Pontificia Universidad Católica del Ecuador | SEDE ESMERALDAS

ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

LA INFAUNA DE PLAYAS DEL CANTÓN ESMERALDAS Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD AMBIENTAL

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

AUTORA

SELENA VALERIA SANTILLAN YELA

ASESOR

MGT. EDUARDO REBOLLEDO MONSALVE

ESMERALDAS - OCTUBRE, 2022

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el Reglamento de Grado de la PUCE-Esmeraldas, previo a la obtención del título de INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Presidente Tribunal de Graduación

Lector 1

Mgt. Karla Solís Charcopa

Lector 2

Mgt. Mérida Ortiz Castro

Coordinador Área de Industria, Construcción y Ambiente

Javier Burbano

Director de Tesis

Mgt. Eduardo Rebolledo Monsalve

Esmeraldas, 08 de Febrero del 2023

AUTORÍA

Yo, Selena Valeria Santillan Yela, declaro que la presente investigación enmarcada en el trabajo de tesis es absolutamente original, autentica y personal. En virtud que el contenido de esta investigación de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCESE.

_____

Selena Valeria Santillan Yela

C.I. 0803452267

AGRADECIMIENTO

A quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, a Dios. A mis hermanos y mis padres por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mí.

Con mucha admiración y respeto para mi tutor Eduardo Rebolledo, por hacer suyo este trabajo y exigirme mucho más de lo que pensé que podía, gracias por sus consejos.

Sencillo no ha sido el proceso, agradezco a mis familiares, amigos y a todas esas personas que estuvieron motivándome durante toda la carrera.

Muchas gracias a la Universidad, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y por todas las experiencias y conocimientos adquiridos.

DEDICATORIA

A Dios quien me ha dado la fortaleza y la vida, a mis hermanos y mis padres pues sin ellos no lo hubiera logrado. Sus bendiciones a diario a lo largo de mi vida me protegen y me llevan por el camino del bien. Por eso les doy mi trabajo en ofrenda por su paciencia y amor.

ÍNDICE DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN i
AUTORÍA ii
AGRADECIMIENTO iii
DEDICATORIA iv
Resumen vi
Abstract viii
INTRODUCCIÓN 1
Presentación del tema de investigación 1
Planteamiento del problema 2
Justificación 3
Objetivos 4
Objetivo general 4
Objetivos específicos 4
CAPÍTULO I: MARCO TEORICO 5
Bases teóricas-científicas 5
Comunidad bentónica. 7
Antecedentes 9
Marco Legal 13
CAPITULO II: METODOLOGÍA 15
2.1. Área de estudio 15
2.2. Método de campo y análisis de dato 15
CAPÍTULO III: RESULTADOS 25
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN 39
CAPITULO V: CONCLUSIONES 44
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES 46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 47
ANEXOS 53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estados morfodinámicos de playas de arena 6
Figura 2. Área de estudio..... 16
Figura 3. Medición de la pendiente de la playa Colope 17
Figura 4. Recolección de infauna macrobentónica 18
Figura 5. Modelo teórico sobre el cual se desarrolla el AMBI 21
Figura 6. Registro de parámetros físicos del agua instersticial 22
Figura 7. Colecta de muestras de arena 22
Figura 8. Molición y pesaje de muestra seca 23
Figura 9. Ingresos de muestras seca a la mufla 24
Figura 10. Pendiente de la playa Colope 25
Figura 11. Pendiente de la playa Las Piedras 26
Figura 12. Pendiente de la playa Balao..... 26
Figura 13. Composición de organismos de infauna..... 27
Figura 14. Composición porcentual de organismos por grupos principales . 28
Figura 15. Abundancia y distribución de especies de infauna por playa 29
Figura 16. Curva de rarefacción de la riqueza de especies 31
Figura 17. Comparación de índices AMBI entre playas..... 33
Figura 18. Análisis de contenido de materia orgánica entre playas..... 36
Figura 19. Fracción remanente de manglar en las Piedras..... 37
Figura 20. Clasificación de perturbaciones entre playas 38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pendientes de las playas del cantón Esmeraldas..... 25
Tabla 2. Índices de diversidad de especies de infauna en playas de Esmeraldas... 30
Tabla 3. Clasificación del AMBI en las playas del cantón Esmeraldas..... 35
Tabla 4. Registro de parámetros físicoquímicos de cada estrato 36
Tabla 5. Estimación de contenido de materia orgánica en sedimentos..... 36

Resumen

El objetivo principal del presente estudio fue determinar la utilidad del análisis de ensambles de infauna como indicadores de la calidad de tres playas del cantón Esmeraldas. El proceso metodológico consistió en medir las pendientes de cada una de las playas y seguidamente dividirlas en tres sectores: bajo o próximo al agua, medio y superior. En cada estrato se registraron los parámetros fisicoquímicos del agua intersticial, se recolectaron muestras de arena y los individuos de la comunidad bentónica. En laboratorio se procedió a determinar el contenido de materia orgánica (MOT) de cada estrato y con las muestras de infauna recolectada se determinaron parámetros poblacionales y comunitarios, así como también se aplicó el indicador de calidad ambiental AZTI (AMBI). Los resultados reportaron que las playas de Colope, Las Piedras y Balao son playas de tipos disipativas que se encuentran conformada en su mayoría por poliquetos, moluscos y crustáceos. La playa con los mayores índices de diversidad fue Colope con un valor de 2, 2, mientras que Balao fue la playa con menor diversidad de especie con un valor de 0,75. De acuerdo a los valores del AMBI las playas de Colope y Balao fueron clasificadas como zonas “imperturbable” a diferencia de Las Piedras considerada como una zona “levemente perturbada”. Por otra parte, se evidenció que el MOT se distribuye de forma homogénea en las playas de Colope y Balao, a diferencia de la playa Las Piedras cuyos estratos medio y superior registraron valores superiores al 40% de MOT. Finalmente, se sugiere realizar investigaciones que evalúen cómo las grandes cantidades de materia orgánica que entran en los ambientes costeros pueden incidir en la reducción de las especies de la infauna.

Palabras claves: infauna, playas, diversidad, materia orgánica

Abstract

The main objective of this study was to determine the utility of the analysis of infauna assemblages as indicators of the quality of three beaches in the Esmeraldas canton. The methodological process consisted of measuring the slopes of each one of the beaches and then dividing them into three sectors: low or close to the water, medium and upper. In each stratum, the physicochemical parameters of interstitial water were recorded, sand samples and individuals from the benthic community were collected. In the laboratory, the organic matter content (MOT) of each stratum was determined and with the collected infauna samples, population and community parameters were determined, as well as the AZTI environmental quality indicator (AMBI) was applied. The results reported that the beaches of Colope, Las Piedras and Balao are beaches of dissipative types that are made up mostly of polychaetes, mollusks and crustaceans. The beach with the highest diversity indices was Colope with a value of 2.2, while Balao was the beach with the lowest species diversity with a value of 0.75. According to the AMBI values, the beaches of Colope and Balao were classified as "undisturbed" zones, unlike Las Piedras considered as a "slightly disturbed" zone. On the other hand, it was evidenced that the MOT is distributed homogeneously on the beaches of Colope and Balao, unlike Las Piedras beach whose middle and upper strata registered values above 40% of MOT. Finally, it is suggested to carry out research that evaluates how the large amounts of organic matter that enter coastal environments can affect the reduction of infauna species.

Keywords: infauna, beaches, diversity, organic matter

INTRODUCCIÓN

Presentación del tema de investigación

La provincia de Esmeraldas es conocida comúnmente como la perla verde (1), dado a la gran diversidad de atractivos culturales y naturales que posee (2), motivos por los cuales representa uno de los principales sitios de las zonas costeras del Ecuador para ser visitados (1). En materia turística, uno de los elementos que sobresalen en la provincia de Esmeraldas son sus playas, caracterizadas por la gran diversidad biológica y física que se encuentran en ellas (3). No obstante, estas playas han sido muy poco estudiadas.

Las playas de arenas representan un engranaje sistémico cuyos factores físicos suelen ser más significativos e importantes que los biológicos, debido a que estos constituyen un componente clave de las estructuras comunidades bentónicas que en ellas habitan (4). Las playas arenosas constituyen más de la tercera parte de los ecosistemas costeros libres de hielo en todo el mundo, aparte de ser considerados como ambientes dinámicos donde la dinámica y morfología que presentan se encuentra definida a partir de tres factores interactuantes (tamaño del grano, mareas y olas) (5). Estos factores físicos que operan en distintas escalas, determinan las características de las comunidades macro bentónicas. Por otra parte, la riqueza de especies se reduce de playas tropicales a templadas, así como de playas disipativas micro maréales a reflectivas micro maréales (6).

Para el estudio o investigaciones afines a las playas de arena, se requiere tener conocimientos sobre la caracterización de los ecosistemas ecológicos, los cuales se encuentran marcados por la heterogeneidad del espacio y tiempo (4). En este contexto, los trabajos investigativos relacionados con los factores fisicoquímicos que influyen en la abundancia y distribución de bentos se realizaban específicamente en áreas costeras con sustratos rocosos (7), dado que las costas de sustratos blandos eran clasificadas como inestables por el tamaño y la composición de su arena, variando entre muy finas, finas o gruesa (8). Esto depende en gran parte del tipo de playa que intrínsecamente son definidas en base al tamaño de grano de los sedimentos y las corrientes marinas (4).

Varias características como el incremento de la rigurosidad física hacia playas generan afectaciones en la adaptación de las comunidades biológicas en poblaciones intermareales, mientras los crustáceos que coexisten en las zonas supralitorales manifiestan respuestas menos claras al tipo de playa (3). En las poblaciones, la dinámica a largo plazo se encuentra influenciada por la combinación de factores ambientales y denso-dependientes, siendo estos últimos de gran importancia en playas disipativas (9).

Las playas de arenas tienden a recibir una serie de impactos antropogénicos como son la extracción de arena, sobreexplotación de especies costera, forestación inadecuada, infraestructura, contaminación y turismo intensivo (1). A la hora de la planificación de un manejo de estos ecosistemas de arena suelen presentarse varios problemas, uno de ellos es la evaluación de los impactos (positivos o negativos) producidos por determinada actividad antropogénica y estimar la capacidad del medio para recuperarse después de un disturbio (5). Asimismo, también es necesario que se evalúen las propias medidas del manejo, de tal forma que se establezca en qué magnitud se cumplen los objetivos esperados. Es este escenario, resulta esencial un entendimiento de las respuestas del ecosistema a los distintos disturbios y perturbaciones para un manejo y gestión apropiada del sistema.

Planteamiento del problema

El cantón de Esmeraldas es un destino atractivo para los turistas y visitantes. Esta provincia ofrece las siguientes playas; Las Palmas - Balao, Las Piedras, y Colope, para ser visitadas, sus singulares paisajes son atractivos turísticos, el color del mar y su arena despiertan el interés de quienes lo visitan. Según Ercolani (2), la falta de conocimiento de las interacciones entre el sistema sociocultural y el sistema natural de las playas puede traer consigo cambios inaceptables del ambiente natural de las playas.

Esto es más probable que ocurra a través de una pobre planeación, en la cual no considere los efectos del uso de las playas en el sistema natural; la falta de información disponible sobre estas interacciones puede agravar la situación. Además, obtener información detallada y cuantitativa sobre el estado y la dinámica de la biota de las playas y el uso de estas por los humanos,

desarrollando herramientas para un buen monitoreo (3). Se podría decir que la sobre explotación de los recursos de la playa, el turismo que incluye el pisoteo y los vehículos hacen que la infauna se vea afectada y por lo tanto se vea afectado el ecosistema (4).

Ante lo expuesto, el presente estudio se planteó la siguiente interrogante: La infauna de playas de arena del cantón Esmeraldas proporciona información útil para determinar la calidad de sus playas.

Justificación

No se dispone de estudios publicados sobre la infauna de playas de arena de Esmeraldas, pese a que sus muestreos resultan fáciles de replicar debido a la connotación que tienen las playas de sustratos blandos (7). Además, desde un punto de vista sistemático, son de alta importancia ya que pueden engranar factores físicos y biológicos para determinar la calidad y estado ecológico de una playa y por ende servir de indicadores para observar la evolución de la calidad de playas del cantón Esmeraldas en el tiempo, sirviendo el presente estudio como una línea base para comparaciones posteriores.

El presente estudio constituye una línea base de infauna de playas y características físico químicas básicas que permitirían una posterior monitorización para observar si las mismas se conservan en condiciones similares o manifiestan signos de perturbaciones.

Objetivos

Objetivo general

Determinar la utilidad del análisis de ensambles de infauna como indicadores de calidad de playas del cantón Esmeraldas.

Objetivos específicos

- Describir las características físicas de 3 sectores con playas de arena del cantón Esmeraldas.
- Analizar colectas de ensambles de infauna en los 3 sectores con playas seleccionadas mediante el levantamiento de descriptivos ecológicos.
- Estimar la calidad del agua intersticial, así como el contenido de materia orgánica en sedimentos.
- Comparar el contenido de materia orgánica de los diferentes estratos entre playas.

CAPÍTULO I: MARCO TEORICO

Bases teóricas-científicas

Las playas

Al hablar de playas se hace referencia a extensiones casi planas de arena o piedras en la orilla del mar, de un río o de un lago (3), en las zonas costeras estas representan uno de los activos ambientales más significativos, dado que en ellas no sólo se realizan actividades turísticas, sino que también sirven de soporte para una gran diversidad de organismos biológicos, y es debido a ello que vuelven trascendentales a la hora de establecer e implementar políticas integradoras (9).

Tipos de playas

Las playas pueden ser divididas teniendo en cuenta su estado morfodinámico desde este contexto existen playas disipativas y reflectivas. Las playas disipativas se encuentran caracterizadas por arenas finas (>0.2 mm de diámetro), olas grandes (2 a 3 m de altura), alto contenido de agua, drenaje lento, pendientes suaves y baja penetrabilidad del sustrato. Poseen áreas de disipación del oleaje que pueden superar hasta los 500 metros de amplitud, mediante la cual atraviesan olas que tienden a romper en forma de derrama conocido como “spilling breakers” (10).

En estos tipos de palaya, el clima de lavado es menos violento, y la zona de disipación como el piso de la playa son los más estables de todos los distintos tipos de playa (11). Representan los ecosistemas de playa con los mayores índices de productividad, en donde sobresalen grandes biomasas de fitobentos que habitan en la zona de barrido, que a su vez contribuye al desarrollo de una gran biomasa de invertebrados filtradores (10).

Por otra parte, las playas reflectivas están definidas por olas pequeñas (>0,5 m de altura), bajo contenido de materia orgánica (1 a 5%), pendientes pronunciadas (5 – 10°) y delineadas hacia el mar por grandes ondulaciones conocidas como cuspilitos que dibujan el agua en la arena (11). Sumado a esto presentan una alta penetrabilidad del sustrato y un clima de lavado más riguroso, debido a que

las olas impactan directamente sobre la playa. Durante las mareas bajas, en estos tipos de playas los sedimentos gruesos se acumulan hasta formar un “escalón”, que sumado a la arena gruesa permiten un drenaje dinámico (12). Las playas intermedias se caracterizan por presentar condiciones más variables que las sitúan en un estado de transición entre las playas disipativas y las reflectivas (Figura 1).

