



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
CARRERA DE BIOLOGIA

**“DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE EQUINODERMOS  
(ASTEROIDEA) QUE HABITAN EN LOS FONDOS ROCOSOS DE  
PUERTO CAYO, DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO  
NOVIEMBRE 2022 A ENERO DEL 2023”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

CHRISTIAN PAUL VÁSQUEZ VALENCIA

TUTOR:

BLGA. MARIA HERMINIA CORNEJO RODRIGUEZ PHD

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
CARRERA DE BIOLOGIA

**“DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE EQUINODERMOS  
(ASTEROIDEA) QUE HABITAN EN LOS FONDOS ROCOSOS DE  
PUERTO CAYO, DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO  
NOVIEMBRE del 2022 A ENERO DEL 2023”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

CHRISTIAN PAUL VÁSQUEZ VALENCIA

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

UPSE

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, quiero dedicar este trabajo a Dios, que me dio la fortaleza y me permitió culminar este trabajo y seguir adelante a pesar de las adversidades.

A mi madre, María Pilar Valencia Bersosa por haberme brindado su apoyo incondicional a lo largo de esta etapa de formación académica, siendo una de los pilares fundamentales en mi vida, apoyándome y siempre brindándome cada una de las herramientas necesarias para mi desarrollo personal y profesional.

A mis compañeros de universidad, los cuales siempre supieron darme su apoyo en los momentos difíciles y ser parte de este proceso a lo largo de los años.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por bendecirme y protegerme a lo largo de esta etapa y permitirme cumplir uno más de mis objetivos, dándome la sabiduría necesaria para superar cada reto y poder culminar de manera exitosa mi carrera profesional

A mis profesores, los cuales, mediante su enseñanza y guía, han aportado un sin número de conocimientos y experiencias para poder desenvolverme académicamente durante la carrera universitaria.

A la Blga. María Herminia Cornejo Rodríguez PhD., por ser mi tutora y guía en esta tesis, siempre brindándome su apoyo, confianza y consejo, para el desarrollo de la investigación.

**TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.  
**DECANO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS DEL MAR**



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.  
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE  
BIOLOGÍA**



Blga. María Herminia Cornejo R. Ph.D.  
**DOCENTE TUTOR**



Blgo. Douglas Vera Izurieta.  
**DOCENTE DEL ÁREA**



ABG. Luis Alberto Castro Martínez. Mgt  
**SECRETARIO GENERAL**

### DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad de los datos, ideas y resultados expuestos en este trabajo de integración curricular, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma y a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'C. Vásquez', is written over a horizontal line.

Christian Vásquez

CI: 0105763452

<b>CONTENIDO</b>	
<b>ABREVIATURAS</b> .....	V
<b>GLOSARIO</b> .....	VI
<b>RESUMEN</b> .....	XIII
<b>ABSTRACT</b> .....	XIV
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	3
<b>3 JUSTIFICACIÓN</b> .....	5
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	6
<b>4.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	6
<b>4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	6
<b>5. HIPOTESIS</b> .....	7
<b>6 MARCO TEÓRICO</b> .....	8
<b>6.1 GENERALIDADES</b> .....	8
<b>6.1.1 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO</b> .....	8
<b>6.1.2 IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS POR EQUINODERMOS</b> .....	8
<b>6.1.3 ORGANISMOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES</b> .....	9
<b>6.1.4 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS EQUINODERMOS</b> .....	10
<b>6.1.5 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE EQUINODERMOS EN LOS MARES DEL PLANETA</b> .....	11
<b>6.1.6 RANGOS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR</b> .....	11
<b>6.1.7 INFLUENCIA DE LAS CORRIENTES OCEANICAS EN EL CLIMA</b> .....	11
<b>6.1.8 ESTUDIOS DE EQUINODERMOS EN AMÉRICA</b> .....	12
<b>6.1.9 CLASE ASTEROIDEA</b> .....	13
<b>6.1.10 IMPORTANCIA DE LOS ASTEROIDEOS</b> .....	13
<b>6.1.12 HÁBITAT</b> .....	14
<b>6.1.13 BIOLOGÍA GENERAL DE LAS ESTRELLAS DE MAR</b> .....	14
<b>6.1.14 REPRODUCCIÓN SEXUAL</b> .....	15
<b>6.1.15 EMBRIOGENESIS</b> .....	15
<b>6.1.16 MORFOLOGÍA</b> .....	16
<b>6.1.17 ANATOMÍA</b> .....	18
<b>7 METODOLOGÍA</b> .....	19
<b>7.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	19
<b>7.2 RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA</b> .....	20
<b>7.3 MONITOREOS</b> .....	21

<b>7.4 FASE DE CAMPO</b> .....	22
<b>7.4.1 FOTOGRAFÍA SUBMARINA</b> .....	23
<b>7.4.2 GUÍAS DE IDENTIFICACIÓN</b> .....	23
<b>7.5 FASE DE LABORATORIO</b> .....	24
<b>7.6 ANALISIS DE DATOS</b> .....	24
<b>7.7 INDICES ECOLOGICOS</b> .....	25
<b>7.7.1 Índice de Shannon-Wiener</b> .....	25
<b>7.7.2 Índice de dominancia de Simpson</b> .....	26
<b>7.7.3 Índice de Equidad de Pielou</b> .....	26
<b>7.8 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES</b> .....	27
<b>8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	28
<b>8.1 IDENTIFICACION TAXONOMICA DE ESPECIES DE LA CLASE     ASTEROIDEA</b> .....	28
<b>8.2. COMPOSICIÓN DE ESTRELLAS DE MAR DE LOS FONDOS ROCOSOS DE     PUERTO CAYO</b> .....	33
<b>8.2.1 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE ESTRELLAS DE MAR DE LOS         FONDOS ROCOSOS DE PUERTO CAYO</b> .....	34
<b>8.2.2 ABUNDANCIA RELATIVA POR ZONA DE ESTUDIO</b> .....	34
<b>8.2.3 DISTRIBUCIÓN TEMPORO-ESPACIAL</b> .....	35
<b>8.2.4 BIODIVERSIDAD</b> .....	38
<b>8.3. PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS</b> .....	41
<b>8.4. CORRELACIÓN</b> .....	44
<b>9 DISCUSIÓN</b> .....	45
<b>10 CONCLUSIONES</b> .....	50
<b>11 RECOMENDACIONES</b> .....	51
<b>12 BIBLIOGRAFÍA</b> .....	52
<b>ANEXOS</b> .....	54

## ÍNDICE DE IMAGEN

<b>Imagen 1</b> Pentaceraster cumingi (Estrella cojín panámica) .....	28
<b>Imagen 2</b> Pharia pyramidata .....	30
<b>Imagen 3</b> Phataria unifascialis .....	32
<b>Imagen 4</b> p. unifascialis .....	58
<b>Imagen 5</b> p. cumingi .....	58
<b>Imagen 6</b> p. pyramidata .....	59
<b>Imagen 7</b> Inmersión en el fondo rocoso Z1 .....	59
<b>Imagen 8</b> Inmersión en fondo rocoso Z2 .....	59
<b>Imagen 9</b> Inmersión en fondo rocoso Z1 .....	59



<b>Imagen 10</b> Delimitación del área de monitoreo .....	59
<b>Imagen 11</b> Fondo rocoso Z1 .....	59
<b>Imagen 12</b> Fondo rocoso Z2 .....	59

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1.</b> Georreferenciación del área de estudio .....	19
<b>Tabla 2.</b> Guías de identificación .....	24
<b>Tabla 3.</b> <i>Pentacerastrer cumingi</i> .....	28
<b>Tabla 4.</b> <i>Pharia pyramidata</i> .....	30
<b>Tabla 5.</b> <i>Phataria unifascialis</i> .....	32
<b>Tabla 6.</b> Presupuesto estimado para la elaboración de tesis .....	54
<b>Tabla 7.</b> Cronograma de actividades a realizar durante el desarrollo del anteproyecto de tesis.....	55
<b>Tabla 8.</b> Prueba de tukey.....	57
<b>Tabla 9.</b> Datos de los monitoreos realizados por fecha y estación .....	58

## ÍNDICE DE GRÁFICO

<b>Gráfico 1.</b> Frecuencia de especies de estrellas de mar de los fondos rocosos de Puerto Cayo. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey .....	34
<b>Gráfico 2.</b> Número de individuos colectados por zona de estudio. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey .....	35
<b>Gráfico 3.</b> Distribución temporo - espacial <i>Phataria unifascialis</i> . Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey .....	36
<b>Gráfico 4.</b> Distribución temporo - espacial <i>Pentacerastrer cumingi</i> . Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey .....	37
<b>Gráfico 5.</b> Distribución temporo - espacial <i>Pharia pyramidata</i> . Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey .....	38
<b>Gráfico 6.</b> Índice de Shannon – Wiener ( $H'$ ) para las zonas de estudio de los fondos rocosos de Puerto Cayo. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey .....	39
<b>Gráfico 7.</b> Índice de Simpson (D) para las zonas de estudio de los fondos rocosos de Puerto Cayo. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey .....	40

**Gráfico 8.** Índice de Pielou ( $J'$ ) para las zonas de estudio de los fondos rocosos de Puerto Cayo. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey.....41

**Gráfico 9.** Valores promedios de temperatura obtenidos en el área de estudio. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey .....42

**Gráfico 10.** Valores promedios de salinidad obtenidos en el área de estudio. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey .....43

**Gráfico 11.** Análisis de componentes principales entre los parámetros físico-químicos y las especies de equinodermos (Asteroidea) estudiadas .....44

## ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

**Ilustración 1.** Parroquia Puerto Cayo (Manabí), lugar donde se realizó la investigación. Fuente: Planet Andes 2022 ..... 8

**Ilustración 2.** Delimitación de la zona de estudio en la Parroquia Puerto Cayo (Manabí). Fuente: Google Earth, 2023. Christian Vásquez..... 19

**Ilustración 3.** Representación esquemática de un buzo realizando un transecto de cinturón (fuente: Rogers et al. 2001)..... 22

**Ilustración 4.** Técnica Belt Transect Method fuene: (Bianchi et al., 2003). ..... 22

## **ABREVIATURAS**

**AP:** Área protegida

**FEMM:** Fundación Ecuatoriana para el estudio de Mamíferos Marinos

**GPS:** Sistema de Posicionamiento Global.

**INOCAR:** Instituto Oceanográfico de la Armada

**MAE:** Ministerio del Ambiente del Ecuador

**REMACOPSE:** Reserva de Producción Faunística Marino Costera Puntilla de Santa Elena

**Z1:** Zona de muestreo uno

**Z2:** Zona de muestreo 2

**RVSMCP:** Refugio de Vida Silvestre Marino Costera

## GLOSARIO

**Aboral:** sinónimo de abactinal y dorsal

**Ambulacral:** se refiere a los pies ambulacrales del organismo.

**Antropogénicas:** Acciones realizadas por el ser humano que tienen algún tipo de impacto sobre la naturaleza.

**Asexual:** es una forma de reproducción en la que no se da la fusión de células sexuales, sino por otros procesos, como son la gemación, la fisión y demás.

**Asteroidea:** Clase del equinodermata, también conocidas como estrellas de mar.

**Bentónicos:** hace referencia a los organismos que habitan en las profundidades del mar, formando parte del bentos.

**Biodiversidad:** diversidad de los seres vivos que se encuentran en un ecosistema, y las relaciones que establecen entre sí y con el medio ambiente que los rodea.

**Bioindicadores:** organismos que son utilizados para observar y evaluar el estado del ecosistema. Los cambios en su población o diversidad pueden ser una señal del aumento de la contaminación o cualquier otro factor que pueda afectar al equilibrio del medio ambiente.

**Biomasa:** Es la utilización de la materia orgánica como una fuente de energía, la materia orgánica es heterogénea. Pueden ser desechos de manera o serrín, desechos de agricultura, etc.

**Biomíneral:** Estos son minerales que se forman en el interior de la materia viva. animal y vegetal. Estos compuestos han incrementado de manera significativa, a la velocidad que las investigaciones siguen avanzando.

**Bioturbación:** Conjunto de pequeñas perturbaciones en un sedimento, la cual se da por el desplazamiento de organismos vivos.

**Canibalismo:** es la acción de alimentarse con organismos de la propia especie.

**Carinal:** La línea saliente generalmente, y esta marca la parte media dorsal de los brazos

**Carroñeras:** es propio de los animales omnívoros, se alimenta de carroña.

**Celomados:** Son organismos triblásticos poseedores de celoma, al menos durante las fases embrionarias.

**Cuevas anquihalinas:** Son cavidades de agua salobre o completamente marina, estas no tienen una conexión al mar abierto.

**Dermis:** Capa interna de las dos principales de la piel. La cara interna de la membrana basal de la epidermis se une a la dermis.

**Dioicos:** Organismos que poseen las estructuras reproductoras de ambos sexos, en un mismo individuo.

**Disco:** Parte central del cuerpo de las estrellas de mar, de aquí se originan los brazos.

**Detritívoros:** organismos que se alimenta de materia orgánica la cual se encuentra en descomposición.

**Equinodermos:** es un filum de invertebrados marinos que esta dotados de cloma, un exoesqueleto provisto de placas y espinas calcáreas, cuentan con una simetría radial.

**Epidermis:** La membrana epitelial la cual recubre la parte más superficial de los animales.

**Epifauna/Epiflora:** Fauna/flora que viven sobre el sustrato.

**Esteriomicroscopio:** Es un instrumento de laboratorio el cual otorga una visión tridimensional de lo que se desea examinar.

**Filogeografía:** Es la ciencia que estudia los procesos que gobiernan la distribución de los linajes genealógicos geográficamente.

**Heterogeneidad:** Mezcla o combinación de elementos de distinta naturaleza en un conjunto.

**in situ:** En el lugar, hace referencia a la forma o posición normal.

**Interambulacral:** Sinónimo de interradial.

**Madreporítico (cuerpo):** Placa perforada por donde entra el agua en el sistema ambulacral, con orificios numerosos en los cuales termina el canal hidróforo, a través del que se establece la comunicación del sistema acuífero con el exterior; también se le conoce con los nombres de placa madreporica o madreporita.

**Metano:** es un gas inodoro, incoloro e inflamable, se produce en la descomposición de la materia orgánica, de igual manera se emplea como combustible, para producir amoníaco y formaldehído.

**Pedicelo:** Apéndices ambulacrales.

**Pelágicas:** Se denomina así a las especies que viven en aguas medias o cerca de la superficie.

**Phylum:** es sinónimo de clase, como nivel de clasificación.

**Plasticidad:** Capacidad de los organismos para adaptarse a los cambios ambientales.

**Proliferar:** Multiplicarse de manera exuberantemente, reproducirse de manera similar.



**Red trófica:** Un conjunto de cadenas alimentarias, que están conectadas entre si mediante relación a su alimentación.

**Refractómetro:** El refractómetro es simplemente un instrumento de laboratorio que sirve para cuantificar los sólidos totales contenidos en una solución.

**Resiliencia:** Capacidad de los organismos para responder ante los cambios ambientales.

**Salinidad:** es el contenido de sales minerales disueltas en un cuerpo de agua.

**Simetría:** Correspondencia de la disposición regular de las partes con relación a un centro, un eje o un plano.

**Sustrato:** lugar que sirve para un animal fijo o el asiento de una planta.

**Tubulares:** que tiene forma de tubo.

**Transectos:** Trayecto a lo largo del cual se realizan observaciones determinadas y la toma de muestras para investigación.

**Ventilas hidrotermales:** son fisuras en el fondo marino, de las que sale agua que es calentada geotérmicamente, enriquecida con compuestos químicos inorgánicos. Desde la profundidad de la corteza oceánica es expulsada a manera de géiser submarino.

