



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL
AMBIENTE**

*"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"*

Trabajo de tesis

**Determinación de la asociación de las especies
(*Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*), del
Phylum Echinodermata, en función de
variables Físico -Químicas en estratos rocosos
del Refugio de Vida Silvestre, Río Escalante-
Chacocente**

Autor:

Br. Karol Daniela Teresa López Aburto

Asesores:

Ing. Luz Esmelda Reynosa R.

Lic. Heraldo Salgado Aráuz

Managua, Nicaragua

Febrero 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL
AMBIENTE**

*"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"*

Trabajo de tesis

**Determinación de la asociación de las especies
(*Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*), del
Phylum Echinodermata, en función de
variables Físico -Químicas en estratos rocosos
del Refugio de Vida Silvestre, Río Escalante-
Chacocente**

Autor:

Br. Karol Daniela Teresa López Aburto

Asesores:

Ing. Luz Esmelda Reynosa R.

Lic. Heraldo Salgado Aráuz

Managua, Nicaragua

Febrero 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL
AMBIENTE

HOJA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la Decanatura de la **Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente**, como requisito parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

Miembros del Tribunal Examinador

Ing. Msc. Edmundo Umaña

Presidente

Lic. Msc. Karla Alguera Oviedo

Secretaria

Managua, Nicaragua
Febrero, 2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con mucho amor

A Dios por ser mi luz y mi fuerza, por permitirme concluir con una etapa muy importante en mi vida, por manifestarse de diferentes maneras y brindarme muchas bendiciones, por guiarme por el buen camino y ayudarme a ser perseverante y paciente ante las diferentes situaciones y problemas que se presentaron, a tener confianza y Fe en él y que todo se da en el momento indicado, por darme fuerzas, valor y sabiduría, enseñándome a no declinar para luchar por lograr obtener el resultado esperado y a conservar mi dignidad y no rendirme en el intento.

A mi madre querida Aleyda Aburto por ser mi ejemplo a seguir, por estar conmigo y brindarme su amor y apoyo incondicional, por ser una mujer digna de admiración y respeto, porque siempre ha estado para mí, en los buenos y malos momentos, por darme su mano y no dejarme caer y estar luchando para que yo pudiera alcanzar uno de mis mayores proyectos. Por enseñarme día a día que todo lo bueno cuesta y que es difícil pero que la recompensa obtenida es muy valiosa y por ser el pilar en mi familia y ser uno de los motivos de superación.

A mis hermanas Estela López y Nahomi Aburto porque desde hace mucho tiempo ustedes han sido mi grupo de amigas tan incondicionales, tan diferentes, pero tan parecidas a la vez. Gracias por todos los viajes, las risas, y los buenos momentos que hemos pasado juntas, por todos los consejos y el apoyo tanto en lo académico como en lo personal, sin ustedes no sé qué hubiera hecho. Gracias porque a pesar de todo nos hemos mantenido unidas desde el principio. Las quiero.

A mi tía Carlita por sus consejos, su amor y apoyo incondicional, por ser mi segunda madre y cuidarme desde que estaba pequeña, por educarme y guiar mis pasos por el buen camino y estar presentes en todos los esfuerzos y logros en mi vida.

A mi segunda madre doña Ileana, por aconsejarme, darme amor y recibirme como un integrante más en su familia, por darme luz cuando me sentía desesperada, por corregirme y escucharme, por apoyarme y estar presente en una de las etapas más difíciles e importantes en mi preparación

Al padre Santos por ser mi luz, la persona que, si necesidad de hablar me entiende, escucha y aconseja, la persona que me ha ayudado a valorar y cuidar las bendiciones que Dios le ha dado a mi vida, porque me ha dado tranquilidad en momentos muy difíciles y por ser un ejemplo a seguir.

A doña Anita por el apoyo incondicional, consejos y el cariño otorgado en los momentos más difíciles en mi vida y por compartir con la misma felicidad uno de mis logros.

AGRADECIMIENTO

A mis asesores de tesis

Profesora Ing. Luz Esmelda Reynoza y el **profesor Lic. Heraldo Salgado Aráuz** agradezco la confianza que siempre han depositado en mí, por el apoyo incondicional que me brindaron en todo momento para la revisión, corrección y asesoramiento durante la realización del presente trabajo.

Al profesor Francisco J. Zamora Jarquín (Q.E.D.P) por el apoyo otorgado para lograr con éxito la culminación de la tesis, aunque hoy no esté para ver finalizado este trabajo, es una de las personas a las que la admiré y agradezco tanto, por todos esos consejos brindados, por darme confianza y enseñarme que hay que ser paciente y muy perseverante y que en la vida habrá obstáculos que deben vencerse y que hay que tener siempre la frente en alto y saber actuar con sabiduría ante las diferentes circunstancias.

Al Ing. Jorge Ruiz Salinas, por brindarme la confianza, asesoramiento y apoyo incondicional en la construcción y estructuración de los análisis estadísticos, así como en la corrección, revisión, asesoramiento en la redacción del presente trabajo.

Por el apoyo otorgado a

Lic. Janina Urcuyo, Padre J.S Adolfo López y Gabriel Soto del Centro de Malacología de la Universidad Centro Americana por el apoyo otorgado para la identificación de las especies de macro invertebrados epibentónicos, por los conocimientos brindados para lograr obtención de los resultados esperados.

Al Centro de la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA) por el apoyo brindado en la parte metodológica y obtención de los análisis.

A mi padre Ramón Muñoz por ayudarme a crecer, por estar al pendiente de mi preparación profesional a lo largo de todos estos años y por el apoyo incondicional que me ha brindado.

A doña Vilma Aburto que ha sido mi abuela, a la cual, estoy muy agradecida por estar al pendiente de mí, de mi desarrollo profesional y por todo el amor y comprensión brindada durante toda mi vida.

A mis amigos Elías Noguera, Johnny Sequeira, Carlos Palavicine, Eyner Bustos y Luby Rodríguez porque cada vez que los veo me renuevan esa energía y motivación que necesito para seguir adelante. Porque, aunque sé que están lejos o pase mucho tiempo sin verlos, la amistad se mantiene y cada que los veo me reciben como si el tiempo no pasara.