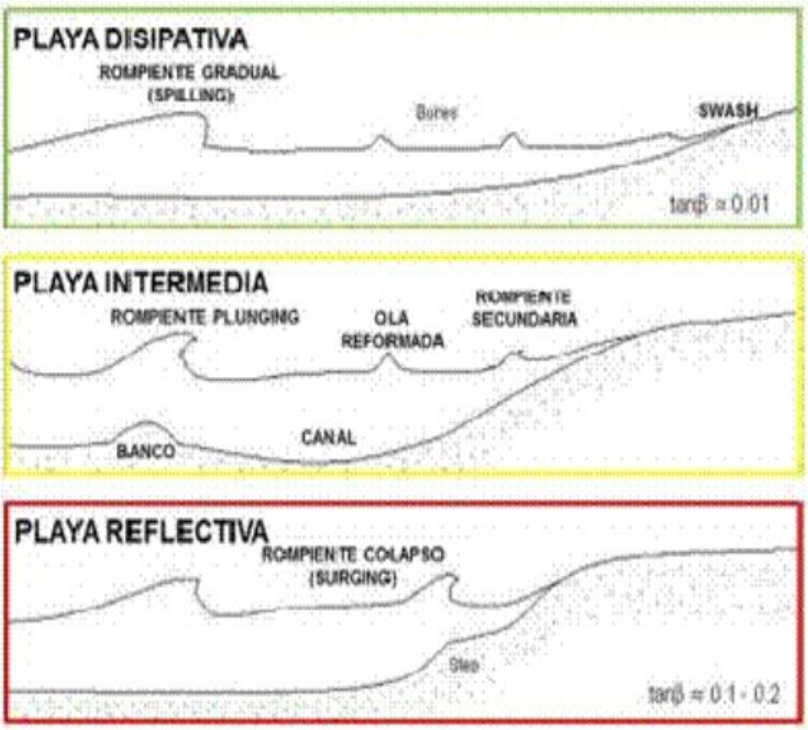


Figura 1. Estados morfodinámicos de playas de arena

Fuente: Short (11).

Las pendientes de las playas de arena se encuentran influenciadas por la interacción existente entre los procesos hidrodinámicos locales y los sustratos, pudiendo variar en pequeñas escalas temporales y espaciales (13). Las playas con pendiente empinada o pronunciada suelen tener una angosta zona intermareal, alto grado de infiltración, bajos niveles de saturación, swashes (zona de la playa que está continuadamente seca y húmeda a casusa de los movimientos de las olas y mareas) de corta duración, así como también alta frecuencia de swashes por arriba de la línea de efluente. En contraste, las playas

de poca pendiente tienden a presentar un bajo potencial de infiltración, alta frecuencia de swashes y grandes áreas de saturación (20).

Comunidad bentónica.

Una comunidad bentónica es conjunto de organismos que habitan o se encuentran coligados al fondo de los cuerpos de agua. En las franjas iluminadas o fóticas, los bentos pueden estar dominados por algas u organismos vegetales, no obstante, la mayoría de las zonas afóticas o fondos marinos están dominados por animales, pese a que muchos de ellos son parecidos fisiológica y estructuralmente con las plantas. Estos organismos poseen estrategias muy distintas: unos son móviles, otros excavan, otros perforan el sustrato, otros viven al fondo, y otros viven en simbiosis con otros seres (5).

Según su hábitat especifico, tales organismos pueden clasificarse en hiperbentonicos (organismos con gran capacidad de nado que realizan migraciones verticales sobre el sustrato), epibentonicos (organismos que coexisten sobre la superficie del sustrato) y endobentonicos (organismos que viven enterrados en el sustrato). Los organismos del bentos también pueden ser clasificados en función de su talla, en microbentónicos (< 63 µm), meiobentónicos (< 500 µm y > 63 µm) y macrobentonicos (> 500 µm) (6).

Con respecto a la plataforma continental, los estudios de Mora et al. (15) reportan la presencia de 150 especies (dos cnidarios, 13 equinodermos, 15 moluscos y 120 crustáceos) identificados hasta los 200 metros de profundidad.

La macrofauna bentónica se encuentra conformada por diferentes grupos taxonómicos, en los cuales sobresalen los moluscos, los crustáceos, lo poliquetos y equinodermos, quienes a su vez están representados por pocas especies con un alto nivel de especialización (15).

El estudio de las características de los organismos que forman esta fauna se han convertido en una herramienta de gran utilidad para evaluar la condición e integridad ecológica de los ecosistemas marinos (16). La escasa movilidad de estos organismos, particularmente de especies epibentónica o infaunales en estadios adultos, facilitan su estudio in situ de forma asequible y con pocos recursos económicos (17).

Infauna

Es el conjunto de organismos que habitan entre las partículas del sedimento en el medio acuático. Son organismos marinos que viven asociados al sustrato de fondo, conformando el bento marino. A los organismos que se encuentran habitando enterrados o dentro del sedimento (generalmente arena o fango) se los conoce como miembro de la infauna, mientras que los que prosperan sobre el sustrato forman parte de la epifauna (7).

El rol indicador de calidad de la infauna

Las comunidades bentónicas y su entorno ambiental

Uno de los factores físico que causa mayor impacto en las comunidades biológicas que viven asociadas al fondo marino es la turbulencia (3). En aguas someras, la interacción de corrientes, los afloramientos de aguas costeras y las corrientes actúan induciendo turbulencia, y esta a su vez impide que las aguas costeras se encuentren térmicamente estratificadas, con excepción en las zonas templadas, pero por breves periodos de tiempo (14). Producto de la turbulencia, los nutrientes raramente están confinados o limitados al fondo, por lo que la productividad es más alta en aguas someras costeras, debido en gran parte a la abundancia de los nutrientes procedente del escurrimiento del continente a través de los ríos y el reciclamiento de nutrientes. En consecuencia, esta alta productividad es la encargada de conservar densas poblaciones de organismos bentónicos y de zooplancton (8).

Por otro lado, el suministro de alimento es abundante en esta zona más costera debido a la elevada productividad planctónica, sumado a la producción de pastos marinos y de algas, y en una menor proporción al escurrimiento de alimento proveniente desde la tierra. Es importante recalcar que ésta es una de las pocas zonas del mar dónde la flora macroscópica tiene alguna importancia en la productividad (8), debido a que en el sublitoral hay relativamente poca presencia de animales pastoreadores de gran tamaño. He aquí donde las grandes plantas existentes en esta zona pueden directamente desde el límite costero al mar. No obstante, el mayor uso de pastos marinos y algas como alimento o nutriente sólo va a producirse una vez que estas hayan sido descompuestas mediante procesos biológicos o mecánicos a partículas de detrito (7).

Descriptivos ecológicos

Los estudios ecológicos son predominantemente descriptivos y tienen como finalidad la comparación de grupos más que de individuos. Se diferencian de otros diseños investigativos en dos aspectos fundamentales:

- La unidad de observación y análisis suele ser algún tipo de agrupación de individuos o poblaciones, y se denomina unidad ecológica.
- Suelen utilizar datos secundarios, es decir, datos que no se han recogido expresamente para los propósitos del estudio y que suelen estar disponibles de forma rutinaria (9)

Entre las principales medidas o variables a considerar en estos diseños se encuentran la diversidad, abundancia y riqueza de especies.

La diversidad de especie describe la complejidad de una comunidad. Es una medida tanto del número de especies distintas (riqueza de especies) como de sus abundancias relativas (uniformidad de especies). Aquellas sitios o lugares que registran un mayor número de especie y una abundancia más uniforme de las mismas serán las que presentan una mayor diversidad de especie (9).

La abundancia de especies es una medida que hace referencia a la proporción de un taxón o especie con relación a todos los taxones o especies contenidos en una zona o sitio (9).

La riqueza de especies representa el número de especies distintas en una comunidad particular o específica. Si se encontrase 302350 especies en una comunidad y 3023689 especies en otra, la segunda registraría una riqueza de especie muy superior a la primera (16).

Antecedentes

A nivel local, García (3) estudió el impacto del uso recreativo sobre la fauna macrobentónica de tres playas de arena de la ciudad de Bahía Caráquez (Manabí Ecuador). Para evaluar la comunidad macrobentónica de las tres playas se colectaron muestras biológicas mediante el uso de cribas metálicas, las cuales posteriormente fueron llevadas a laboratorio donde se identificaron por

grupos taxonómicos y se obtuvieron sus datos físicos. Los resultados de la evaluación determinaron que las playas con mayor uso fueron las playas El Faro y Paseo de Roberto, así como también presentaron mayor equidad que la playa Punta Bellaca. No obstante, esta playa con menor uso y equidad registró los índices más altos de abundancias de especies, entreviendo que el incremento del uso de las playas de forma recreacional presume una gran presión física para los organismos que conforman la fauna bentónica, y a su vez la reducción de especies. En total, se identificaron 1287 individuos distribuidos en siete taxones diferentes. La clase dominante estuvo representada por los poliquetos con 701 individuos, seguido por los crustáceos con 257 y finalmente los bivalvos con 149 individuos. La playa El Faro y El Paseo de Roberto exhibieron los mayores índices de diversidad y riqueza de especies, mientras que Punta Bellaca registró la mayor abundancia.

Otro de los estudios a destacar a nivel nacional es el efectuado por Degraer et al. (18), quienes analizaron la estructura de macrofauna y zonificación de una playa de arena ecuatoriana (Bahía de Valdivia). Para el análisis de la macrofauna, se hicieron muestreo a lo largo de la playa durante los meses de agosto y septiembre del 1999, en donde se realizaron seis transectos repetidos entre la línea de marea baja y alta, en los cuales se recolectaron e identificaron especies de la macrofauna. La distribución de la macrofauna fue determinada en base a la elevación en la playa. Los resultados reportaron un total de 31 taxones a lo largo del área de estudio, con una variación entre 10 y 22 taxones por transecto. El taxón más dominante fue los moluscos (promedio general: 285 ind/m^2, máx.: 2135 ind/m^2), seguidos por crustáceos y los poliquetos. La especie más abundante fue el gasterópodo *Olivella semistriata* (promedio general: 243 ind/m^2, máx.: 2131 ind/m^2). Por otra parte, los crustáceos fue el taxón más diverso (10 especies), en donde *Excirolana braziliensis*, *Haustorius sp*., y *Emerita rathbunae* fueron las especies más abundantes. Asimismo, las densidades de los poliquetos fueron las más bajas en comparación compasión con los dos taxones mencionados anteriormente (promedio general: 13 ind/m^2). La densidad media total en toda la Bahía de Valdivia fue de 370 ind/m^2. Dado que los resultados obtenidos se encontraron en conformidad con los de otros estudios efectuados en Suramérica lo largo del Pacífico, los autores concluyen

que, a pesar de las diferencias en la composición de las especies encontradas, el patrón general de zonificación del macrobentos en las playas arenosas es similar al registrado en las regiones tropicales.

A nivel regional, otro de los estudios predecesores al presente trabajo investigativo a destacar es el efectuado por Limongi (19) sobre la macrofauna bentónica como indicadora de la integridad ecológica de la playa turística El Rivero situada en Punta del Diablo (Uruguay). El estudio consistió en evaluar la Integridad Ecológica a nivel comunitario y poblacional de la macrofauna bentónica existente en esta playa. Para ello, como proceso metodológico se efectuaron cuatros muestreos estacionales en donde se evaluaron y midieron las variables biológicas y fisicoquímicas, específicamente se recolectaron organismos de la infauna a lo largo de todo el arco de la plata, se midió su perfil granulométrico y los niveles de amonio en aguas freáticas. Con el ensamble de organismos recolectados se establecieron parámetros poblacionales y comunitarios, sumado a los indicadores de calidad ambiental como el AMBI y Buckland. Los resultados de los parámetros poblacionales y comunitarios determinaron que estos presentan variaciones hacia la zona de la playa en donde se registra el menor impacto antropogénico. Los índices de Integridad Ecológica determinaron una categoría de “moderadamente impactado” para esta playa. Consiguientemente, los parámetros que se evaluaron presentaron tendencias opuestas a lo preestablecido por los hipotéticos teóricos sobre la ecología de las playas arenosas.

En la Patagonia Sur de Argentina, Martín, Sar & Caminos (9) realizaron una investigación sobre los cambios espaciales en la comunidad infaunal de fondos blandos de la Bahía San Julián, estableciendo correlaciones con los principales factores ambientales que rigen la distribución de las especies. La metodología investigativa consistió en la realización de 4 muestreo estacionales, durante verano, invierno, otoño y primavera en los niveles medio e inferior de las franjas intermareales de 7 estaciones de muestreos preestablecidas en ambos lados de una zona de descarga de efluentes urbanos, así como también se midió el sedimento y los parámetros fisicoquímicos del agua. Las posibles variaciones especiales en la comunidad macrobentónica fueron analizadas mediante los datos biológicos y ambientales adquiridos a través del uso de la estadística

multivariada y univariada. La disposición de la comunidad macrobentónica sufrió variaciones con respecto al nivel intermareal, la distancia a la zona de descarga de efluentes y las características del sedimento. Las conclusiones del estudio apuntan a que el tamaño de las partículas de sedimento y el nivel intermareal son los principales factores que influyen en la composición de las asociaciones bentónicas de los fondos blandos de la Bahía San Julián, asimismo resaltan que el vertido de efluentes afecta a la composición de la comunidad infaunal, dado que posiblemente la materia orgánica en suspensión estimula a las poblaciones de especies detritívoras.

La diversidad y composición de seres de infauna de playas arenosa, también ha sido estudiada en el Pacífico Sur de Costa Rica. Entre las investigaciones más sobresaliente se destaca la efectuada por Corrales y Sibaja (20), quienes colectaron individuos de la infauna de las playas de arena de la región mediante el uso de barrenos. Los resultados de la zona entre mareas arenosa presenciaron un número de especies netamente marina, el cual varió de 5 a 13 taxones, siendo un valor intermedio para los previamente reportados en estas zonas. Por otro lado, especies como el isópodo *Cirolana salvadorensis* dominaron la zona del supralitoral, mientras que el gusano depredador nereidido y *P. remota* dominaron el infralitoral. Otros de los individuos que se identificaron en estas playas fueron cangrejos anomuros, cangrejos del género Uca, varios grupos de poliquetos tubícolas y galletas de mar. Los autores finalizaron atribuyendo las variaciones en la infauna de algunas playas a la exposición al oleaje, registrando un menor número de organismos en las playas más reflectivas. Adicionalmente, destacan algunas actividades antrópicas que pudieron repercutir en la baja riqueza hallada en algunas de las playas que fueron evaluadas.

Angeloni (21) evaluó el impacto del uso recreacional sobre la comunidad macrobentónica de las playas de arena del sureste de la Bahía de la Paz (Baja California Sur – México). El estudio se llevó a cabo en dos playas de alto, dos de mediano, y otras dos playas de bajo uso antrópico, las cuales fueron muestreadas durante la temporada invernal (febrero 2002) y a final de la estación de verano (septiembre 2002). Los organismos de la comunidad macrobentónica fueron recolectados a lo largo de dos transectos perpendiculares de la línea

costa mediante el uso de núcleos de 15 cm de diámetro y 20 cm de profundidad. Los transectos fueron divididos en cuatro estaciones a partir de la marca de la pleamar a la baja mar, tomando en cada estación tres réplicas, en donde adicionalmente se midieron las variables físicas como el tamaño de grano de arena, la penetrabilidad del sedimento y la pendiente de la cara de la cara de cada playa. Los resultados del análisis determinaron que la diversidad de organismo se encuentra influenciada por el nivel de uso de la playa, así como también a la granulometría del sedimento (exposición del oleaje) y la estación climática. El autor concluye argumentando que el tamaño de grano del sedimento parece influir principalmente en la abundancia y composición de los individuos de la comunidad macrobentónica, no obstante, las playas de alto uso presentan menor diversidad.

Por último, Chávez (22) analizó la comunidad de poliquetos distribuida en la franja intermareal de playas arenosas del sur de México, obteniendo como resultados que las playas de arenas se caracterizan por ser disipativas y de origen terrígeno, lo que influye directamente en la presencia de una gran cantidad de materia orgánica (6% de MOT) o detritus que contribuye a la adaptación y establecimiento de especies detritívoras, como es el caso de algunos poliquetos.

Marco Legal

La Constitución de la República del Ecuador refiere que las bases legales de este proyecto de investigación se encuentran amparadas por el mismo, en donde el Título VII del régimen del buen vivir – educación, de la sección primera, menciona en el Art. 343 que el sistema nacional de educación busca promover las capacidades de los pueblos por medio de recursos que incentiven al aprendizaje de la población siempre y cuando se respeten los derechos y cultura de cada región (23).

Por otra parte, en el Art. 10.- De la responsabilidad ambiental. El Estado, las personas naturales y jurídicas, así como las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, tendrán la obligación jurídica de responder por los daños o impactos ambientales que hayan causado, de conformidad con las normas y los principios ambientales establecidos (23).

