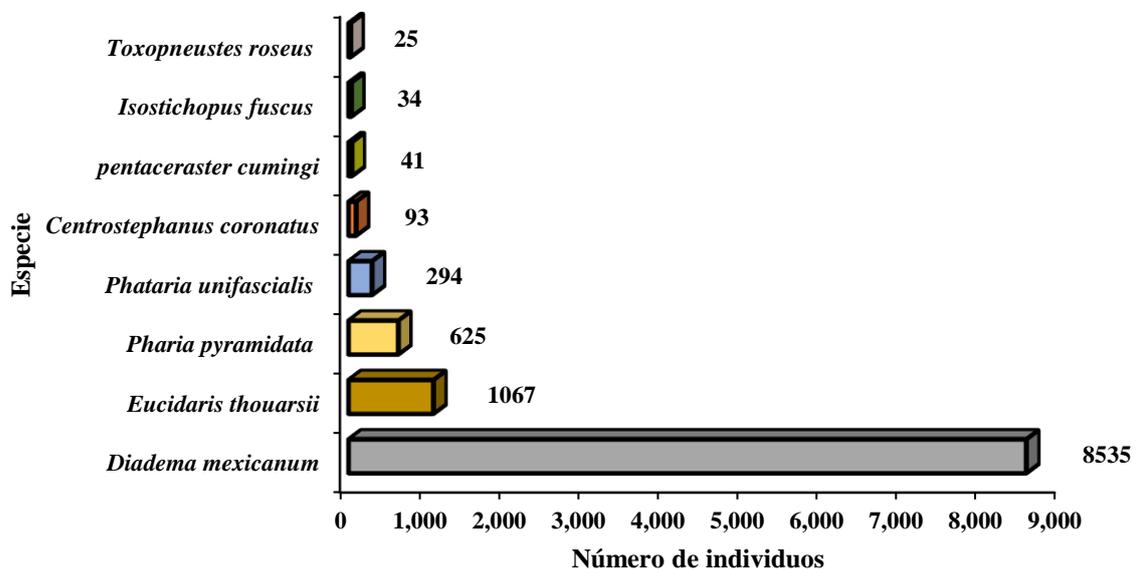


Figura 19. Abundancia absoluta de equinodermos registrados en el bajo “El Acuario”. Todos los resultados obtenidos se presentan a manera de barras y clasificados por especie.

8.3.2. DIVERSIDAD

8.3.2.1. ÍNDICE DE SIMPSON

El índice de Simpson es una representación de la probabilidad de que dos individuos, dentro de una misma región y seleccionados al azar, sean de la misma especie. Por lo que, dentro del presente estudio se utilizó para calcular la diversidad de familias en peces encontrándose que la familia Chaetodontidae fue la familia más dominante entre las estaciones

de Rabo del Viejo ($\lambda = 0,0457$) y El Acuario ($\lambda = 0,078$) respectivamente (Figura 20). Cabe indicar, que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre familias estudiadas.

Sin embargo, existe problemas cuando se interpreta dicho índice, dando así la necesidad de tomar el recíproco del índice; el cual es, $1/D$. Dicho esto, se calculó la fórmula resultando en un valor de $\lambda = 5,840$ para Rabo del Viejo y $\lambda = 5,040$ para El Acuario respectivamente. Lo que nos indica que, una comunidad que es dominada por 1 o 2 especies se considera como menos diversa.

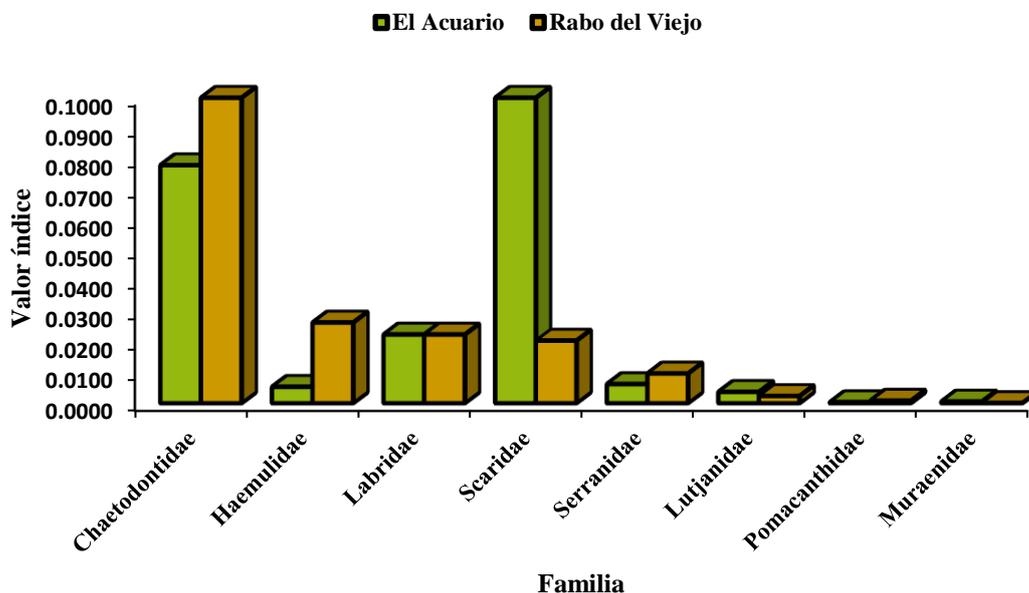


Figura 20. Comparativa del Índice de Simpson de peces entre las estaciones: bajo “El Acuario” (color verde) y bajo “Rabo del Viejo” (color café). Los resultados obtenidos se presentan como barras.

En cuanto a equinodermos, la especie dominante fue *Diadema mexicanum* entre las estaciones de Rabo del Viejo ($\lambda = 0,4954$) y El Acuario ($\lambda = 0,6255$) respectivamente, y que según el índice de Simpson cuanto este valor se encuentra cerca de D a 1, el hábitat es menos diverso (Figura 21).

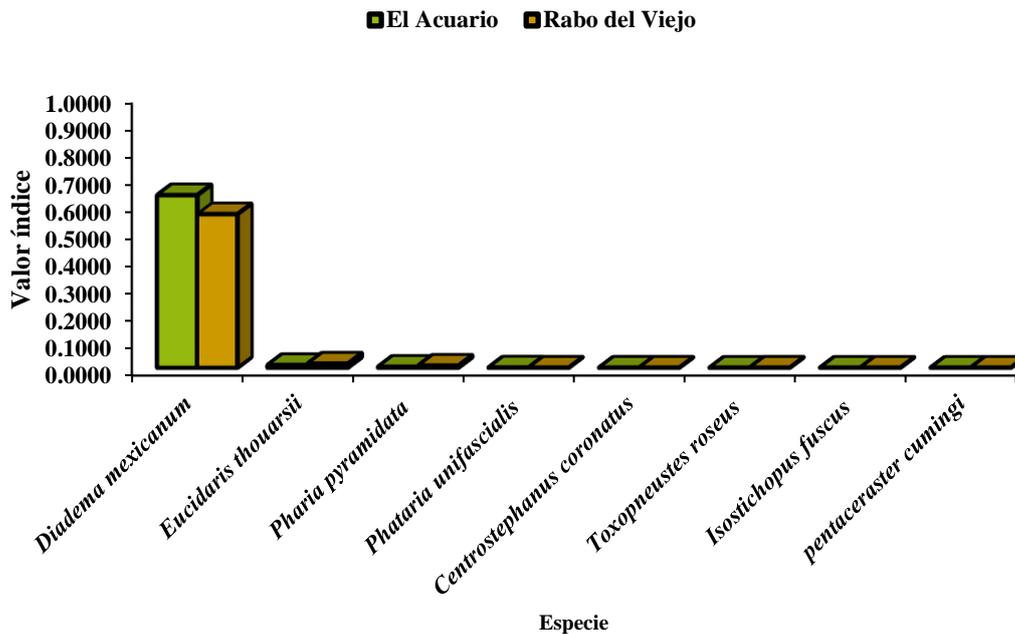


Figura 21. Comparativa del Índice de Simpson de equinodermos entre las estaciones: bajo “El Acuario” (color verde) y bajo “Rabo del Viejo” (color café). Los resultados obtenidos se presentan como barras.

De igual forma, en equinodermos se realizó el cálculo de Simpson por bajo, utilizando el recíproco del índice ($1/D$) resultando en un valor de $\lambda = 1,938$ para Rabo del Viejo y $\lambda = 1,563$ para El Acuario respectivamente, y que, al superar el valor correspondiente a 1 el sitio es considerado menos diverso al ser dominado por una o dos especies.

8.3.2.2. ÍNDICE DE SHANNON – WIENER

Shannon - Wiener es una forma de medir la diversidad de especies en una comunidad, variando entre 0,5 y 5, dando así que en peces la familia Chaetodontidae resultó en un valor alto para el índice ($\hat{H} = 0,3298$) seguido de la familia Labridae ($\hat{H} = 0,3123$) para Rabo del viejo. Así mismo, las mismas familias de Chaetodontidae ($\hat{H} = 0,356$) y Labridae ($\hat{H} = 0,285$) además de Scaridae ($\hat{H} = 0,356$) que fueron las más representativas para la estación El Acuario (Figura 22).

Así mismo, por peces se realizó el índice por bajos de estudio, siendo El Acuario ($\hat{H} = 1,847$) y Rabo del viejo ($\hat{H} = 1,798$), resultando en un valor inferior a lo indicado en el índice el cual menciona que valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies. Se destaca que no hubo diferencias significativas entre las familias estudiadas en ambos bajos.