A mi novio Eduardo Rodríguez por su apoyo incondicional en las diferentes fases de la elaboración de la tesis, por ayudarme a tener paciencia y no dejarme caer. Por ser mi amigo y una de las fuentes de luz y por el amor y amistad que me ha brindado durante todo este tiempo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURA	v
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2. 1. Objetivo general.....	3
2. 2. Objetivos específicos:	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Categoría de manejo.....	4
3.3. Estudios realizados a nivel internacional y nacional en Equinodermos y estratos rocosos	4
3.3. Marco teórico	8
3.3.1 Factores que influyen en la distribución, abundancia y asociación de Macro invertebrados bentónicos marinos en los ecosistemas rocosos	8
3.3.2. Métodos para evaluar la diversidad de especies.....	10
3.4. Definiciones de términos relevantes en el estudio	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1. Ubicación del área de estudio.....	14
4.1.1. Contactos y coordinación.....	14
4.1.2. Recopilación de la información.....	14
4.1.3. Visita de reconocimiento.....	15
4.1.4. Ubicación de la playa de Chacocente y sus ecosistemas rocosos.....	15
4.1.5. Descripción del área de estudio en el RVS Chacocente.....	16
4.1.6. Ecosistema marino en el RVS Chacocente y sus características.....	17
4.1.7. Aspectos edafológicos y relieve.....	17
4.1.8. Zona Intermareal del Refugio de Vida Silvestre Chacocente.....	17
4.2. Diseño experimental.....	18

4.2.1. Diseño del muestreo del estudio de la asociación de las especies <i>Ophiocomina nigra</i> y <i>Arbacia lixula</i> en los tipos de formación geológica en la zona Intermareal de Chacocente	19
4.2.2. Criterios de selección de los sitios de muestreos en arrecifes rocosos	20
4.2.3. Métodos y procedimientos	21
4.2.4. Diseño de parcelas para ecosistemas rocosos	21
4.2.5. Recolección de macroinvertebrados epibentónicos en estratos rocosos marinos costeros en la playa de Chacocente.	22
4.3. Variables evaluadas en ecosistemas rocosos y macrofauna bentónica	23
4.3.1. Evaluación de las variables físico-químicas en cada parcela de muestreo por cada estrato muestreado	23
4.3.2. Identificación de las especies epibentónicos marinos costeras en el Laboratorio de Malacología	25
4.3.3. Análisis estadísticos mediante índices de diversidad para determinar la asociación de especies en el ecosistema epibentónico del RVS Chacocente	26
4.3.4. Operacionalización de las variables	30
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
5.1. Cuantificación de las poblaciones de las especies en los diferentes estratos rocosos del Refugio de Vida Silvestre Chacocente	33
5.1.1. Phylum Arthropoda	33
5.1.2. Phylum Echinodermata	34
5.1.3. Phylum Mollusca	50
5.2. Asociación de la abundancia y riqueza de las especies en los tipos de formación geológica en el Refugio de Vida Silvestre Chacocente	53
5.2.1. Estratos rocosos marinos costeros ubicados en la Playa de Chacocente	53
5.2.2. Abundancia y Riqueza en los estratos rocosos marinos costeros	53
5.2.3. Índice de Shannon-Weaver	65
5.2.4. Identificación de Patrones de Distribución Espacio - Temporal en los ecosistemas rocosos de la Playa de Chacocente	68
5.3. Determinación de las variables físico-químicas en las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en los Estratos Rocosos del RVS-Chacocente	82
5.3.1. Temperatura	82
5.3.2. pH	90
5.3.3. Oxígeno Disuelto (OD)	92
5.3.4. Salinidad	94

5.4. Importancia de los Equinodermos en Estratos Rocosos de la Zona Intermareal del RVS-Chacocente	97
5.4.1. Importancia ecológica de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en función de variables físico-químicas en ecosistemas rocosos.....	97
VI. CONCLUSIONES	105
VII. RECOMENDACIONES.....	106
VIII. LITERATURA CITADA.....	107
IX. ANEXOS.....	113

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Páginas
Cuadro 1: Métodos de obtención de parámetros físico-químicos de agua de mar por cada parcela de muestreo en los litorales rocosos.....	25
Cuadro 2 : Operacionalización de las variables en el estudio	31
Cuadro 3: Índice de Jaccard (Cualitativo) y Morisita-Horn (Cuantitativo) en ambas épocas de muestreo – Playa de Chacocente	74
Cuadro 4: Índice de Jaccard (Cualitativo) y Morisita-Horn (Cuantitativo) en ambas épocas de muestreo en función de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> - Playa de Chacocente....	75
Cuadro 5: Índice de Jaccard (Cualitativo) y Morisita-Horn (Cuantitativo) por cada estrato rocoso en función de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> - Playa de Chacocente	77
Cuadro 6: Valores de factores físico-químicos para ambas épocas en los tres sitios de muestreo.	96

ÍNDICE DE FIGURA

Figuras	páginas
Figura 1. Mapa del área de estudio	16
Figura 2. Especie <i>Eriphia squamata</i> de la clase Malacostraca del Phylum Arthropoda.....	34
Figura 3. Especie <i>Ophiocomina nigra</i> de la clase Ophiuroidea, Phylum Echinodermata.....	39
Figura 4. Especie <i>Arbacia lixula</i> (Erizo regular) de la clase Echinoidea, Phylum Echinodermata en Estrato Rocoso Volcánico	40
Figura 5. Aparato masticador: Linterna de Aristóteles en la especie <i>Arbacia lixula</i>	42
Figura 6. Superficie del Estrato Rocoso Volcánico tallado y cortado por la especie <i>Arbacia lixula</i>	44
Figura 7. Especie <i>Eucidaris thouarsii</i> de la clase Echinoidea, Phylum Echinodermata	45
Figura 8. Especie <i>Echinometra vanbrunti</i> de la clase Echinoidea Phylum Echinodermata.....	47
Figura 9. Especie <i>Phantaria unifascialis</i> y <i>Hacelia attenuata</i> de la clase Asteroidea, Phylum Echinodermata.....	50
Figura 10. Especie <i>Littorina aspera</i> de la clase gasterópoda phylum Mollusca en Estrato Rocoso Volcánico.....	51
Figura 11. Especie <i>Cardita affinis</i> de la clase Bivalvia phylum Mollusca en Estrato rocosos de la zona intermareal	52
Figura 12. Mapa de los sitios de muestreos ubicados en la Zona Intermareal, Playa Chacocente.....	53
Figura 13. Abundancia relativa de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en estratos rocosos de la zona intermareal – Playa Chacocente. E.R. L= Estrato Rocoso Laminar, E.R. V= Estrato Rocoso Volcánico, E.R. B= Estrato Rocoso con Abierta de Bocana.....	57
Figura 14. Abundancia relativa por sitios de muestreos de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en estratos rocosos de la zona intermareal de la Playa de Chacocente. 58	
Figura 15. Abundancia por Phylum de macrofauna bentónica en estratos rocosos de la zona intermareal – Playa Chacocente. E.R. L= Estrato Rocoso Laminar, E.R. V= Estrato rocoso volcánico, E.R.B= Estrato rocoso con abierta de Bocana	60
Figura 16. Distribución de abundancia de macrofauna bentónica en ambas épocas de muestreos por cada estrato rocosos muestreado – Playa Chacocente. E.R. L= Estrato Rocoso Laminar, E.R. V= Estrato Rocoso Volcánico, E.R. B= Estrato Rocoso con Abierta de Bocana	60
Figura 17: Representatividad de la macrofauna bentónica por Phylum por cada estrato rocosos muestreado – Playa Chacocente. E.R. L= Estrato Rocoso Laminar, E.R. V= Estrato Rocoso Volcánico, E.R. B= Estrato Rocoso con Abierta de Bocana.....	61
Figura 18. Riqueza de especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en estratos rocosos de la zona intermareal – Playa Chacocente. E.R. L= Estrato Rocoso Laminar, E.R. V= Estrato Rocoso Volcánico, E.R. B= Estrato Rocoso con Abierta de Bocana.....	63
Figura 19. Índice de Shannon-Weaver de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en los sitios de muestreo durante la época seca – Playa Chacocente.....	66
Figura 20. Índice de Shannon-Weaver de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en los sitios de muestreo durante la época lluviosa – Playa Chacocente.....	66
Figura 21. Dominancia y equidad de especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en los sitios de muestreo durante la época seca – Playa Chacocente.....	67
Figura 22. Dominancia y equidad de especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en los sitios de muestreo durante la época lluviosa–Playa Chacocente.....	68