Art. 247.- Delitos contra la flora y fauna silvestres.- La persona que cace, pesque, capture, recolecte, extraiga, tenga, transporte, trafique, se beneficie, permute o comercialice, especímenes o sus partes, sus elementos constitutivos, productos y derivados de flora o fauna silvestre terrestre, marina o acuática, de especies amenazadas, en peligro de extinción y migratorias, listadas a nivel nacional por la Autoridad Ambiental Nacional así como instrumentos o tratados internacionales ratificados por el Estado, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años (24).

Art. 437 G.- El que extraiga especies de flora o fauna acuáticas protegidas, en épocas, cantidades o zonas vedadas, o utilice procedimientos de pesca o caza prohibidos, será reprimido con prisión de uno a tres años (25). El acuerdo ministerial 097ª, referente a la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes en su apartado recurso agua, establece los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos

Se define como criterio de calidad del agua: concentración numérica o enunciado recomendado sobre parámetros físicos químicos y biológicos para mantener determinado uso o beneficio del agua. Los criterios de calidad para diversos usos del agua son la base para la determinación de los objetivos de calidad en tramos de un cuerpo receptor. Respecto a los criterios de calidad para aguas con fines recreativos, se entiende la utilización en la que existe contacto primario, como en la natación y el buceo, incluidos los baños medicinales y contactos secundarios como en los deportes náuticos y pesca (26).

CAPITULO II: METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

El área de estudio se encuentra situada en el cantón de Esmeraldas, perteneciente a la provincia de Esmeraldas, en la cual se colectarán muestras de cuatro playas de arena, Las Palmas - Balao, Las Piedras y Colope (Figura, 2).

2.2. Método de campo y análisis de dato

Describir las características físicas de 3 sectores con playas de arena del cantón Esmeraldas

Para la descripción de las características físicas de cada playa se procedió acceder a las mimas una hora antes del horario de bajamar según tablas de mareas del INOCAR, y seguidamente se registró detalles del sector de análisis. el cual fue georreferenciado y fotografiado.

La pendiente de la cara de cada playa (zona intermareal que se encuentra expuesta al aire) se midió entre dos personas utilizando una cinta métrica flexible de 30 metros, midiendo la distancia entre los distintos estratos de la franja intermareal, es decir la parte superior, media e inferior de cada playa, siguiendo la metodología empleada por Chávez (22) (Figura 3). La pendiente fue expresada como el ángulo de inclinación de cada playa con relación a la horizontal, siendo la altura intermareal comunicada para el día de muestreo entendida como la altura (h) de la playa. El ángulo o inclinación de la playa fue calculada mediante equivalencias trigonométricas, específicamente con la función del seno de la razón de la altura (obtenida de la diferencia entre la pleamar y baja mar) con respecto a las distancias medidas in situ.

La razón trigonométrica del seno empleada para obtención del ángulo de inclinación se detalla a continuación (17):

$$\text{Seno } \theta = \frac{CO}{h}$$

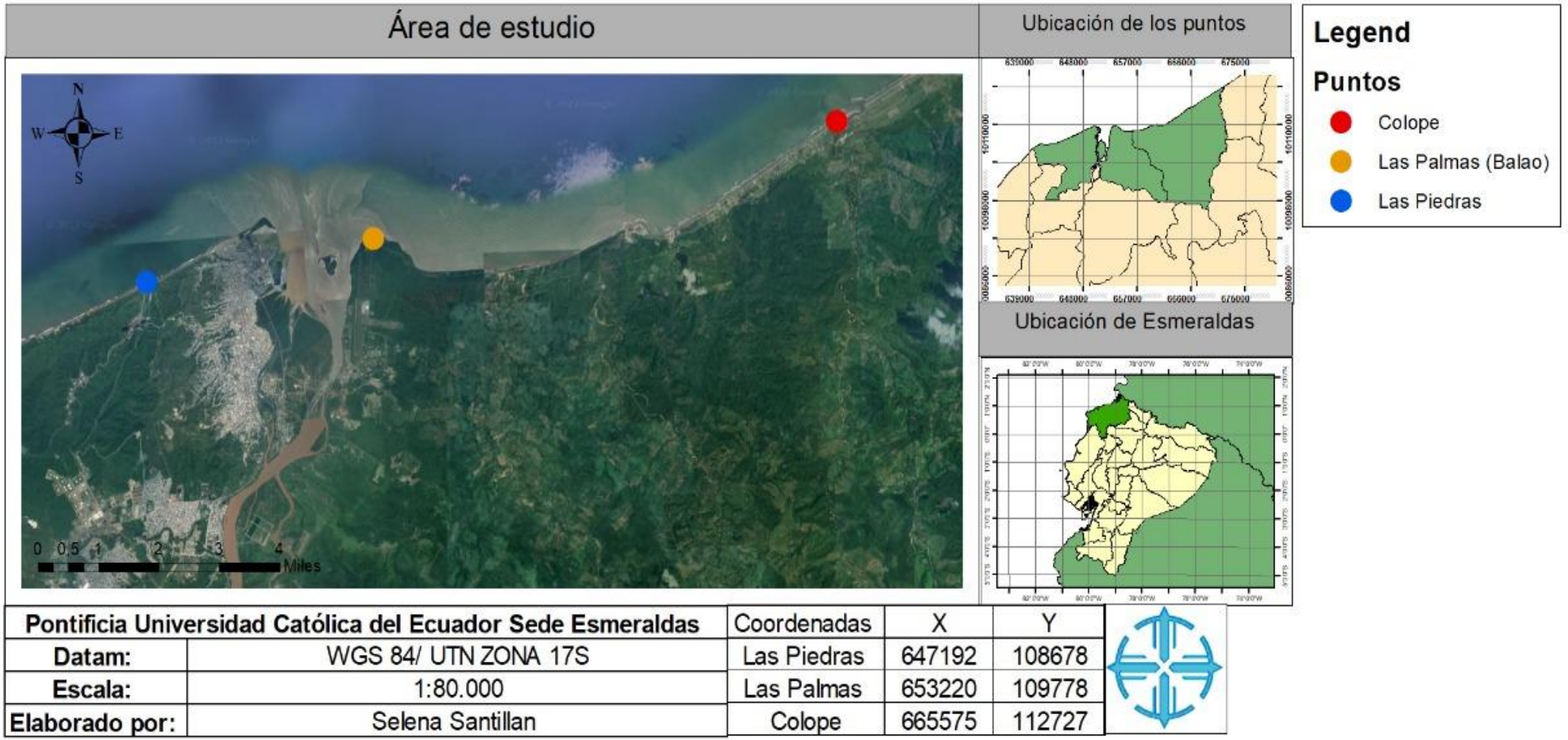


Figura 2. Área de estudio

En donde:

CO = Cateto opuesto

h = hipotenusa



Figura 3. Medición de la pendiente de la playa Colope

Analizar colectas de ensambles de infauna en los 3 sectores con playas seleccionadas mediante el levantamiento de descriptivos ecológicos

Una vez medida la longitud de cada playa, esta fue dividida en 3 sectores: bajo o próximo al agua, medio y superior. En cada estación de muestreo con la ayuda de una pala se realizaron 3 orificios de un diámetro inicial de 50 cm hasta llegar a la altura del agua intersticial en la parte inferior y media, y hasta 80 cm en la parte superior, cerniendo y revisando con cuidado la arena extraída y el orificio para seguidamente recolectar la infauna macrobentónica que se fuesen encontrados, y luego fueron depositadas en frascos de plástico con alcohol al 70% para su fijación (Figura 4). Es importante señalar que durante la excavación y la búsqueda de especie de infauna se procedió a registrar las variables fisicoquímicas del agua intersticial. Todas las muestras de las especies recolectadas fueron transportadas al laboratorio de Pesca PUCESE.

Una vez en el laboratorio se procedió a identificar, contabilizar y separar por taxa los organismos colectados. Para la identificación de cada organismo se utilizó una caja Petri donde fueron colocado, una lupa digital, la guía de especies propuesta por Keen y McLean en 1971 (9), y un microscopio Dino-Lite Premier.



Figura 4. Recolección de infauna macrobentónica

Con base a la composición de las especies identificadas que conforman la infauna de cada una de las playas, se realizó la estimación de los índices de diversidad, abundancia y riqueza. Para ello se empleó el programa estadístico y de diseño experimental PAST versión 4.03, donde adicionalmente se realizó una curva de rarefacción a través de la cual se analizó la curva de ganancia por números de especímenes capturados en cada playa. A continuación, se detalla información de los índices de diversidad aplicados:

Índice de Shannon-Weaver

Utilizado para determinar la diversidad específica, donde Pi representa la abundancia relativa y Ln es el logaritmo natural, comprendiendo valores entre 0 y 5, cuyo valor máximo determina la mayor diversidad de un lugar (28).

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} pi(log_2 pi)$$

Donde:

- Pi es la abundancia relativa
- Ln es el logaritmo natural

Índice de Margalef

Utilizado para determinar la diversidad de un sitio o comunidad con base al número total de los individuos de las diferentes especies existentes en la muestra que se analiza. Los valores cercanos o que llegan a 5 señalan que existe mayor riqueza de especie (28).

$$I = \frac{(s-1)}{LnN}$$

Donde:

- S es el número de especies
- N es el número total de individuos

Índice de Simpson

Se utiliza para calcular la probabilidad de que dos organismos o individuos seleccionados de forma aleatoria en las áreas de muestreo pertenezcan o sean correspondiente a la misma especie, permitiendo a su vez medir la riqueza de organismos (29).

$$D = \frac{\sum_{i=1}^{S} n_i(n_i - 1)}{N(N-1)}$$

Donde:

- n es el número de ejemplares por especie
- S es número de especie
- N es el total de individuos presentes (o unidades cuadradas)

Adicional a los índices de diversidad descritos con anterioridad, se efectuó el índice Biótico Marino AZTI (AMBI). AMBI representa una herramienta de evaluación del estado ambiental y ecológico del medio. Es un indicar béntico creado por Borja et al. (30) fundamentado en el análisis de las especies que conforman las comunidades bentónicas de fondo blando, para determinar el estado ecológico de un área o zona marino costera. La última versión de AMBI (5.0) dispone de un listado con casi 8400 especies representativas de todos los mares del mundo. AZTI-Tecnalia se encarga de actualizar periódicamente el listado de especies. Para un buen desempeño del indicador se tomó en cuenta lo establecido por AZTI para tal fin, en donde la lista de especies y su asignación a los grupos ecológicos fueron curadas (revisadas minuciosamente) y refinadas (actualizadas) en cada zona donde se planteó su uso (31).

El AMBI es estimado en base a cinco grupos ecológicos, que son agrupaciones de especies que exhiben o presentan una sensibilidad semejante al incremento de materia orgánica (MO) (Figura 5). Según Glémarec (32), estos cinco grupos son:

Grupo I: Integrado por especies muy sensibles al incremento de contenido de materia orgánica y presentes bajo condiciones imperturbable o sin contaminación (estado inicial); encierran algunos poliquetos tubícolas que se alimentan del detritus depositado en el fondo y varias especies carnívoras especializadas.

Grupo II: Conformado por especies estoicas o indiferentes al enriquecimiento orgánico, siempre presentes en bajas densidades y con variaciones en el tiempo no significativas (estado inicial hasta un leve desequilibrio); incluyen carnívoros menos selectivos, carroñeros y especies que se alimentan de partículas en suspensión.

Grupo III: Integrado por especies tolerantes al exceso de materia orgánica (MO); incluye también especies que pueden observarse en condiciones normales, no obstante, sus poblaciones se estimulan a causa de la riqueza orgánica (eventos de ligero desequilibrio). Las especies del grupo se caracterizan por alimentarse de lo depositado superficialmente en el fondo, tales como espiónidos tubícolas.

Grupo IV: Integrado por especies oportunistas de segundo orden, tales como poliquetos de pequeño tamaño, especialmente aquellos que se alimentan de los depósitos subsuperficiale, un claro ejemplo son los cirratúlidos.

Grupo V: Integrado por especies oportunistas que se nutren de partículas que son depositadas en el fondo y abundan en sedimentos reducidos.

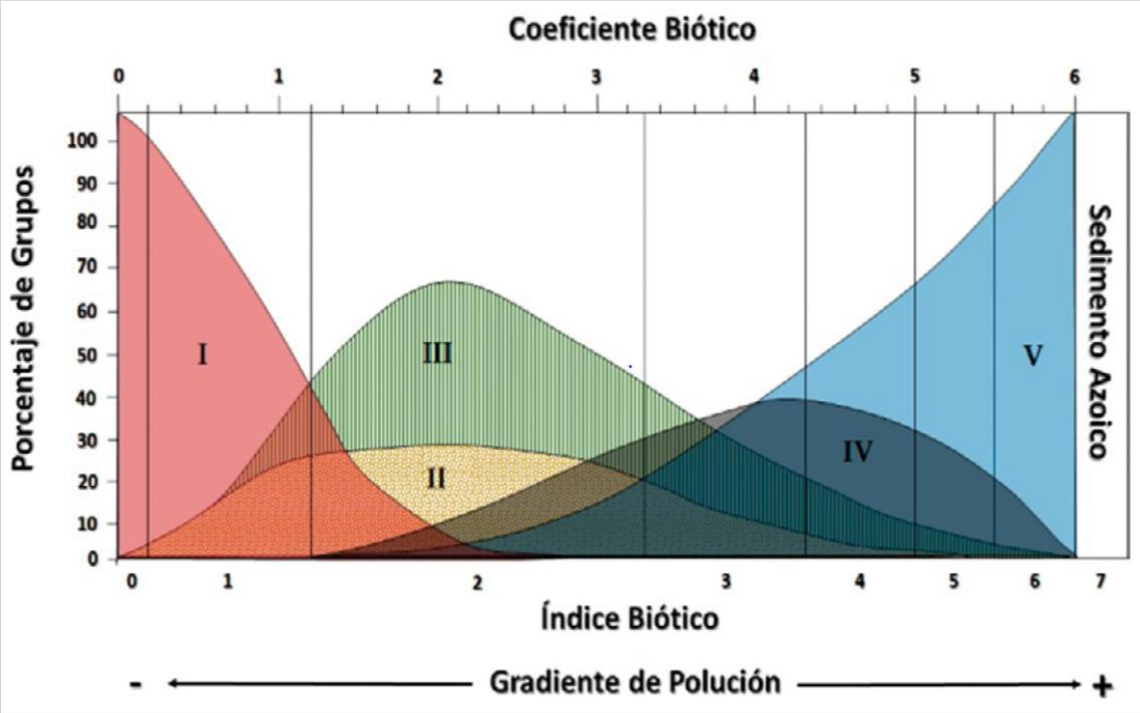


Figura 5. Modelo teórico sobre el cual se desarrolla el AMBI

Fuente: Borja et al. (30)

Estimar la calidad del agua intersticial, así como el contenido de materia orgánica en sedimentos

En cada estación (alta, baja y media) de análisis de infauna una vez que se llegó a la profundidad del agua intersticial, se procedió a registrar directamente sus parámetros fisicoquímicos con la ayuda de un oxímetro marca Milwakee y un sensor multiparámetro HACH hd40 que registran la temperatura ambiente, la temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica (Figura 6).



Figura 6. Registro de parámetros físicos del agua con oxímetro y multiparámetro

Para el determinar el contenido de materia orgánica en sedimentos se tomaron testigos columnares mediante el uso de tubos de PVC de 3 pulgadas de diámetro y 60 cm de largo, los cuales fueron enterrados en los orificios previamente hechos hasta colectar por los menos 30 cm de la columna de arena sin disturbar sus horizontes, luego fueron selladas y transportadas hacia el laboratorio en donde se mantuvieron en condiciones de refrigeración antes de su respectivo análisis (Figura 7).



Figura 7. Colecta de muestras de arena

El análisis del contenido de materia orgánica en las muestras colectadas empezó seccionando las muestras cada 2 cm luego de haberlas desplazado con un embolo. Cada porción de 2 cm fue colocada en una caja petri y puestas en un horno secador Becktron durante 24 horas a 60°C. Una vez secada cada porción se procedió a molerlas con la ayuda de un mortero de porcelana para luego ser envasadas en tubo de centrifugado plásticos o viales de 10 ml (Figura 8).