**Ventosa:** una ventosa es un órgano con el que cuentan algunos animales en distintas partes del cuerpo, generalmente boca, apéndices o extremidades y que utilizan generalmente para adherir, agarrar o succionar.

## RESUMEN

Los fondos rocosos de Puerto Cayo poseen el tipo de ecosistema idóneo para la residencia de la clase asteroidea, debido a que cuentan el tipo de sustrato arenoso, rocoso y arenorocoso, en el cual se ha registrado su presencia, además de contar con el tipo de alimento y condiciones ambientales para su proliferación. En esta investigación se planteó la determinación de la abundancia, y diversidad de estas especies durante un periodo de 3 meses, desde octubre del 2022 hasta enero del 2023, se realizaron censos visuales de los equinodermos a través de la técnica Belt Transect Method. En cada uno de los fondos se registró los parámetros físicos, y se procedió a realizar la inmersión alrededor de los 19m aproximadamente en cada una de las zonas de muestreo, en cada fondo se cubrió una superficie de 50m de longitud y 2m de ancho, con una frecuencia de 15 días cada monitoreo. Como resultado de este trabajo se identificaron un total de 3 especies pertenecientes a la clase asteroidea, las cuales fueron: *Pharia pyramidata* y *Phataria unifascialis* pertenecientes a la Familia Ophidiasteridae, así como también *Pentaceraster cumingi*, perteneciente a la Familia Oreasteridae, La especie con mayor abundancia de la clase Asteroidea fue *Phataria unifascialis* registrando un total de 433 organismos, seguida por *Pentaceraster cumingi* con 55 individuos y por último tenemos a *Pharia pyramidata* con 50 individuos. Para definir la diversidad se utilizó el índice de Shannon-Wiener el cual dio valores de 0.87 bits como valor máximo de diversidad para la zona 1 y 0.95 bits para la zona 2; en la dominancia de Simpson que registro valores 2.05bits en la zona 1 y en la 2.29bits en la zona 2 y equidad de Pielou de 0.54 y 0.59 respectivamente. Además, se aplicó un análisis de componentes principales (ACP), el cuál dictaminó que hubo una correlación entre las especies estudiadas, más no, con los parámetros físicos como la temperatura y salinidad.

Palabras claves: análisis de componentes principales, muestreo, Belt Transect Method.

## ABSTRACT

The rocky bottoms of Puerto Cayo have the type of ecosystem suitable for the residence of the asteroid class, because they have the type of sandy, rocky and sandy-rocky substrate, in which the presence of these species has been recorded, in addition to having the type of food and environmental conditions for their proliferation, Therefore, in this research we proposed to determine the abundance and diversity of these species during a period of 3 months, from October 2022 to January 2023, visual censuses were conducted through the Belt Transect Method technique. In each of the bottoms, physical parameters were recorded, and immersion was carried out around 19m approximately in each of the sampling zones, in each bottom a surface of 50m in length and 2m in width was covered, with a frequency of 15 days each monitoring. As a result of this work a total of 3 species belonging to the asteroid class were identified, which were: *Pharia pyramidata* and *Phataria unifascialis* belonging to the Family Ophidiasteridae, as well as *Pentaceraster cumingi*, belonging to the Family Oreasteridae, The species with the highest abundance of the Asteroidea class was *Phataria unifascialis* registering a total of 433 organisms, followed by *Pentaceraster cumingi* with 55 individuals and finally we have *Pharia pyramidata* with 50 individuals. To define diversity, the Shannon-Wiener index was used, which gave values of 0.87 as the maximum value of diversity for zone 1 and 0.95 for zone 2; in Simpson's dominance, which registered values of 2.05 in zone 1 and 2.29 in zone 2 and Pielou's equity of 0.54 and 0.59, respectively. In addition, a principal component analysis (PCA) was applied, which showed that there was a correlation between the species studied, but not with the physical parameters such as temperature and salinity.

Key words: principal component analysis, sampling, Belt Transect Method.

## 1 INTRODUCCIÓN

Los equinodermos son un grupo abundante y de importancia ecológica; habitan desde pozas de marea, hasta profundidades abisales mayores a 11000 m. Y, desde las zonas tropicales hasta los polos. Adaptados para vivir en cualquier tipo de ambiente marino, incluso ambientes extremos como las ventilas hidrotermales, infiltraciones de metano y cuevas anquihalinas, donde son parte principal de las comunidades que viven en el piso oceánico (Hendler et al., 1995).

Estos organismos desarrollan un papel importante dentro de la red trófica ya que son depredadores, carnívoros, herbívoros, detritívoros y filtradores (Solís-Marín, Laguarda-Figueras y Honey-Escandón, 2014). También tienen capacidad para modificar las condiciones del substrato en el que viven (bioturbación) (Marín & Figueras, 2010). No todos los equinodermos son bentónicos, existen algunas especies pelágicas (p.e. *Enipniastes eximia*), las cuales pasan la mayor parte de su vida nadando en la columna de agua.

El grupo consta cerca de 7.300 especies vivientes descritas hasta el momento divididas en cinco clases: Crinoidea (lirios de mar y estrellas plumosas), Asterozoa (estrellas de mar), Ophiurozoa (ofiuras), Echinozoa (erizos de mar) y Holothurozoa (pepinos de mar). Por otro lado, se han descrito 13 000 especies fósiles las cuales aparecieron en el Cámbrico temprano hace aproximadamente 520 millones de años (Pérez, Gil & Rubilar, 2014).

Actualmente, a nivel mundial constan aproximadamente 5 clases de equinodermos con cuatro clases móviles y una inmóvil: La clase Asteroidea representada por las estrellas de mar con unas 1.500 especies, la clase Ophiuroidea u Ofiuras con unas 2.000 especies, la Echinoidea o erizos de mar con unas 950 especies, la Holothuroidea o pepinos de mar con unas 1.150 especies y la clase inmóvil representada por la clase Crinoidea o lirios de mar con unas 625 especies aproximadamente, (Hendler, , 1995; Pawson, 2007).

Una de la Clase de Equinodermos es la Asteroidea, siendo quizás el grupo que juega un papel ecológico de mayor relevancia en los ecosistemas arrecifales, rocosos tropicales y templados alrededor del mundo. En los hábitats marinos costeros, la presencia de esta clase es determinante como parte de uno de los componentes de biodiversidad que permite mantener ecosistemas saludables. Aunque a pesar de desempeñar un rol importante en el ecosistema y que, gracias a su interacción con los demás elementos de la biota marina, donde actúan como depredador tope en la cadena trófica, la información que existe sobre la abundancia y distribución poblacional de la clase Asteroidea es escasa (Jangoux, 1982; Birkeland, 1989).

Los asteroideos en arrecifes rocosos y de coral registrados cerca de Puerto Cayo, evaginan sus estómagos sobre organismos sésiles o incrustantes, tal como es el caso de *Luidia columbia*, *Pentacaster cummingi* y *Astropecten* sp., especies de aguas tropicales poco profundas que habitan sobre fondos arenosos y lodosos de las zonas bajas intermareales, enterradas a pocos centímetros del sustrato (Caso 1968). Con relativa frecuencia se capturan con las redes larveras (Sonnenholzner obs. pers.), y a veces son encontradas cerca de los arrecifes, pero no sobre las colonias de coral (Jangoux, 1982).

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en la provincia de Manabí y en gran parte del Ecuador, no se cuenta con una base de datos acerca de la diversidad y abundancia de los equinodermos dentro del perfil costero y la información existente esta dispersa en algunas publicaciones y en literatura gris. Estos al ser invertebrados de gran importancia en hábitats rocosos y coralinos, ocupan diversos niveles en la cadena trófica y actúan como depredadores tope en estos ecosistemas, por lo que es importante determinar su biodiversidad y abundancia (Rosales, 2015).

Los fondos rocosos son ambientes ideales para la residencia de la clase Asteroidea; además, debido a que en este ecosistema cohabitan numerosas especies, tanto los erizos, como las estrellas de mar están entre los grupos más versátiles en relación con su papel ecológico, razón por la cual son catalogados como buenos indicadores de la calidad de los procesos ecosistémicos locales.

El grupo Asteroidea es uno de los más numerosos y de gran interés ecológico, por ende, se debe de conocer como está distribuida su población actual y determinar el tipo de ecosistema en el que subsisten estas especies en los fondos rocosos de Puerto Cayo (Rojas, 2015). A demás, es importante tomar en consideración la geolocalización de estas poblaciones, debido a que es importante ver en donde se encuentran y si esto cambia a lo largo del tiempo, determinar el porqué de este cambio, o afección.

Por lo que este estudio direcciona sus resultados con énfasis en identificación, densidad, distribución y diversidad, generando así una contribución al conocimiento de la biodiversidad de nuestro país en la zona intermareal rocosa-arenosa.



### 3 JUSTIFICACIÓN

Los equinodermos se encuentran ampliamente distribuidos alrededor de todos los mares, en cualquier parte de las profundidades de nuestros extensos océanos. Caracterizados por ser especies de invertebrados en donde encontramos a las estrellas, erizos, pepinos, lirios de mar y las ofiuras, que las podemos visualizar fácilmente de forma libre o adheridos a un sustrato (Jangoux, 1982).

Debido a su importancia ecológica, la abundancia y distribución de la clase Asteroidea es fundamental, puesto que, si hay algún tipo de variación significativa en su población, esto desencadenaría una gran afección a toda la cadena trófica, debido a su papel dentro de la misma; la geolocalización de estas especies debido a que esto puede ayudar a futuras investigaciones en el que se vea el grado de conservación o afección de estas zonas.

De acuerdo a Pawson (2007), existen patrones de abundancia y diversidad que contribuyen a la complejidad o heterogeneidad estructural del ambiente. Sin embargo, se ha demostrado que estos patrones no se mantienen en el tiempo, lo que dificulta su estudio.

Este phylum es muy importante en los ecosistemas marinos, en donde un análisis a profundidad sobre su abundancia, distribución y de la composición espacial de la biodiversidad presente en las zonas costeras contribuirá a determinar los cambios en estos ecosistemas; además de procesos de adaptación de las mismas puesto a que son considerados como bioindicadores biológicos. Por lo que la aplicación de una investigación de estudio y monitoreo de sus poblaciones son considerados como suma importancia para un correcto análisis para establecer su función y su equilibrio ecológico en los ecosistemas marinos (Jangoux, 1982).

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Analizar la diversidad y abundancia de equinodermos (asteroidea), que habitan en los fondos rocosos de Puerto Cayo, mediante monitoreo, durante el periodo noviembre del 2022 a enero del 2023, para proporcionar información actual de la geolocalización y estado del ecosistema de las especies.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar taxonómicamente la composición de equinodermos (asteroidea) en el área de estudio.
- Establecer la diversidad, abundancia y distribución espacial de los Asteroidea presentes en el área de muestreo.
- Relacionar la diversidad, abundancia y distribución espacial de Asteroidea con las temperatura y salinidad.

## **5. HIPOTESIS**

**H1:** Los fondos rocosos de Puerto Cayo cuentan con gran diversidad, y presenta una abundancia homogénea entre las especies de la clase Asteroidea.

**H2:** Los fondos rocosos de Puerto Cayo cuentan con poca diversidad, y presenta una abundancia no homogénea entre las especies de la clase Asteroidea.

## 6 MARCO TEÓRICO

### 6.1 GENERALIDADES

#### 6.1.1 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

Puerto Cayo es una parroquia perteneciente al cantón Jipijapa fundada el 20 de abril de 1911, con una superficie de 23600 Has y un clima tropical que oscila entre los 25°. Ubicada en la ruta del Spondylus al suroeste de la provincia de Manabí a 17km de su cabecera cantonal, es una playa bastante visitada por el avistamiento de ballenas jorobadas entre los meses de julio a septiembre, también por la práctica de deportes como el surf, paseos en lancha y otras actividades turísticas (López, Giler, & Pillígua, 2015).



*Ilustración 1. Parroquia Puerto Cayo (Manabí), lugar donde se realizó la investigación. Fuente: Planet Andes 2022.*

#### 6.1.2 IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS POR EQUINODERMOS

Estos organismos forman parte importante dentro de las comunidades bentónicas, sin embargo, el aumento precipitado de su densidad poblacional puede causar impactos ambientales y/o económicos. Un ejemplo reciente es la estrella corona de espinas

*Acanthaster planci* que ha habitado los arrecifes del Pacífico durante los últimos 1 a 3 millones de años, y de la cual se ha observado recientemente el aumento acelerado de sus poblaciones infestado los arrecifes y ocasionando la pérdida del 90% de los corales (Rodríguez & Ayala, 2021).

La proliferación de equinodermos afecta a la salud de los ecosistemas marino-costeros, por ende, resulta sumamente importante proponer alternativas que permitan medir y reducir el impacto ambiental. Con el levantamiento información científica acerca de la estructura de sus comunidades, composición de especies y cuantificar variaciones de la diversidad aplicando índices ecológicos (Mora, Jurado & Mendívez, 2010).

### **6.1.3 ORGANISMOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES**

Los organismos bentónicos son utilizados para observar los cambios o la evolución de la salud ambiental en los ecosistemas acuáticos. Su naturaleza sedentaria permite realizar análisis espacio-temporales de los efectos que producen las alteraciones de su entorno. Estos al ser sensibles a las variaciones ambientales y por su facilidad de manejo muchos han sido reconocidos como especies “indicadoras”, convirtiéndose en blanco fácil para que los científicos evalúen a través de estas especies cuales son los efectos causados por actividades antropogénicas o por eventos de origen natural (Ortega & Ortiz, 2014).

#### **6.1.4 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS EQUINODERMOS**

Caracterizados por presentar una simetría pentarradial (5 partes), pero que en la etapa larvaria poseen una simetría bilateral (Pérez, Gil & Rubilar, 2014). Con un esqueleto interno de carbonato de calcio y un sistema ambulacral de canales llenos de fluido conocidos como podios o pies tubulares. Son organismos celomados, con un aparato digestivo bien desarrollado; carecen de cabeza, ojos y sistema excretor. Generalmente dioicos y de fecundación externa, en el agua de mar, aunque existen especies donde la hembra incuba a su descendencia (Panchaszadeh, 2003).

Otra característica distintiva de los equinodermos es la presencia de un esqueleto interno establecido dentro de la dermis, y casi siempre cubierto por la epidermis; el mismo que lo conforma un tejido único conocido como stereom, el cual está construido por un biomineral compuesto de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), la cual contiene un 5% de carbonato de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ), y forma una estructura parecida a una malla cuyos poros, en los organismos vivos, están llenos de fibras y células dérmicas (stroma) (Bottjer et al., 2006).

El stereom genera elementos estructurales conocidos como osículos, mismos que pueden ser microscópicos y estar embebidos en los tejidos blandos (como ocurre en las holoturias) o pueden ser muy grandes (hasta 3 cm), en forma de vértebras (crinoideos y ofiuroideos), o placas (ofiuroideos, asteroideos y equinoideos), y estar fusionados para formar placas compuestas y testas rígidas, generando así los diferentes tipos de esqueletos característicos de las cinco clases del phylum (Serrato, Pérez & Sanchez, 2011).

### **6.1.5 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE EQUINODERMOS EN LOS MARES DEL PLANETA**

Presentan una distribución cosmopolita, es decir, que se encuentran en todos los mares del planeta y a todas las profundidades constituyendo el 90% de la biomasa presente. Su mayor abundancia se registra en zonas tropicales y subtropicales; sin embargo, algunos grupos como las estrellas de mar alcanzan una gran diversidad en los polos. El grupo se hace menos diverso conforme se desciende en la columna de agua, pero su abundancia en número de individuos y/o biomasa puede dominar la zona hadal del océano (Marín & Figueras, 2010).

### **6.1.6 RANGOS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR**

En junio, las temperaturas superficiales del mar registradas en las diferentes estaciones a 10 millas de INOCAR, INP y ESPOL se encuentran alrededor de los 24 °C frente al Golfo y 28 °C frente a Esmeraldas, concordante con los datos obtenidos del satélite UKMO (INOCAR, 2014).