Figura 23: Especies compartidas entre sitios de muestreos durante la época seca-Playa de Chacocente. E.R.L= Estrato Rocoso Laminar, E.R.V= Estrato Rocoso Volcánico, E.R.B= Estrato Rocoso Volcánico	69
Figura 24: Especies compartidas entre sitios de muestreo durante la época lluviosa- Playa Chacocente. E.R.L = Estrato Rocoso Laminar, E.R.V = Sitio Rocoso Volcánico, ERB= Estrato Rocoso con abierta de Bocana..	71
Figura 25: Especies (<i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i>) compartidas entre sitios de muestreo durante la época seca- Playa Chacocente. E.R. L= Estrato Rocoso Laminar, E.R.V = Sitio Rocoso Volcánico, ERB= Estrato Rocoso con abierta de Bocana.....	72
Figura 26: Especies (<i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i>) compartidas entre sitios de muestreo durante la época lluviosa- Playa Chacocente. E.R.L = Estrato Rocoso Laminar, E.R.V = Sitio Rocoso Volcánico, ERB= Estrato Rocoso con abierta de Bocana.....	73
Figura 27: Dendrograma de distribución de especies en todos los sitios de muestreo durante la época seca en la Playa de Chacocente.	78
Figura 28: Dendrograma de distribución de especies en todos los sitios de muestreo durante la época lluviosa en la Playa de Chacocente.	79
Figura 29: Dendrograma de distribución de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en todos los sitios durante la época seca en la Playa de Chacocente.....	80
Figura 30: Dendrograma de distribución de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en todos los sitios durante la época lluviosa en la Playa de Chacocente	81
Figura 31: Abundancia de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en función de la temperatura de la zona intermareal- Chacocente	83
Figura 32: Abundancia de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en función de la pH de la zona intermareal- Chacocente.....	90
Figura 33: Abundancia de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en función del Oxígeno disuelto de la zona intermareal – Chacocente.....	92
Figura 34. Abundancia de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocoimina nigra</i> en función del salinidad en la zona intermareal – Chacocente.....	94

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Organismos representativos del bento marino: A. Formas asociadas a los granos de sedimento (microfauna). B. Organismos que viven entre los granos del sedimento (meiofauna). C. Formas vivas que sobre e inmersos en el sedimento (macrofauna). D. Organismos	113
Anexo 2. Grandes divisiones de los océanos (Modificado de Hedgpeth (1957) y Nibakken (1997)).	114
Anexo 3. Preservación muestras de las especies <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i> en alcohol	115
Anexo 4. Muestras de salinidad y oxígeno disuelto de agua de mar en cada uno de los estratos rocosos de la zona intermareal – playa Chacocente.	116
Anexo 5. Ficha de campo para muestras de agua de mar del CIRA-UNAN.	117
Anexo 6. Ficha de custodia para muestras de agua de mar del CIRA-UNAN.	118
Anexo 7. Estrato rocoso volcánico, localizado en la zona intermareal- Playa de Chacocente	119
Anexo 8. Estrato rocoso laminar, localizado en la zona intermareal-Playa de Chacocente.	120
Anexo 9. Estrato rocoso con abierta de bocana, localizado en la zona intermareal – Playa de chacocente	121
Anexo 10. Resultados de la fauna bentónica marina localizada en estratos rocosos de la zona intermareal- playa de Chacocente en ambas épocas de muestreo.	122
Anexo 11. Análisis de Salinidad y Oxígeno Disuelto en estratos rocosos de la zona intermareal Chacocente	123
Anexo 12. Resultados de Análisis de Salinidad y Oxígeno Disuelto en estratos rocosos de la zona intermareal Chacocente	124
Anexo 13. Resultados de Análisis de Salinidad y Oxígeno Disuelto en estratos rocosos de la zona intermareal Chacocente	125
Anexo 14. Resultados de Análisis de Salinidad y Oxígeno Disuelto en estratos rocosos de la zona intermareal Chacocente	126

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la zona intermareal en el Refugio de Vida Silvestre- Río Escalante Chacocente, municipio de Santa Teresa. Su objetivo principal se basó en la determinación de la asociación de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* del Phylum Echinodermata en función de variables físico-químicas en estratos rocosos. En el presente trabajo se cuantificó la diversidad de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, mediante índices de diversidad biológica, Equitabilidad, Riqueza específica y su distribución en ecosistemas rocosos mediante Patrones de distribución Espacio Temporal. Los muestreos se realizaron en dos épocas (Seca y lluviosa), de enero a junio en el año 2018, en 5 estratos rocosos en la playa de Chacocente. La recolección de las muestras se realizó a través de un marco metálico de 1 m². Se determinaron las variables físico-químicas (Temperatura, Salinidad, pH y oxígeno disuelto). La estructura comunitaria de los ecosistemas estuvo conformada por 3 Phylum: Echinodermata (Clase Echinoidea y Ophiuroidea), Mollusca (Clase Bivalvia y Gasterópoda) y Arthropoda (Clase Malacostraca), teniendo 26485 organismos en las dos épocas de muestreo. La menor densidad, se encontró en la época seca (2.99 ind/m²) y la mayor en invierno con 3.5 ind/m². La abundancia y distribución de las especies fue heterogéneo en los estratos rocosos. Con el índice de Jaccard y Morisita-Horn, presentaron alta similitud entre los estratos rocosos. La especie más abundante fue la *Arbacia lixula*, teniendo mayor capacidad de adaptación a los diferentes cambios que ocurrieron en los ecosistemas rocosos que la *Ophiocomina nigra*. En cuanto a la composición, distribución y asociación de las especies presentaron relación con las variables fisicoquímicas del agua mar, en donde las variaciones y fluctuaciones determinaron que ambas especies se adaptaban perfectamente a los cambios, permitiéndoles asociarse. En cuanto a su importancia ecológica, estas especies, fueron buenos indicadores de la calidad ecosistémica, permitiendo el reclutamiento de nuevas especies en los ecosistemas rocosos.

Palabras clave: Estratos rocosos, *Echinoidea*, *Ophiuroidea*.