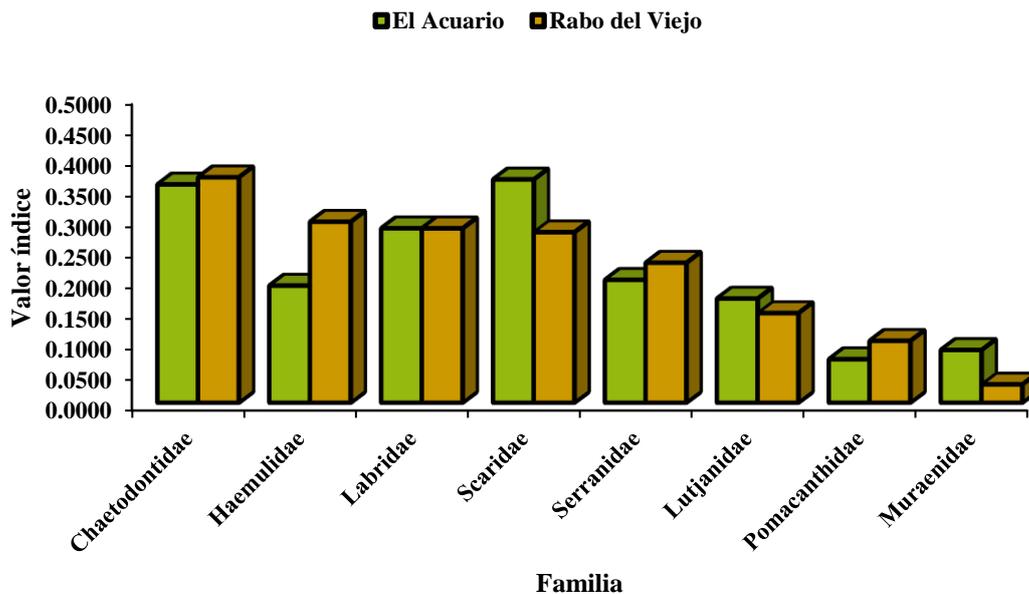


Figura 22. Comparativa del Índice de Shannon-Wiener de peces por familia entre estaciones de muestreo. Los resultados obtenidos se presentan como barras. No existe diferencias estadísticas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

En equinodermos, el índice fue calculado resultando que *Diadema mexicanum* ($\hat{H} = 0,2287$) y *Eucidaris thouarsii* ($\hat{H} = 0,2471$) como los más representativas para “Rabo del Viejo”, así mismo para “El Acuario” las mismas especies resultaron ser las más representativas: *Diadema mexicanum* ($\hat{H} = 0,2493$) y *Eucidaris thouarsii* ($\hat{H} = 0,1855$) (Figura 23).

Así también, se determinó valores inferiores a biodiversidad según Shannon – Wiener en equinodermos según Shannon-Wiener por bajos de estudio resultando de la siguiente forma: Rabo del viejo ($\hat{H} = 0,8072$) y El Acuario ($\hat{H} = 0,9216$).

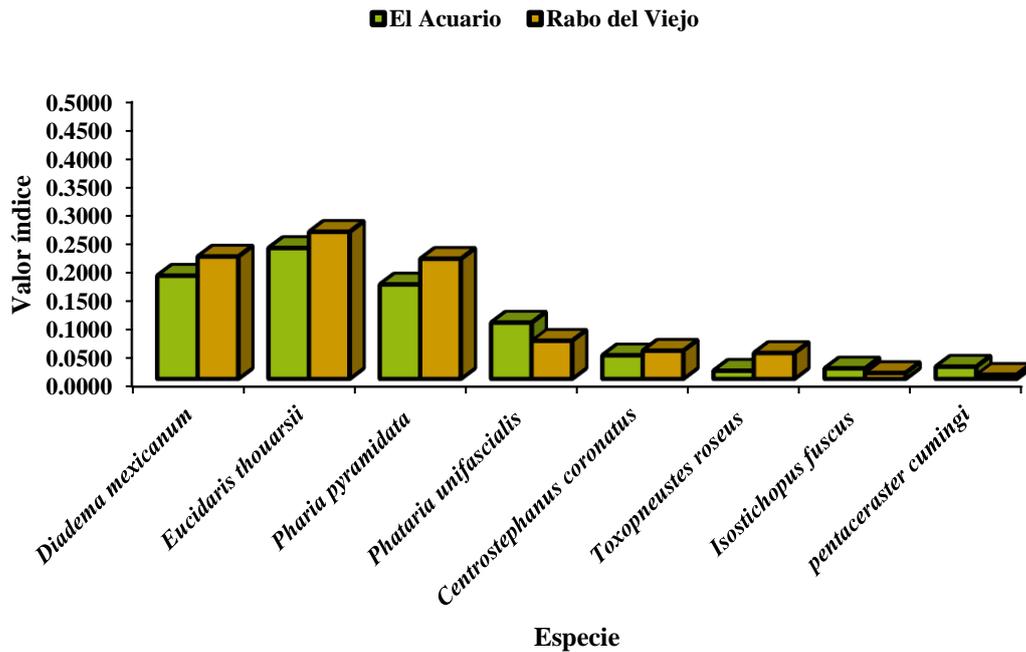


Figura 23. Comparativa del Índice de Shannon-Wiener de peces por familia entre estaciones de muestreo. Los resultados obtenidos se presentan como barras. No existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

8.4. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

8.4.1. TEMPERATURA

No se detectaron diferencias significativas entre las estaciones de muestreo. En promedio mensual la temperatura para la estación Rabo del viejo fue de $28,1 \pm 0,512$ °C para el mes de mayo y $27,5 \pm 0,416$ °C para el mes de junio (Figura 24). No existieron diferencias estadísticamente significativas.

El Acuario en promedio presentó para el mes de mayo el valor de $27,5 \pm 0,312$ y para el mes de junio $27,6 \pm 0,310$. Todos los valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según el TULSMA. (Figura 24). No hubo diferencias significativas

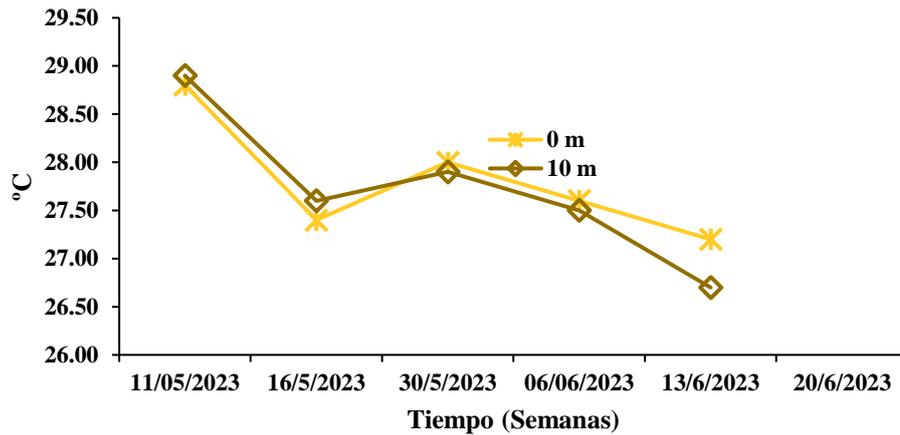


Figura 24. Valores de temperatura superficial y subsuperficial para la estación Rabo del Viejo. No existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

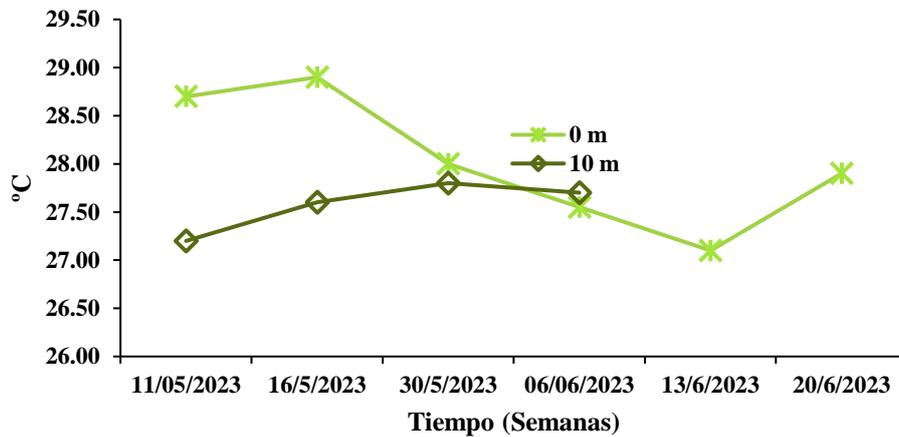


Figura 25. Valores de temperatura superficial y subsuperficial para la estación El Acuario. No existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

8.4.2. PH

Para pH el promedio mensual para Rabo del viejo fue de $8,057 \pm 0,04$ para mayo y de $8,11 \pm 0,08$ para junio (Figura 26). La estación El Acuario presentó como promedio mensual $8,11 \pm 0,06$ y $8,17 \pm 0,04$ para los meses de mayo y junio respectivamente (figura 27). No hubo diferencias estadísticamente significativas.