### **6.1.7 INFLUENCIA DE LAS CORRIENTES OCEANICAS EN EL CLIMA**

Toda la costa ecuatoriana está influenciada por las corrientes oceánicas, principalmente la corriente fría de Humboldt que se aproxima a la costa entre los meses de mayo y octubre, trayendo humedad, pero sin provocar fuertes precipitaciones, llegando en forma de neblina y llovizna (garúa). En sentido contrario se forma una contracorriente ecuatorial que alcanza la costa entre diciembre y abril, llevando vientos oceánicos calientes y húmedos que ocasionan tormentas, aumentando la temperatura del aire (Pourrut &

Gómez, 1998). A las costas del Ecuador arriban la corriente del Perú o de Humboldt, llevando el agua fría del Antártico hacia el norte o a lo largo de la costa de América meridional. Los vientos de tierra (alisios que soplan de sureste), que son bastante constantes, provocan la sustitución del agua superficial por aguas más profundas, ricas en nutrientes, en consecuencia, proliferan los peces y Crustáceos que son muy abundantes (Delfina Vicenti, 2004), favoreciendo, además, a otros grupos bentónicos, como es el caso de los equinodermos.

#### **6.1.8 ESTUDIOS DE EQUINODERMOS EN AMÉRICA**

Los organismos pertenecientes al Phylum Echinodermata, son considerados como bioindicadores, encargados de mantener el equilibrio ecológico en los ecosistemas marinos costeros. Entre ellos la clase Asteroidea una de las más diversas, encontrándose en todo tipo de sustrato y hábitat; sus características morfológicas y fisiológicas les han permitido colonizar todos estos ecosistemas.

Los estudios de este grupo se remontan a finales de 1800 con las expediciones del barco “Albatross” comandado por el Dr. Agassiz en la Isla del Coco, Costa Rica. Posteriormente, se realizaron otra serie de expediciones en el siglo XX, donde se recolectaron y reportaron 124 especies (35 Asteroidea, 30 Echinoidea, 30 Ophiuroidea, 27 Holothuroidea y 2 Crinoidea); dando lugar a investigaciones enfocadas a estudiar la filogeografía de varias especies de equinodermos presentes en esta isla del Pacífico Oriental (Alvarado & Chiriboga, 2008).

Por otro lado, en México existen 643 especies de equinodermos, representando el 10% del total mundial. La clase Crinoidea es la menos representada con 29 especies (4%),



mientras que la clase Ophiuroidea presenta la mayor riqueza con 197 especies (31%); la clase Asteroidea representada con 185 especies (29%), y la clase Echinoidea con 119 especies (19%) reportadas para ambos océanos Pacífico y Atlántico. Finalmente, está la clase Holothuroidea con 113 especies (17%) (Solis, Figueras, & Escandón, 2014).

En Colombia el estudio de equinodermos remonta a los años 70's donde especialmente se enfocaron en aguas someras entre 0 a 50m de profundidad, publicando listados y notas ecológicas de las especies distribuidas a lo largo del Caribe colombiano; se han registrado 433 especies de equinodermos en el mar Caribe, de las cuales 180 (42%) se encuentran en Colombia, siendo junto con México los países con mayor diversidad en el Caribe.

#### **6.1.9 CLASE ASTEROIDEA**

La clase Asteroidea es una de las más diversas dentro del Phylum Echinodermata registrando actualmente 2100 especies, conocidas vulgarmente como estrellas de mar. Son animales bentónicos que habitan en todos los océanos desde la zona intermareal hasta las fosas abisales y en todo tipo de sustrato; registran una alta diversidad en la región tropical del Océano Atlántico y del Indo-Pacífico con aproximadamente 1900 especies descritas, agrupadas en 36 familias y 370 géneros extintos (Pérez, Gil & Rubilar, 2014).

#### **6.1.10 IMPORTANCIA DE LOS ASTEROIDEOS**

Juegan un rol ecológico de gran importancia al ocupar diversos niveles de las cadenas tróficas y en especial actuar como depredadores tipo en arrecifes rocosos y coralinos. Sus características morfológicas y su historia de vida, que incluyen su crecimiento indeterminado, la digestión extra e intraoral (favorece a una dieta diversa), la rapidez de

detección y respuesta ante la presa junto a la capacidad de sujeción al sustrato mediante los pies ambulacrales, conllevan al éxito ecológico del grupo (Pérez, Gil & Rubilar, 2014).

#### **6.1.12 HÁBITAT**

Este grupo existe desde el Cámbrico Inferior (600 millones de años), donde se han venido adaptando, evolucionando y colonizando todos los ambientes marinos, desde pequeñas aguas estancadas, hasta grandes profundidades abismales. Tienen la capacidad de desarrollarse en todo tipo de ambiente marino incluyendo las extremas ventilas hidrotermales, infiltraciones de metano y cuevas anquihalinas (Solis, Figueras, & Escandón, 2014). Por otro lado, pueden desarrollarse en diferentes temperaturas, desde las zonas tropicales hasta los polos; no todos son bentónicos existen algunas especies pelágicas las cuales pasan parte de su vida nadando en la columna de agua.

#### **6.1.13 BIOLOGÍA GENERAL DE LAS ESTRELLAS DE MAR**

Son animales voraces encontrados en diferentes niveles tróficos, al presentar una digestión intraoral y extraoral, característica que favorece en la variedad de especies existentes como: unas carnívoras que se alimentan de otros invertebrados (esponjas, anémonas, pólipos de corales, caracoles, bivalvos, crustáceos y otros equinodermos), algunas practican el canibalismo. Otras especies son carroñeras y se alimentan de peces e invertebrados, también pueden encontrarse estrellas que se alimentan de partículas depositadas o en suspensión, herbívoras, omnívoros y sedimentívoros (Serrato, Pérez & Sanchez, 2011).

Muchas especies tienen la capacidad de regeneración, ya sea por pérdida accidental de alguna parte del cuerpo o desprendimiento voluntario; esta capacidad juega un papel importante en la reproducción asexual de varias especies las cuales se dividen a través del disco produciendo clones de la misma estrella. Otras especies regeneran un disco completo con brazos de extremidades voluntariamente desprendidas (Calcagno, 2014).

#### **6.1.14 REPRODUCCIÓN SEXUAL**

La reproducción sexual prevalece en los asteroideos; estos presentan sexos separados (dioicos), con fertilización externa, es decir, los gametos son liberados al medio marino, donde se lleva a cabo la fecundación. Algunas son hermafroditas (presentan ambos sexos masculino y femenino), liberando ambos gametos y la fecundación se lleva a cabo en el medio. Otras presentan fecundación interna (fecundación dentro del organismo), incubando a los embriones hasta la etapa juvenil. La característica de incubar a los embriones es particularmente común en especies que habitan las áreas polares o en el mar profundo, donde el ambiente es menos favorable para el desarrollo de las larvas (Ruppert & Barnes, 1996).

#### **6.1.15 EMBRIOGENESIS**

Cuando empieza la embriogénesis la larva bipinnaria de vida libre presentan bandas ciliadas en los brazos, posteriormente pasa a llamarse larva braquiolaria debido a que adquiere tres brazos adhesivos y una ventosa, esta se fija al sustrato y sufre metamorfosis la cual implica pasar de una larva de simetría bilateral a un juvenil de simetría radial (Ruppert & Barnes, 1996).

### **6.1.16 MORFOLOGÍA**

Las estrellas de mar (Asteroidea), tienen una amplia diversidad morfológica, que puede estar asociada a su ecología y modo de vida, conocidas vulgarmente como “el emblema de los mares” son los miembros mayormente conocidos de los equinodermos y en general de los invertebrados marinos. Como su cuerpo lo dice presentan una forma estrellada, cuerpo aplanado con un disco corporal central del que nacen cinco o más brazos dispuestos simétricamente, la longitud de los brazos puede ser de varias veces el diámetro del disco, aunque también existen especies con brazos tan gruesos y cortos que el cuerpo es pentagonal, así mismo, algunas especies pueden ser casi esféricas (Hendler et al., 1995).

La taxonomía de estos organismos se basa en las características externas observables del esqueleto, el cual está constituido por osículos en forma de placas, distinguiéndose las series de osículos primarios que definen la pared del cuerpo tanto en la parte aboral como la oral (placas abactinales, actinales, marginales, ambulacrales, adambulacrales), así como los osículos secundarios entre ellos las espinas, espineletes y pedicelarios (Serrato, Pérez & Sanchez, 2011).

#### **6.1.16.1 SUPERFICIE ABORAL O ABACTINAL**

En la superficie aboral o abactinal se observa la madreporita, ubicada en una posición interradianal, frecuentemente de un color contrastante y perforada con poros microscópicos. Algunas estrellas presentan un ano ubicado cerca al centro del disco rodeado por un anillo

de espinas o placas. También aquí se observan las pápulas que son evaginaciones de la pared corporal que atraviesan los osículos a través de poros microscópicos. Los osículos o placas que cubren la superficie dorsal de las estrellas (placas abactinales) pueden presentar diversas formas encontrándose así placas tabuladas, planas, paxilliformes, parapaxilliformes, entre otras. Sobre estas placas se pueden encontrar espinas, espineletes, tubérculos y/o gránulos (Serrato, Pérez & Sanchez, 2011).

#### **6.1.16.2 SUPERFICIE ORAL O ACTINAL**

La boca o superficie (oral-actinal) se encuentra situada en la superficie inferior del disco, el mismo está rodeado por cinco mandíbulas triangulares cada una con espinas orales y suborales. Desde la boca sale un surco ambulacral hacia cada brazo proyectando dos o cuatro filas de pies ambulacrales retractiles, estos presentan un disco succionador en la punta. Los surcos ambulacrales están definidos por placas adambulacrales (cerca del surco), estas presentan espinas móviles capaces de cubrirlo por completo y subambulacrales (más distantes). Las placas actinales están organizadas de diversas formas y varios tipos de ornamentación; sobre estas placas se encuentran los pedicelarios estructuras en forma de pizas que cumplen la función de defensa y captura de presas (Mutschke, 2009).

### 6.1.17 ANATOMÍA

La pared corporal está organizada en tres capas de tejido: **la epidermis** consiste en un epitelio, un plexo nervioso y una lámina basal; **la dermis** es la capa más gruesa de la pared corporal, incluye músculos, tejido conectivo, endoesqueleto y sistema nervioso; y **el epitelio celómico** el endoesqueleto consiste en dos capas compuestas por calcita rica en magnesio; como suele estar dentro de la dermis no es visible externamente (Calcagno, 2014).

El Sistema vascular acuífero y hemal se encarga de la locomoción, captura de alimento, excreción y respiración. El soporte y locomoción del cuerpo está determinado por grupos de músculos del tejido conectivo, los cuales se interconectan y penetran las espinas y osículos, localizados en la pared corporal extendiéndose a lo largo del brazo. El intercambio gaseoso y excreción se producen por difusión a través de las delgadas paredes de las pápulas y pies ambulacrales (Ruppert & Barnes, 1996).

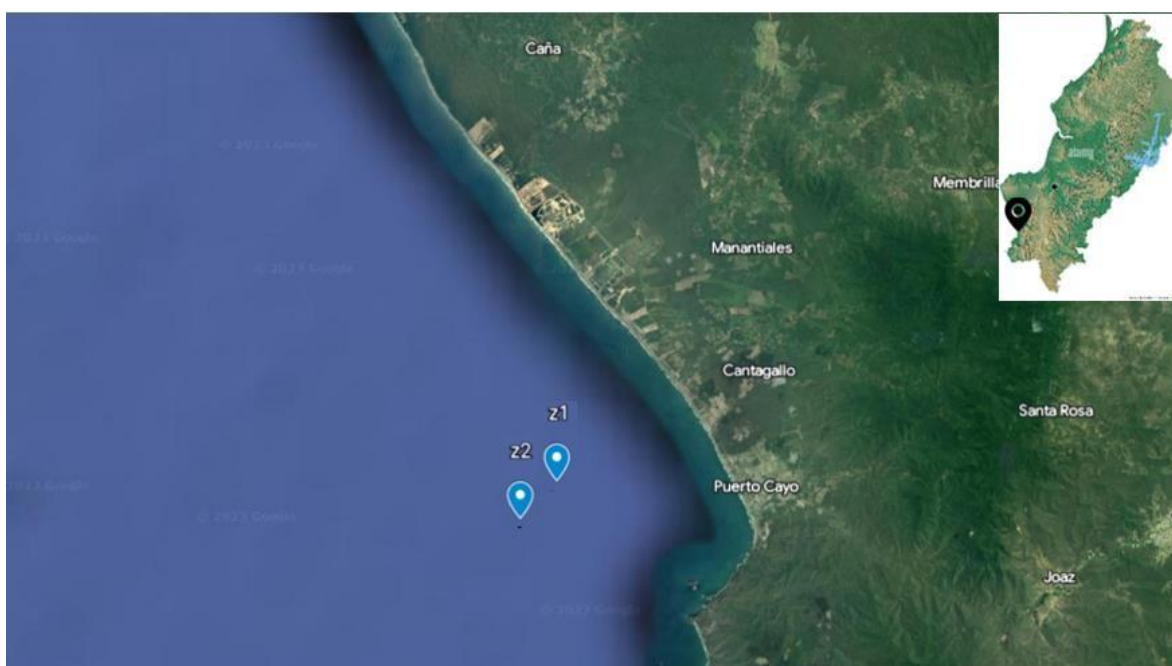
## 7 METODOLOGÍA

### 7.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en la parroquia Puerto Cayo, perteneciente al Cantón Jipijapa, en la Provincia de Manabí, con coordenadas:  $1^{\circ}21'37.0''S80^{\circ}44'26.8''W$  -  $1^{\circ}21'41.4''S 80^{\circ}44'29.3''W$ , ubicada en la frontera norte del Parque Nacional Machalilla, tiene una playa encantadora de que posee un hábitat con las características propicias para la presencia de estos equinodermos (Asteroidea). Se determinaron dos zonas de muestreo mismas que poseen las coordenadas registradas en la **Error! Reference source not found.** (

).

*Ilustración 2. Delimitación de la zona de estudio en la Parroquia Puerto Cayo*



*(Manabí). Fuente: Google Earth, 2023. Christian Vásquez.*

**Tabla 1.** Georreferenciación del área de estudio.

<b>Zonas de muestreo</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>ZONA 1</b>	1°22'05.2"S	80°51'15.3"W
<b>ZONA 2</b>	1°19'48.2"S	80°55'26.9"W

Esta investigación está centrada a la identificación de las poblaciones de equinodermos (Asteroidea), y su abundancia en la zona de estudio. La metodología que se aplicó en el siguiente estudio describe aspectos básicos para el desarrollo de esta investigación como: la recopilación y revisión de información científica; los monitoreos y el registro de datos realizados en la playa de Puerto Cayo; y el análisis e interpretación de los resultados obtenidos. Los muestreos se realizaron cada 15 días, durante un periodo de 3 meses, en los cuales se realizó la toma de datos, tanto del organismo, como de los parámetros físicos.

Se establece que esta investigación es de tipo descriptivo debido a que la variable dependiente (población de Asteroidea), como independiente (Playa de Puerto Cayo), no fueron manipuladas, por lo tanto, ambas variables son autónomas al método que se empleó durante el desarrollo de este estudio.