ABSTRACT

This study was carried out in the intertidal zone in the Wildlife Refuge- Escalante Chacocente River, municipality of Santa Teresa. Its main objective is the determination of the association of the species *Arbacia lixula* and *Ophiocomina nigra* based on physico-chemical variables in rocky strata. In this work, the diversity of the species *Arbacia lixula* and *Ophiocomina nigra* was quantified, through rates of biological diversity, equitability, specific wealth and their distribution in rocky ecosystems through distribution patterns temporary space. The sampling was carried out in two seasons (Dry and Rainy), from January to June in 2018, in 5 rocky strata on Chacocente beach. The collection of the samples was carried out through a metal frame of 1 m². Physicochemical variables (temperature, salinity, pH and DO) were determined. The community structure of ecosystems consisted of 3 Phylum: Echinodermata (Class Echinoidea and Ophiuroidea), Mollusca (Bivalvia and Gasteropod Class) and Arthropoda (Malacostraca Class), having 26485 organisms in the two sampling times. The lower density was found in the dry season (2.99 ind/m²) and the largest in winter (3.5 ind/m²). The abundance and distribution of the species was heterogeneous in the rocky strata. With the Jaccard and Morisita-Horn index, they had high similarity between the rocky strata. The most abundant species was the *Arbacia lixula*, having greater adaptability to the different changes that occur in rocky ecosystems than *Ophiocomina nigra*. As for the composition, distribution and association of the species they were related to the physicochemical variables of seawater, where variations and fluctuations determine that both species adapt perfectly to changes, allowing them to associate. As for their ecological importance, these species are good indicators of ecosystem quality, allowing the recruitment of new species in rocky ecosystems.

Keywords: Rocky strata, *Echinoidea*, *Ophiuroidea*.

I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas marinos se caracterizaron por albergar una gran diversidad, sin embargo están sujetos a múltiples perturbaciones, ya que se encontraban bajo la influencia de diversas actividades humanas como las pesquerías no reguladas, la contaminación, la destrucción de hábitats, y recientemente, el cambio climático inducido por la emisión de gases de invernadero, lo cual, todos estos agentes provocaron cambios en el medio ambiente y una aceleración en la pérdida de la biodiversidad a nivel mundial; además de alteración de los procesos que ocurrieron en los ecosistemas, sus funcionamientos y los servicios que le proveyeron a la humanidad (Rojas, 2015).

En los bentos, se encontraban una gran diversidad de comunidades de organismos, en donde su abundancia y composición, varió de acuerdo al tipo de hábitat en el que se alojaron (Aguirre et al., 1805) y las condiciones que presentan el litoral. Si bien, los bentos, son un conjunto de organismos que se encuentran asociados a los fondos de agua (Pech y Ardisson, 1994), constituyéndose en diversos Phylum, como: Echinodermata (Estrellas, erizos), Arthropoda (Crustáceos), Mollusca (Gasterópodos y Bivalva) por mencionar algunos ejemplos (Pech y Ardisson, 1994), es por ello, que se consideran ecosistemas muy dinámicos, ya que, se encuentran interconectados por redes de drenaje superficiales y profundas (Lara, 2008).

Nicaragua tuvo un vacío de información en la diversidad de equinodermos que se alojaron en los ecosistemas rocosos de la zona intermareal (MARENA, 2011), en donde, no han sido estudiadas, originando una falta en el registro y conocimientos de las comunidades y organismos que habitaban allí (López y Urcuyo, 2008). En el Refugio de Vida Silvestre Chacocente, se han identificado un conjunto de sistemas rocosos, que requieren ser protegidos, conservados y manejados por la variedad de servicios ecológicos que brindan, siendo, sitios de reproducción y refugio de fauna acuática marina, caracterizándose por poseer una belleza escénica y riqueza faunística dándole un alto valor al turismo.

Estos, se encontraban en la zona costera siendo la zona más afectada caracterizándose por tener una gran productividad en los ecosistemas rocosos, en donde, los factores naturales y físico-químicos también han ejercido presión a lo largo del tiempo alterando los ecosistemas. La interacción de estos factores se ha volvió clave para predecir cambios a corto, mediano y largo plazo en los ecosistemas, siendo los individuos bentónicos una opción eficaz para evaluar zonas marino costeras (Ibarra, 2016). Existieron una gran diversidad de factores y procesos que jugaron un papel crucial en la dinámica y estructura de sus poblaciones, entre estos factores la depredación, el asentamiento y el reclutamiento, así como la disponibilidad de recursos tróficos, los factores físico-químicos como la temperatura, salinidad, pH y Oxígeno disuelto.

La importancia de este estudio radicó, en que, las especies *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*, poseyeron un alto valor ecológico, por la variedad de hábitos alimenticios (Laguarda, 2000), lo que permitió, relacionar el estado de la calidad de los ecosistemas con la presencia de los mismos, contribuyendo, al reclutamiento de otras comunidades dentro del epibento, así como, la distribución y abundancia de los equinodermos en los litorales rocosos, estuvo principalmente definida por la influencia de factores físico-químico y biológico que operaron durante cada estadio de su ciclo vital, dado por las interacciones inter e intraespecíficas en los ecosistemas que habitan.

Por lo antes expuesto, el presente trabajo de investigación pretendió asociar las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* del Phylum Echinodermata en estratos rocosos de la zona intermareal en la Playa de Chacocente. Siendo especies de importancia por las diferentes funciones ecológicas que desempeñaron en los ecosistemas rocosos, siendo estos sitios de reproducción y refugio de macroinvertebrados bentónicos, en el que, al estar expuesto a cambios y perturbaciones en la composición físico-química, contribuyeron a la distribución espacio-temporal, así como al reclutamiento de especies y a la presencia o ausencia de las mismas.

II. OBJETIVOS

2. 1. Objetivo general

Determinar la asociación de las especies (*Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*), del Phylum Echinodermata en función de variables físico - químicas en los estratos rocosos del Refugio de Vida Silvestre, Rio Escalante-Chacocente.

2. 2. Objetivos específicos:

Cuantificar las poblaciones de las especies (*Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*), en los estratos rocosos del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante-Chacocente.

Asociar la abundancia y riqueza de las especies (*Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*), en los tipos de formación geológica en el Refugio de Vida Silvestre Rio Escalante-Chacocente.

Determinar las variables físico-químicas como Temperatura, Salinidad, pH y Oxígeno Disuelto para la valoración de la asociación de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en estratos rocosos de la zona intermareal - Chacocente.

Analizar la importancia ecológica que tienen las especies (*Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*), en función de las variables físico - químicas en los estratos rocosos del Refugio de Vida Silvestre Rio Escalante-Chacocente.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Categoría de manejo

Mediante el Decreto Ejecutivo No. 1294, publicado en el Diario Oficial La Gaceta, el 17 de agosto de 1983, fue aprobada la creación del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante - Chacocente. Según el Arto. 1 del Decreto No. 1294 el Refugio fue creado con el objeto de proteger las playas de anidación de las tortugas marinas *Lepidochelys olivacea* (paslama) y *Dermochelys coriacea* (tora), así como los últimos reductos del bosque tropical seco del Pacífico por su importancia socioeconómica, ecológica y científica (MARENA, 2008).

En dicha categoría se persiguió el objetivo de la preservación de las especies de flora y fauna de interés nacional e internacional, así como, la conservación de hábitats que son refugio de especies de la vida silvestre.

3.2. Estudios realizados a nivel internacional y nacional en Equinodermos en estratos rocosos

A nivel internacional, en Ensenada, Baja California de la ciudad de México, Rojas (2015) realizó un estudio sobre la Diversidad Funcional de Equinoideos y Asteroideos en Arrecifes Rocosos y Coralinos del Pacífico Mexicano, en donde, tomó en cuenta, que los arrecifes rocosos son ecosistemas de suma importancia para la conservación de las especies, siendo uno de los grupos más versátiles los erizos y las estrellas de mar, los cuales, son indicadores de la calidad de los procesos ecosistémicos locales.