Posteriormente las muestras desecadas fueron pesadas en una balanza analítica Mettler Toledo, determinándose previamente el peso de los crisoles empleados (Figura 8). A continuación del pesaje de las muestras secas en los crisoles, estas fueron ingresadas a una mufla marca Thermo Scientific por 5 horas a 550°C (Figura 9).



Figura 8. Molición y pesaje de muestra seca



Figura 9. Ingresos de muestras seca a la mufla

Al sacar las muestras de la mufla se procedió a registrar su peso después de la ignición. Por último, ya con el registro de los pesos de la muestra (peso seco al aire del suelo y peso seco después de la ignición) se determinó el contenido de materia orgánica mediante el método de ignición de muestras de Byers et al. (1978) que se detallan en la siguiente formula (18):

$$\%\mathrm{MOT} = \left(\frac{\text{Peso seco muestra} - \text{Peso de la muestra incinerada}}{\text{Peso seco al aire del suelo}}\right) \mathrm{x}\ 100$$

Comparar el contenido de materia orgánica de los diferentes estratos entre playas

Los datos levantados se agruparon en dos categorías, primero por playa y segundo por estrato de la franja intermareal, es decir la parte inferior, media y superior de cada una de las playas analizada. Con los datos obtenidos de materia orgánica total (MOT), se procedió a realizar el análisis de relación de la profundidad (parte media, inferior y superior) con el contenido de materia orgánica entre ´playas. Para ellos los valores de %MOT que fueron ingresados en una plantilla de Excel fueron traspasado al software Rstudio en donde se efectuó el correspondiente análisis estadístico. Adicionalmente, se realizó la comparación de los índices AMBI entre playas.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

A continuación, se describen los resultados adquirido mediante el proceso metodológico desarrollado para el cumplimiento de cada objetivo específico.

Descripción de las características físicas de 3 sectores con playas de arena del cantón Esmeraldas

Con relación a los valores de la pendiente de la playa, en la Tabla 1 se observa que la playa con mayor pendiente fue Balao, expresada con un ángulo de inclinación de 1,61°. Asimismo, en las Figura 2, 3 y 4 se muestran las pendientes de cada playa y sus distancias a lo largo de la franja intermareal, siendo la playa de Las Piedras la más extensa.

Tabla 1. Pendientes de las playas del cantón Esmeraldas

Playas	Pendiente (Ángulo de inclinación)
Colope	1,25°
Las Piedras	0,28°
Balao	1,61°

Playa Colope

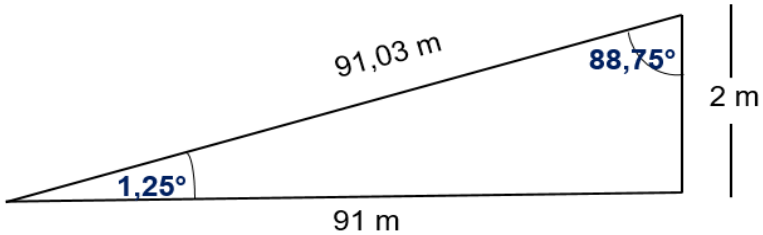


Figura 10. Pendiente de la playa Colope

Playa Las Piedras

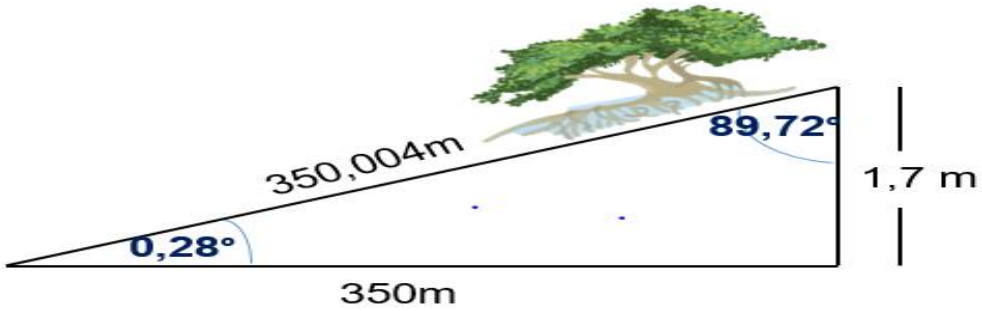


Figura 11. Pendiente de la playa Las Piedras

Playa Balao

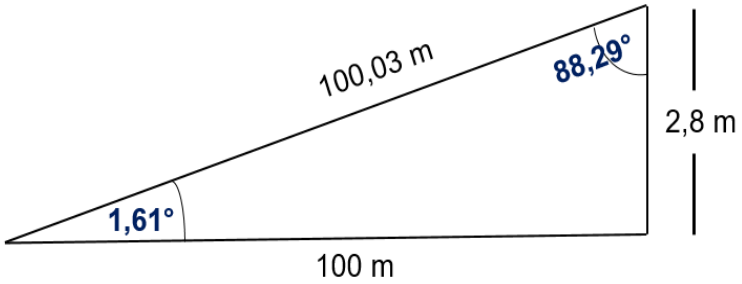


Figura 12. Pendiente de la playa Balao

Análisis de colectas de ensambles de infauna en los 3 sectores con playas seleccionadas mediante el levantamiento de descriptivos ecológicos

Al analizar la composición de seres de la infauna de las playas de Esmeraldas, los resultados determinaron que esta se encuentra conformada en su mayoría por organismos de la clase polychaeta con el 39%, seguida de las clases gastropoda (23%) y la bivalvia (20%), ambas pertenecientes al phylum mollusca. Asimismo, el subfilo crustácea y el phylumm nermetea registraron el menor número de seres de la infauna total conformada por 145 individuos (Figura 13).

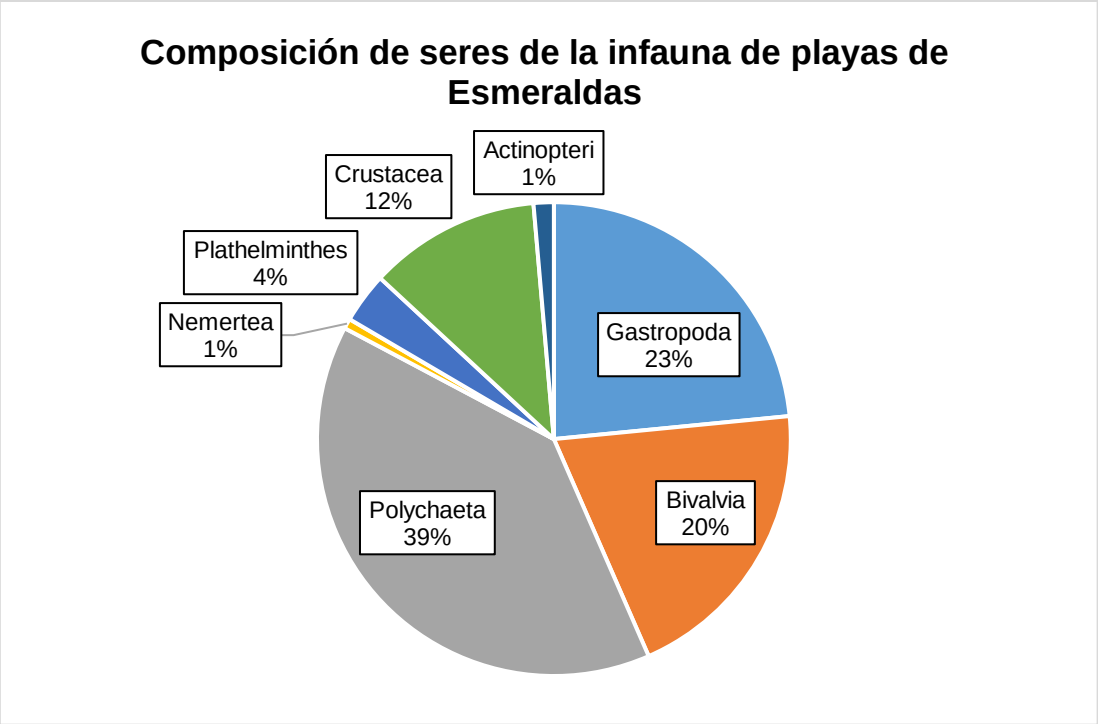


Figura 13. Composición de organismos de infauna en las playas de Esmeraldas

.....

La playa de Colope presentó el mayor número de grupo principales, 7 en total, seguido de la playa Las Piedras con 6 y Balao con 3. Los grupos con mayor número de organismo en Colope fueron el Polychaeta (45 individuos), Bivalvia (25 individuos) y Gastropoda (15 individuos), en Las Piedras el grupo Crustácea (14 individuos) y Polychaeta (11 individuos), mientras que en la playa de Balao sobresalió el grupo Gastropoda (12 individuos) (Figura 14).

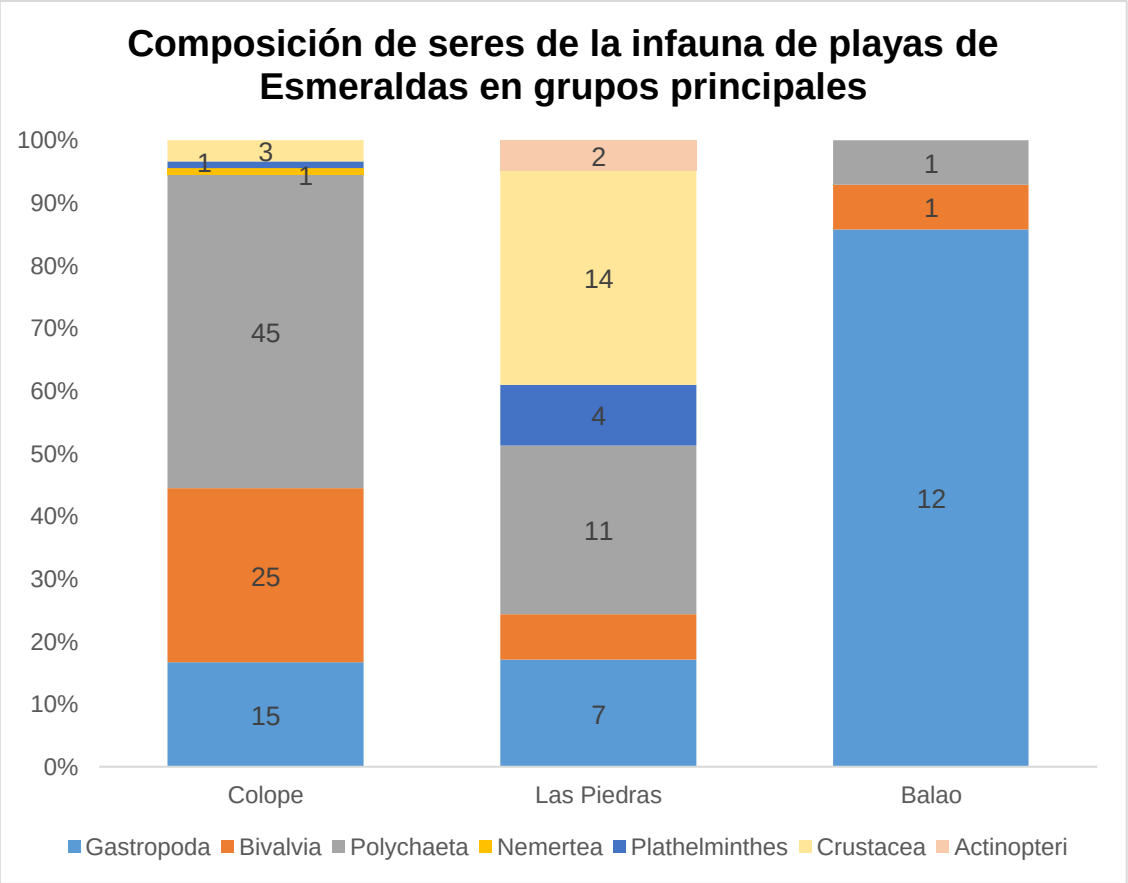


Figura 14. Composición porcentual de organismos de infauna por grupos principales

Con relación a la abundancia y distribución de los seres bentónicos en playas del cantón Esmeraldas, la playa Colope concentró la mayor abundancia de seres, pese a ser la playa con menor distancia, en donde los poliquetos de la familia Phyllodocidae (32 individuos) y el bivalvo *Pitar helenae* (25 individuos) fueron los más abundante. Seguido de la playa Las Piedras en donde los poliquetos de la familia Nereididae (9 individuos), *Uca sp* (14 individuos) y Polinices sp (7 individuos) fueron los 3 seres más abundantes. Balao fue la playa con menor abundancia de seres pese a ser la segunda playa con mayor franja intermareal, en donde sobresale mayoritariamente la presencia de la especie *Olivella sp* con 11 individuos (Figura 15).

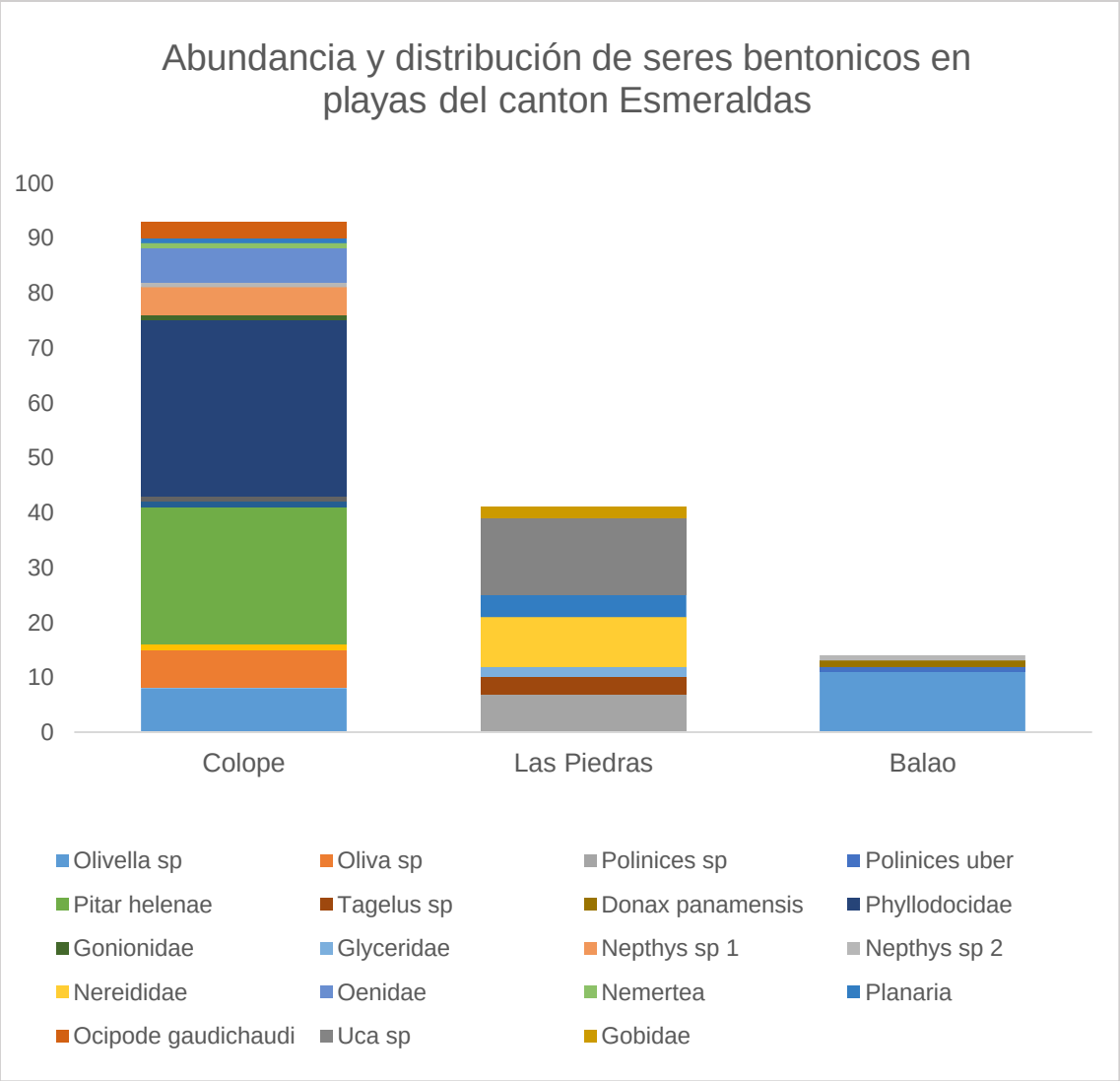


Figura 15. Abundancia y distribución de especies de infauna en las playas de Colope, Las Piedras y Balao.