## **7.2 RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA**

Para el desarrollo de este trabajo se realizó recopilación y revisión bibliográfica sobre la diversidad y abundancia de Asteroidea presentes a nivel mundial y en nuestras costas. Para la movilización hacia la zona de estudio se utilizó embarcación de fibra. Mientras que para la toma de datos un termómetro; un refractómetro y el multiparámetro HANNA HI9829 para la toma de datos sobre la salinidad; las fotografías fueron tomadas con una



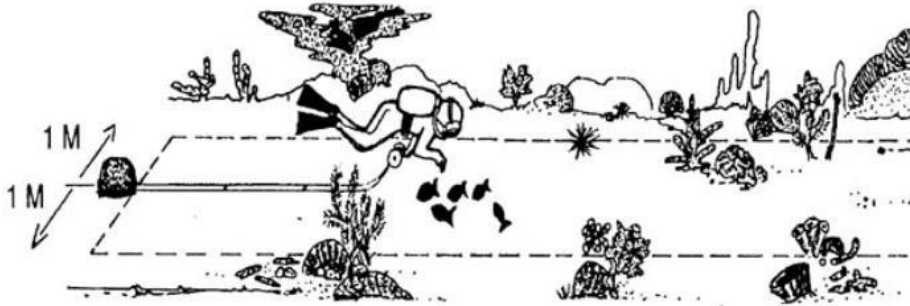
cámara fotográfica (Go Pro 11) y se usó un un gps Gramin para determinación de las coordenadas. Las mediciones de los organismos se realizaron con una cinta métrica. Mientras que para el análisis de los organismos se lo hizo a través de un estereomicroscopio Boeco. La digitalización de los datos se hizo a través de una computadora HP TOUCHSMART 15.

### **7.3 MONITOREOS**

Para realizar los muestreos se seleccionaron 2 zonas de estudio debido a la diversidad presente en la zona y a las bases de datos de las 2 áreas seleccionadas. Para los monitoreos mensuales se consideró las condiciones oceanográficas emitidas por el Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR), y dado que el monitoreo fue de tipo submarino se trabajó en compañía de otro buzo para la inmersión.

En cada Bajo se registró la temperatura, de igual manera se obtuvo la geo-referenciación mediante un GPS, y se realizaron los registros fotográficos respectivos.

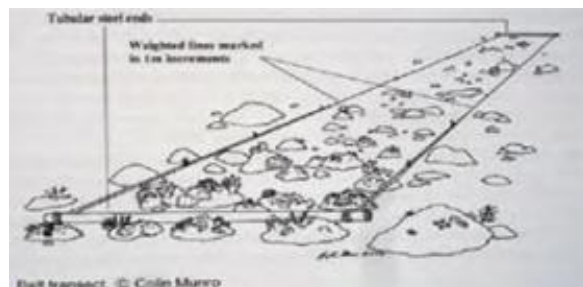
Para el censo visual, los dos operadores trabajaron para delinear 50 m de largo en cada transecto con la ayuda de una cinta métrica, nadando a lo largo de los transectos horizontales, cada operador registró los organismos observados 1 m a cada lado del transecto para establecer un área total de 100 m<sup>2</sup>. Ilustracion 3



*Ilustración 3. Representación esquemática de un buzo realizando un transecto de cinturón (fuente: Rogers et al. 2001).*

#### **7.4 FASE DE CAMPO**

Para delimitar las zonas de muestreo se analizó las áreas dentro de la reserva con bases de datos preliminares las cuales permiten la comparación entre la variación de la distribución espacial y la densidad poblacional en los fondos rocosos. La distribución espacial de la clase Asteroidea se realizó por el Visual Census utilizando la técnica Belt Transect Method (Bianchi et al., 2003) (Ilustración 4).



*Ilustración 4. Técnica Belt Transect Method fuente: (Bianchi et al., 2003).*

#### **7.4.1 FOTOGRAFÍA SUBMARINA**

El monitoreo remoto es un método que permite describir de forma rápida y efectiva comunidades bentónicas asociadas a fondos rocosos, con la ayuda de registros visuales, toma de fotografías y/o videos, lo que optimiza el tiempo de permanencia cuando se realizan actividades de buceo SCUBA.

Para la toma de fotografías como parte de la recolección de datos, se utilizó una cámara digital PRO, la que permitió en base a las características esenciales de los organismos encontrados, reconocer y/o diferenciar estructuras, formas, colores, como parte de los registros de campo necesarios para su posterior identificación ex situ; de igual manera, el uso del video provee información útil acerca de las condiciones del bajo y documentar posibles cambios en monitoreos posteriores.

#### **7.4.2 GUÍAS DE IDENTIFICACIÓN**

La importancia de los catálogos para la comunidad estudiantil y científica es enorme, pues facilita en gran medida la identificación de los especímenes que se colecten en cualquier investigación académica o aplicada, al colocar en un mismo texto el resumen del conocimiento actual del grupo, pues normalmente pocos textos permiten la revisión y rápida identificación del material biológico de nuestros mares (Borrero, Benevides, & Díaz, 2012).

*Tabla 2. Guías de identificación.*

<b>AUTOR</b>	<b>AÑO</b>	<b>TITULO</b>
Guía de campo sobre estrellas de mar y otros equinodermos de Galápagos	1998	Hickman, Cleveland P. y Rojas Lizana, Isolda
Sea of Cortez Marine Invertebrates: A Guide for the Pacific Coast, Mexico to Ecuador	1989	Alex Kerstitch
Guía de fauna marina del Ecuador	2005	Simbioe/Petroecuador

## **7.5 FASE DE LABORATORIO**

En esta etapa de la investigación se procedió a identificar las diferentes especies comparando el registro fotográfico con las diferentes guías, después de ello se analizó la variación que ha ocurrido en las zonas de estudio tanto en diversidad y abundancia, comparando así los datos obtenidos con los de bases de datos preliminares, representando estas diferencias en gráficos y análisis de datos.

## **7.6 ANALISIS DE DATOS**

En una hoja de cálculo Excel, se realizó la base de datos, posterior a ello se determinó la normalidad de los datos por medio de análisis estadístico, para poder observar si los datos eran paramétricos o no paramétricos, se utilizó los programas de MINITAB y FAST para el análisis tanto de la abundancia, diversidad, y parámetros físicos

## 7.7 INDICES ECOLOGICOS

Para el análisis de la diversidad y abundancia se utilizaron los índices de Shannon-Weiner (1949) dominancia de Simpson (1949) y equidad de Pielou (1969), Además para la correlación, se utilizó un ACP (Análisis de Componentes Principales).

### 7.7.1 Índice de Shannon-Wiener

Este índice se basa en suponer la heterogeneidad depende del número de especies presentes y de su abundancia relativa, respectivamente. Y se calcula de la siguiente manera:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

**Donde:**

**S** – Número de especies.

**pi** – Proporción de individuos de cada especie respecto al total: ni/N.

**ni** – Número de individuos de la especie i.

**N** – Número de individuos de todas las especies.

**H'** – Resultado de la ecuación que normalmente varía entre 0,5 y 5. Menor a 2 es bajo y superior a 3 es alto en relación con la biodiversidad.

### 7.7.2 Índice de dominancia de Simpson

Este índice indica la probabilidad al tomar dos individuos de una misma muestra al azar, sean de la misma especie; Por lo que influencia la importancia de especies que son más dominantes (Mendoza Z., 2013).

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

**S**- es el número de especies.

**N**- es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas).

**n**- es el número de ejemplares por especie.

### 7.7.3 Índice de Equidad de Pielou

Mide la proporción de la diversidad que es observada, su valor debe estar oscilando entre 0 (sin equidad) a 1 (equidad completa), los valores cercanos a 1 quiere decir que existe mayor homogeneidad de la distribución de las especies, es decir, todas las especies son igual de abundantes en determinado sitio.

$$J = \frac{H'}{H' \max}$$

## **7.8 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES**


El ACP es un método de proyección, ya que proyecta las observaciones de un espacio  $p$ -dimensional con  $p$  variables a un espacio  $k$ -dimensional (donde  $k < p$ ) para conservar la máxima cantidad de información (la información se mide aquí por medio de la varianza total del conjunto de los datos) de las dimensiones iniciales. Las dimensiones del Análisis de Componentes Principales también se denominan ejes o factores. Si la información relacionada a los 2 o 3 primeros ejes representa un porcentaje suficiente de la variabilidad total del diagrama de dispersión, las observaciones se podrían representar en un gráfico de 2 o 3 dimensiones, ayudando así su interpretación.

El Análisis de Componentes Principales se utiliza con el objetivo de establecer patrones de comportamiento en los sistemas ecológicos (Torriente y Torres, 2010).

## 8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 8.1 IDENTIFICACION TAXONOMICA DE ESPECIES DE LA CLASE ASTEROIDEA


Tabla 3. *Pentaceraster cumingi*.

<p><i>Pentaceraster cumingi</i> (<b>Estrella cojín panámica</b>)</p> <p><b>Orden</b> Valvatida (Perrier, 1884)</p> <p><b>Familia</b> Oreasteridae (Fisher, 1911)</p> <p><b>Género</b> <i>Pentaceraster</i> (Döderlein, 1916)</p> <p><b>Especie:</b> <i>Pentaceraster cumingi</i> (Gray, 1840)</p>	 <p><i>Imagen 1 Pentaceraster cumingi</i> (Estrella cojín panámica).</p>
<p><b>Morfología:</b></p>	<p>Cuenta como forma de estrella, con cuerpo inflamado y robusto, su superficie aboral es convexa y cuenta con espinas cónicas, siendo estas más pequeñas hacia los márgenes inferiores de cada pie ambulacral; estas espinas son de color anaranjado o rojizo.</p> <p>Su superficie oral es ligeramente cóncava, lo que le brinda aspecto de cojín (Caso, 1994). Recubierta de espinas pequeñas y gránulos; cuenta con pedicelarios de diversos tamaños</p>




	Cuerpo madreporico grande, cuenta con una forma irregular y se encuentra posicionado muy cerca del centro del disco.
<b>Color:</b>	Los organismos cuentan con placas dorsales y espinas de coloración rojiza brillante, los espacios entre marrón-verde, aunque existe una considerable variación de color. (Hickman, 1998).
<b>Hábitat:</b>	Epibentónico; epifaunal, los fondos en los que habita son arenosos, areno-rocosos, rocosos y arrecifes coralinos, presencia de, algas coralinas, verdes, cafés y rojas.
<b>Distribución geográfica:</b>	Los organismos se encuentran a lo largo del fondo marino, sobre las rocas y el sustrato arenoso-rocoso.
<b>Distribución batimétrica:</b>	Desde 0 a 19 m.
<b>Biología:</b>	Esta especie se basa en una alimentación de microorganismos en los pastos marinos y sustratos de algas. También se alimenta de erizos de mar y otros equinodermos, por alimentación extraoral (es decir, por evertimiento del estómago) (Hickman, 1998).

*Tabla 4. Pharia pyramidata.*

<p><b>Orden</b> Valvatida (Perrier, 1884)  <b>Familia</b> Ophidiasteridae (Verrill, 1870)  <b>Género</b> Pharia (Gray, 1840)  <i>Pharia pyramidata</i> (Gray, 1840)</p>	 <p><i>Imagen 2 Pharia pyramidata.</i></p>
<p><b>Morfología:</b></p>	<p>Cuerpo madreporico grande y compuesto de forma irregular, ligeramente cóncavo o aplanado, cuenta con radios robustos, y triangulares, de extremos angostos y romos, está cubierto por gránulos de forma variable y de diversos colores. La superficie oral tanto como la aboral presentan una textura suave (Hendler, 1995). Cuenta con cinco brazos robustos con bandas longitudinales de puntos amarillos o anaranjados.</p>
<p><b>Color:</b></p>	<p>La coloración que presentan varia desde el amarillo intenso al verde al pardo oscuro.</p>
<p><b>Hábitat:</b></p>	<p>Organismos epibentónicos, se los encuentra en sustratos arenosos, arenorocoso, rocosos y arenosos con algas (Caso et al., 1996). Presencia de gorgonias, algas verdes, cafés, rojas y coralinas.</p>

<b>Distribución geográfica:</b>	Se encontró a los organismos en fondos rocosos y arenosos, principalmente situados en grietas de zonas rocosas, esta especie no forma comunidades.
<b>Distribución batimétrica:</b>	De 0 a 130 m (Hickman, 1998), aunque en el estudio se las encontró a la altura de 19 m.
<b>Biología:</b>	Juega un papel fundamental en el ecosistema al ser controlador de la biomasa de algas. No presenta dimorfismo sexual externo y la proporción sexual es de 1:1. Se han descrito 4 cuatro fases de desarrollo gonádico (crecimiento, madurez, desove e indiferenciado). Ciclo reproductivo continuo con el pico máximo de madurez durante el verano (Sánchez, 2010).

*Tabla 5. Phataria unifascialis.*

<p><i>Phataria unifascialis</i></p> <p><b>Orden</b> Valvatida (Perrier, 1884)</p> <p><b>Familia</b> Ophidiasteridae (Verrill, 1870)</p> <p><b>Género</b> Phataria (Gray, 1840)</p> <p><i>Phataria unifascialis</i> (Gray, 1840)</p>	 <p><i>Imagen 3 Phataria unifascialis.</i></p>
<p><b>MORFOLOGIA</b></p> <p>Cuenta con un disco pequeño, radios trigonales achos o angostos, La parte central del disco forma un cono en cuyo centro se encuentra el orificio anal. El cuerpo se encuentra cubierto por gránulos de tamaño y forma variable, el número de poros en cada zona papular es bastante variable; los poros son de mayor tamaño que los gránulos de las zonas papulares. El cuerpo madreporico es grande, y de forma ovalada, redonda o irregular.</p>	<p><b>Distribución geográfica:</b></p> <p>Los organismos se encontraron escondidos entre las rocas y sus grietas, forman comunidades de numerosos individuos las cuales se observaron a lo largo del transecto.</p> <p><b>Distribución batimétrica:</b></p> <p>Desde los 2 m (Caso, 1994) hasta los 40 m (Herrera, 2005). Y en la presente investigación a 19m.</p> <p><b>Hábitat:</b></p> <p>Epibentónico. Esta especie se la encontró en los sustratos arenosos, rocosos, y areno-rocosos, presencia de gorgonias, algas verdes, cafés, rojas y coralinas.</p>
<p><b>Color:</b></p> <p>Bastante variable, existen organismos de un tono azul-morado en tanto que otras</p>	<p><b>Biología:</b></p>

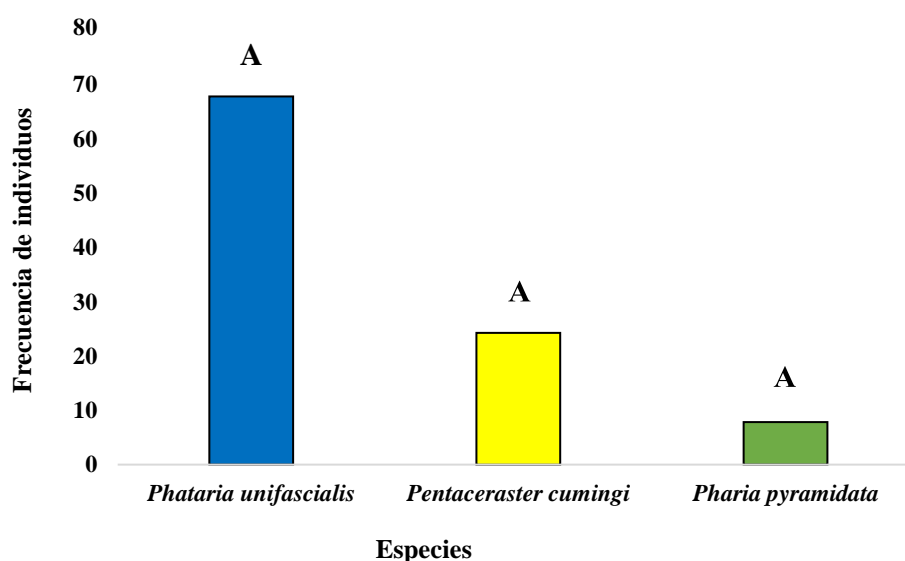
<p>presentan una coloración amarilla o rojo ladrillo</p>	<p>La especie <i>Phataria unifascialis</i> es considerada como controlador de la biomasa algal en los ecosistemas arrecifales. La proporción sexual es de 1:1. Se han descrito cinco fases de desarrollo gonádico (indiferenciado, desarrollo, madurez, desove y postdesove). El desove se presenta casi todo el año. La edad en la que se presenta la primera madurez es de dos años. Pueden llegar a tener un periodo de vida de 5 años aproximadamente. (Herrera, 2005). <i>P. unifascialis</i> suele ser parasitada por el gasterópodo <i>Thyca callista</i> Berry, 1959</p>
--	--

## 8.2. COMPOSICIÓN DE ESTRELLAS DE MAR DE LOS FONDOS ROCOSOS DE PUERTO CAYO

Se colectaron un total de 638 especímenes (estrellas de mar) en las dos zonas establecidas para el muestreo. El muestreo se realizó en época seca registrándose de manera cualitativa un total de 3 especies, 3 géneros distribuidos en 2 familias y 1 orden. La familia con mayor número de especies fue Ophidiasteridae correspondiente al 66,67 % con 2 especies identificadas (tabla 5).