Además, García (2014), realizó un estudio de un Análisis de la Biodiversidad en Arrecifes Rocosos en la Zona de Transición Tropical-Subtropical del Pacífico Mexicano, en el cual, explicó que el medio marino, las costas rocosas son reconocidas por una alta biodiversidad, en donde, un estudio intensivo permitió describir los ensamblajes de macroalgas, Macroinvertebrados (Moluscos, Crustáceos y Equinodermos), así como, peces en dos arrecifes rocosos.

Segovia et al., (2017) realizaron un estudio que llevó por nombre Riqueza y Distribución de Equinodermos en los Arrecifes Rocosos de Punta Amapala y Los Cóbano, El Salvador, en el cual, la distribución de los equinodermos en ambientes costeros fue influenciada por aspectos físicos y químicos. Las mareas condicionaron principalmente el hábitat, los oleajes fuertes golpearon los litorales o acantilados rocosos formando cavernas y terrazas de abrasión, donde se encontraron principalmente erizos de la familia Diadematidae (*Diadema mexicanum*) y en ocasiones, algunos ofiuroides como *Ophioderma teres*, *O. panamense* y *O. alexandri*, *O. aethiops*.

Carballo y Pocasangre (2007), realizaron un estudio basado en la Composición y Estructura de la Fauna Intermareal de Equinodermos en el Sistema Arrecifal Rocosos Los Cóbano, Departamento de Sonsonate, El Salvador, en el cual, se estudió la composición y estructura de equinodermos en tres estaciones de muestreo localizadas en las Playas El Flor, Los Cóbano y El Zope dentro de un sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, departamento de Sonsonate, El Salvador.

Dichos autores utilizaron una metodología de transectos lineales perpendiculares a la costa y Cuadrantes de un metro cuadrado, fue utilizada para realizar un censo visual de buceo libre en la Zona Intermareal la contabilización de especies de Equinodermos presentes, ya que la zona rocosa fue uno de los ambientes marinos dentro de los océanos con mayor riqueza de organismos, debido, a la combinación del sustrato sólido para la fijación y la acción frecuente de las olas y el agua, generalmente con altos niveles de oxígeno crearon un hábitat muy favorable para los organismos marinos.

Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar la composición y estructura de la fauna de equinodermos en la zona intermareal del sistema arrecifal rocoso Los Cóbano, mediante el conocimiento de las características de una comunidad, como la densidad, riqueza y diversidad de especies y establecimientos de patrones de similitud en tres estaciones de muestreo, para la obtención de la información sobre la biodiversidad marina e incrementar el conocimiento de la población en el manejo integral de esta área natural y continuar la labor

en la preservación y protección de este ecosistema tan singular y único que posee el país (Carballo y Pocasangre, 2007).

En Nicaragua, Ibarra (2016) realizó un estudio de Caracterización Ecológica de la Macrofauna Bentónica de Sustratos Blandos de la zona intermareal en la playa de Pochomil, ubicada en las costas del Pacífico de Nicaragua, estudiándose este ecosistema para conocer la diversidad biológica que se encontró en él, así como la influencia de diversos factores sobre ella, ya que, los factores ambientales se volvieron clave para predecir cambios en los organismos y en los ecosistemas a corto, mediano y largo plazo.

El autor dio a conocer que la investigación se basó en él estudió de la estructura comunitaria de macrofauna bentónica de la zona, en donde, se aplicaron índices diversidad que, relacionados a factores ambientales (granulometría y materia orgánica del sedimento) y parámetros físico-químicos del agua de mar, permitieron conocer con mayor claridad la distribución espacial y temporal de las especies; todos estos elementos se conjugaron para dar a conocer las condiciones a las cuales están adaptadas a vivir la comunidad de macrofauna bentónica estudiada, para así, acrecentar los conocimientos sobre estos individuos y su papel fundamental en el ecosistema.

La metodología implementada, se basó en la identificación in situ de los puntos críticos y disímiles, entre ellos, ecosistemas con una alta, poca o sin ninguna protección directa de las olas, en el cual, se introdujo una cuadrícula de un metro cuadrado dividida en nueve secciones de 3x3, a una profundidad de 15 cm para la recolección de las muestras que se llevarían a analizar a los laboratorios del Centro para la Investigación de Recursos Acuáticos (CIRA-UNAN) y al Centro de Malacología de la Universidad CentroAmericana para la identificación de las especies.

El Refugio de Vida Silvestre (RVS) Rio Escalante-Chacocente, es un área protegida, que se caracterizó por poseer mucho capital natural en cuanto a la Biodiversidad (MARENA, 2008), es por ello, que se han realizado diferentes estudios en recursos naturales, como en el bosque y fauna terrestre de dicho lugar, lo cual, ha permitido, contribuir a ampliar el conocimiento

sobre el estado actual de dichos recursos, para establecer estrategias de conservación y uso sostenible de los mismos.

Se han realizados, diversos estudios en el bosque, en el que ha participado la Universidad Nacional Agraria (UNA), para Determinar el Estado Actual de la Regeneración Natural del Bosque Seco en el RVS Chacocente, su composición florística, la evaluación de los parámetros de la estructura horizontal según la abundancia, dominancia, frecuencia e IVI, así como, analizar el comportamiento de los parámetros silviculturales (Grijalva y Blandón, 2005).

La Universidad Centroamericana (UCA) ha colaborado con estudios llevando a cabo una maestría titulada “Campaña Comunicativa Del Noticiero Radial Pulso Noticia para la Protección de las Tortugas Marinas en el Refugio de Vida Silvestre Rio Escalante Chacocente, Carazo En 2009-2010,” con el objetivo de proteger las tortugas y el medio ambiente (Rivera, 2013).

A como se menciona, el RVS Chacocente, es un área protegida, en el que se han realizado un sinnúmero de estudios, tanto en flora y fauna, pero, sin embargo, los macro invertebrados epibentónicos en los estratos rocosos, no se han estudiado en la actualidad, por ende, no se conoce la fauna macológica, desde el terremoto de 1972 (López y Urcuyo, 2009) que se encuentra en dicho Refugio, hasta el momento, existe un vacío de información, sobre la abundancia y riquezas de estas comunidades (MARENA, 2011).

La universidad CentroAmericana, desde hace varios años, ha venido trabajando en todo lo relacionado en el área de malacología, siendo, una de las instituciones pioneras, en realizar investigaciones, considerándose al Refugio de Vida Silvestre Rio Escalante-Chacocente como un hotspot por la riqueza biológica que hay en él.

3.3. Marco teórico

3.3.1 Factores que influyen en la distribución, abundancia y asociación de Macro invertebrados bentónicos marinos en los ecosistemas rocosos.

Se consideró a los organismos de los bentos aquellos que habitaban el área del océano comprendida entre el nivel más bajo de las mareas en la línea costera, hasta el borde de la plataforma continental a una profundidad aproximadamente de 200 m (Carrasco, 1997). Los ecosistemas marinos según Lara et al. (2008) pudo ser clasificados según las zonas de vida que incluyó a los asociados a los fondos marinos (bentónicos), los cuales tienden a ser más diversos que otros sistemas como los pelágicos.