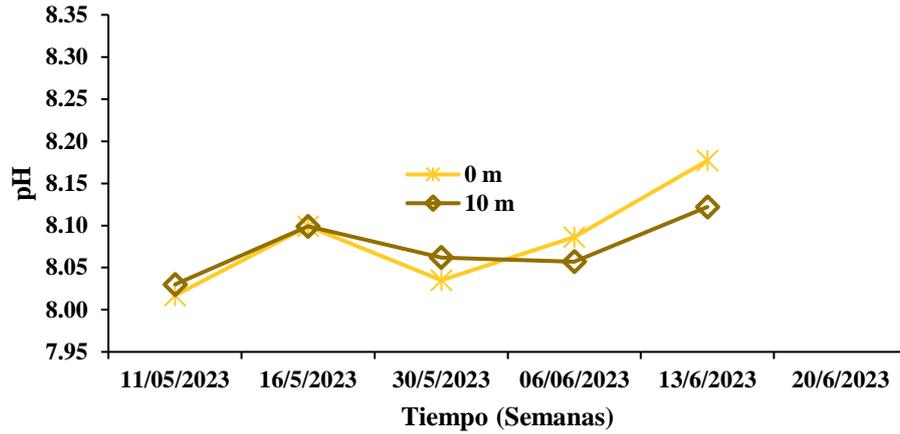


Figura 27. Valores de temperatura superficial y subsuperficial para la estación Rabo del Viejo. No existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

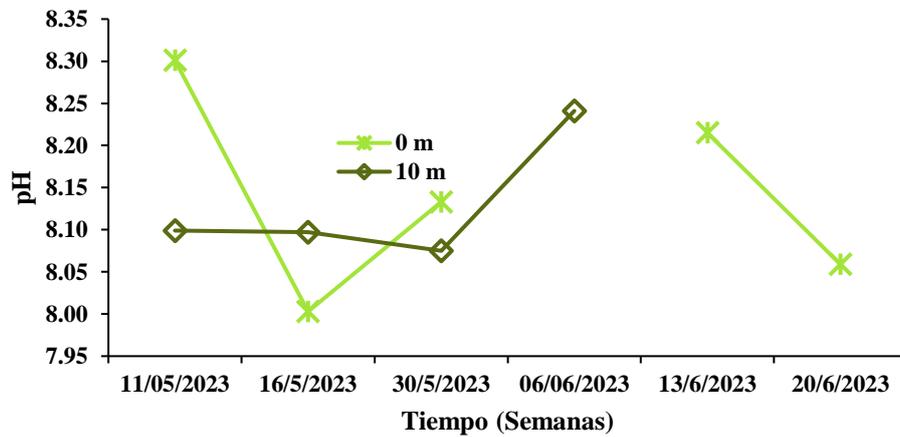


Figura 26. Valores de pH superficial y subsuperficial para la estación El Acuario. No existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

8.4.3. OXÍGENO DISUELTO

La estación Rabo del viejo presenta los siguientes valores promedios para oxígeno disuelto de $6,0 \pm 0,37$ mg/L para mayo y $6,5 \pm 0,37$ para junio respectivamente (Figura 27). En cambio, para El Acuario en promedio mayo fue de $6,2 \pm 0,33$ y $6,5 \pm 0,36$ para junio respectivamente (Figura 28). No hubo diferencias estadísticamente significativas. Además, es necesario indicar que los resultados superan el valor mínimo de 5 mg/L establecido en el TULSMA.

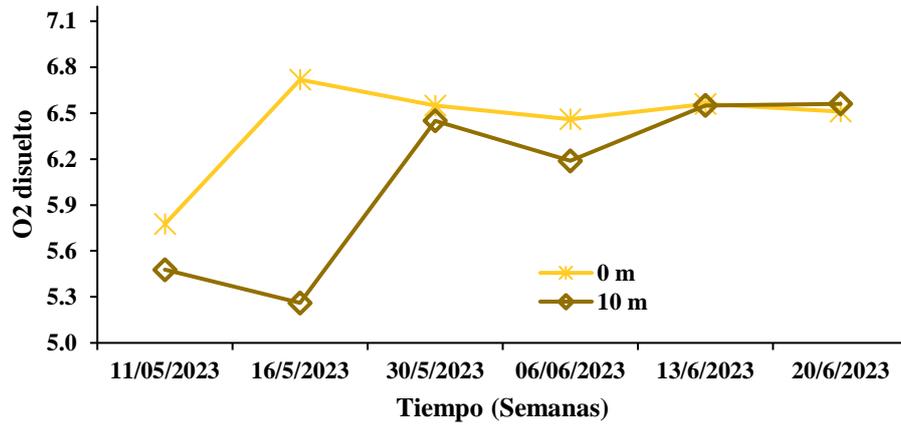


Figura 28. Valores de O₂ disuelto superficial y subsuperficial para la estación Rabo del Viejo. No existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

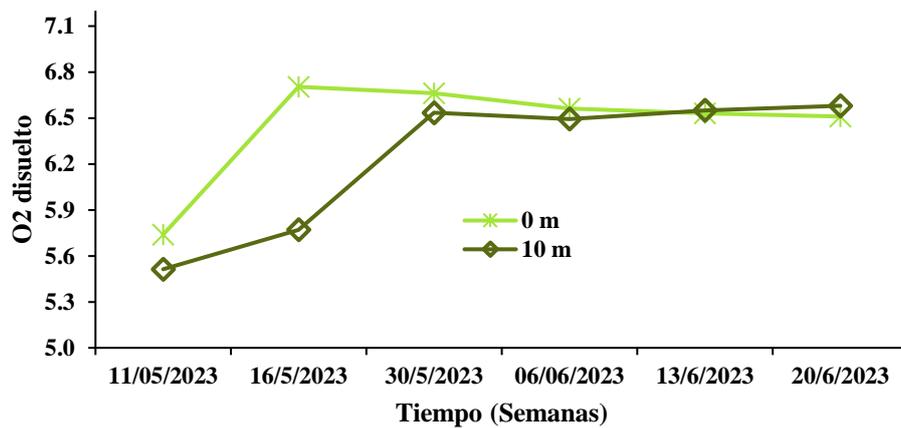


Figura 29. Valores de O₂ disuelto superficial y subsuperficial para la estación El Acuario. No existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ($p < 0.05$) y test de Tukey.

8.5. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Con los datos obtenidos en el bajo “Rabo del Viejo” y “El Acuario” se realizó un análisis Componentes principales (PCA). Uno de los objetivos de este tipo de análisis estadístico es reducir la dimensión de los datos.

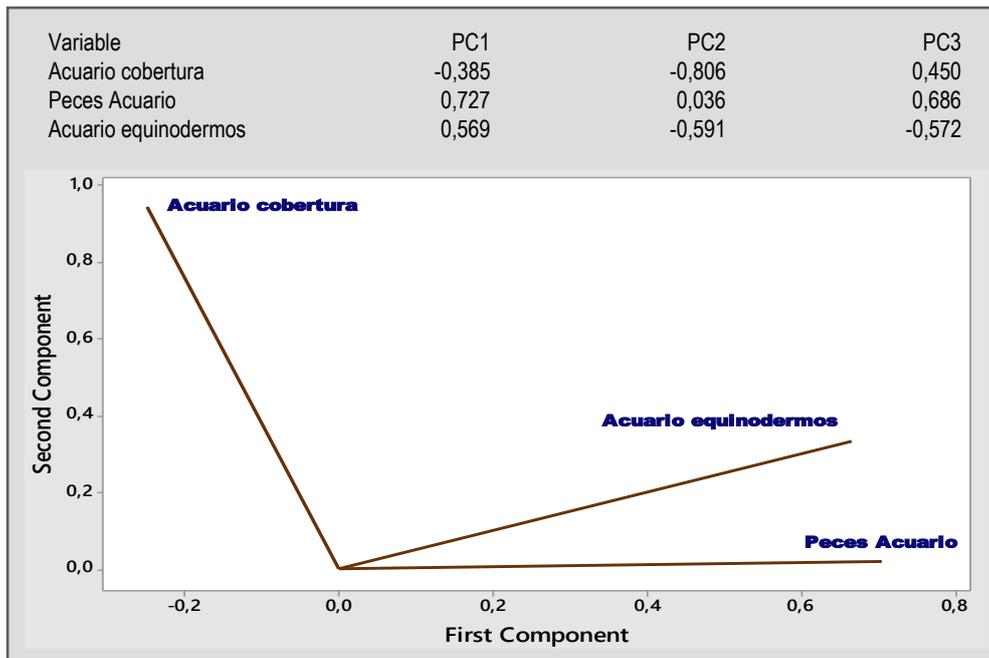


Figura 30. Análisis de Componentes Principales entre los grupos taxonómicos (peces y equinodermos) analizados y la cobertura coralina del bajo “El Acuario”.