Con relación a los índices de diversidad, los resultados del índice de Shannon-Wiener reflejan que las playas de Colope y Las Piedras no presentan diferencias significativas en cuanto a la diversidad específica y riqueza de especies, mientras que la playa de Balao posee la menor diversidad de especie con un valor de 0,75. El índice de Margalef arrojó que la playa con la mayor biodiversidad de especie fue Colope, dado que con un valor de 2,22 se demuestra según el índice que posee una alta biodiversidad por motivo de la cantidad de especie que registró en comparación con las otras playas, mientras que la playa de Las Piedras con un valor de 1,61 y Balao con 1,13 presentaron una baja biodiversidad. Por último, el índice de Simpson arrojó que las playas de Colope

y Las Piedras presentan una abundancia de especie similar, asimismo existe una alta probabilidad que dos organismos seleccionados de forma aleatoria durante un muestreo en la playa de Colope o Las Piedras sean correspondiente a la misma especie. Por otro lado, la playa de Balao con un valor de 0,36 registró la menor abundancia de especie (Tabla 2)

Tabla 2. Índices de diversidad de especies de infauna en playas de Esmeraldas

Descriptivos ecológicos	Colope	Las Piedras	Balao
Taxa_S	11	7	4
Individuals	90	41	14
Simpson_1-D	0,77	0,78	0,36
Shannon_H	1,79	1,71	0,75
Margalef	2,22	1,61	1,13

En la Figura 15 la curva de rarefacción nos muestra la curva de ganancia por el número de organismos capturados, por lo que la playa de Colope alcanza su mayor ganancia de especie con 90 individuos, seguido de Las Piedras con 41 y Balao con 14 (Figura 16).

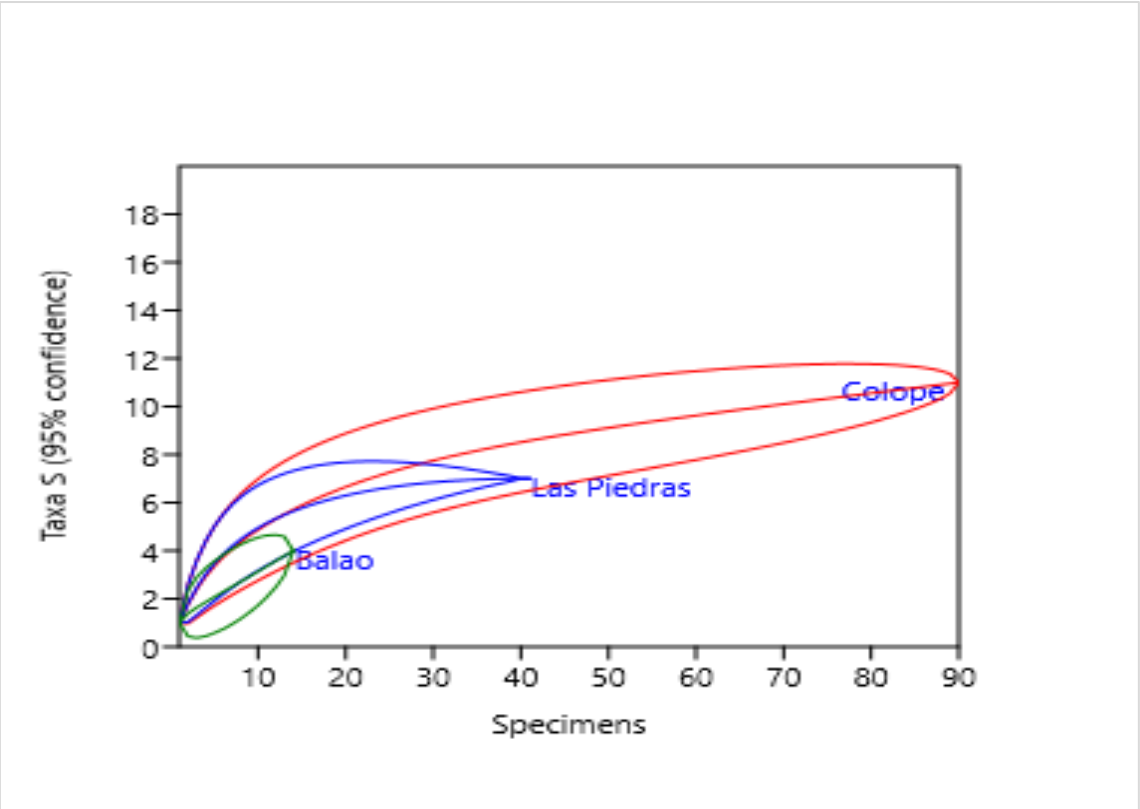


Figura 16. Curva de rarefacción de la riqueza de especie para una muestra estándar de 145 individuos en las playas de Colope, Las Piedras y Balao.

Con relación a los resultados del índice biótico marino AMBI, en la Tabla 3 se puede observar que la playa Las Piedras obtuvo el mayor AMBI con 1,62, mientras que Balao con 0,20 fue la playa con el menor AMBI. Es importante señalar que, para la playa de Las Piedras, el programa acusó que el análisis se lo realizó con sesgo, debido a que el cangrejo violinista o Uca no posee un valor asignado**.**

Tabla 3. Clasificación del AMBI en las playas del cantón Esmeraldas

Estación	% I	% II	% III	% IV	% V	% n. a.	AMBI	BI	Clasificación de perturbaciones
Colope	33.3	66.5	1.1	0.0	0.0	3.3	1.01	1	Imperturbable
Las Piedras	28.0	36.0	36.0	0.0	0.0	39.0	1.62	2	Ligeramente imperturbable
Balao	86.7	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.20	0	Imperturbable

Nota: En las columnas I a V se indica el porcentaje de especies clasificadas en 5 grupos ecológicos, desde sensibles (I) a oportunistas (V). BI "Índice Biótico"

Con relación a la comparación de los índices bióticos marino AMBI entre playas, los resultados reflejaron que tanto las especies de la playa Colope, Las Piedras y Balao se encuentran clasificadas en el grupo ecológico I, en donde las especies son muy sensibles al incremento de materia orgánica y coexisten bajo condiciones imperturbadas o sin contaminación (Figura 17).

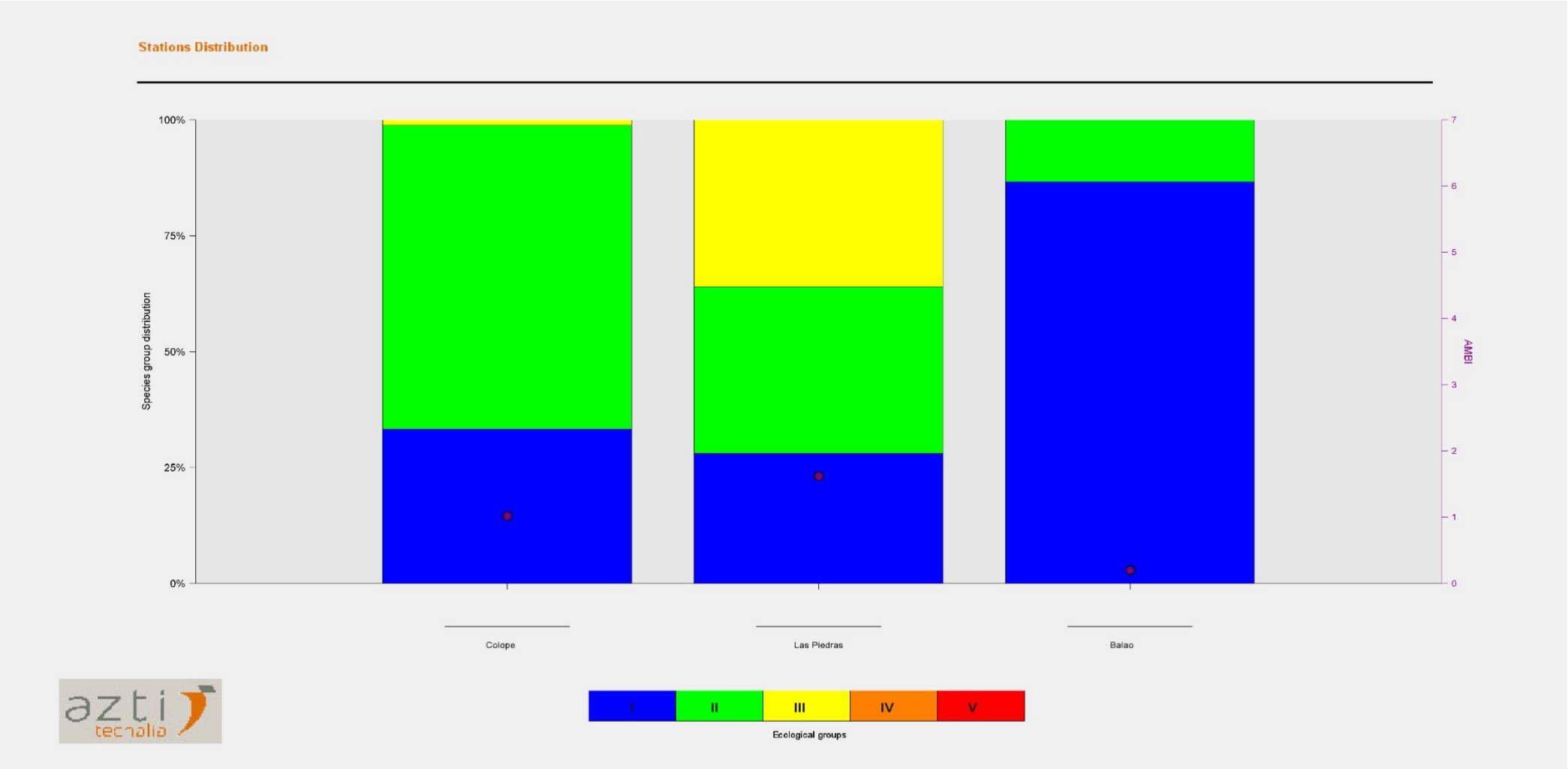


Figura 17. Comparación de índices AMBI entre playas

Estimación de la calidad del agua intersticial, así como el contenido de materia orgánica en sedimentos

Con relación a los parámetros físicos del agua intersticial en cada estrato de la franja intermareal, los resultados de la Tabla 4 reflejan que no hubo diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos de pH, oxígeno disuelto o conductividad eléctrica entre los estratos de cada playa, ya sea temperatura. Con relación a la temperatura se observa una diferencia significativa en la parte media de la playa Las Piedras con 21,44°C, siendo el único estrato de todas las playas cuya temperatura del agua intersticial no superó los 25°C. Es importante señalar que de acuerdo a la norma de calidad de ambiental y descarga de efluentes (15) en su apartado recurso agua, establece que, entre los criterios de calidad de agua con fines recreativos, los valores de oxígeno disuelto deben ser menores a 6 mg/L y el pH debe oscilar entre 6.5-8,3. Estos parámetros de calidad se cumplen en el presente estudio con excepción del pH registrado en los estratos de la playa de Balao, el cual osciló entre 8,83 y 8,89.

Tabla 4. Registro de parámetros fisicoquímicos en cada estrato de la franja intermareal

		Parámetros fisicoquímicos del agua intersticial de cada playa				
Playas	**Estratos**	**Temperatura ambiente**	**Temperatura agua**	**Conductividad eléctrica**	**pH**	**Oxígeno disuelto**
Balao	B1(superior)	27,5°C	27,4°C	58,5 mS/cm	8,83	3,2 mg/L
	B2 (medio)	28°C	28,1°C	55,3 mS/cm	8,89	2,0 mg/L
	B3 (inferior)	28°C	28,1°C	27,8 mS/cm	8,85	1,9 mg/L
Colope	C1 (superior)	27,5°C	27,4°C	49 mS/cm	7,95	2,5 mg/L
	C2 (medio)	28,5°C	28,9°C	49,1 mS/cm	8,74	3,3 mg/L
	C3 (inferior)	28,4°C	28,1°C	46 mS/cm	7,77	2,5 mg/L
Las Piedras	LP1(superior)	26,4°C	26,5°C	9,04 mS/cm	8,36	0,6 mg/L
	LP2 (medio)	26,4°C	21,44°C	11,04 mS/cm	8,07	3,4 mg/L
	LP3 (inferior)	28,4°C	28,1°C	46 mS/cm	7,77	2,5 mg/L

Nota: pH “Potencial de Hidrógeno”; mS/cm “milisiemens por centímetro”; mg “miligramo”; L “Litro”.

Con respecto al contenido de materia orgánica en sedimentos, en la Tabla 2 se puede observar que la playa Las Piedras registró los mayores porcentajes de materia orgánica total (MOT), en donde sobresale su parte superior con una media de 49,07%. Colope fue la segunda playa con mayor contenido de materia orgánica, particularmente en su estrato medio con una media de 3,30% de MOT, y por último se encuentra la Playa Balao, en donde su parte inferior presentó el menor valor de MOT de todas las playas, con una media de 1,27% (Tabla 5).

Tabla 5. Estimación de contenido de materia orgánica en sedimentos

Contenido de materia orgánica en sedimento		
Playas	**Estratos**	**Media de %MOT**
Balao	B1 (superior)	2,55
	B2 (medio)	1,27
	B3 (inferior)	1,65
Colope	C1 (superior)	1,39
	C2 (medio)	3,30
	C3 (inferior)	1,57
Las Piedras	LP1 (superior)	49,07
	LP2 (medio)	27,44
	LP3 (inferior)	4,52

Nota: MOT “Materia Orgánica Total”.

Comparación del contenido de materia orgánica de los diferentes estratos entre playas

En cuanto a relación de la profundidad con el contenido de materia orgánica en cada uno de los estratos de cada playa. En la Figura 18, las formas correspondientes a las playas y los colores a los estratos (superior, inferior y medio) reflejan que el contenido de materia orgánica se distribuye de forma homogénea en las playas de Colope y Balao, pese a que en Colope hay más materia orgánica pero muy poco en la parte media. Mientras que en la playa Las Piedras se evidenció un mayor contenido de materia orgánica en la parte superior de la franja intermareal. Es importante señalar que el gran contenido de materia orgánica en el estrato superior de la playa Las Piedras puede deberse a la fracción remanente de manglar existente en el mismo, que fue identificado durante la recolección de las muestras (19).