### 8.2.1 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE ESTRELLAS DE MAR DE LOS FONDOS ROCOSOS DE PUERTO CAYO

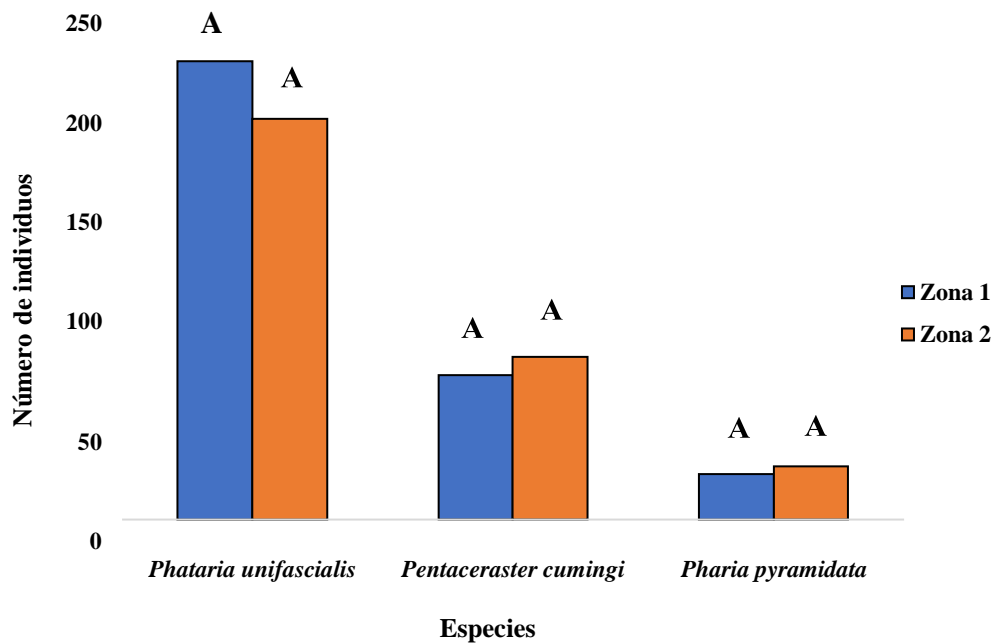
En el gráfico 1, se observa que la especie *Phataria unifascialis* se presentó en mayor frecuencia (67,87 %) entre las zonas de estudio elegidas para el muestreo. A diferencia de la especie *Pharia pyramidata* que fue la menos frecuente en el área de estudio (7,84 %). No hay diferencias estadísticamente significativas entre las zonas de estudio ( $p < 0.05$ )



*Gráfico 1. Frecuencia de especies de estrellas de mar de los fondos rocosos de Puerto Cayo. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey.*

### 8.2.2 ABUNDANCIA RELATIVA POR ZONA DE ESTUDIO

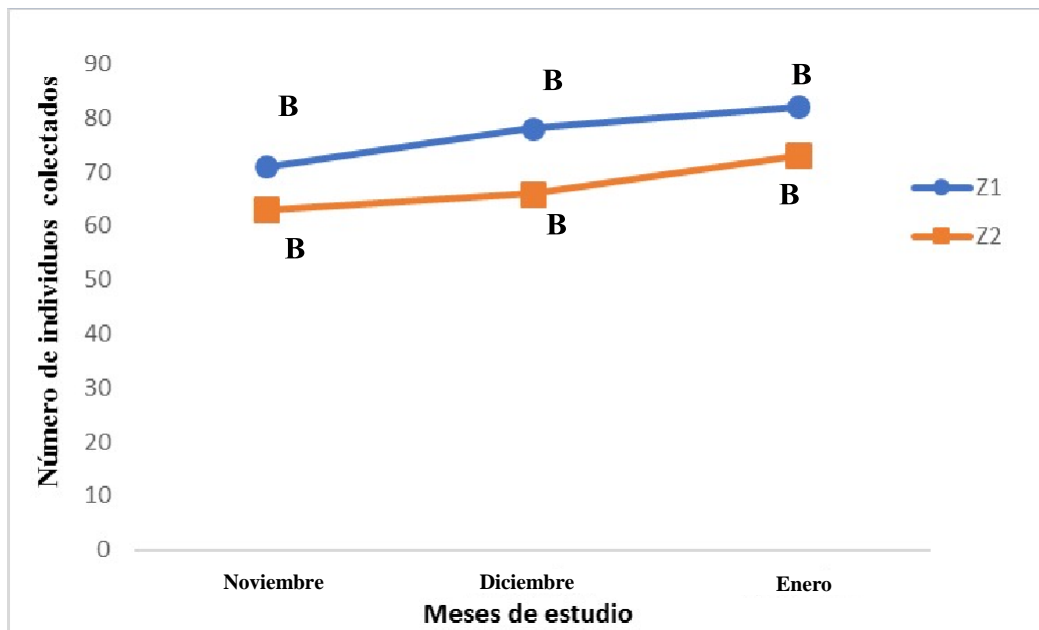
*Phataria unifascialis* fue la especie más abundante con 433 individuos colectados entre las zonas de estudio: Zona1 (231) y Zona2 (202). La especie menos abundante fue *Pharia pyramidata* con 50 individuos contabilizados, dividiéndose entre 23 y 27 individuos entre la Zona1 y Zona2 respectivamente (Gráfico 2). Cabe destacar, que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las zonas de estudio ( $p < 0.05$ ).



*Gráfico 2. Número de individuos colectados por zona de estudio. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey.*

### **8.2.3 DISTRIBUCIÓN TEMPORO-ESPACIAL**

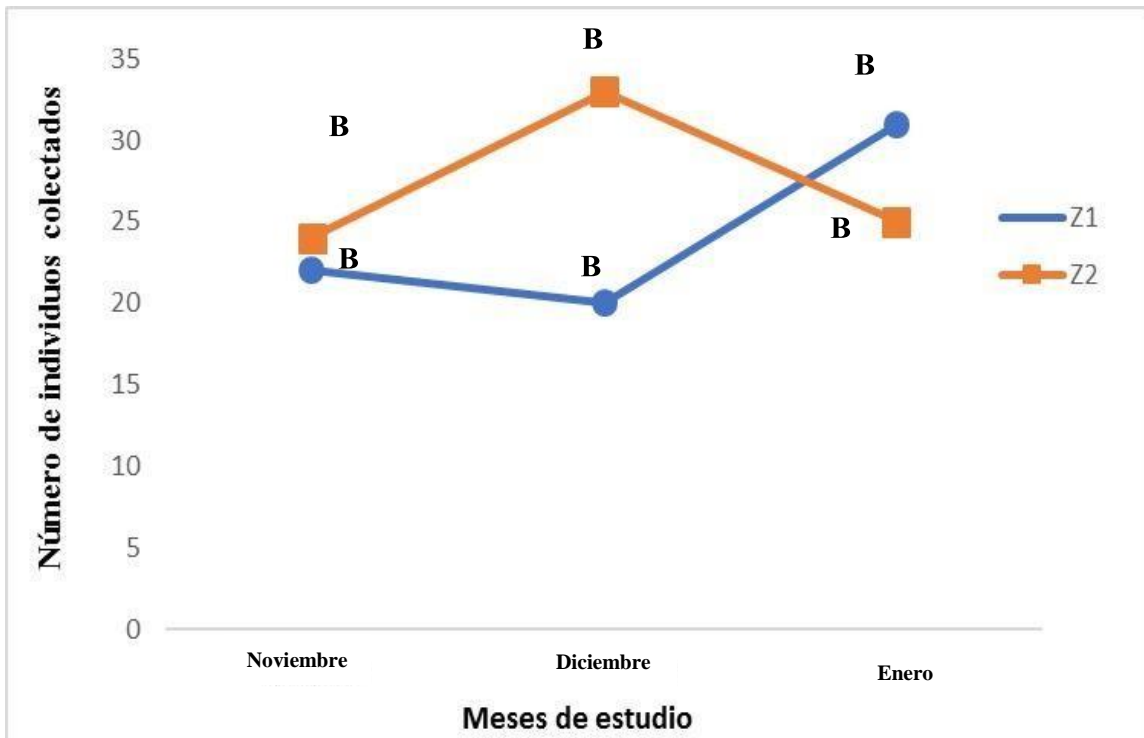
La Gráfico 3, muestra a *Phataria unifascialis* que durante el período de estudio presentó un total de 433 individuos. Se registró 71, 78 y 82 individuos para los meses de noviembre, diciembre y enero respectivamente para la Zona1, y en comparativa con la Zona2 . Se colectaron 63, 66 y 73 individuos respectivamente para los mismos meses de estudio, por lo que no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).



*Gráfico 3. Distribución temporo - espacial Phataria unifascialis. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey.*

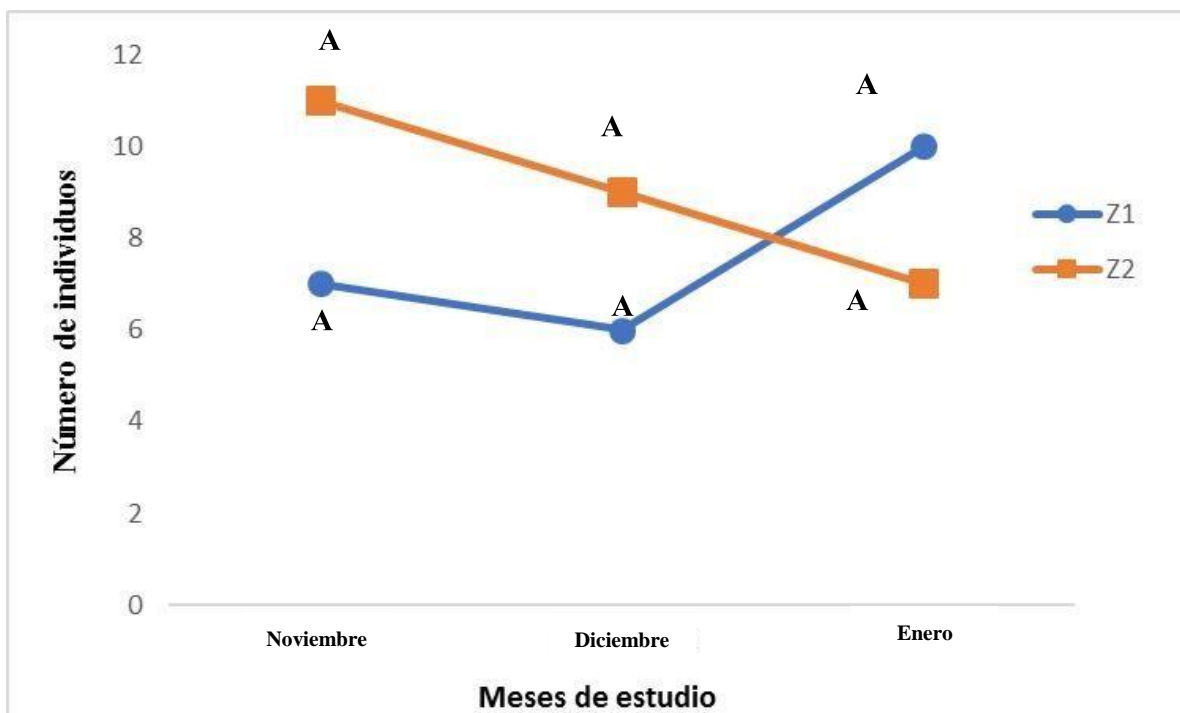
*Pentaceraster cumingi* registró 155 individuos en total. Esta especie presentó menos individuos que *Phataria unifascialis* durante los meses de noviembre (22), diciembre (20) y enero (31) para Zona1, así mismo, para Zona2 para los mismos meses con 24, 33, 25 individuos contados respectivamente (Gráfico 4). Cabe mencionar, que no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).





*Gráfico 4. Distribución temporo - espacial Pentaceraster cumingi. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey.*

*Pharia pyramidata* se presentó en un total de 50 individuos durante el desarrollo del presente estudio, siendo registradas 7, 6 y 10 individuos para la Zona1 para los meses de noviembre, diciembre y enero respectivamente. Así mismo, se registraron para los mismos meses pocos organismos en un total de 11, 9 y 7 individuos respectivamente en Zona2 (Gráfico 5). No se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

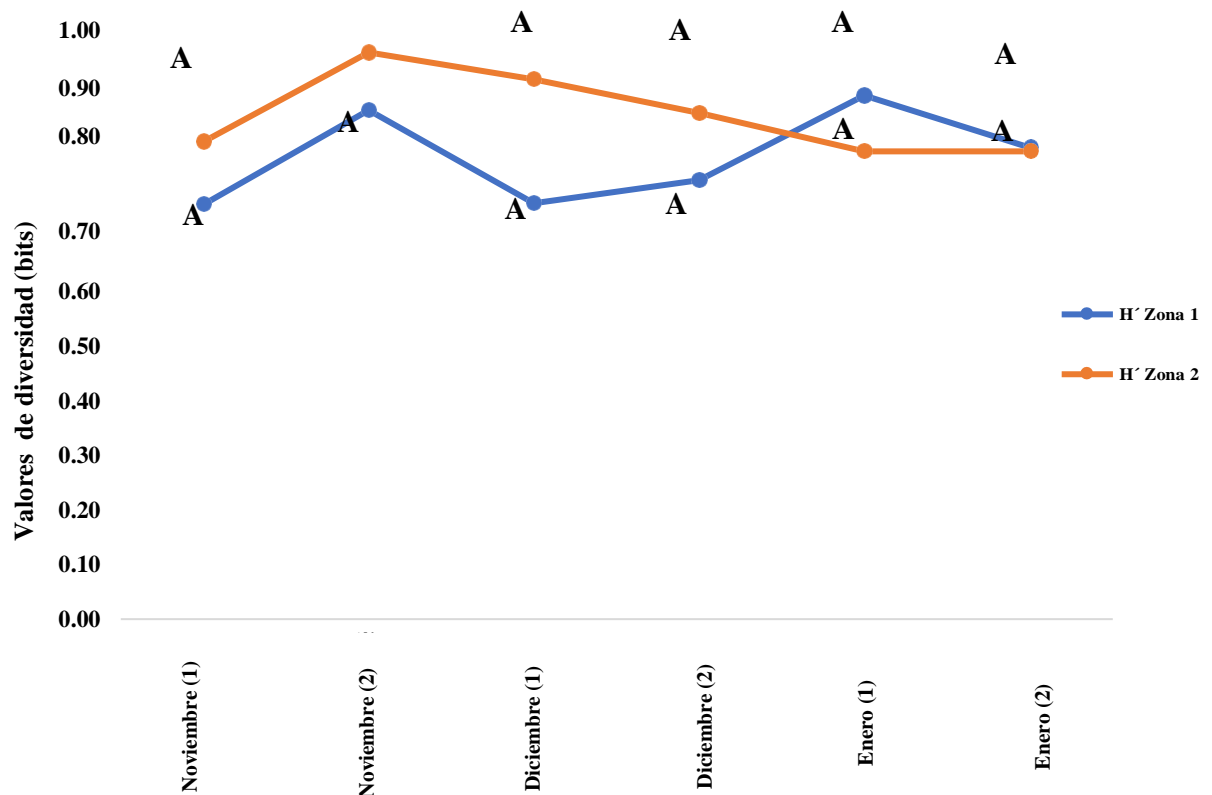


*Gráfico 5. Distribución temporo - espacial Pharia pyramidata. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey.*