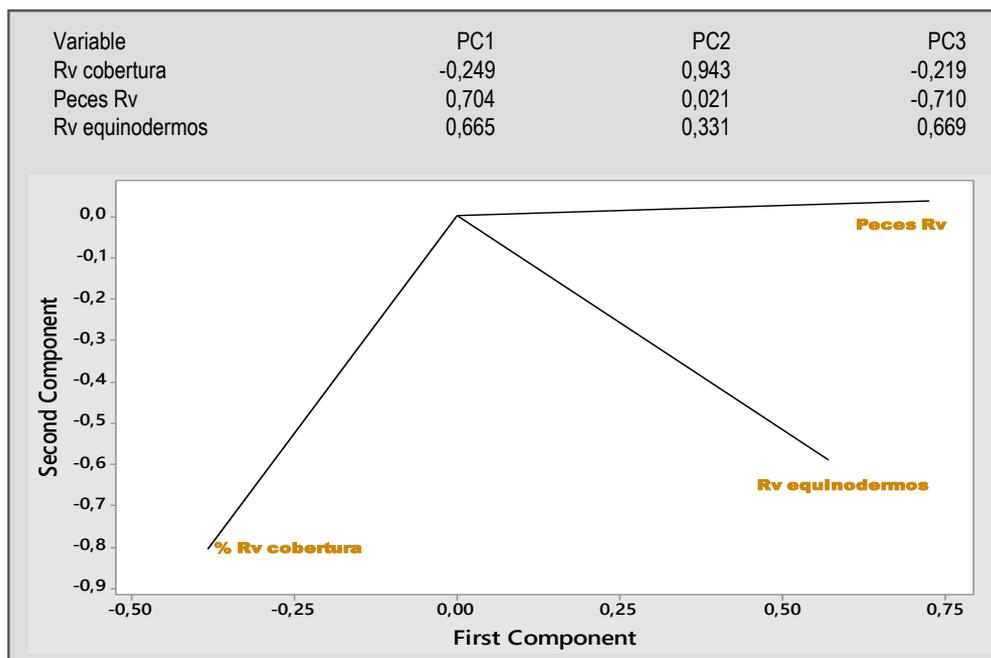


Figura 31. Análisis de Componentes Principales entre los grupos taxonómicos (peces y equinodermos) analizados y la cobertura coralina de la estación “Rabo del Viejo”.

Dicho esto, a través del análisis se observa que en el bajo “El Acuario” existe una fuerte correlación entre la cobertura coralina y las especies analizadas de peces ($r = 0,727$) y de equinodermos ($r = 0,569$) (Figura 30).

Del mismo modo, el análisis de componentes principales en el bajo “El Rabo del Viejo” demostró que existe una fuerte correlación entre la cobertura coralina y las especies analizadas de peces ($r = 0,704$) así como con las especies de equinodermos estudiadas ($r = 0,665$) (Figura 31).

Por lo que, se demuestra que las especies de peces y equinodermos del área de estudio se distribuyen en proporción al tipo de sustrato que encuentran en las estaciones monitoreadas. Es decir, proporcionales a la distribución en función de refugio y alimentación de los sitios de muestreo.

8.6. FOTOMOSAICO DE DISTRIBUCIÓN DE COLONIAS CORALINAS

Se realizó la elaboración de fotomosaico de la cobertura coralina hermatípica para los bajos de estudio “Rabo del Viejo” y “El Acuario” siguiendo las recomendaciones de Cornejo Lascano & Ferreyros Marcos, (2010) (Ver anexos: 5 y 6).

9. DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. DISCUSIÓN

En la investigación se identificó un total de 8 taxas de equinodermos para el estudio actual, destacando *D. mexicanum* y *E. thoursii* como las más dominantes, abundantes y con mayor distribución como en los estudios realizados por Alvarado et al. (2018); Alvarado et al. (2016) y Alvarado et al. (2015). Aparte, es necesario mencionar que la especie *D. mexicanum* es clave en los arrecifes y su monitoreo es fundamental ya que se puede diagnosticar la salud de las comunidades por otra parte la cobertura de pasto marino podría reducir gracias a *D. mexicanum* y causa bioerosion. (Flower et al., 2017).

Para el presente trabajo, se identificaron 8 familias de peces en total, distribuidas por algunas especies que resultaron parecidos en otros bajos arrecifales (Alvarado et al., 2018). El sitio con mayor número de especies se localizó en el bajo “El acuario”, este resultado es semejante con el estudio realizado por la REMAPE (2013), donde nos indica que el bajo “Cabeza del viejo” presentó el mayor número de especies, lugar aledaño al sitio de muestreo de esta investigación. Así mismo, en otro estudio realizado por Cárdenas (2019), encontraron un total de 3 especies de corales hermatípicos, 78 especies de peces y 11 especies de equinodermos, que al compararlo con los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran el respaldo y significancia del mismo.

En peces, la familia con mayor prevalencia en este estudio fue Chaetodontidae debido a que se distribuye ampliamente por la zona apareciendo con frecuencia durante los transectos establecidos en el presente estudio, así como *Diadema mexicanum* en cuanto a equinodermos evidenciándose en los índices de diversidad aplicados durante el desarrollo del estudio. Es necesario mencionar, que la densidad y diversidad de equinodermos en el área puede variar,

principalmente debido a que estos animales viven por lo general en estructuras rocosas o coralinas que brindan refugio durante el día y salen a explorar y alimentarse en la noche, debido a sus hábitos nocturnos (Ruppert y Barnes 1996).

Dentro de los parámetros fisicoquímicos, la temperatura es un parámetro esencial en la vida acuática, ya que afecta la mayoría de los procesos biológicos y químicos, tales como la solubilidad de los gases, y se ha demostrado que a mayores temperaturas se incrementa la toxicidad de los contaminantes (Rivera, 2002; Gómez, 1993). Según el TULSMA la temperatura máxima permisible es de 32 °C por lo que ninguna de las estaciones de muestreo presentó valores elevados de temperatura. Por otro lado, el pH para aguas marinas y estuarinas se encuentra entre el rango de 6,5 y 9,5 según la legislación ambiental vigente ecuatoriana por lo que los valores de este trabajo en cuanto a pH, se encuentra dentro de los límites máximos permisibles.

Aunque, Talavera (1998), menciona la influencia del pH sobre los organismos acuáticos y marinos señalando que los valores óptimos de pH en el agua, para estos organismos son de 6,5 y 9,0. De igual manera, el oxígeno es indispensable y vital para la mayoría de los seres vivos (Rivera et al., 2002) y se considera que los valores normales de oxígeno disuelto van de 7 a 8 mg/L (Bain, & Stevenson, 1999). Cabe indicar, que las concentraciones halladas se encuentran por dentro de dicho rango según el TULSMA y que quizás se deba a que las aguas son ricas en este parámetro debido a los corales de la zona.

Cabe destacar, que las familias y especies analizadas son indicadoras de la buena salud en los arrecifes, es necesario saber que mismos tienen la capacidad de soportar cambios en la cobertura de coral vivo, siempre que no supere el 10-20 %. A su vez, estos cambios afectan en las zonas pesquera y turísticas, así provocando el ecosistema se vuelva más vulnerables a los diferentes cambios estos pueden ser naturales y antropogénicos (Pratchett, Hoey y Wilson,

2014). Por lo que, podríamos decir que los grupos taxonómicos analizados estarían distribuidos en el área de acuerdo más bien a la distribución del alimento que está disponible en el área.

También, se encontró para el trabajo actual que a través de transectos y replicas, que la cobertura coralina era predominante para la zona Turf o pasto marino con porcentajes que sobrepasaban el 50 % de cobertura en ambas estaciones de muestreo y durante el tiempo que duró el estudio (mayo y junio), encontrándose parecido al trabajo realizado por Alvarado et al. (2018), los cuales mencionan que no afectan el método de evaluación que hayan utilizado sus resultados arrojaron que la zona Turf predominó durante todo el estudio con coberturas que rondaron entre 13.2 % y 85.7 %.

De igual modo, dicho estudio encontró que en esa zona los corales eran más predominantes que la misma zona turf o pastoreo durante años anteriores y disminución en la cobertura porcentaje que vario desde un 80% a la reducción del 10%; esto se atribuye a los cambios ambientales, de esta forma los corales tienen la desventaja de recuperación entre eventos, lo que podría responder a lo suscitado en la presente área estudio donde se determinó baja cobertura de los mismos corales para ambas estaciones de monitoreo.

Además, Flower et al. (2017) y Jiménez (2007), concluyen que los disparadores del deterioro coralino, esta reducción de la cobertura en el Pacífico se debe a los siguientes fenómenos de El Niño registrados en (1987, 1997, 2003 y 2007) el deterioro de los ecosistemas provoca que los corales no tengan las condiciones óptimas de crecimiento y se reduzca una importante parte del reclutamiento de los corales.

Por otro lado, se correlacionaron los grupos taxonómicos estudiados (peces y equinodermos) en ambas estaciones de muestreo (Rabo del viejo y El Acuario), dando como resultado que no existen diferencias significativas en cuanto a la distribución de los mismos

frente a la cobertura coralina, por lo que, quizás podríamos decir que los grupos taxonómicos analizados estarían distribuidos en el área de acuerdo más bien a la distribución del alimento que está disponible. Sin embargo, es importante destacar que podría existir una importante degradación del hábitat reflejada en la cobertura de coral visto a través de los foto monitoreos, de manera que, aunque la diversidad e índices realizados muestren valores semejantes entre sí, es necesario realizar estudios en cuanto a biomasa en el área de estudio debido a que posiblemente estaríamos ante una baja biomasa de peces y de equinodermos y pueda deberse a una disminución en el tamaño y la densidad de las especies producto de la pérdida de hábitat y la intensa actividad pesquera desarrollada cercana al área (Alvarado et al., 2018).