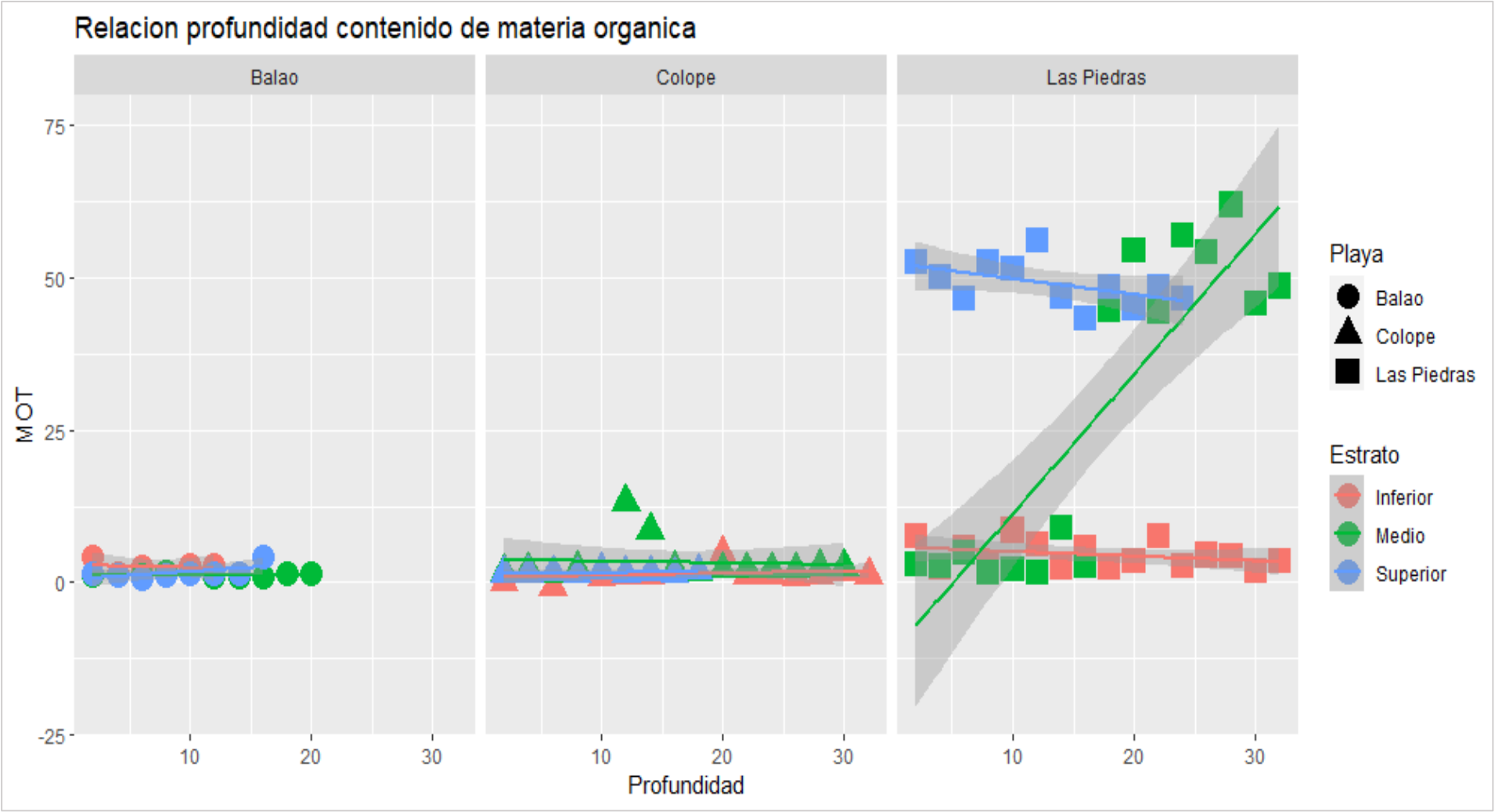


Figura 18. Análisis de contenido de materia orgánica de playas de Esmeraldas



Figura 19. Fracción remanente de manglar en la parte superior de la playa Las Piedras

En cuanto a la clasificación de perturbaciones entre playas en base a los valores del AMBI, las playas de Colope y Balao fueron categorizadas como “Imperturbada”, mientras que la playa Las Piedras como “Ligeramente perturbada” (Figura 20).

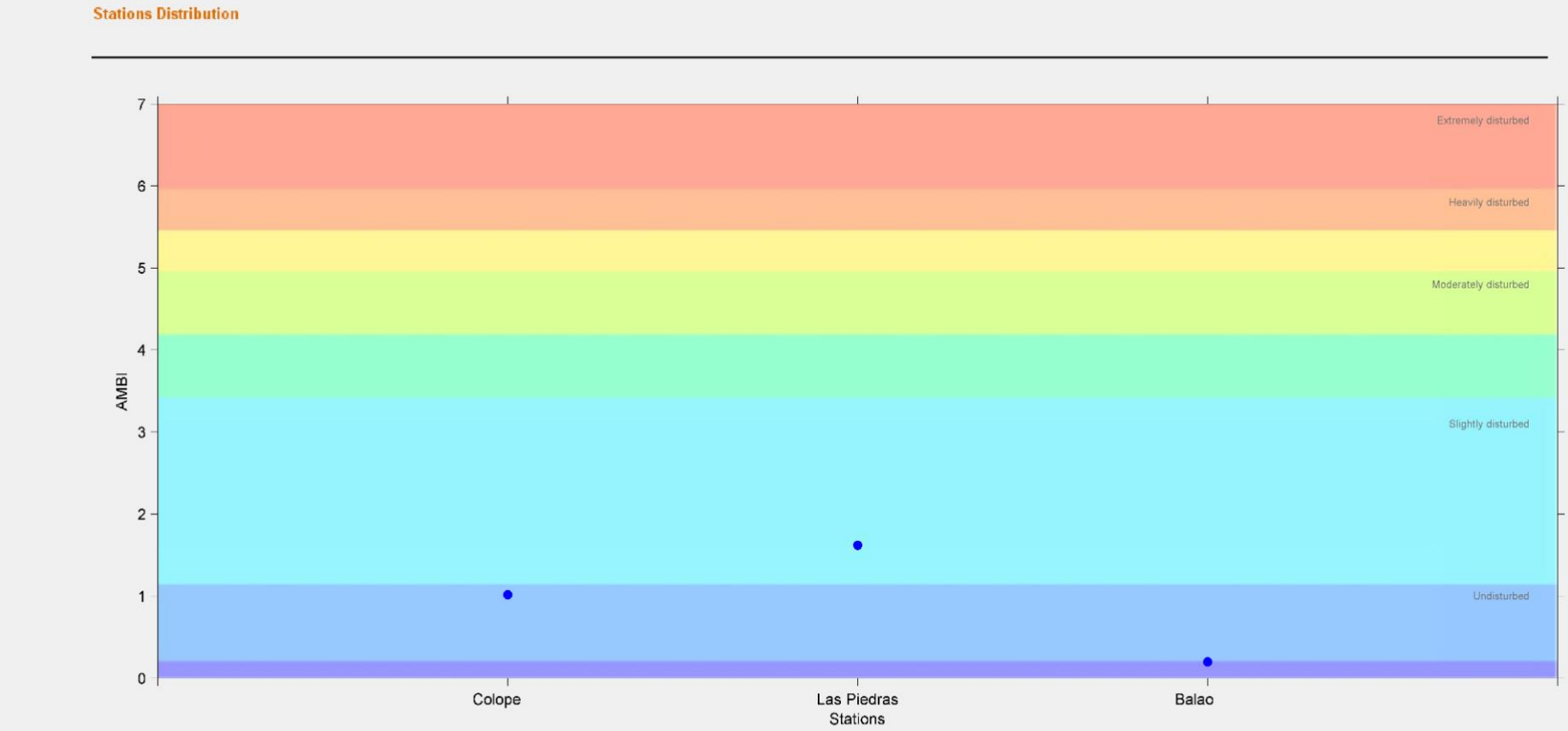


Figura 23. Clasificación de perturbaciones entre playas

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

Los resultados asociados a las características físicas de las playas de Colope, Las Piedras y Balao, las caracterizaron como playas con pendientes moderadas o bajas, en donde la pendiente más alta se registró en la playa de Balao con 1,61°. Estos resultados concuerdan en cierta forma con los valores de parámetros texturales para playas arenosas disipativas (1 a 5°), descritos en el estudio MacLachlan (33) referente a la zonación de las playas arenosas de forma general, al igual que en el de Ramírez (27), en playas de arena de sureste de México, y en el estudio de Limongi (19) en dos playas de arenas en Uruguay (19).

Según Ramírez (27), las playas con menor pendientes, arenas más finas y menor penetrabilidad son consideradas como playas disipativas, tomando en cuenta la dinámica y morfología de sus tres factores interactuantes (tamaño del grano, olas y mareas). Por lo que, en base a las pendientes de las playas registradas en el presente estudio, y a pesar de no haber estimado el tamaño del grano de arena para cada playa, las playas de Colope, Las Piedras y Balao son definidas como playas disipativas, pero Balao sería menos disipativas y más próxima a situación reflectiva. Asimismo, es importante recalcar que las playas sujeto a estudio pueden ser playas reflectivas, dado que según García (3) las playas reflectivas se caracterizan por sus olas pequeñas (>0,5 m de altura), pendientes empinadas (5 -10°) y bajo contenido de materia orgánica, y ningunas de estas características fue identificada en las tres playas que fueron analizadas.

Con base a la composición de seres de la infauna de las playas de Esmeraldas, los resultados demostraron que se encuentra conformada en su mayoría por organismos de las clases polychaeta (poliquetos), gastropoda, y bivalvia. Esta composición de seres de infauna también ha sido registrada en los estudios de comunidades bentónica de playas arenosas realizados a nivel nacional por Degraer et al (18) y García (3), sumado a los estudios de Limongi (19), Angeloni (21), Torres y Alfaro (34) en las playas de Bahía de la Paz, y MacLachlan (33) sobre la composición y zonación de las playas arenosas de forma general.

Los grupos taxonómicos (crustáceos, moluscos y poliquetos) que componen la infauna de las playas del cantón Esmeraldas son generalmente reconocidos como propios de las playas de arena (35). En la playa de Colope como las Piedras, el grupo taxonómico más abundante que se registró fue el de poliquetos, lo que puede deberse en gran parte al tipo de sedimento que poseen estas playas, coincidiendo que lo planteado por McLachan (33) quien sostiene que los poliquetos pueden ser escasos en arenas gruesas propias de las playas reflectivas, mientras que en arenas finas propias de las playas disipativas, tienden a ser considerablemente abundantes y dominantes.

En esta misma vía, Angeloni (19) señala que la mayoría de organismos que conforman la macrofauna intermareal habitan en agujeros que construyen en la arena y permanecen en ellos cuando desciende la marea. Los poliquetos y anélidos representan aproximadamente entre el 36 y 65% de las especies de macrofauna marina de fondos blando. Por lo que, la presencia de los poliquetos en estos ecosistemas es sustancial a la hora de modificar el sustrato, regular de forma efectiva el reclutamiento de otros individuos y su asociación con otros organismos de la comunidad para renovar los nutrientes, funcionando como verdaderos limpiadores de las playas arenosas, dados que se alimentan del detritus y los organismos muertos (36). He aquí, donde la poca presencia de poliquetos en la playa de Balao nos hace cuestionar si ausencia de estos organismos supone un problema para este ecosistema.

En este punto es importante señalar que según los resultados del AMBI, el índice biótico en las playas de Balao es de 0, cuyas especies identificadas forman parte del grupo ecológico I, y es una zona categorizada como “imperturbable” o indisturbada. Por tanto, pese a la poca presencia de poliquetos en esta playa, la calidad de la misma es buena, considerando que las especies categorizadas en el grupo I se caracterizan por ser muy sensibles al enriquecimiento orgánico y están presentes bajo condiciones imperturbables (32), lo cual se ratifica con los resultados de contenido de materia orgánica en la playa de Balao, los cuales fueron los más bajos (1,27% a 2,55% de MOT). A esto se debe añadir, que la corriente marina principal del viento viene del Sur, Balao recibe buena agua, posteriormente el río Esmeraldas genera alguna perturbación y su estela se mantiene hasta Colope. Por otra parte, hay que tener presente que el algoritmo

de AMBI no toma en cuenta peces ni tampoco posee valores asignados a los cangrejos de género Uca, cuyo exceso de gastropodos en la playa de Balao jugó a su favor.

Con relación a los descriptivos ecológicos, los valores obtenidos de los índices de diversidad como Margalef reflejó que la playa con mayor biodiversidad de especie fue Colope, con un valor de 2,22 de un total de 90 organismos y 7 grupos taxonómicos entre las tres playas. Estos valores concuerdan con los del estudio de Riestra (37), en donde se registraron valores de índice de diversidad entre 1, 5 y 4 en fondos blandos tropicales, donde el número de organismos es superior a 100. En nuestro análisis, el número de individuos entre las tres playas fue superior a 100 y el valor de diversidad oscilo entre 1,13 para la playa de Balao y 2,22 para la playa Colope.

Cabe recalcar que las playas de arenas constituyen ecosistemas de gran dinámica y con condiciones muy hostiles para habitar, por los que normalmente se espera que el número de taxones que se adaptan a vivir en estas condiciones sea bajo en paralelo con otros ecosistemas costeros (3).

No obstante, la biodiversidad de la macrofauna existente en las playas de las costas ecuatorianas es relativamente alta (3), tal como lo demuestran las 7 taxas identificadas en este estudio. Este valor es semejante a los registrados en las investigaciones de Guevara et al. (38), que reportó un total de 9 taxones en Bahía Málaga en el pacífico norte colombiano; Limongi (19) con un total de 13 taxas (incluido organismos bentónicos y artrópodos) en playas arenosa de Uruguay; y la de García (3), quien registró un total de 1287 individuos correspondientes a 7 taxones distintos para las tres playas arenosas de la costa de Manabí (Ecuador) que fueron sujeta a estudio, siendo los poliquetos, crustáceos y bivalvos los grupos más dominantes. Es importante señalar que en este estudio se efectuaron dos muestreos por playa, a diferencia del presente estudio se efectúo un muestreo por playa.

Asimismo, hay estudios como el de Dexter (39) en donde sólo se registraron 3 taxones. En estos casos, según Jaramillo (40), la duración de los muestreos realizados en la infauna de playas de arenas puede afectar en las tendencias observadas, explicando en ciertas formas las diferencias en la abundancia y

diversidad de especies de un estudio a otro, particularmente en los estudios de corto plazo.

Un aspecto muy importante a considerar la baja diversidad o riqueza de índices de Simpson (0,36) y Margalef (1,13) de la playa de Balao, que, pese a no ser la playa con menor franja intermareal, presentó el menor número de especies e individuos de la infauna de las tres playas analizadas. En este contexto, se debe considerar que si bien las playas disipativas poseen mayores densidades de individuos (41), existen otros factores que pueden influir en la estructura de la comunidad bentónica, en donde sobresale el nivel del uso de las playas (3). En este contexto, se debe considerar que la playa de Balao es la única de las tres playas usada, con fines recreativos o turísticos. Contradictoriamente, con un índice biótico de AMBI de 0.20 y categorizada como zona “imperturbada”, esta fue la playa con mejor calidad ecológica, seguido de Colope con un índice biótico de 1, y las piedras, que con un índice biótico de 2 fue categorizada como “ligeramente perturbada”. Esto valores también demuestran que las playas del cantón Esmeraldas son buenas y están para el desarrollo del turismo.

Por otra parte, Limongi (19), sostiene que la riqueza y abundancia en las playas de arenosa no tiende a incrementar por el tamaño de la playa sino a diversos factores como las interacciones tróficas, las tolerancias fisiológicas de los organismos, la concentración de alimento y materia orgánica.

En cuanto al contenido de materia orgánica en sedimento, la playa de Las Piedras registró en su parte superior una media de 49,07% de MOT, seguido de Colope en su estrato medio con una media de 3,30%. Estos resultados pueden ser motivo de preocupado, que en base a lo expuesto por De La Lanza (42), Méndez, Solis & Carranza (43), el contenido de materia orgánica en áreas o zonas no contaminada oscila entre 0,5 y 5%, no obstante, aquellos sedimentos que superan el 15% de MOT pueden ser característicos de aquellas zonas que pueden verse perturbada por varios factores u otras variables a considerar. En cuanto a los valores de MOT en la franja media y superior de la playa Las Piedras (27,44% y 49%) puede deberse en gran parte a la fracción remanente de manglar que se identificó en los mismos durante los muestreos realizados in situ, y en los manglares los contenidos de MOT pueden llegar a 40% y esa es su condición natural (44).

Por lo que siguiendo lo sugeridos por los autores anteriores las playas de Colope y Balao pueden ser consideradas como zonas no contaminadas dado que su porcentaje de materia orgánica fluctúa entre 0,5 y 5%. Concordando con los resultados de los índices de AMBI, los cuales reportaron que la playa de Colope y Balao son zonas sin perturbaciones, mientras que la playa Las Piedras se encuentra ligeramente disturbada.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

- Los resultados asociados a las características físicas de las playas de Colope, Las Piedras y Balao determinaron que son playas de tipo disipativas, siendo Balao la playa con la pendiente más alta con un ángulo de inclinación de 1,61°, siendo próxima a una situación reflexiva.

- Los poliquetos dominan en términos generales los ensambles de seres bentónicos de las playas estudiadas con excepción de Balao.

- La playa con mayor biodiversidad de especie fue Colope, con un índice de diversidad de 2,22 de un total de 90 organismos y 7 grupos taxonómicos entre las tres playas. Asimismo, fue la playa que concentró la mayor abundancia de seres, en donde los poliquetos de la familia Phyllodocidae (32 individuos) y el bivalvo *Pitar helenae* (25 individuos) fueron los más abundantes.