El estudio de la fauna bentónica se vio marcado por las diferentes categorías de bentos que la componen en función del tamaño de los individuos. El tamaño la fauna bentónica según Escrivá (2013) se clasificó en: Macrofauna ($>500-4.0\mu\text{m}$), Meiofauna ($62-500\mu\text{m}$) y Microfauna ($<62\mu\text{m}$) (ver Anexo 1).

Otra clasificación de la comunidad bentónica según Ibarra (2016) fue el espacio que ocuparon los organismos, este pudo ser la superficie del sedimento o el propio sedimento es decir epifauna e infauna, respectivamente; la mayoría de los organismos presentes en la zona intermareal de las playas arenosas según Escrivá (2013) formaron parte de la infauna y estuvo representada por aquellos que viven enterrados entre las partículas del sedimento marino, en tubos o construyendo galerías.

Como resultado de la diversidad de hábitat y su interacción con el medio ambiente, las comunidades bentónicas difirieron en composición taxonómica, abundancia específica y el papel funcional de los organismos (Guevara et al., 2011). Las interacciones biológicas dentro de una comunidad bentónica según estuvieron sujetas al dinamismo de las playas arenosas el cual dependió en mayor medida de las características físicas del sitio. Al hablar de dinamismo se refirió al causado por los movimientos del agua debido al oleaje, las mareas o las corrientes, en un término más exacto: hidrodinamismo; las costas pudieron estar más o menos

expuestas, dando lugar a dos tipos de comunidades principales, que se situaron en dos tipos de ambientes: batido y calmo (Casas et al., 2006).

Ibarra (2016) sostuvo que las playas arenosas con fuerte oleaje presentaron un menor número de especies bentónicas que las playas protegidas, esta afirmación se vio respaldada por Escrivá (2013) quien afirmó que en el caso la comunidad de macrofauna en términos de abundancia y riqueza de especies es más compleja y diversa en zonas protegidas que en las playas arenosas expuestas; sin embargo, hay estudios realizados en las costas del Perú que demuestran lo contrario.

Como refirió el mismo autor, en términos de tamaño la macrofauna es la sección taxonómicamente más diversa de los bentos y la mayoría de los invertebrados que habitan las playas arenosas pertenecen a esa última categoría. Debido a que algunos organismos son exigentes con los requerimientos ambientales, y dado que las playas arenosas presentan fuertes gradientes, es frecuente encontrar zonaciones en las comunidades de macrofauna en función de las especies (Escrivá, 2013).

A este autor se le atribuyó la zonación, la cual, tiende a estar influenciada por aspectos biológicos como el aporte de agua dulce que, en diversos casos, modifica la distribución de los individuos debido a que está relacionada con la capacidad que éstos tienen para tolerar cambios en la composición físico-química y movimientos del agua.

En relación, Corgos et al. (2014), afirmaron que las alteraciones que sufren las zonas costeras causan cambios súbitos en la salinidad, sedimentos y concentraciones de materia orgánica, por lo cual la fauna bentónica responde con cambios en su diversidad producto de dichas alteraciones. En otro estudio (Pech y Ardisson, 2010) mostraron que los cambios en la salinidad debido al balance de los aportes de agua dulce y agua salada, constituyendo una fuente potencial de disturbio en la abundancia y diversidad de especies de la comunidad bentónica.

Es por ello que Ibarra (2016), afirmó que los Macroinvertebrados bentónicos al ser especies muy sensibles y de poca movilidad, tienen respuestas inmediatas a cambios que ocurran en el ecosistema, y por tal motivo pueden ser utilizados como bioindicadores de contaminación ambiental.

Según Rojas (2015), afirmó que los ecosistemas rocosos están considerados como uno de los ecosistemas más productivos y ecológicamente diversos que existen en el océano, y proveen a millones de personas con productos y servicios tales como alimento, actividades recreativas, protección costera, así como beneficios culturales y estéticos. Son ecosistemas con una compleja red de interacciones tróficas, en donde la energía fluye a través de distintas rutas entre los organismos, y en ellos los invertebrados marinos representan la mayor cantidad de especies animales a este ecosistema; por lo tanto, juegan un papel crítico en el flujo trófico del sistema y consecuentemente en el funcionamiento general del ecosistema.

Según Carballo y Pocasangre (2007), los diversos invertebrados marinos como los Equinodermos, mantienen el equilibrio ecológico del ecosistema, ya que, poseen un papel importante como consumidores de otros organismos que a su vez sirven de alimento a peces, crustáceos y moluscos, aportando un beneficio a la pesquería de la zona, constituyendo una de las formas fundamentales de subsistencia de los pobladores de las comunidades aledañas a esta área natural.

3.3.2. Métodos para evaluar la diversidad de especies

Los estudios sobre medición de biodiversidad se centraron en la búsqueda de parámetros para caracterizarla como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas (Moreno, 2001). Sin embargo, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro, por ello, según Ibarra (2016), explicó que, para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, la separación de los componentes alfa y beta puede ser de gran utilidad, principalmente para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas.

A como refirieron los mismos autores, la gran mayoría de los métodos propuestos para la evaluación de la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (diversidad alfa). Badii et al. (2007) tomó en cuenta tres componentes principales al momento de evaluar un ecosistema, estos son riqueza (diversidad), abundancia y equitabilidad.

Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas, Moreno (2001) los divide en dos grandes grupos. El primer grupo se caracterizó por métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica). El segundo grupo se caracterizó por métodos que hacen referencia a la distribución de las especies según el nivel de importancia de cada una, expresada mediante la abundancia relativa.

Es por eso que estos autores respaldaron la importancia de ambos grupos, afirmando que la biodiversidad no depende sólo de la riqueza de especies sino también de la abundancia relativa de cada una de ellas. Ante esto, el autor sostuvo que cuanto mayor es el grado de dominancia de algunas especies y de rareza, de las demás, menor es la biodiversidad de la comunidad.

Moreno (2001) agregó que medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones. Ibarra (2016), aseguró que, al identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, nos alerta acerca de procesos empobrecedores dentro del ecosistema.

A como refirió el mismo autor, afirmó que los modelos de distribución de especies/ecosistemas se han convertido en una de las áreas de investigación con mayor desarrollo en el campo de la biogeografía de la conservación. Por ende, los estudios sobre medición de biodiversidad se centraron en la búsqueda de parámetros para caracterizarla como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas. Sin embargo, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro.

Es por ello que, para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, la separación de los componentes alfa y beta puede ser de gran utilidad, principalmente para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas.

Según Carballo y Pocasangre (2007), explicaron que la forma más práctica para evaluar la biodiversidad de un ecosistema es sobre la base de criterios estructurales y composicionales los cuales permitirán conocer su estado actual y comparar a mediano y largo plazo el grado de deterioro de sus comunidades por actividades de desarrollo de las zonas costeras. Por ello, es indispensable la realización de este tipo de estudios, para promover el manejo integral de la zona costera y establecer programas de protección y conservación del ambiente y por ende de la flora y fauna de los mares.