#### **8.2.4 BIODIVERSIDAD**

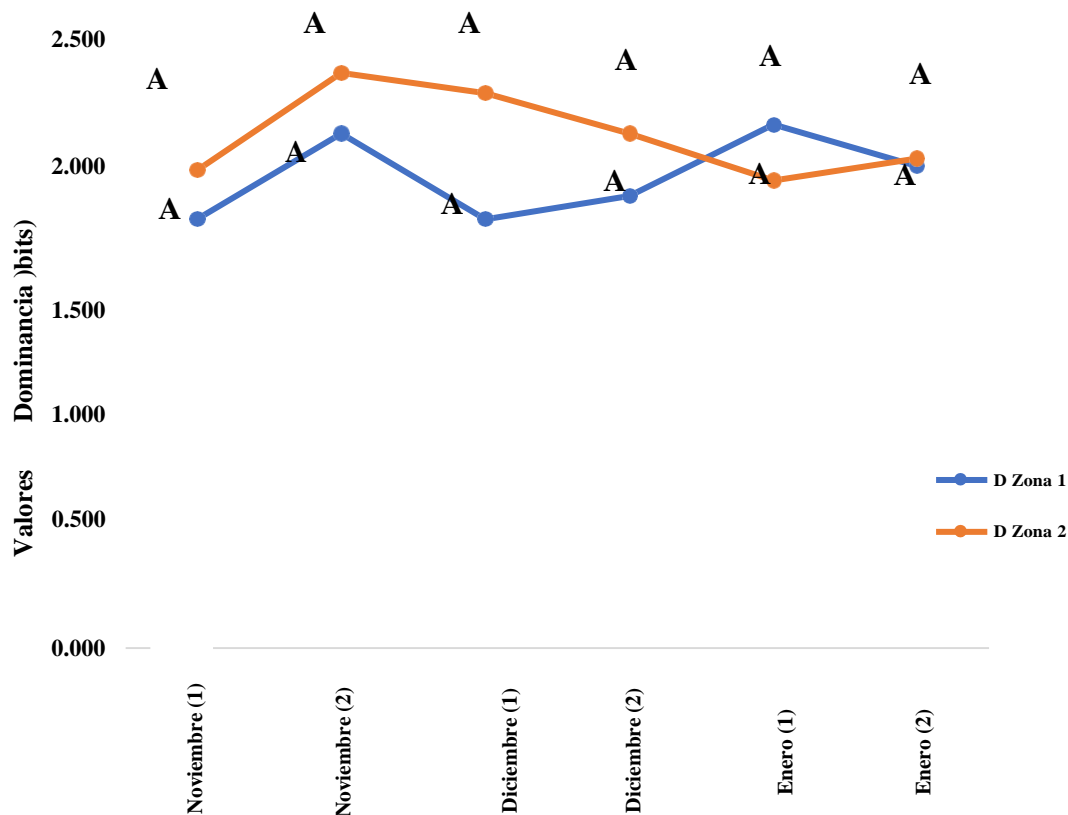
Con respecto al número de especies identificadas y muestreadas fueron 3 (Riqueza) en un total de 638 individuos.

El índice de Shannon-Wiener ofreció como resultado, 0,87 bits como el valor máximo de diversidad (enero 1er muestreo), y el mínimo es 0,67 bits (noviembre 1er muestreo) para la Zona1. En cambio, para la Zona2 el valor máximo fue de 0,95 bits (noviembre 2do muestreo) y para enero en los dos períodos de muestreo el valor que se registró fue de 0,77 bits siendo valores mínimos (Gráfico 6). El índice demuestra a través de los valores que no son sitios muy diversos, ya que existe muy poca uniformidad. No hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).



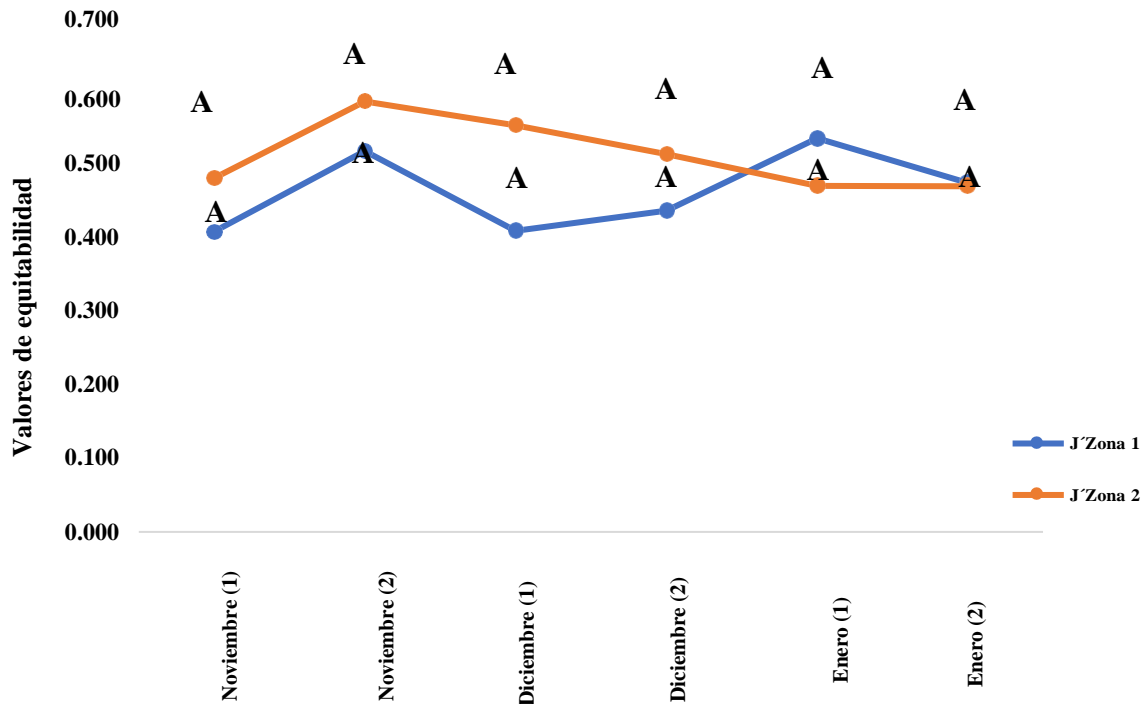
*Gráfico 6. Diversidad obtenida a través de Índice de Shannon – Wiener ( $H'$ ) para las zonas de estudio de los fondos rocosos de Puerto Cayo. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey.*

En el índice de Simpson, la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie, por lo que, 2,052 fue el valor más alto registrado ( noviembre 2do muestreo) para la Zona1. Para Zona2 el valor más alto fue de 2,299 para la misma época de muestreo (Gráfico 7). No hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).



*Gráfico 7. Dominancia a través del Índice de Simpson (D) para las zonas de estudio de los fondos rocosos de Puerto Cayo. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey.*

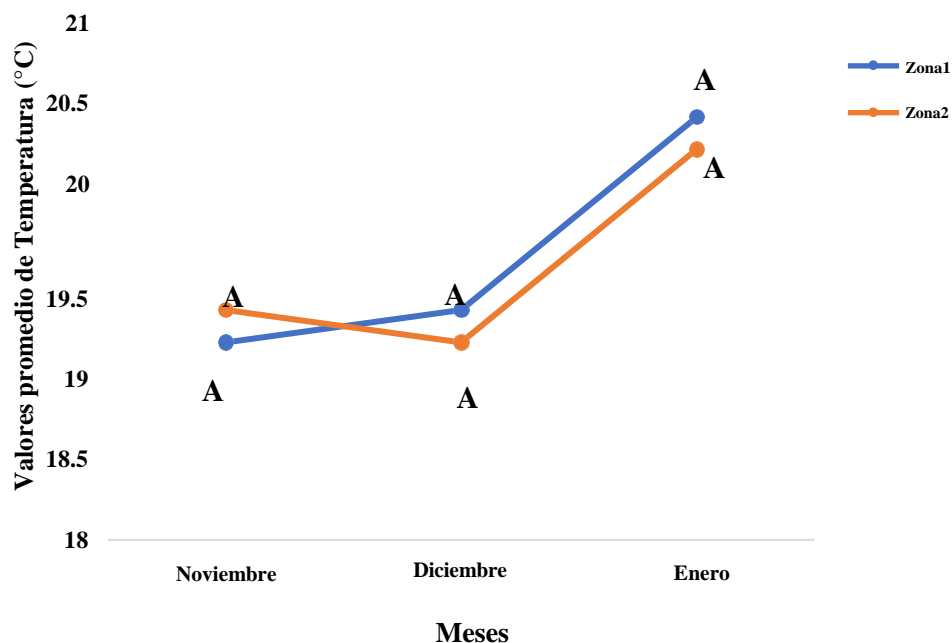
El Índice de Equidad de Pielou ( $J'$ ), determinó valores de 0,549 y 0,423 en mayor y menor medida para los muestreos de enero (1er) y noviembre (1er) en Zona1. Para la Zona2 la equidad estuvo en 0,599 en noviembre (2do muestreo) y en menor proporción 0,484 para los muestreos realizados en enero. Además, al conocer la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada, los valores obtenidos fueron menores a 1, lo que corresponde a situaciones donde todas las especies no son igualmente abundantes y de poca uniformidad (Gráfico 8). No hubo diferencias significativas en los valores obtenidos ( $p < 0.05$ ).



*Gráfico 8. Equitabilidad a través del Índice de Pielou (J') para las zonas de estudio de los fondos rocosos de Puerto Cayo. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey.*

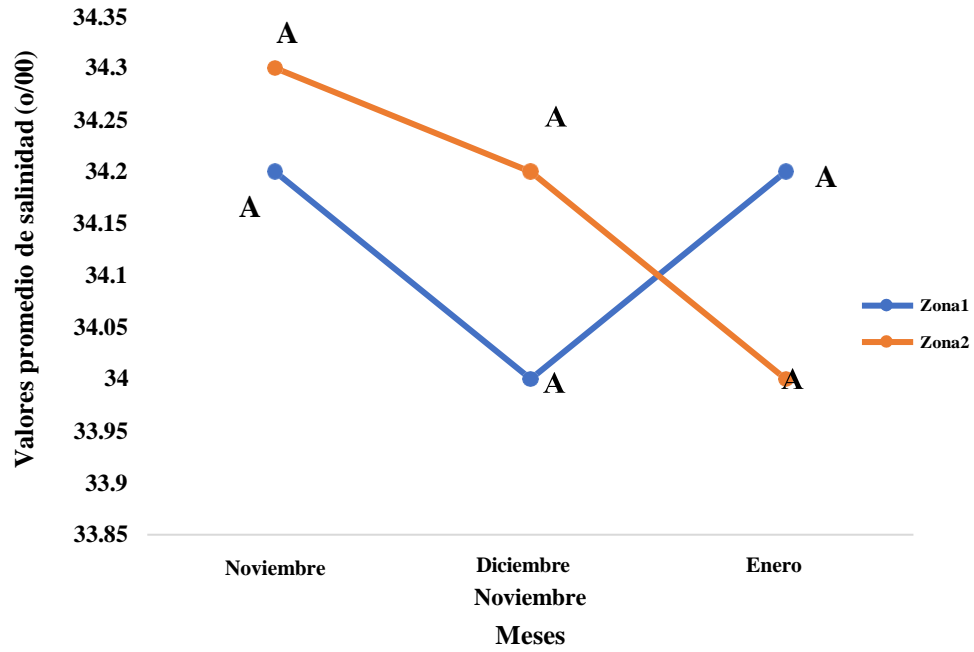
### 8.3. PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS

No se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la temperatura ( $p < 0.05$ ) de ambas zonas de muestreo. La temperatura osciló en valores promedios de 19 a 20,4 °C durante los meses de estudio para la Zona1, no obstante, no varió para la Zona2 ya que la temperatura se presentó en valores promedios de 19 a 20,2 °C debido a que el estudio se realizó durante la época seca (Gráfico 9).



*Gráfico 9. Valores promedios de temperatura obtenidos en el área de estudio. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey.*

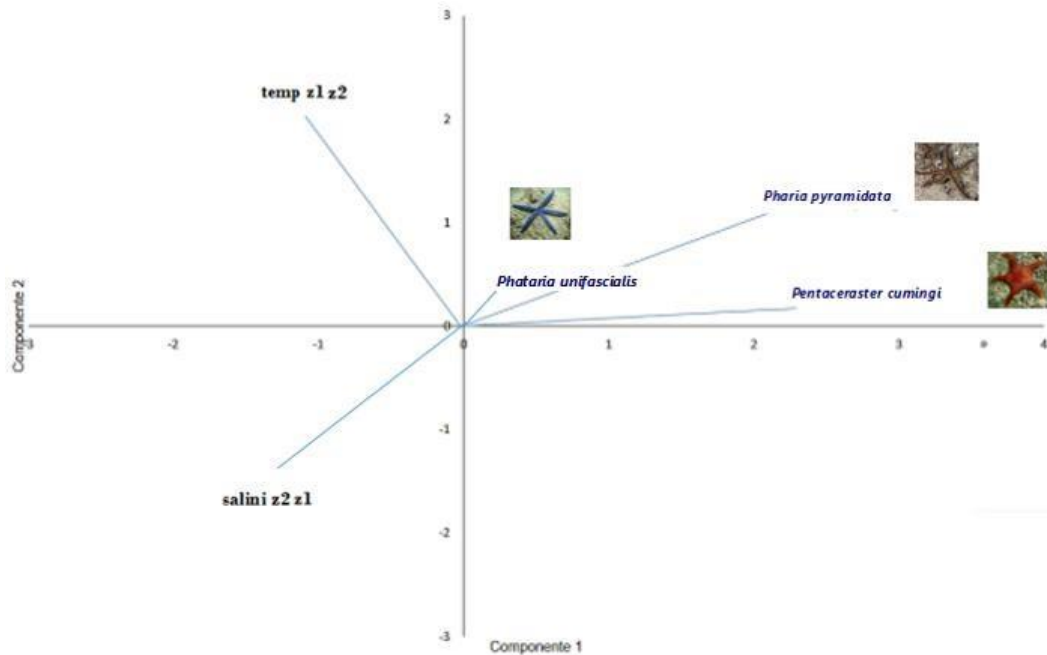
La salinidad se presentó en Zona1 con valores promedios para los meses de noviembre (34,2 o/00), diciembre (34 o/00) y enero (34,2 o/00). Para la Zona2 se mantuvo con los mismos valores que la Zona1, es decir, no hubo diferencias en cuanto a los promedios obtenidos para los meses de noviembre (34,3 o/00), diciembre (34,2 o/00) y enero (34o/00). No se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) (Gráfico 10).



*Gráfico 10. Valores promedios de salinidad obtenidos en el área de estudio. Letras iguales señalan que no existe diferencias estadísticamente significativas según ANOVA de 1 vía ( $p < 0.05$ ) y test posterior de Tukey.*

## 8.4. CORRELACIÓN

En la Gráfico 11, se puede apreciar una correlación positiva entre las especies estudiadas, mientras que se observa que no existe relación con los parámetros físico-químicos tomadas en el área de estudio.