- Las playas de Colope y Las Piedras no presentan diferencias significativas en cuanto a la diversidad específica y riqueza de especies, mientras que la playa de Balao posee la menor diversidad de especie, cuyo valor del índice de Shannon fue 0,75.

- Los valores del índice biótico AMBI clasificaron a las playas de Colope y Balao como zonas “imperturbables” o sin perturbaciones, mientras que Las Piedras como zona “ligeramente peturbada”. Por lo que en base a estas estimaciones podemos concluir que las playas de Esmeraldas poseen una buena calidad ecológica y se encuentran apta para el desarrollo del turismo u otras actividades recreativas.

- La relación del contenido de materia orgánica y profundidad entre las playas determinó que el MOT se distribuye de forma homogénea en las playas de Colope y Balao, mientras que en la playa Las Piedras se evidenció en la parte media y superior un porcentaje de MOT (27,44% y

49,07%) que supera los valores comprendidos para zonas no perturbadas. Se considera que este alto contenido de materia orgánica es proveniente de la fracción de materia orgánica situado en el estrato superior de esta playa.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

- Se requiere estudiar la granulometría de las playas, puede que el tamaño de grano de la playa de Balao haya sido mayor, y a simple vista no se lo pudo confirmar.

- Continuar con el desarrollo de investigaciones de este tipo, realizados dos muestreos quincenales, tanto en verano como en invierno en otras playas de Esmeraldas en donde se desarrolla un turismo a gran escala, específicamente en las playas de Tonsupa y Atacames, recolectando un mayor número de seres de infauna y cantidad de arena. De tal forma que se realicen los análisis complementarios como estudios granulométricos y evidenciar si las diferencias entre playas son significativas con relación al tamaño del grano del sedimento, la pendiente, la densidad de población y su relación con periodos estacionales, por último, se aplique el índice multivariado M-AMBI que incorpora valores de riqueza y el índice de diversidad de Shannon.

- Realizar investigaciones dirigidas algún tipo de contaminante como el sulfato de alquibenceno o las concentraciones de amonio, y sus afectaciones en la abundancia y diversidad de especies que habitan en estos ecosistemas.

- Dado que los resultados arrojaron por el AMBI demostraron que la calidad de la playa del cantón es buena. Se recomienda explotar estos resultados para promoción de playas locales.

- Asimismo, se recomienda realizar este tipo de estudio en la playa de las Palmas, donde se concentra la mayor parte de usuarios locales como visitantes, para evaluar el efecto del turismo en los parámetros poblacionales de la infauna que coexiste en esta playa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bermúdez AEG. Impacto del uso recreativo sobre la fauna macrobentónica en playas arenosas. [Online].; 2016. Available from: http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2758/M40-G3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. Ercolani DPS. La zona costera como escenario turistico, transformaciones territoriales en la costa. [Online].; 2011. Available from: https://core.ac.uk/download/pdf/11677132.pdf.
3. García, A. *Impacto del uso recreativo sobre la fauna macrobentónica en playas arenosas de la ciudad de Bahía de Caraquez, Manabí, Ecuador.* Obtenido de Tesis de grado. Escuela en Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016. Obtenido de: file:///C:/Users/User/Downloads/ImpactodelusorecreativosobrelafaunamacrobentonicaenplayasBahiadeCaraquez.pdf
4. Sánchez. A. análisis del impacto socioambiental en las playas del Ecuador, mediante la creación de una empresa de servicios para limpieza de playas. [Online].; 2013. Available from: https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/35/1/T-UIDE-0004.pdf.
5. CSIC. El mar a fondo - guía didáctica. [Online].; 2018. Available from: https://elmarafons.icm.csic.es/wp-content/uploads/2018/04/gu%C3%ADa-did%C3%A1ctica-bentos_red.pdf.
6. Pech, P. Diversidad en los bentos marino - costero. [Online].; 2012. Available from: https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap3/09%20Diversidad%20en%20el%20bentos.pdf
7. Carrasco, FD. Organismos del bento marino sublltoral: ALGUNOS ASPECTOS SOBRE ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN. [Online].; 2013. Available from: http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/BioMarina/11.pdf.

8. Pradas F. Estudios descriptivos: Estudios de prevalencia y estudios ecológicos. [Online].; 2014. Available from: http://www.ics-aragon.com/cursos/salud-publica/2014/pdf/M2T15.pdf.
9. Martín, JP. Cambios espaciales en la comunidad infaunal de un piso macrotidal en Bahía San Julián, Patagonia Sur, Argentina. [Online].; 2019. Available from: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-19572019000100051&script=sci_arttext&tlng=n
10. Defeo, O. & A. McLachlan. Patterns, process and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. Mar. Ecol. Progr. Ser, 2005; 295: 1-20.
11. Short, A. Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics. London: Wiley; 199, 1379 pp.
12. Finkl CW, Krupa S. Environmental impacts of coastal-plain activities on sandy beach systems: Hazards, perception and mitigation. J Coast Res, 2003; 35: 132-150
13. Borzone, C. A., S. G. Melo, K. V. Rezende, R. Vale & R. Krul. Macrobenthic intertidal communities from wave to tide dominated beach environments. A case study in two Brazilian beaches. J. Coast. Res, 2003; 35: 472-480.
14. Cárdenas, M., Triviño, M., Giovanni, G., & Velásquez, M. Comunidades Bentónicas Presentes en Sitios de Buceo en la Reserva Marina El Pelado. *INVESTIGATIO*, 67-78. 2018. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/199-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1059-2-10-20181211-1.pdf
15. Mora, E., V. Jurado y W. Mendívez. Diversidad de macroinvertebrados en la plataforma continental de Ecuador. Revista Ciencias del Mar y Limnología, 2010; 4(2), 101-106.
16. Defeo, M&O. Jornadas del mar. [Online].; 2018. Available from: http://jornadasdelmar2018.exactas.uba.ar/wp-content/uploads/2018/08/Defeo_XJNCM_2018.pdf.
17. Zapperi, G. *Estructura y funciones ecológicas de las comunidades bentónicas en planicies de marea de la zona interna del estuario de Bahía Blanca.* Obtenido de Tesis de grado. Universidad Nacional del

Sur. 2015. Obtenido de: https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2427/Tesis%20Georgina%20Zapperi%2010-4-15.pdf?sequence=1&isAllowed=y

18. Degraer, S., Wittoeck, J., Guartatanga, S., & Fockedey, N. Macrofaunal community structure and zonation of an Ecuadorian sandy beach (Bay of Valdivia). Belgian Journal of Zoology, 2004; 17-24. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/Macrofaunal_community_structure_and_zonation_of_an-2.pdf
19. Limongi, P. La macrofauna bentónica como indicadora de integridad ecológica en una playa oceánica de uso turístico: Playa El Rivero, Punta del Diablo, Uruguay. Obtenido de Tesis de grado. Universidad de la República de Uruguay- 2017. Obtenido de: https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/10212/1/uy24-18508.pdf
20. Corrales, M., & Silbaja, J. Macrofauna bentónica de las playas de arena del Área de Conservación Osa, Puntarenas, Pacífico Sur de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 2015; 1-9. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/449/44943930016/html/
21. Angeloni, P. I*mpacto del Uso Recreativo sobre la Fauna Macrobentónica de las Playas Arenosas de la Bahía de La Paz.* Obtenido de Departamento de Pesquerías y Biología Marina. Instituto Politécnico Nacional de México, 2003. Obtenido de: https://repositoriodigital.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14619/1/Angeloni1.PDF
22. Chávez-Hidalgo, A. Comunidad de Poliquetos (Annelida: Polycheata) en la zona intermareal en “El Mogote”, Bahía de La Paz B. C. S., México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autonóma de Baja California Sur, México, 2006; 59 p
23. Asamblea Nacional. Constitucion de la republica del ecuador. 2008. [Online].; 2008. Available from: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf.
24. MAE. Codigo organico del ambiente. [Online].; 2017. Available from: https://www.ambiente.gob.ec/wp-

content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf.

25. Comisión Jurídica del Ecuador. Código Penal. [Online].; 2012. Available from: http://www.oas.org/juridico/PDFs/mesicic4_ecu_penal.pdf.
26. Dirección Nacional Jurídica. Código orgánico de la producción CEI., Departamento de Normativa. [Online].; 2013. Available from: file:///C:/Users/Soporte/Downloads/CODIGO%20ORGANICO%20DE%20LA%20PRODUCCION,%20COMERCIO%20E%20INVERSIONES,%20COPCI [2].pdf.
27. Ramírez, A. *Variación espacio-temporal de la comunidad macrobentónica del intermareal de la playa "El Conchalito", B. C. S. México. 2012.* Obtenido de Tesis de grado. Instituto Politécnico Nacional de México: https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/13355/1/ramirezt1.pdf
28. Velásquez, E., & Vega, M. Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos . BIODIVERSITAS, 2004; 57: 12-15.
29. Zarco-espinosa VM. Estructura Y Diversidad De La Vegetación Arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Univ y Cienc. 2010;26(1):1–17
30. Borja A, Franco J, Pérez V. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. mar poll Bull. 2000; 40(12): 1100-14.
31. Quipúzcoa, L., Velez, X., Aramayo, V., & Vildoso, B. (Instituto del Mar de Perú). Guía y criterios de aplicación del índice biótico marino AZTI (AMBI) y AMBI multivariado (M-AMBI) en ambientes marinos someros de la costa central y sur de Perú. 1-31. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/Boletin341-19.pdf
32. Grall J, Glémarec m. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 1997;44: 43-53

33. Pino, M. & E. Jaramillo. Morphology, texture and mineralogical composition of sandy beaches in the south of Chile. J. Coast. Res. 1992; 8:593-602.
34. Torres-Alfaro, G. M. Ecología de la taxocenosis de peracáridos macrobentónicos en playas arenosas protegidas: análisis multiescala de los patrones ecológicos y consideraciones para el manejo sustentable. Tesis Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. (México). 2010; 176 p
35. McLachlan, A & A. C. Brown. The Ecology of Sandy Shores. Academic Press, Burlington, MA, USA.2006; 373 p
36. McLachlan, A. Coastal Beach Ecosystems. In: Encyclopedia of Biodiversity. Academic Press. New York.2001; 741-751 p
37. Riestra, G., O. Defeo & A. Brazeiro. Dinámica de la zonación de gasterópodos en una playa disipativa micromareal. Com. Soc. Malacol. Uruguay, 1996; 8 (70-71): 1-6.
38. Guevara, M. *Influencia de las variables ambientales en la estructura de las comunidades bentónicas y su relación con el flujo de mercurio en la bahía de Buenaventura.* Obtenido de Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2017. Obtenido de: https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59430/6014006.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
39. Dexter, D. M. Distribution and life histories of abundant crustaceans of four sandy beaches of south-eastern New South Wales, Australian. J. Mar. Fresh. 1985. Res, 36:281-289
40. Jaramillo, E., H. Contreras & P. Quijón. Macroinfauna and human disturbance in a sandy beach of south-central Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 69: 1996; 614-655.
41. Nelson, W.G. Beach restoration in the southeastern US: environmental effects and biological monitoring. Ocean & Coastal Management. 1993; 19: 157-182.
42. De La Lanza, G. Materia orgánica en los sedimentos del sistema lagunar Huizache y Caimanero: Importancia, comportamiento y significado de modelos de predicción. An. Inst. Cien. Mar y Limnol. Universidad Nacional Autónoma de México. 1986; 13: 251-286

43. Méndez-Ubach, M. N., V. Solis–Weiss & A. Carranza- Edwards. La importancia de la granulometría en la distribución de organismos bentónicos. Estudio de Playas del Estado de Veracruz, México. Anales de Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, 1986; 13(3): 45- 56

44. Belmonte, O., Hernández, T., Franciscus, H., & Legorreta, Á. (2004). Flujo de materia en un manglar de la costa de Chiapas, México. *Madera y Bosques*, 45.61. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/617/61709904.pdf

ANEXOS

Anexo 1. MOT en cada uno de los estratos de la Colope, Las Piedras y Balao

Playa	Sitio	Profundidad	MOT
Colope	Baja	2	0,15
Colope	Baja	4	1,39
Colope	Baja	6	0,82
Colope	Baja	8	2,03
Colope	Baja	10	0,93
Colope	Baja	12	1,25
Colope	Baja	14	1,31
Colope	Baja	16	1,85
Colope	Baja	18	1,8
Colope	Baja	20	4,8
Colope	Baja	22	1,22
Colope	Baja	24	1,19
Colope	Baja	26	0,92
Colope	Baja	28	1,28
Colope	Baja	30	1,79
Colope	Baja	32	1,26
Colope	Media	2	1,74
Colope	Media	4	2,08
Colope	Media	6	2,2
Colope	Media	8	2
Colope	Media	10	1,94
Colope	Media	12	13,22
Colope	Media	14	8,65
Colope	Media	16	2,38
Colope	Media	18	1,72
Colope	Media	20	2,2
Colope	Media	22	2,15
Colope	Media	24	2,19
Colope	Media	26	2,22
Colope	Media	28	2,64
Colope	Media	30	2,56
Colope	Alta	2	39,68
Colope	Alta	4	41,04
Colope	Alta	6	42,91
Colope	Alta	8	41,6
Colope	Alta	10	46,04
Colope	Alta	12	39,33
Colope	Alta	14	39,11
Colope	Alta	16	40,55
Colope	Alta	18	41,14
Las Piedras	Baja	2	7,51
Las Piedras	Baja	4	2,39
Las Piedras	Baja	6	5,78
Las Piedras	Baja	8	2,93
Las Piedras	Baja	10	8,58
Las Piedras	Baja	12	6,19
Las Piedras	Baja	14	2,55
Las Piedras	Baja	16	5,73
Las Piedras	Baja	18	2,51
Las Piedras	Baja	20	3,45
Las Piedras	Baja	22	7,72
Las Piedras	Baja	24	2,68
Las Piedras	Baja	26	4,47
Las Piedras	Baja	28	4,45

Las Piedras	Baja	30	1,88
Las Piedras	Baja	32	3,44
Las Piedras	Media	2	2,92
Las Piedras	Media	4	2,66
Las Piedras	Media	6	4,93
Las Piedras	Media	8	1,7
Las Piedras	Media	10	2,19
Las Piedras	Media	12	1,74
Las Piedras	Media	14	8,88
Las Piedras	Media	16	2,69
Las Piedras	Media	18	44,7
Las Piedras	Media	20	54,4
Las Piedras	Media	22	45,5
Las Piedras	Media	24	44,3
Las Piedras	Media	26	57
Las Piedras	Media	28	54,2
Las Piedras	Media	30	62
Las Piedras	Media	32	45,7
Las Piedras	Alta	2	48,6
Las Piedras	Alta	4	52,6
Las Piedras	Alta	6	50,2
Las Piedras	Alta	8	46,6
Las Piedras	Alta	10	52,6
Las Piedras	Alta	12	51,5
Las Piedras	Alta	14	56,1
Las Piedras	Alta	16	49,3
Las Piedras	Alta	18	43,2
Las Piedras	Alta	20	48,4
Las Piedras	Alta	22	45,1
Las Piedras	Alta	24	48,5
Las Piedras	Alta	26	46,6
Balao	Baja	2	44,7
Balao	Baja	4	46,5
Balao	Baja	6	47,7
Balao	Baja	8	45,2
Balao	Baja	10	46,9
Balao	Media	2	41,9
Balao	Media	4	44,1
Balao	Media	6	42,5
Balao	Media	8	41,9
Balao	Media	10	45,8
Balao	Media	12	42,3
Balao	Media	14	40,5
Balao	Media	16	43,7
Balao	Media	18	45,6
Balao	Media	20	39,7
Balao	Alta	2	39,8
Balao	Alta	4	38,5
Balao	Alta	6	43,2
Balao	Alta	8	39
Balao	Alta	10	45,6
Balao	Alta	12	40,6
Balao	Alta	14	39,1
Balao	Alta	16	40
Balao	Alta	18	40,1

Anexo 2. Recolección de muestras.