3.4. Definiciones de términos relevantes en el estudio

Bentos: Organismos que viven adheridos o sueltos, en fondos de ríos, lagos o mares (Kapelle, 2004).

Detritívoros: organismo consumidor que se alimenta de detritos (Restos de organismos muertos) y otros fragmentos y desechos de organismos vivos (Kapelle, 2004).

Equinodermos: son animales marinos en los que se incluyen las estrellas de mar, las ofiuras, los erizos de mar y los lirios de mar, entre otros. El nombre del filo hace referencia a sus protuberancias o espinas externas, del griego echinos, espinas, derma, piel (Laporta y Carranza, 2012).

Estrato rocoso: es la formación por el depósito de sedimentos, es decir, por material acarreado por diversos agentes agua, viento o la misma gravedad a lugares más bajos, en donde pueda acumularse (Guerrero y Bravo, 2011).

Especies: conjunto de organismos capaces de reproducirse entre ellos (Kapelle, 2004).

Hábitat: Ambiente en el cual vive un organismo, en el cual, comprende los recursos y condiciones presentes en una zona determinada que permiten su presencia, sobrevivencia y reproducción (Kapelle, 2004).

Interacción biótica: son todas aquellas relaciones que se establecen entre dos o más organismos, lo que tiene como resultado, que los individuos sean beneficiados, perjudicados o no ser afectados, dependiendo de lo que ocurra dentro del ecosistema, en donde la mayoría de estas interacciones, se originan a partir de su necesidad de obtener los recursos necesarios para poder sobrevivir (Boege, 2011).

Oxígeno disuelto: Es la cantidad de oxígeno en el agua. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos organismos no pueden sobrevivir. Este indicador depende de la temperatura, puesto que el agua más fría puede guardar más oxígeno en ella, que el agua más caliente, los niveles típicamente pueden variar de 0-18 ppm (Ibarra, 2016).

pH: Expresa la actividad de los iones hidrógeno [H⁺]. La escala va de 0 hasta 14 siendo 7 el que representa la neutralidad. Las concentraciones excesivas de H⁺ afectan el agua y limitan sus usos (Ibarra, 2016).

Salinidad: La cantidad de material inorgánico disuelto en el agua del mar y expresado en peso de gramos por kilo de agua del mar se llama salinidad y su valor normal es de 35%. No obstante, hay variaciones en el contenido total de sales entre aguas oceánicas de latitudes altas y bajas. Al mismo tiempo, hay diferencias en la salinidad a lo largo del perfil de profundidad (Ibarra, 2016).

Temperatura: es una magnitud física que refleja la cantidad de calor que posee un cuerpo, un objeto o el ambiente (Ibarra, 2016).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del área de estudio

La ubicación del área de estudio permitió conocer todos aquellos aspectos importantes que permitieron la identificación de los lugares de importancia donde se realizaron los muestreos, la recolección de datos de abundancia, riqueza, distribución, organización y asociación de las especies en estudio y de la macrofauna bentónica que se encontró en cada ecosistema, siendo sitios de importancia para la conservación, protección y preservación de los recursos marinos costeros encontrados en el Refugio de Vida Silvestre Chacocente, así como la distribución espacio temporal y la similitud encontrada en cada ecosistema en estudio. Es por ello que esta etapa consta de una serie de actividades que se llevaron a cabo para la realización del presente estudio, las cuales son presentadas a continuación:

4.1.1. Contactos y coordinación

En este punto los docentes de la Universidad Nacional Agraria de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, iniciaron los primeros contactos con el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), de la sede de Managua, que permitió el permiso para realizar el estudio en la reserva y lograr brindar un aporte en el conocimiento del capital natural que poseen los Estratos rocosos y la importancia de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en la macrofauna bentónica en función de variables físico-químicas.

4.1.2. Recopilación de la información

Antes de realizar la visita de campo se procedió a revisar y compilar toda la información de los posibles estudios que se han realizado en Nicaragua y en otros países a cerca del Phylum Echinodermata, el comportamiento de cada uno de ellos en el bento marino y como estos influyen en la estabilidad del ecosistema.

Las indagaciones fueron realizadas mediante visitas y exploraciones de la base de datos del Centro de Malacología de la Universidad Centro Americana (UCA), así como del centro de Información del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales; revisión de información suministrada por asesores y docentes de la Universidad Centro Americana e indagaciones libres de la web. Entre los documentos revisados se encuentra el Plan de Manejo del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante-Chacocente, trabajos de tesis, artículos científicos, entre otros.

4.1.3. Visita de Reconocimiento

Con esta visita se realizó el primer encuentro entre docentes, estudiantes y personal administrativo del área, con el objetivo de conocer el área de estudio, las posibilidades que brinda dicha reserva para la realización del presente documento. En esta visita de reconocimiento se realizó una serie de actividades que permitió conocer mejor el lugar donde se realizó el estudio.

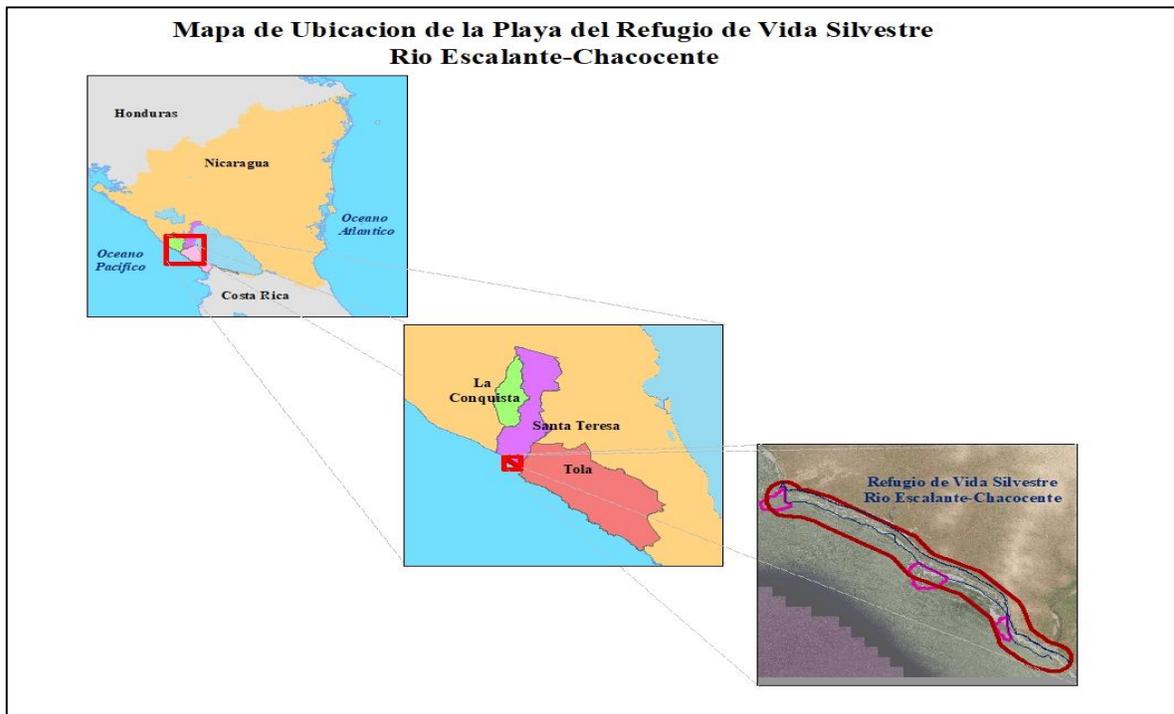
Esta fue una de las etapas más importantes para la identificación de todos los ecosistemas rocosos en donde se estableció parcelas que se estudiaron durante tres semanas del mes de enero (a partir del 2 al 23 del corriente mes) y en el mes de Julio (del 7 al 21 del presente mes), en donde, se estudió tanto por el día como por la noche, en marea alta y baja, para la identificación de especies que se encontraron presentes en tales condiciones, así como, para la estimación de las variables en estudio, mediante la implementación de un diseño experimental por cada parcela a muestrear en cada ecosistema en estudio.