9.2. CONCLUSIONES

- Se logró clasificar los individuos de peces, equinodermos y corales hasta el nivel de taxón más bajo, empleando claves y guías de identificación, lográndose identificar 8 familias de peces, 8 especies de equinodermos y 3 géneros de corales hermatípicos.
- Se encontró que la cobertura coralina estuvo dominada por los pastos marinos en gran mayoría, así como por los Pocillopora y que podría deberse a que la misma se encuentra entre los primeros 10 metros de profundidad donde existe el mayor ingreso de luz solar y a la vez mayor influencia de las corrientes por las rompientes del oleaje.
- La diversidad de peces fue representada con un total de 8 familias resultando en mayor dominancia y distribución a la familia Chaetodontidae, a diferencia de los equinodermos que fueron contabilizados por especies resultando *Diadema mexicanum* como la más abundante, en mayor distribución y dominancia también para ambas estaciones de muestreo. Además, se observó una fuerte correlación entre los grupos taxonómicos estudiados y la cobertura coralina de cada estación estudiada.
- Los valores promedios de todos los parámetros físico-químicos analizados de temperatura, pH y oxígeno disuelto no excedían los límites máximos permisibles según la legislación ambiental vigente ecuatorial (TULSMA).
- En los bajos Rabo del Viejo y El Acuario se elaboraron fotomosaicos del fondo marino representando gráficamente la abundancia y la distribución de las colonias coralinas hermatípicas de estos bajos, esperando sirva de base para futuras investigaciones que evalúen su cambio en el tiempo. Su impacto en la investigación científica ha sido

significativo y se espera que su difusión continúe inspirando la protección y preservación de estos valiosos ecosistemas marinos para las generaciones futuras.

9.3. RECOMENDACIONES

- Continuar con los estudios en distribución de los grupos taxonómicos analizados dentro del área de estudio dado al interés muy representativo que presenta tanto como uso turístico como investigativo.
- Realizar un estudio espacio temporal para conocer el estado del área de estudio en cuanto cobertura coralina.
- Se sugiere realizar diversos estudios de estructura comunitaria de peces y de equinodermos, así como monitoreos poblacionales que abarquen ambas estaciones del año (seca y húmeda), para comparar diferencias de índices ecológicos, debido que el presente estudio sólo se realizó durante una época del año (seca).
- Se recomienda realizar análisis físico-químicos con periodicidad mensual y anual actualizados debido a la llegada del Fenómeno del Niño a nuestras costas.
- Se deben realizar fotomosaicos de diferentes sitios de estudio periódicamente para conocer el estado del área en cuanto a corales y su cobertura, así como su estado de salud.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, R., Jaramillo, K., Castro, D., Sánchez, J., & Rodríguez, J. (2022). *Octocoral Distribution Patterns at the Equatorial Front (Tropical Eastern Pacific): Muricea and Leptogorgia*. oceans. doi:<https://doi.org/10.3390/oceans3020016>
- Acosta, A., & Gonzalez, M. (2007). Fission in the zoantharia *Palythoa caribaeorum* (duchassaing and michelotii, 1860) populations: a latitudinal comparison. *Bol. Invest. Mar. Cost.*
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2023). *Información básica sobre los arrecifes de coral*. Gobierno de Estados Unidos. Recuperado el 2 de Julio de 2023, de <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-los-arrecifes-de-coral>
- Alcolado, P. (2004). *Manual de capacitación para el monitoreo voluntario de alerta temprana en arrecifes coralinos*. Instituto de Oceanología y MINTUR. Obtenido de https://www.cyted.org/sites/default/files/manual_de_capacitacion_voluntarios_alcolado_2004.pdf
- Alliance, T. C. (2023). *Tipos de Formaciones de Arrecifes de Coral*. Obtenido de <https://coral.org/es/coral-reefs-101/types-of-coral-reef-formations/#:~:text=Los%20arrecifes%20de%20parche%20son,a%20la%20superficie%20del%20agua>.
- American Public Health Association. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (22, Ilustrada ed.).
- APHA. (2011). *American Public Health Association*. American Public Health Association.
- Alvarado, J. J., Beita-Jiménez, A., Mora, S., Fernández-García, C, Cortés, J., Sánchez-Noguera, C., Jiménez, C., y Guzmán-Mora, A. (2018). Cuando la conservación no puede seguir

el ritmo del desarrollo: Estado de salud de los ecosistemas coralinos del Pacífico Norte de Costa Rica, *Revista de Biología Tropical*, 66 (1), 280 – 308.

Alvarado, J. J., Aburto-Oropeza, O., Abad, R., Barraza, E., Brandt, M., Cantera, J., Estrada, P., Gaymer, C. F., Guzmán-Mora, A. G., Herlan, J. J., & Maté, J. L. (2016) Coral Reef Conservation in the Eastern Tropical Pacific. En P. W. Glynn, D. P. Manzello & I. C. Enochs (Eds.). *Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific*, 565-591.

Alvarado, J. J., Beita, A., Mena, S., Fernández-García, C., y Guzmán-Mora, A. G. (2015). Ecosistemas coralinos del Área de Conservación Osa: análisis estructural y necesidades de conservación. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 219-259.

Barreiro, S., & García, R. (2022). *EVALUACIÓN DE LA INTERACCIÓN ENTRE ZOANTIDOS Y PORÍFEROS EN BASE A SU NIVEL DE COBERTURA ESPACIAL EN ANCONCITO Y SAN LORENZO PROVINCIA DE SANTA ELENA*, 2022. Universidad Estatal Península de Santa Elena., La Libertad. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8833/1/UPSE-TBI-2022-0031.pdf>

Barraza, J. E. (2023). Eventos de blanqueamiento del coral *Porites lobata* (2006-2022) y actividades de restauración en el sitio Ramsar “Complejo Los Cóbano”, El Salvador. *Revista de Biología Tropical*, 71(S1), e54739.
<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v71iS1.54739>

Barreiro, S. & García, R. (2022). *Evaluación de la Interacción entre Zoantidos y Poríferos en base a su nivel de cobertura espacial en Anconcito y San Lorenzo Provincia de Santa Elena*. Tesis de Grado, Santa Elena, Ecuador.

- Bauer, D. E. (2007). *The reinvention of tradition: An Ethnographic Study of Spondylus Use in Coastal Ecuador*. *J. Anthropol. Rec.* 63: 33-50.
- Boone, L. (1931). A collection of anomuran and macruran Crustacea from the Bay of Panama and the fresh waters of the Canal Zone. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 63: 137-189. Obtenido de <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=sourcedetails&id=144404>
- Cádenas, M., & Etal. (2019). Variación espacial de la diversidad del macrobentos en la reserva marina el pelado. *Lasallista de Investigacion*.
- Cárdena Calle, M., Triviño, M., Giovanni, G., & Velasquez, M. (2018). Comunidades Bentónicas Presentes en Sitios de Buceo en la Reserva Marina El Pelado. *Bioelite, División ambiental*. doi:<http://10.31095/investigatio.2018.11.7>
- Cárdenas, M. (2018). Comunidades Bentónicas Presentes en Sitios de Buceo en la Reserva Marina El Pelado. *Investigatio*. Obtenido de <https://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/view/199/171>
- Cárdenas, M. (2019). Variación espacial de la diversidad del macrobentos en la reserva marina el pelado. *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/695/69559233031/movil/>
- Camacho, R., Sánchez, C. M. D., Galeano, E. G., López, D., Londoño, T., Campo, K., & Sequeda, J. C. V. (2015, mayo 22). *Blanqueamiento masivo de las comunidades coralinas de la bahía de Chengue, PNN Tayrona, por el evento Niña del año 2010*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Blanqueamiento-masivo-de-las-comunidades-coralinas-Camacho-S%C3%A1nchez/991de1757e2f1c7478c9746afc92b138a855d9cf>
- Cardenas, M., & Triviño, M. (2013). *Caracterización Bioecológica de siete sitios de buceo situados alrededor del islote El Pelado en Ayangüe*.

- Cárdenas, M., & Velásquez, M. (2018). *Comunidades Bentónicas Presentes en Sitios de Buceo en la Reserva Marina El Pelado*. Obtenido de <https://34.223.92.154/index.php/IRR/article/view/19>
- Carpenter, J. (1965). *the accuracy of the wynkler method for dissolved oxygen*. *Limnol: Oceanog.*
- CENAIM. (2022). *Entorno biogeográfico, Reserva Marina "El Pelado" LA REMAPE*. CENAIM., Biodiversidad y Ambiente., Santa Elena. Recuperado el 24 de 01 de 2022, de http://www.cenaim.espol.edu.ec/biodiversidad_REMAPE_amb
- Chavez, J. (2008). Catálogo de peces de arrecifes rocosos-coralinos de Punta Carrizales. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/DJ020_Catalogo_1ra%20Parte.pdf
- Christinen, M. (2017). Biodiversity and food web indicators of community recovery in intertidal. *Biological Conservation*, 317-324.
- Conabio. (2022). Arrecifes. *Biodiversidad Mexicana*. Obtenido de <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/arrecifes>
- CONABIO. (5 de 6 de 2023). *Arrecifes*. Obtenido de <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/arrecifes>
- Cornejo Lascano, O. A., & Ferreyros Marcos, S. (2010). *Diagnóstico submareal de corales, equinodermos y peces en playa Los Frailes del Parque Nacional Machalilla, Manabí - Ecuador como indicadores de la biodiversidad. Noviembre 2008 y Mayo 2009*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Bahía de Caráquez.
- Cruz, M., Gabor, N., Mora, E., Jimenez, R., & Mair, J. (2003). *The Known and unknown about marine biodiversity in Ecuador (continental and insular)*. Gayana.
- De la Roche, A. (2015). *Estado actual y proyección de la acuicultura continental en Ecuador*. ECUADOR Subsecretaría de Acuicultura del Ecuador.