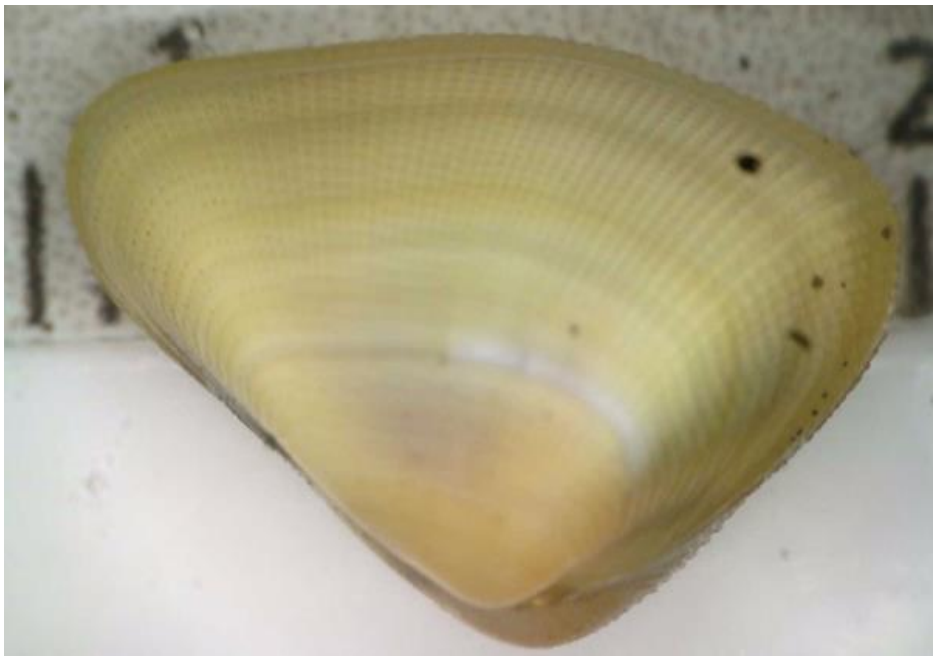
Anexo 3. Identificación de especies de infauna



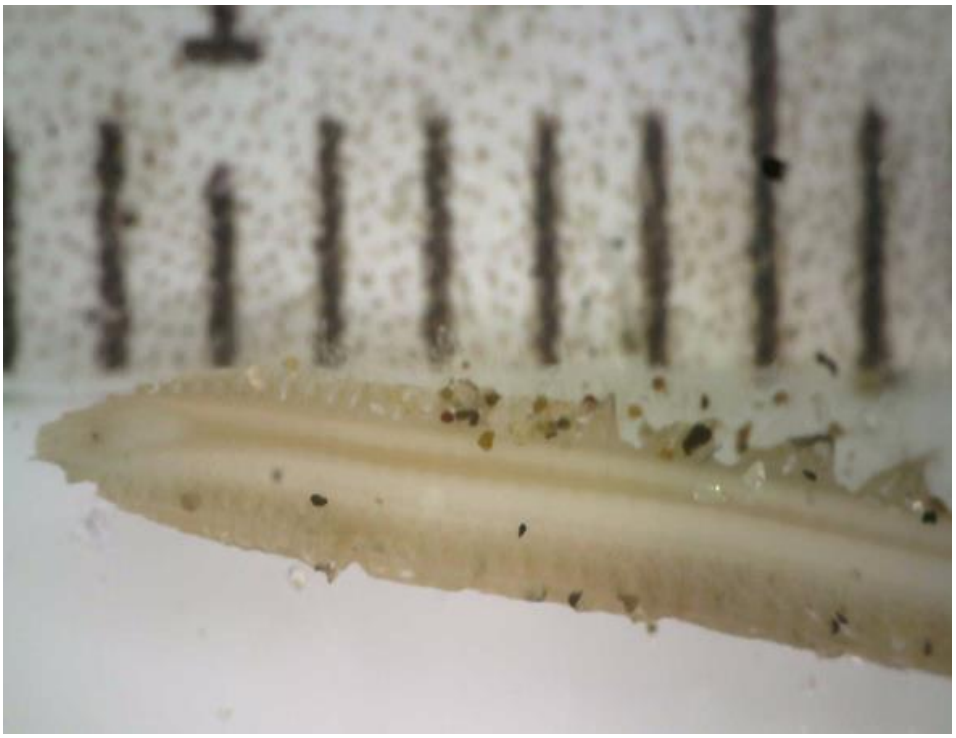
Anexo 5. Listado de especies de la infauna identificadas en las playas de Colope, Las Piedras y Balao

Playa Balao

Donax panamensis



Nepthys sp2

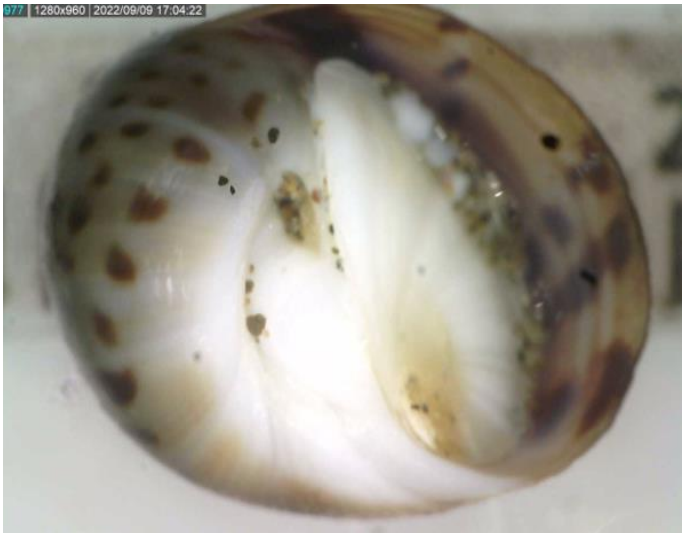


Olivella sp



Polinices uber





Playa Colope

Callaniassa sp



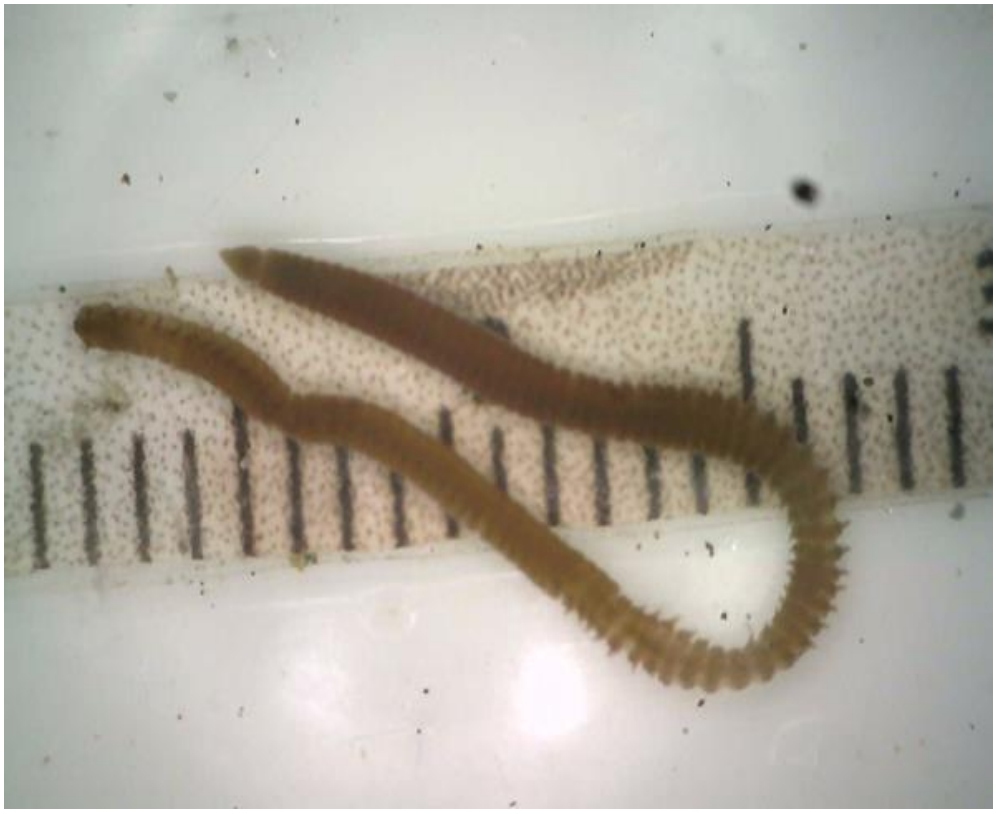
Gonionidae



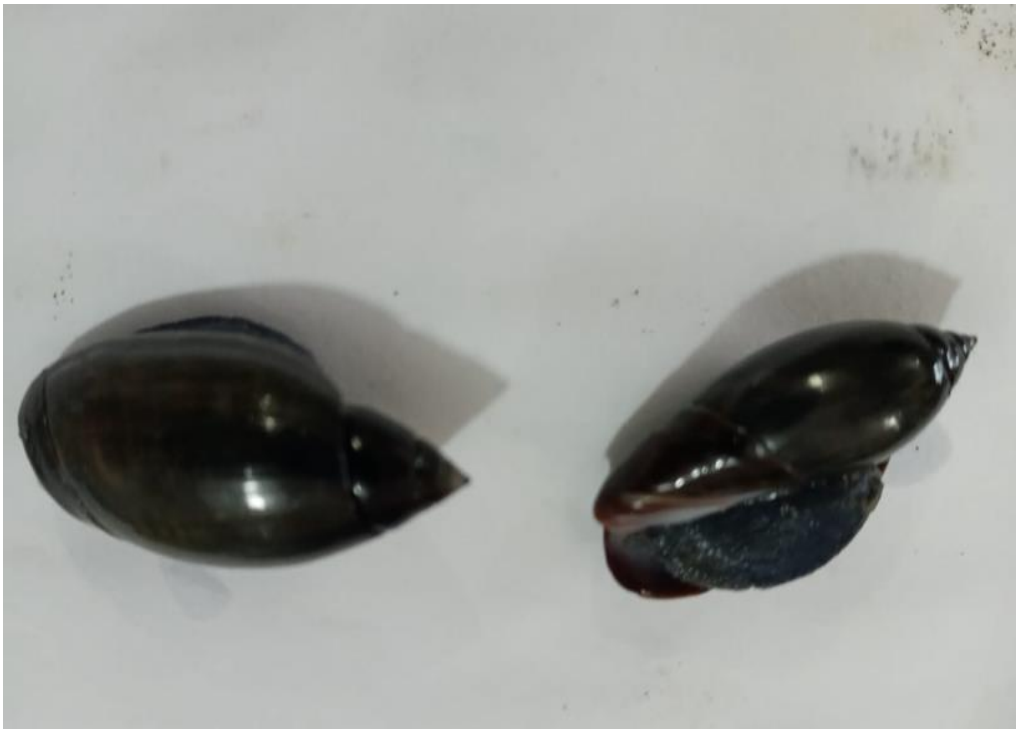
Nemertea



Oenidae

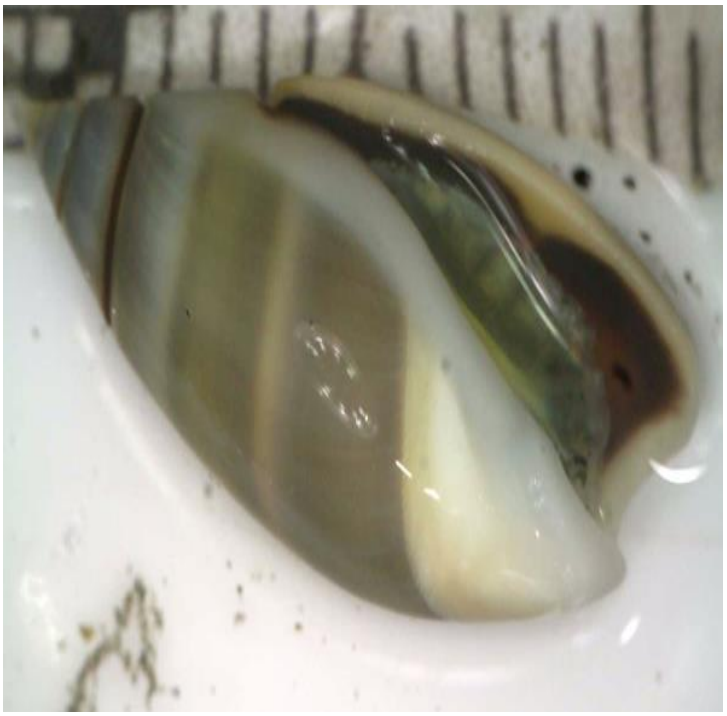


Oliva sp



Olivella sp





Phyllodocidae





Las Piedras

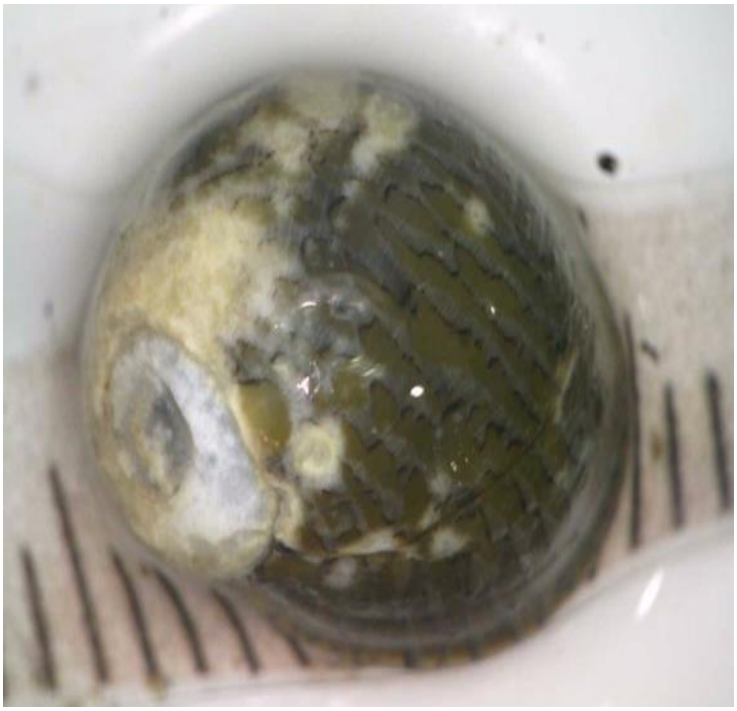
Glyceridae

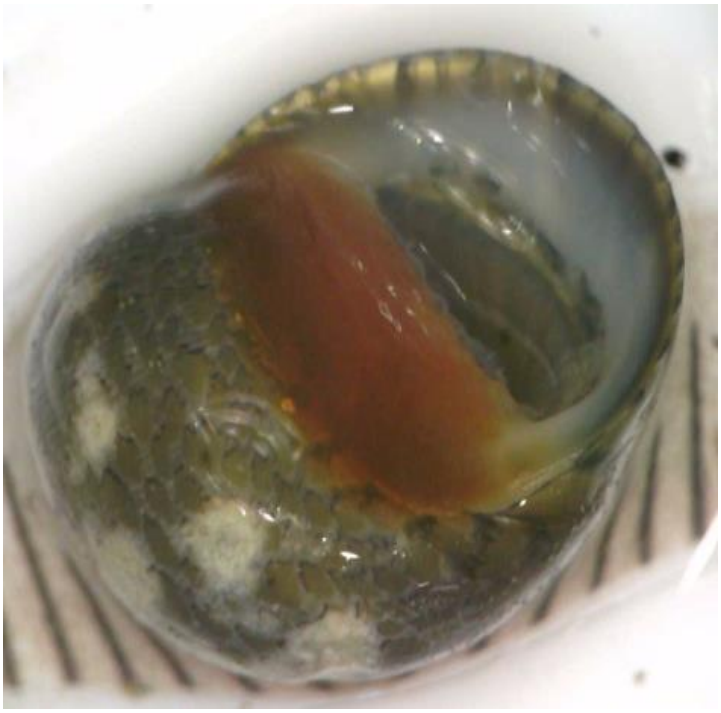


Gobidae



Polinices sp





Nereididae



Planaria



Uca sp