**Gráfico 11.** Análisis de componentes principales entre los parámetros físico-químicos y las especies de equinodermos (Asteroidea) estudiadas.



## 9 DISCUSIÓN

En la reciente década, se ha mantenido en discusión que los invertebrados marinos presentan redundancia ecológica, es decir que varias especies pueden cumplir una misma función en el ecosistema (Bellwood et al., 2004). Además, la presencia de equinodermos dentro de la comunidad coralina es esencial para el mantenimiento de la biodiversidad asociada a fondos rocosos, ya que alteran la composición del fondo, optimizando las condiciones para el asentamiento de otros invertebrados. Así mismo, los equinodermos depredadores controlan la distribución y abundancia de sus presas (Padilla-Pérez, Rodríguez-Troncoso, Sotelo-Casas y Cupul-Magaña, 2017).

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar la diversidad y abundancia de equinodermos (asteroidea), que habitan en los fondos rocosos de Puerto Cayo, durante el periodo de estudio noviembre a enero del 2022. Cabe destacar, que este estudio representa el inicio hacia el conocimiento de la diversidad de estrellas de mar de la zona ya que existen estudios realizados en área protegidas del Ecuador (REMACOPSE) y otros sólo se han dedicado a estudiar a las estrellas de mar y erizos como parte del ensamblaje de los invertebrados, los estudios se enfocan principalmente en su dieta y nivel trófico (Padilla-Pérez, Rodríguez-Troncoso, Sotelo-Casas y Cupul-Magaña, 2017).

Dicho esto, el estudio identificó un total de 3 especies de estrellas de mar, de 3 géneros diferentes, 2 familias distintas y pertenecientes a la misma orden, sin embargo, al

comparar con trabajos como el realizado por Ramírez (2014), resultó ser menos diverso que el mencionado ya que el autor identificó y contabilizó especímenes de 4 especies, incluidos en un orden, dos familias y cuatro géneros. No obstante, de las 4 registradas, 3 de ellas fueron registradas en el presente estudio. Por lo visto, estas especies resultan ser representativas de los arrecifes rocosos y coralinos de la zona costera ecuatoriana.

*Phataria unifascialis* fue la especie con mayor frecuencia entre las zonas de estudio, ya que se presentó con 433 individuos en cuanto a abundancia, resultando ser menor que las publicadas por Ramírez (2014), Esto en los fondos rocosos de La REMACOPSE los cuales comporten gran similitud con los fondos rocosos de puerto Cayo, debido a que el autor calculó una media de 75% para dicha especie, así como una media menor para *Pharia pyramidata* con 5% aunque resultando mayor para el presente estudio con una media de 7,84 % (50 individuos) para el área de estudio. Quizás, estos resultados tan distintos en abundancia y frecuencia podrían deberse a que los fondos rocosos en La REMACOPSE cuentan con mayor preservación de sus ecosistemas marinos, además de que el periodo de tiempo tuvo algo de variación con el empleado en la investigación.

Padilla-Pérez, Rodríguez-Troncoso, Sotelo-Casas y Cupul-Magaña (2017), menciona en su estudio que hubo zonas con bajo número o ninguna de individuos de estrellas y erizos debiéndose a que estos lugares han sido fuertemente impactados por el turismo durante años, ya que es el centro turístico más grande e importante del Pacífico mexicano; es decir un impacto negativo en el ambiente debido al crecimiento desmedido de la infraestructura

turística, y se considera que ello afecta directamente la condición de las estrellas de mar. Además, estos equinodermos son extraídos para venderlas como recuerdo, cosa que baja aún más su densidad poblacional (Zamorano y Leyte-Morales, 2009). Se registró una baja diversidad de organismos, con una también baja uniformidad y una sola especie dominante, similar a lo establecido por Ramírez (2014).

Para los parámetros físico-químicos la temperatura osciló en valores promedios de 19 a 20,4 °C (Zona1), no obstante, sin variar para la Zona2 ya que la temperatura se presentó en valores promedios de 19 a 20,2 °C, estos valores obtenidos se encuentran dentro de los límites máximos permitidos del TULSMA Anexo 1 Recurso Agua (32 °C). Así mismo, estas temperaturas son propias de la época del año en la que se realizó el muestreo.

Tal y como registra (Ramírez, 2014). Estas temperaturas no tienen gran variación entre los mismos meses de estudio de la investigación, oscilando así entre 20.1°C como máxima, y 19°C como mínima, por lo cual se rigen para los mismos valores de temperatura.

El sustrato, en su papel de factor ecológico, constituye uno de los reguladores elementales de las comunidades bentónicas. Los arrecifes rocosos, por sus características topográficas, son ambientes propicios para una alta riqueza y abundancia de asteroideos. El presente estudio se realizó en fondos rocosos donde es alta la cantidad de invertebrados que pudiera servir de alimento a las estrellas como es el caso de las algas del suelo marino, organismos microscópicos y pastos marinos. Además, (Zamorano y Leyte-Morales, 2009), sugieren que los nutrientes presentan una relación positiva con la riqueza de

asteroideos en estos ecosistemas, ya que favorecen el establecimiento de especies beneficiando la supervivencia de los individuos, lo cual coincide con lo observado en el hábitat de los fondos rocosos, habiendo una buena interacción entre las especies y el ecosistema.

Se encontró que hubo correlación entre las especies estudiadas más no con los parámetros físico – químicos de temperatura y salinidad que son propias de la época como indica (Zamorano y Leyte-Morales, 2009), puesto que existe fuente de recursos de alimentación, reproducción, refugio y zona de desove para estos invertebrados marinos y el resto de la comunidad bentónica de la región, dando así lugar a aprobar la hipótesis del presente estudio donde los fondos rocosos de Puerto Cayo cuentan con ecosistemas idóneos para la residencia biológica de la clase asteroidea.

Por otro lado, es necesario tomar en cuenta que algunas de las especies del presente estudio habitan en grietas o escondites en los arrecifes para evitar la depredación, lo cual dificulta su detección al momento de realizar los censos lo cual posiblemente esté ocasionando una subestimación de su densidad (Zamorano y Leyte-Morales, 2009). Tal como es el caso de *Pharia pyramidata* y *Phataria unifascialis*, muchas veces se encontró estas especies entre estructuras rocosas y de difícil acceso.



## 10 CONCLUSIONES

- En los fondos rocosos del área de estudio se pudieron identificar 3 especies pertenecientes al grupo asteroidea, las mismas que están divididas en 2 familias (Oreasteridae, Ophidiasteridae) y 3 géneros, El índice de diversidad a través de sus valores demuestra, que no son ecosistemas muy diversos ya que existe muy poca uniformidad de especies.
- *Phataria unifascialis* se presentó en mayor frecuencia entre las zonas de estudio elegidas para el muestreo. Además de ser la más abundante, a diferencia de la especie *Pharia pyramidata* que fue la menos frecuente en el área de estudio al igual que la menos abundante. *Phataria unifascialis* también resultó ser la especie con más individuos muestreados durante los meses de noviembre, diciembre y enero.
- Existe una correlación positiva entre las especies identificadas, así como su abundancia y frecuencia. Cabe destacar, que no existió relación alguna entre los parámetros físico – químicos tomados *in situ* ni con las especies estudiadas del área de estudio con las mismas (temperatura y salinidad). Esto, podría deberse a que dichos parámetros se encontraron constantes y son propios de la época seca-lluviosa cuando fueron realizados los muestreos.

## 11 RECOMENDACIONES

- Para la recolección de los datos se recomienda que tener en consideración las corrientes presentes en la zona de inmersión, contar con las boyas las cuales indican la presencia de los buzos para que las vean las embarcaciones, muchas veces ignorar esto, puede ser un factor de riesgo para los buzos, además de contar con la certificación indicada para poder visitar fondos rocosos, los cuales cuentan muchas veces con profundidades mayores a 19m.
- Establecer un periodo de estudio más extenso para tener datos con mucha más exactitud, un factor muy importante que se recomienda considerar, es que durante este tiempo de estudio se compare los monitoreos de la época seca y lluviosa del año, con el objetivo de detectar cambios temporo-espaciales de estas comunidades bentónicas en relación con el tipo de sustrato.
- Incentivar en el desarrollo de proyectos de investigación para el estudio taxonómico de las comunidades bentónicas, contribuyendo de esta manera a incrementar la escasa información existente sobre la biodiversidad presente en los ecosistemas marino costeros.

## 12 BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, J., & Chiriboga, Á. (2008). *Distribución y abundancia de equinodermos en las aguas someras de la Isla del Coco, Costa Rica (Pacífico Oriental)*. Obtenido de Revista de Biología Tropical , 56 (2), 99-111:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44920231008>
- Borrero, P., Benevides, S. M., & Díaz, S. C. (2012). *Equinodermos del Caribe colimbiano II: Echinoidea y Holothuroidea*. Obtenido de Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras- INVEMAR: <https://aquadocs.org/handle/1834/6680>
- Bottjer, D., E.H, D., K.J, P., & R.A, C. (2006). Paleogenomics of Echinoderms. . *Science*, 314:956-959.
- Calcagno, J. A. (2014). *Los invertebrados marinos* . Obtenido de Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Fundación de Historia Natural Félix de Azara:  
[https://www.researchgate.net/publication/279911467\\_El\\_estudio\\_de\\_los\\_invertebrados\\_marinos](https://www.researchgate.net/publication/279911467_El_estudio_de_los_invertebrados_marinos)
- Delfina Vicenti, R. (2004). *Las corrientes de Humboldt y "El Niño" sus repercusiones en el ambiente*. Obtenido de Revista Geográfica, no. 135, págs. Gale Onefile: Informe Académico.:  
[link.gale.com/apps/doc/A147754980/IFME?u=anon~5e7a0c25&sid=googleScholar&xid=2e7d8fb6](http://link.gale.com/apps/doc/A147754980/IFME?u=anon~5e7a0c25&sid=googleScholar&xid=2e7d8fb6) . Consultado el 7 de enero de 2023.
- Francisco, M. S., Alfredo, L. F., & Magali, H. E. (2014). *Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México*. Obtenido de Rev. Mex. Biodiv [online] vol. 85, suppl. [citado 2023-01-03], pp. S411-S449.: <https://doi.org/10.7550/rmb.31805>
- Hendler, G., Miller, J., Pawson, D., & Kier, P. (1995). *Estrellas de mar, erizos de mar y aliados. Equinodermos de Florida y el Caribe, xi, 390p*. Obtenido de Washington, EE. UU.: Smithsonian Institution Press, 1995. Revista de la Asociación de Biología Marina del Reino Unido, 76 (3), 835-835.: doi:10.1017/S0025315400031568
- INOCAR. (2014). *Boletín de Alerta Climática (BAC), Estudio Regional del Fenómeno El Niño*. Obtenido de COMISIÓN PERMANENTE DEL PACÍFICO SUR (CPPS):  
<https://www.inocar.mil.ec/boletin/BAC/bac285.pdf>
- López, D. P., Giler, A. K., & Pillígua, A. C. (2015). *Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial de la Parroquia Puerto Cayo* . Obtenido de Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, Consultoría Coral : [https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/1360043010001\\_PDO\\_T%20PUERTO%20CAYO%20FINAL\\_31-10-2015\\_00-04-31.pdf](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1360043010001_PDO_T%20PUERTO%20CAYO%20FINAL_31-10-2015_00-04-31.pdf)



- Luna, S. B., & Reyes, B. H. (2017). *Estructura comunitaria y trófica de las estrellas de mar (Echinodermata: Asteroidea) en arrecifes rocosos de Loreto, Golfo de California, México*. Obtenido de HIDROBIOLÓGICA, 20(2), 127-134:  
<https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/802>
- Marín, F. A., & Figueras, A. L. (2010). *Equinodermos, Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. Obtenido de 248-249pp:  
<https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap4/44a%20Equinodermos.pdf>
- Martínez, J. P., & Villalobos, F. B. (2011). *Nacimiento de una estrella marina*. Obtenido de Revista Ciencia :  
[https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/62\\_4/PDF/Nacimiento\\_Estrella.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/62_4/PDF/Nacimiento_Estrella.pdf)
- Mora, E., Jurado, V., & Mendívez, W. (2010). *Diversidad de macroinvertebrados en la plataforma continental del Ecuador*. Obtenido de Revista Ciencias del Mar y Limnología, V4(2): pag 101-116, Intituto Nacional de Pesca:  
<http://hdl.handle.net/1834/5389>
- Mutschke, E. (2009). *Asteroidea- Estrellas de mar*. Obtenido de En libro: Fauna Bentónica Marina de la Patagonia Chilena. (págs.801-830)Capítulo: AsteroideaEditores: Häussermann, V. & Försterra, G:  
[https://www.researchgate.net/publication/267395084\\_Asteroidea\\_-\\_Estrellas\\_de\\_mar](https://www.researchgate.net/publication/267395084_Asteroidea_-_Estrellas_de_mar)
- Ortega, R. S., & Ortiz, G. A. (2014). *Los organismos bentónicos como bioindicadores de la salud ecológica de los océanos*. Obtenido de LIBRO BIOINDICADORES pp 173-192:  
<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Bioindicadores-Guardianes-de-nuestro-futuro-ambiental.pdf>
- Panchaszadeh, P. (2003). Equinodermos capítulo 34 . *Departamento de estudios ambientales, Universidad Simón Bolívar*, 514-521. Obtenido de Departamento de estudios ambientales, Universidad Simón Bolívar.
- Pérez, A., Gil, D. G., & Rubilar, T. (octubre de 2014). *EQUINODERMOS En libro: Los Invertebrados Marinos (pp.295-316)*. Obtenido de Edición: 1Capítulo: EquinodermosEditorial: Vázquez MazziniEditores: Javier Calcagno:  
[https://www.researchgate.net/publication/268502981\\_Echinodermata](https://www.researchgate.net/publication/268502981_Echinodermata)
- Pourrut, P., & Gómez, G. (1998). *El Ecuador al cruce de varias influencias climáticas. Una situación estratégica para el estudio del fenómeno El Niño*. Obtenido de Bulletin de l'Institut français d'études andines, vol. 27, núm. 3:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12627310>
- Rodríguez, V. J.-C., & Ayala, B. A. (2021). *Deoredación masiva por Acanthaster planci en el arrecife El Corralito, golfo de California: Amenaza a corto plazo*. Obtenido de vol.69, suppl.1, pp.272-286. ISSN 0034-7744:  
<http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69isuppl.1.46359>
- Ruppert, E. E., & Barnes, R. D. (1996). *Zoología de Invertebrados, Sexta Edición. McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. México. pp 1114.*

Serrato, M. B., Pérez, G. H., & Sanchez, C. M. (2011). *Equinodermos del Caribe colombiano I: Crinoidea, Asteroidea y Ophiuroidea*. Obtenido de Serie de Publicaciones Especiales de Invemar 22. Santa Marta 384p.: <https://aquadocs.org/handle/1834/6675>

Solis, F. A., Figueras, A. L., & Escandón, M. H. (2014). *Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en Mexico*. Obtenido de Vol. 85: Suplemento Biodiversidad de México- enero: <https://doi.org/10.7550/rmb.31805>

## ANEXOS

### PRESUPUESTO

*Tabla 6. Presupuesto estimado para la elaboración de tesis.*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Prec. Unitario</b>	<b>Total</b>
Esferos	2	\$ 0,75	\$ 1.50
Computadora	2	\$ 450- 500	\$ 950
Teléfono celular	1	\$300	\$ 300
Termómetro	2	\$25	\$50
Linterna submarina	2	\$50	\$100
Cámara fotográfica	1	\$200	\$200
Alquiler de embarcación	6 viajes	\$20	\$120
Pasajes	6 viajes	\$0.35	\$2.10
Alquiler de Traje de Buceo	6 alquiladas	\$60	\$360
Equipo de Snorkel	1	60	\$ 60
Aletas	1	60	\$60
<b>Total, general</b>			\$ 2.163.10