- Diaz, A. (2019). Tipos de corales. *Experto Animal*. Obtenido de <https://www.expertoanimal.com/tipos-de-corales-24271.html>
- Epa. (2022). Amenazas para los arrecifes de coral. *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/amenazas-para-los-arrecifes-de-coral#:~:text=El%20aumento%20de%20las%20temperaturas,en%20las%20aguas%20del%20mar.>
- EPA. (2023). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. Obtenido de Amenazas para los arrecifes de coral: <https://espanol.epa.gov/espanol/amenazas-para-los-arrecifes-de-coral>
- Escobar, E., Bonilla, M., Badán, A., Caballero, M., & Winckell, A. (2001). *Los efectos del fenómeno El Niño en México 1997-1998*. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-12/010065911.pdf
- Estrella, J. R. (2005). *Biodiversidad y recursos genéticos: Guía para su uso y acceso en el Ecuador*. EcoCiencia, INIAP, MAE y Abya Yala., Quito.
- Evans, J. (1996). *Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences*. Universidad de California. Brooks/Cole.
- FAO. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro Oriental*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/292139039>
- Faulkner, D. (2000). Marine pharmacology. 77: 135-145. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=1292678&pid=S0034-7744201000020001200015&lng=en
- Ferguson, N., White, C., & Marshall, J. (2013). *Competition in benthic marine invertebrates: the unrecognized role of exploitative competition for oxygen*. *Ecology*, Vol. 94: 126-135.

- Fernanda Ramos, L. F. (2022). Erizos de mar: piezas clave en el rompecabezas del arrecife. *Periodismo, ciencia y tecnología. Universidad Francisco Gavidia*. Obtenido de <https://www.disruptiva.media/erizos-de-mar-piezas-clave-en-el-rompecabezas-del-arrecife/>
- Fernandes, D. (2008). USO DE MACROINVERTEBRADOS EM PROCEDIMENTOS DE BIOMONITORAMENTO EM ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS. *Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental*. Obtenido de <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/27324>
- Fernandez , L. (2021). Qué es un arrecife de coral. *EcologíaVerde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-arrecife-de-coral-3486.html>
- Fernández-García, C., Cortés, J., Alvarado, J. J., & Nivia-Ruiz, J. (2012). Physical factors contributing to the benthic dominance of the alga *Caulerpa sertularioides* (Caulerpaceae, Chlorophyta) in the upwelling Bahía Culebra, north Pacific of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 60(2), 93-107.
- Fiedler, P. (1992). Seasonal climatologist and variability of eastern tropical Pacific surface waters. NOAA Tech. Rpt. NMFS 109:1-65.
- Flower, J., Ortiz, J. C., Chollet, I., Abdullah, S., Castro-Sanguino, C., Hock, K., Lam, V., & Mumby, P. J. (2017). Interpretation coral reef monitoring data: a guide for improved management decisions. *Ecological indicators*, 72, 848-869.
- Gálvez, H., & Regalado, J. (2007). *Características de las precipitaciones, la temperatura del aire y los vientos en la costa ecuatoriana*.
- Garateix, A. (2005). El mar: fuente de nuevos fármacos. 58: 39-47. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=1292684&pid=S0034-7744201000020001200018&lng=en

- Glynn, P. (2003). Coral communities and coral reefs of Ecuador. In J. Cortes (ed.) *Latin American Coral Reefs*. Elsevier, Amsterdam, pp. 449-472.
- Glynn, P. (2017). Historia de la investigación de los arrecifes de coral del Pacífico. *Springer Science*. doi:10.1007/978-94-017-7499-4
- Gonzabay, L. (2019). Estructura de las comunidades de peces arrecifales asociados a los bajos de la reserva marina El Pelado (Diciembre 2018-Mayo 2019). *Repositorio Upse*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5040/1/UPSE-TBM-2019-0012.pdf>
- González, C. (2015). Richness and distribution of echinoderms from northern and southern reef systems in Veracruz, Mexico. *Scielo*. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442015000600183
- González-Ferrer, S. (2009). *Diversidad de Organismos. Celenterados - Filo CNIDARIA: Clase ANTHOZOA, Subclase ZOANTHARIA, corales pétreos - Orden SCLERACTINIA*. Instituto de Oceanología, Biodiversidad marina de Cuba, La Habana, Cuba.
- Hickman C., P. J. (1998). *A field guide to sea stars and other echinoderms of Galápagos*. Sugar Spring Press, Lexington, VA, USA.
- Hickman C., P. J. (2008). *A field guide to Corals and other radiates of Galápagos*. Sugar Spring Press, Lexington, VA, USA.
- Hodgson, G., Hill, J., William, K., Lena, M., Mihaly, J., Liebeler, J., . . . Torres, R. (2006). *Reef Check Instruction Manual: A guide to Reef Check Coral Reef Monitoring*. Reef Check Foundation, Pacific Palisades, California, USA.
- Humann, P., & DeLoach, N. (2003). *Reef Fish Identification: Galápagos* (2 ed.). (2. New World Publications, Ed.) La Universidad de California.

- Hurtado, M., Hurtado Domínguez, M., Hurtado Domínguez, L., Soto, L., & Merizalde, M. (2010). *Áreas Costeras y Marinas Protegidas del Ecuador*. MINISTERIO DEL AMBIENTE MAE – FUNDACIÓN NATURA.
- J-L.Siméon, T. (2013). *Could Thermal Oceanic Hotspot Increase Climate Changes Activities in North Tropical Atlantic: Example of the 2005 Caribbean Coral Bleaching Hotspot & Hurricane Katrina Interaction*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Could-Thermal-Oceanic-Hotspot-Increase-Climate-in-%3A-J-L-Sim%C3%A9on/91fef9f8c1a6ca33e2470495d1ce56aa477523ed>
- Jiménez, C. (2007). Arrecifes coralinos, ¿víctimas de los cambios? *Ambientico* 171, 5-7.
- MAE. (2012). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. MAE, Subsecretaría de Patrimonio Natural., Quito.
- MAE. (2015). *Sistema Nacional De Áreas Protegidas Del Ecuador. Reserva Marina "El Pelado"*. Recuperado el 24 de 01 de 2022, de <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/reserva-marina-el-pelado>
- Marcano, D., & Hasegawa, M. (2002). Fitoquímica orgánica. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=1292706&pid=S0034-7744201000020001200029&lng=en
- Martín, A. (2001). *La dinámica del intercambio precolombino de Spondylus a lo largo de la costa pacífica central de Sudamérica (Perú, Ecuador)*, Tesis de Maestría, Florida Atlantic University.
- Martínez de Lemos, G., Cederstav, A., & Cortina, S. (2012). *Los arrecifes de coral en Costa Rica: valor económico, amenazas y compromisos legales internacionales que obligan a protegerlos*. AIDA.
- Martínez, E. (2021). ¿Qué son los arrecifes y para qué sirven? *OCEANA*. Obtenido de <https://mx.oceana.org/blog/que-son-los-arrecifes-y-para-que-sirven/>

- Menoscal, S., & Borges, A. (2022). *Webinar: Corales en Galápagos y Ecuador*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=0Gac7ARDCYc>
- Meteorology, A. B. (2016). *El fenómeno de El Niño y sus impactos asociados*. Universidad de Columbia. International Research Institute for Climate and Society. Obtenido de <https://zoinet.org/wp-content/uploads/2018/02/Nexus.brief-elnino-sp-7dec2017-1.pdf>
- Miloslavich, P., & Carbonini, A. (2010). *Manual de muestreo para comunidades costeras*. Universidad Simón Bolívar, Proyecto del Centro de Biodiversidad Marina, Caracas, Venezuela.
- Ministerio del ambiente. (2015). Reserva marina El Pelado. *Ministeri del Ambiente*. Obtenido de <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/reserva-marina-el-pelado>
- Ministerio del Ambiente. (2020). *Plan de Manejo de la Reserva de Producción de Fauna Marino Costera Puntilla de Santa Elena*. Salinas, Ecuador: Fundación Ecológica Bioeducar y Conservación Internacional Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). Plan de manejo reserva marina El Pelado. *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. Obtenido de [file:///C:/Users/USEER/Downloads/PM%20REMAPE%20\(completo\).pdf](file:///C:/Users/USEER/Downloads/PM%20REMAPE%20(completo).pdf)
- National Geological Map of Ecuador. (1982). Scale 1:1,000,000 2nd Approximation.
- Parson, T., & Strikland, J. (1972). *A PRACTICAL HANDBOOK OF SEAWATER ANALYSIS*. Ottawa: FISHERIES RESEARCH BOARD OF CANADA.
- Pla, L. (2006). *Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza*. Redalyc.
- Ponce Delgado, B. (2017). *Caracterización de arrecifes rocosos de la costa del Pacífico de Ecuador usando la metodología Reef Check*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO, Honduras.