<i>Actividades</i>	<i>NOVIEMBRE</i>				<i>DICIEMBRE</i>				<i>ENERO</i>				<i>FEBRERO</i>				<i>MARZO</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
	<i>Muestreo y corrección de anteproyecto</i>																			
<i>Desarrollo de resultados</i>																				
<i>Análisis de Resultados</i>																				
<i>Finalización de documento de Tesis</i>																				
<i>Sustentación</i>																				

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

*Tabla 7. Cronograma de actividades a realizar durante el desarrollo del anteproyecto de tesis.*

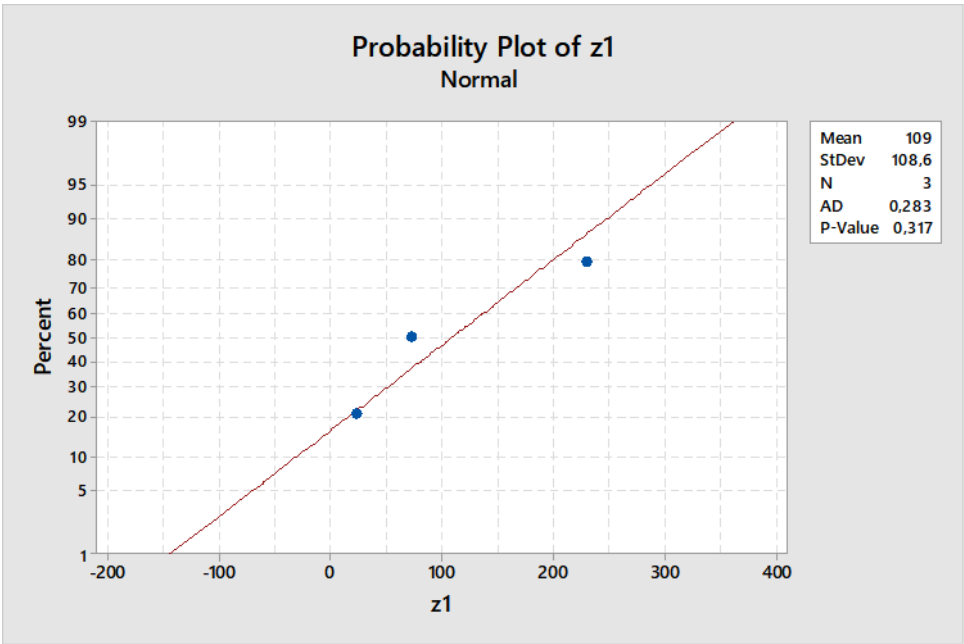


Figura 1. Prueba de normalidad de la zona 1.

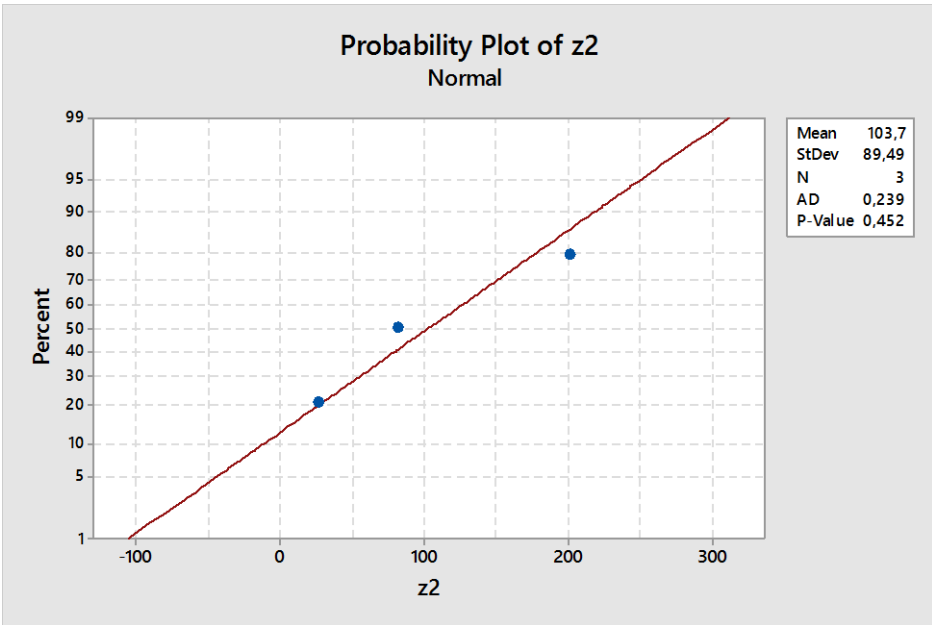


Figura 2. Prueba de normalidad de la zona 2.

## Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
z1	3	109,0	A
z2	3	103,7	A
salini z2	3	34,1667	A
salini z1	3	34,1333	A
temp z1	3	19,533	A
tempz2	3	19,467	A
Especies	3	2,000	A
Shannon z2	3	0,2813	A
Shannon z1	3	0,2557	A
Simpson z1	3	0,185	A
Simpson z2	3	0,166	A

Means that do not share a letter are significantly different.

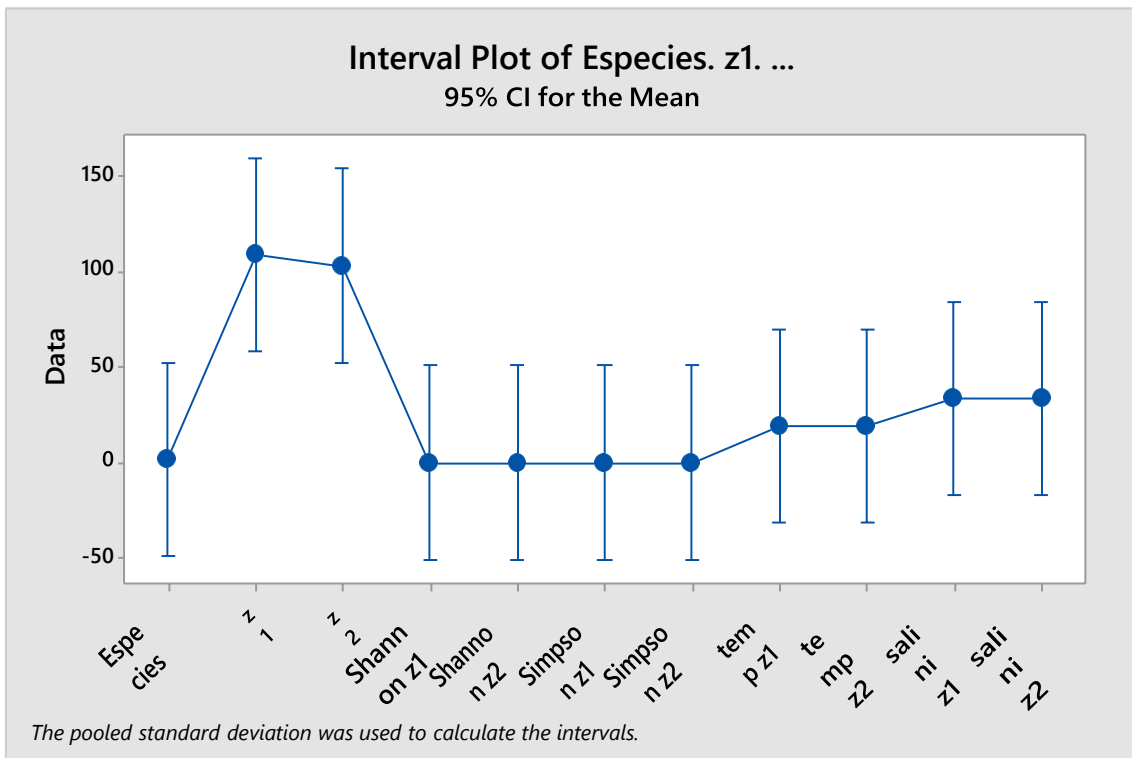


Figura 3. Interval Plot of Epecies.

Tabla 8. Prueba de tukey.

	temperatura	salinidad
zona1		
octubre	19	34,2
noviembre	19,2	34
diciembre	20,4	34,2
zona2		
octubre	19,2	34,3
noviembre	19	34,2
diciembre	20,2	34

**Tabla 9.** Datos de los monitoreos realizados por fecha y estación.

		octubre			noviembre			diciembre	
	z1	z2		z1	z2		z1	z2	
Phataria unifascialis	40	35		37	32		36	43	
	z1	z2		z1	z2		z1	z2	
	31	28		41	34		46	30	
	z1	z2		z1	z2		z1	z2	
Pentaceraster cumingi	9	11		8	18		14	12	
	z1	z2		z1	z2		z1	z2	
	13	13		12	15		17	13	
	z1	z2		z1	z2		z1	z2	
Pharia pyramidata	3	4		3	5		6	5	
	z1	z2		z1	z2		z1	z2	
	4	7		3	4		4	2	

**Imagen 4** p. *unifascialis*



**Imagen 5** p. *cumingi*



*Imagen 6 p. pyramidata*



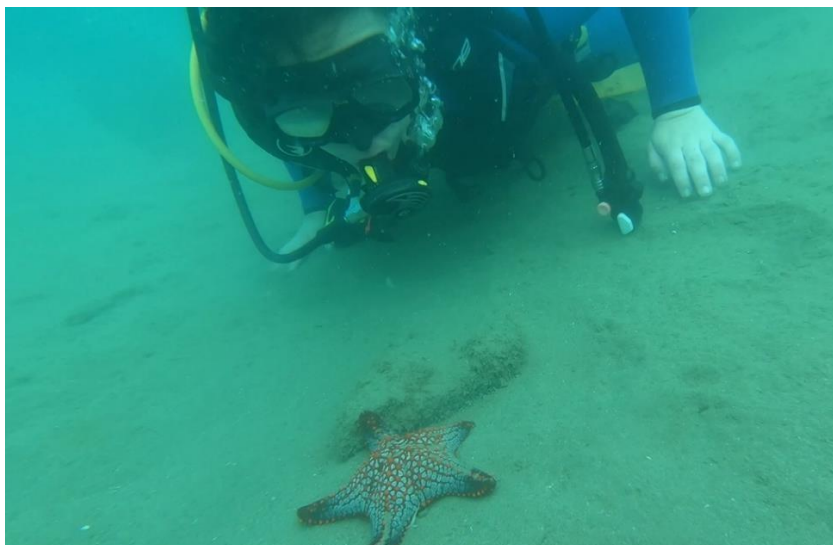
*Imagen 7 Inmersión en el fondo rocoso ZI*



*Imagen 8 Inmersión en fondo rocoso Z2*



*Imagen 9 Inmersión en fondo rocoso Z1*





*Imagen 10 Delimitación del área de monitoreo*



*Imagen 11 Fondo rocoso ZI*



*Imagen 12 Fondo rocoso Z2*





CERTIFICADO DE ANÁLISIS  
magister

# VASQUEZ VALENCIA COPILATIO 2 MARZO 2023

8%  
Similitudes



< 1%  
Texto entre comillas  
0% similitudes entre comillas

4%  
Idioma no reconocido

Nombre del documento: VASQUEZ VALENCIA COPELATIO 2  
MARZO 2023.docx  
ID del documento: 20a5fbcadb91029a4d1c84a1a611b90834caa0  
Tamaño del documento original: 3,54 Mo

Depositante: MARIA HERMINIA CORNEJO RODRIGUEZ  
Fecha de depósito: 2/3/2023  
Tipo de carga: Interface  
Fecha de fin de análisis: 2/3/2023

Número de palabras: 7331  
Número de caracteres: 48.657

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes

### Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>Library.co</b>   RESULTADO - ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS https://1library.co/articulo/resultado-analisis-e-interpretacion-de-los-resultados-y-20068... 1 fuente similar	2%		Palabras idénticas: 2% (163 palabras)
2	<b>www.elsevier.es</b>   Diversidad de equidermos (Echinodermata) en México   Rev... http://www.elsevier.es/es-revista-revista-medicina-biologica-0991-articulo-diversidad-equide...	2%		Palabras idénticas: 2% (143 palabras)
3	<b>Yllergo.es</b>   Equidermos del Caribe colombiano I: Ctenoidea, Asterozoa y Octiporo... https://1library.co/publicaciones/46166-2/equidermos-del-caribe-colombiano-i-citenoidea-asterozoa-y-octiporo...	2%		Palabras idénticas: 2% (137 palabras)
4	<b>repositorio.upsa.edu.ec</b>   Biodiversidad en los equidermos en las lagas del Caribe... http://repositorio.upsa.edu.ec/6068/pqubit/memoria/6068/21286/GRSF-TSM-2015-013.pdf.ec	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (76 palabras)
5	<b>www.city.mn</b> http://www.city.mn/Documentos/CEY/SBos/Biodiversidad/34/Capitulo_Equidermos.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>www.redalyc.org</b> http://www.redalyc.org/pdf/5785/791/428001.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
2	<b>repositorio.upsa.edu.ec</b>   Análisis de diversidad, abundancia y volumen de captura... http://repositorio.upsa.edu.ec/6068/pqubit/memoria/6068/423/MICRO-ANLA-WR4DI-2010.pdf.ec	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)

**Fuentes ignoradas** - Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>mydokument.com</b>   Equidermos del Caribe colombiano I: Ctenoidea, Asterozoa y... https://mydokument.com/equidermos-del-caribe-colombiano-i-citenoidea-asterozoa-y-octiporo...	4%		Palabras idénticas: 4% (291 palabras)
2	<b>repositorio.upsa.edu.ec</b>   Descripción de un catálogo de equidermos (asteroidea)... http://repositorio.upsa.edu.ec/6068/pqubit/memoria/6068/1476/GJSE-AUGUSTO-MARCEZ-SAMBRIZ...	4%		Palabras idénticas: 4% (252 palabras)
3	<b>areas-naturales-protegidas.org</b> http://areas-naturales-protegidas.org/portal/Anexo%20I%20EQUIDERMOS.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
4	<b>wikisabio.com</b>   Corrientes Costeeras   Geografía   movimiento marino   Wikisabio http://wikisabio.com/corrientes-costeeras/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (46 palabras)
5	<b>1library.co</b>   Superficie abisal o abisaltral - Equidermos del Caribe colombiano I: C... https://1library.co/articulo/superficie-abisal-o-abisaltral-equidermos-del-caribe-colombiano-i-c...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (46 palabras)



Facultad de  
Ciencias del Mar  
Biología Marina

OFICIO MHCR061 2023  
2 marzo 2023

Srs.  
Comisión de Titulación  
FCM-UPSE  
La Libertad

De mi consideración:

Reciban ustedes un cordial saludo. La presente tiene por objeto comunicarles que el estudiante Christian Paúl Vásquez Valencia, se ha acogido a las observaciones realizadas por los Docentes revisores de su trabajo de titulación:

**DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE EQUINODERMOS (ASTEROIDEA) QUE HABITAN EN LOS FONDOS ROCOSOS DE PUERTO CAYO, DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO NOVIEMBRE 2022 A ENERO DEL 2023**

Se indica que el valor del porcentaje de similitud con el programa COMPILATIO fue del 8%. En virtud de lo cual avalo que el documento estaría listo para que el estudiante Mendoza, continúe con su proceso de titulación.

Gracias por su atención a la presente.

Saludos cordiales,

MARIA HERMINIA  
CORNEJO  
RODRIGUEZ

Firmado digitalmente  
por MARIA HERMINIA  
CORNEJO RODRIGUEZ  
Fecha: 2023.03.02  
15:21:33 -05'00'

Bлга. María Herminia Cornejo Rodríguez, PhD.  
Docente Tutor  
Facultad de Ciencias del Mar  
Universidad Estatal Península de Santa Elena

CC: archivo