- Pratchett, M. S., Hoey, A. S., & Wilson, S. K. (2014). Reef degradation and the loss of critical ecosystem goods and services provided by coral reef fishes. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 7, 37-43
- Praeli, Y. S. (2018). Los peces devoradores de algas salvan arrecifes de coral. *Mongabay*. Obtenido de <https://es.mongabay.com/2018/10/mexico-peces-loro-coral-arrecifes/>
- Reef Resilience Network. (2023). *Amenazas a los arrecifes de coral*. Obtenido de <https://reefresilience.org/es/stressors/>
- Reff Check. (2004). Obtenido de <http://www.equilibrioazul.org/documentos/Reef%20Check%20Traducci%5C242n%202004.pdf>
- Reina Zambrano, J. (2015). *Diversidad y abundancia de corales en la zona submareal de la punta de Anconcito de la reserva de producción faunística marino costera puntilla de Santa Elena (Remacopse), durante el periodo Diciembre 2014–Abril 2015*. Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Santa Elena.
- Reina, J. (2015). Diversidad y abundancia de corales en la zona submareal de la punta de Anconcito de la reserva de producción faunística marino costera puntilla de Santa Elena (REMACOPSE), durante el periodo Diciembre 2014-Abril 2015. *Repositorio Upse*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2052/1/UPSE-TBM-2015-001.pdf>
- Rice, E. W., Bridgewater, L., & American Public Health Association (Eds.). (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 10)*. Washington, DC: American public health association.
- Rivera, F., & Martínez, P. (2011). *Guía Fotográfica de Corales y Octocorales del Parque Nacional Machalilla y la Reserva de Producción Faunística Marino Costera Puntilla de Santa Elena*. Ecuador.

- Rivera, F., & Martínez, P. (2021). *Base fotográfica de las principales especies presentes en Reservas Marinas Bajo Copé y Cantagallo-Machalilla*. NAZCA, Cooperación Alemana DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT, GIZ, Ministerio del Ambiente y Agua.
- Rodríguez Salcié, R., Valcárcel Abud, A., Bello De Lillo, Y., Evangelista Pérez, D., Pérez, E., Báez Taveras, D., & Matos Mercedes, J. (2022). Importancia de los viveros de coral y su impacto socioeconómico. *AULA*. Obtenido de <https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/4335>
- Sambrook, J., & Russell, D. (2001). *Molecular Cloning. A Laboratory Manual*. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Sánchez Godínez, C., Salas De la Fuente, E., Montero Cordero, A., Martínez Fernández, D., & Palacios Alfaro, D. (2011). *Adaptación del protocolo de monitoreo Reef Check para el Pacífico Oriental Tropical*. Fundación Keto, San José, Costa Rica.
- Santander, J. (2018). *Regionalización de los ecosistemas arrecifales de México para su conservación y manejo*. Universidad Autónoma del Estado de Baja California, Ensenada, Baja California. Obtenido de <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/bitstream/20.500.12930/190/1/ENS089062.pdf>
- Santander, L., & Propin, E. (2009). Impacto Ambiental del Turismo de Buceo en Arrecifes de Coral. *Cuadernos de Turismo*, 207-227.
- Santiago, J., & Rodríguez, A. (2016). *Reproducción, reclutamiento y conectividad en corales: procesos esenciales para el mantenimiento de las comunidades coralinas*. En: Tópicos sobre ciencias biológicas. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Miguel-De-Labra-Hernandez/publication/313696860_Requerimientos_ecologicos_en_las_aves_un_enfo

que_en_psitacididos/links/58a32969aca272d3a495b782/Requerimientos-ecologicos-en-las-aves-un-enfoque-en-psitacididos.pdf#page=12

SIAC. (10 de 06 de 2023). *Fenómenos del Niño y la Niña*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/siac/ninoynina>

Smith, T. B., Holstein, D. M., & Enn, R. S. (2019). Disturbance in Mesophotic Coral Ecosystems and Linkages to Conservation and Management. *Mesophotic Coral Ecosystems, vol 12*, pp 911–92. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-92735-0_47

Steiner, S. C., Lavorato, A., & Rodriguez, J. (2016). *MANUAL ON DOCUMENTING BENTHIC INVERTEBRATE COMMUNITIES FROM ROCKY ENVIRONMENTS IN THE MARINE RESERVE EL PELADO, SANTA ELENA, ECUADOR*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Strickland, J., & Parsons, T. (1972). *A practical handbook of seawater analysis*. *Bull Fish board of Canada: 67*.

Strub, P., Mesias, J., Montecino, V., & Rutllant, J. (1998). Coastal ocean circulation off western South America: 273-313. In: A.R. Robinson & K.H. Brink (eds) *The Sea, Vol 11, The Global Coastal Ocean: regional Studies and Syntheses*. Wiley, New York.

Ubicación google maps. (2022). Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/@-1.9490891,-80.7290049,5418m/data=!3m1!1e3?hl=es>

UNEP. (2022). *Importancia de proteger los arrecifes de coral*. Obtenido de [unep.org: https://www.unep.org/es/explore-topics/oceans-seas/nuestras-actividades/proteccion-de-los-arrecifes-de-coral](https://www.unep.org/es/explore-topics/oceans-seas/nuestras-actividades/proteccion-de-los-arrecifes-de-coral)

Unidos., A. d. (2022). *La importancia de los arrecifes de coral*. Obtenido de EPA en español: <https://espanol.epa.gov/espanol/la-importancia-de-los-arrecifes-de-coral>

- Valdepeña, A. R. (2022). Equinodermos. *Instituto de Ecología, AC*. Obtenido de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1641-equinodermos>
- Valdez M, C. G. (2018). *Structure and diversity of the vegetation of pristine scrubland in Tamaulipas, Mexico*. Scielo.
- Varela, L., & Ron, S. (2020). *Geografía y clima del Ecuador*. *BIOWEB*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de <https://bioweb.bio/geografiaClima.html>
- Vargas Perez, J. (2009). *Metodología para calcular el índice de diversidad acuática/biológica. Caso de estudio*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Warne, K. (2019). Los arrecifes de coral dependen de muchos peces del tamaño de guisantes. *National Geographic*. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/animales/2019/05/los-arrecifes-de-coral-dependen-de-muchos-peces-del-tamano-de-guisantes#:~:text=Seg%C3%BAAn%20Brandl%2C%20la%20enorme%20importancia,la%20red%20tr%C3%B3fica%20del%20arrecife.>
- Zarza, L. (10 de 06 de 2023). *¿Qué es La Niña?* Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-nina>

ANEXOS

Anexo 1. Especies de peces identificados en los bajos “Rabo del Viejo” y “El Acuario”.

- **Orden:** Perciformes (Bleeker, 1863)
- **Familia:** Serranidae (Swainson, 1839)
- **Nombre científico:** *Epinephelus labriformis* (Jenyns, 1840)
- **Nombre común:** Cabrilla de Piedra



Foto 1. *Epinephelus labriformis*

- **Orden:** Perciformes (Bleeker, 1863)
- **Familia:** Serranidae (Swainson, 1839)
- **Nombre científico:** *Cephalopholis panamensis* (Steindachner, 1876)
- **Nombre común:** Cabrilla Enjambre



Foto 2. *Cephalopholis panamensis*

- **Orden:** Perciformes (Bleeker, 1863)
- **Familia:** Serranidae (Swainson, 1839)
- **Nombre científico:** *Alphestes immaculatus* (Breder, 1936)
- **Nombre común:** Guaseta Cherna



Foto 3. *Alphestes immaculatus*

- **Orden:** Perciformes (Bleeker, 1863)
- **Familia:** Scaridae (Lábridos loro)
- **Nombre científico:** *Scarus perrico* (Jordan & Gilbert, 1882)
- **Nombre común:** Loro Jorobado



Foto 4. *Scarus perrico*

- **Orden:** Perciformes (Bleeker, 1863)
- **Familia:** Haemulidae (T. N. Gill, 1885)
- **Nombre científico:** *Anisotremus taeniatus* (Gill, 1861)
- **Nombre común:** Burro Bandera



Foto 5. *Anisotremus taeniatus*

- **Orden:** Perciformes (Bleeker, 1863)
- **Familia:** Lutjanidae (Pargos)
- **Nombre científico:** *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869)
- **Nombre común:** Pargo Amarillo



Foto 6. *Lutjanus argentiventris*

- **Orden:** Perciformes (Bleeker, 1863)
- **Familia:** Labridae (G. Cuvier, 1816)
- **Nombre científico:** *Halichoeres nicholsi* (Jordan & Gilbert, 1882)
- **Nombre común:** Vieja de la Piedra



Foto 7. *Bodianus diplotaenia*. Izq. fase inicial y der. fase final.

- **Orden:** Perciformes (Bleeker, 1863)
- **Familia:** Pomacanthidae (Jordan & Evermann, 1898)
- **Nombre científico:** *Holacanthus passer* Valenciennes, 1846
- **Nombre común:** Ángel Rey



Foto 8. *Pomacanthus zonipectus*

- **Orden:** Perciformes (Bleeker, 1863)
- **Familia:** Chaetodontidae (Rafinesque, 1810)
- **Nombre científico:** *Chaetodon humeralis* (Günther, 1860)
- **Nombre común:** Mariposa Triplebanda



Foto 9. *Chaetodon humeralis*

- **Orden:** Perciformes (Bleeker, 1863)
- **Familia:** Chaetodontidae (Rafinesque, 1810)
- **Nombre científico:** *Johnrandallia nigrirostris* (Gill, 1862)
- **Nombre común:** Mariposa Barbero.



Foto 10. *Johnrandallia nigrirostris*

- **Orden:** Anguilliformes
- **Familia:** Muraenidae (Morenas)
- **Nombre científico:** *Muraena clepsydra* (Gilbert, 1898)
- **Nombre común:** Morena de Ocelo, Morena de Piedra



Foto 11. *Muraena clepsydra*

Anexo 2. Especies de equinodermos identificadas en los bajos de la PEP: “Rabo del Viejo” y “El Acuerio”.

- **Orden:** Diadematoidea (Duncan, 1889)
- **Familia:** Diadematidae (Gray, 1855)
- **Nombre científico:** *Diadema mexicanum* (A. Agassiz, 1863)
- **Nombre común:** Erizo Aguja



Foto 12. *Diadema mexicanum*

- **Orden:** Diadematoidea (Duncan, 1889)
- **Familia:** Diadematidae (Gray, 1855)
- **Nombre científico:** *Centrostephanus coronatus* (Verrill, 1867)
- **Nombre común:** Erizo Coronado

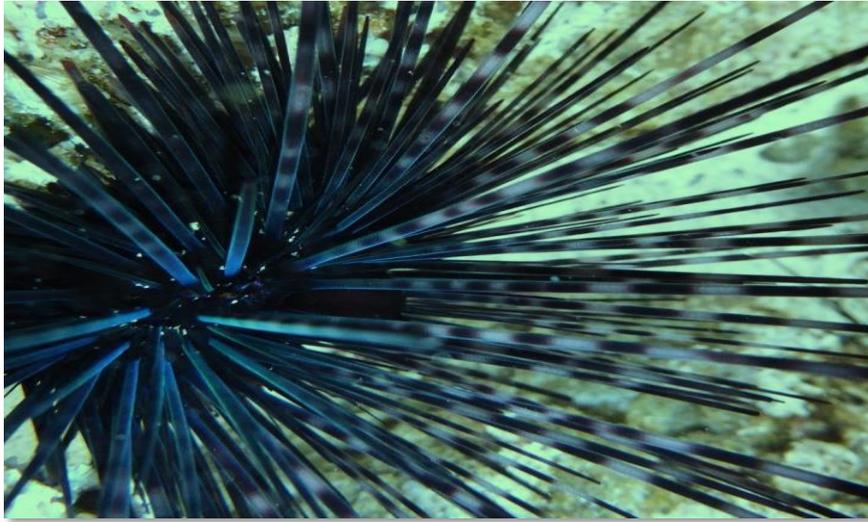


Foto 13. *Centrostephanus coronatus*

- **Orden:** Cidaroida (Claus, 1880)
- **Familia:** Cidaridae (Gray, 1825)
- **Nombre científico:** *Eucidaris thouarsii* (Agassiz & Desor, 1846)
- **Nombre común:** Erizo Punta de Lápiz



Foto 14. *Eucidaris thouarsii*

- **Orden:** Camarodonta (Jackson, 1912)
- **Familia:** Toxopneustidae (Troschel, 1872)
- **Nombre científico:** *Tripneustes depressus* (Agassiz, 1863)
- **Nombre común:** Erizo Huevo de Mar, Erizo Café



Foto 15. *Tripneustes depressus*

- **Orden:** Camarodonta (Jackson, 1912)
- **Familia:** Toxopneustidae (Troschel, 1872)
- **Nombre científico:** *Toxopneustes roseus* (A. Agassiz, 1863)
- **Nombre común:** Erizo de Flor Rosa



Foto 16. *Toxopneustes roseus*

- **Orden:** Synallactida (Miller et al., 2017)
- **Familia:** Stichopodidae (Haeckel, 1896)
- **Nombre científico:** *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875)
- **Nombre común:** Pepino de Mar Pardo



Foto 17. *Isostichopus fuscus*

- **Orden:** Valvatida (Perrier, 1884)
- **Familia:** Ophidiasteridae (Verrill, 1870)
- **Nombre científico:** *Phataria unifascialis* (Gray, 1840)
- **Nombre común:** Estrella Azul



Foto 18. *Phataria unifascialis*

- **Orden:** Valvatida (Perrier, 1884)
- **Familia:** Ophidiasteridae (Verrill, 1870)
- **Nombre científico:** *Pharia pyramidata* (Gray, 1840)
- **Nombre común:** Estrella Amarilla



Foto 19. *Pharia pyramidata*

Anexo 3. Especies de corales identificadas en los bajos de la PEP: “Rabo del Viejo” y “El Acuario”.

- **Orden:** Scleractinia (Bourne, 1900)
- **Familia:** Pocilloporidae (Gray, 1840)
- **Nombre científico:** *Pocillopora sp.* (Lamarck, 1816)



Foto 20. *Pocillopora sp.*

- **Orden:** Scleractinia (Bourne, 1900)
- **Familia:** Agariciidae (Gray, 1847)
- **Nombre científico:** *Pavona sp.* (Lamarck, 1801)



Foto 21. *Pavona sp.*

- **Orden:** Scleractinia (Bourne, 1900)
- **Familia:** Psammocoridae (Chevalier & Beauvais, 1987)
- **Nombre científico:** *Psammocora stellata* (Verrill, 1866)



Foto 22. *Psammocora stellata*

Anexo 4. Especies identificadas en los bajos de la PEP: “Rabo del Viejo” y “El Acuario”.

- **Clase:** Testudines (Linnaeus, 1758)
- **Familia:** Cheloniidae (Oppel, 1811)
- **Nombre científico:** *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766)
- **Nombre común:** Tortuga Carey



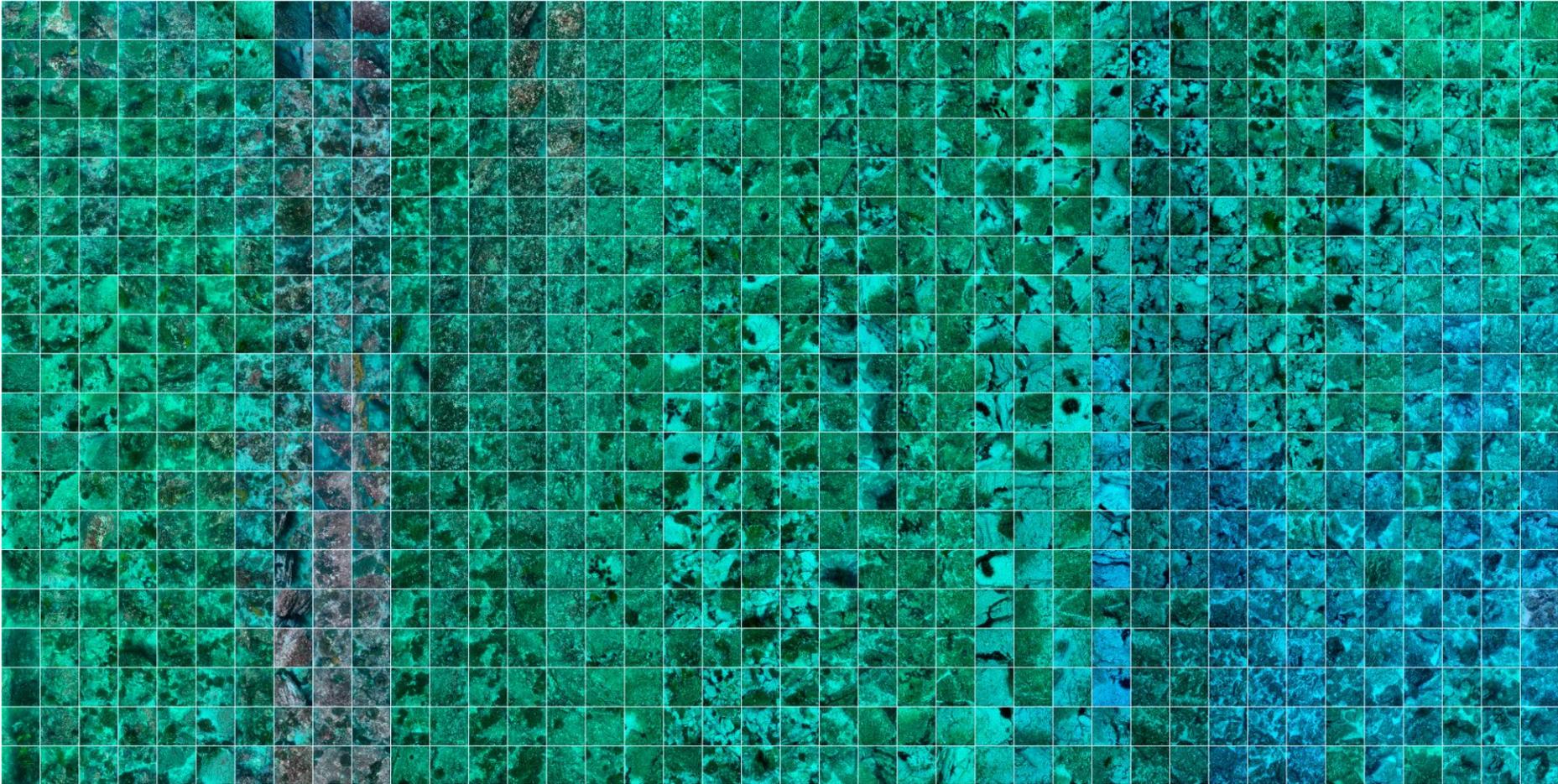
Foto 23 *Eretmochelys imbricata*

- **Orden:** Myliobatiformes
- **Familia:** Urotrygonidae
- **Nombre científico:** *Urobatis tumbesensis* (Chirichigno F. & McEachran, 1979)
- **Nombre común:** Raya Sicodélica



Foto 24. *Urobatis tumbesensis*

Anexo 4. Fotomosaico del fondo marino en el bajo "El Acuario".



Anexo 5. Fotomosaico del fondo marino en el bajo "Rabo del Viejo".