4.1.4. Ubicación de la playa de Chacocente y ecosistemas rocosos

El área de estudio comprendió la zona intermareal de la playa de Chacocente ubicada en la costa del pacífico sur, entre los departamentos de Carazo, municipio de Santa Teresa y Rivas, municipio de Tola, con unas coordenadas latitud norte $11^{\circ} 30' 33.0''$ y $11^{\circ} 35' 28.5''$ y longitud oeste $86^{\circ} 08' 33.7''$ y $86^{\circ} 14' 43.1''$ (MARENA, 2008). Este posee un área de

4645.4 hectáreas, lo que equivale aproximadamente a 6595 manzanas solo la parte terrestre, lo cual corresponde al 90% de la superficie del Refugio encontrándose dentro de los límites territoriales del municipio de Santa Teresa. Ver figura 1.

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.



4.1.5. Descripción del área de estudio en el RVS Chacocente

Es una zona de conservación costera del Refugio de Vida Silvestre (RVS) Chacocente, que está dividida en una subzona donde se protegen los recursos marinos costeros, a partir de 5 millas náuticas desde el Mogote hacia el Sur, con una línea perpendicular que sale a la punta sur de la Bahía del Astillero. Es una zona altamente potencial en recursos marinos costeros, donde se pueden encontrar desde vertebrados hasta invertebrados que se encontraban a profundidades que van desde los 2 metros hasta los 30 metros en promedio (MARENA 2008).

4.1.6. Ecosistema marino costero en el RVS Chacocente y sus características

Esta área está ubicada en el mar, al oeste del Refugio, la cual, limitó al este con la zona de Conservación Marino – Costera y se extiende hacia el oeste hasta el límite del Mar territorial de Nicaragua, ubicado a 12 millas náuticas desde el borde costero. En esta zona se encontraron ubicadas importantes formaciones rocosas y arrecifes que son hábitats y fuente de biodiversidad y sitios de reproducción de especies de importancia económica para la pesca artesanal e industrial del país.

El ecosistema marino de Chacocente se compuso por la parte marítima y una delgada playa que funciona de ecotono entre los dos ecosistemas (MARENA, 2008), caracterizándose por poseer una de las formaciones rocosas más espectaculares, en el que se encontraban una gran diversidad de organismos, en donde, su fondo marino, está formado por lechos rocosos que corren de manera paralela a las costas. Dicha área está catalogada como zona de conservación que se caracterizó por ser de ancho variable que comprende los primeros 100 m de superficie de agua, arena, formaciones rocosas costeras y los primeros 150 m de vegetación costera.

4.1.7. Aspectos edafológicos y relieve

La playa del Refugio, se caracterizó por ser un sitio confinado entre salientes rocosos y bocanas. Este pertenece al Municipio de Santa Teresa y Tola, caracterizándose por poseer un relieve irregular, presentando un paisaje de baja altura, formado por una franja de playa de 11.6 km de largo, que se eleva progresivamente hacia las tierras interiores a través de continuas colinas de aproximadamente 200 a 300 m de altitud. Este relieve, pertenece a una formación geológica sedimentaria de origen marino, conocida como el levantamiento de Brito, la cual, se originó en el Eoceno (MARENA, 2008).

4.1.8. Zona Intermareal del Refugio de Vida Silvestre Chacocente

Existen tres divisiones oceanográficas principales: zona supralitoral (o supramareal), zona mesolitoral (o intermareal) y zona sublitoral (o submareal) (ver Anexo 2). Las diferentes

zonas están ocupadas por distintos grupos de animales, cada grupo con mayor abundancia sobre una zona particular donde las condiciones son más favorables para los individuos que conforman cada grupo (Tait, 1971).

Es una zona que se caracterizó por estar expuesta a condiciones extremas, la cual, estuvo comprendida por la pleamar y bajamar y fue una franja afectada por el barrido de las olas y las mareas, sometida a inmersiones y emersiones periódicas las cuales estuvieron determinados por las mareas vivas las cuales se presentaron durante las fases de luna nueva o llena (Ibarra, 2016), en el cual, la distribución y abundancia en dicha zona estuvo condicionada por poseer condiciones y comunidades que requieren o toleran cambios de marea constantes (Casas et al. 2006).

4.2. Diseño experimental

Esta etapa constó de una serie de actividades que se realizaron en campo y laboratorio, siendo esta la segunda fase que permitió implementar en campo el diseño experimental en los estratos rocosos para el levantamiento de datos, en donde se georreferenció ecosistemas en la mayor parte de su extensión territorial, así como se estableció parcelas circulares dentro de cada ecosistema y estimó mediciones de variables físico-químicas en cada área de estudio, lo cual, contribuyó a conocer la abundancia, riqueza, dominancia, equitabilidad, patrones de distribución espacio-temporal, fluctuaciones de las variables a evaluar y como estas incidieron en la densidad poblacional de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* y de la macrofauna bentónica. Para ello, esta constó de una serie de actividades que se llevaron a cabo y se presentan a continuación.

4.2.1. Diseño del muestreo del estudio de asociación de las especies *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula* en los tipos de formación geológica en la zona Intermareal de Chacocente

- **Tipo de estudio**

El estudio fue experimental, ya que, en el sitio de muestreo, se estableció parcelas circulares de muestreo permanentes, las cuales fueron ubicadas de manera aleatoria, identificando y localizando los puntos críticos y disímiles dentro de cada estrato rocoso, que permitió lograr determinar la distribución espacio-temporal en la composición y abundancia, así como, la distribución y reproducción, abarcando la parte física y biológica de las especies (*Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*), pertenecientes al Phylum Echinodermata y sus hábitats.

Correlacional, porque estuvo asociado a las variables físico-químicas, en cuanto a la presencia o ausencia en los estratos rocosos y de corte transversal porque se realizó en un período de dos meses (enero y julio del año 2019), los cuales, cada muestreo se realizó en tres semanas consecutivas de cada mes, en el día y por la noche, así como, en la subida y bajada de la marea en un lapso de tiempo de 15 horas en todo el día.

- **Población y muestra**

La población de dicho estudio estuvo representada por todas las especies del Phylum Echinodermata (estrellas, pepinos, galletas, erizos de mar, entre otros), que se encontraron presentes en los litorales en la zona epibentónicos de la playa del refugio, eligiendo dicho Phylum porque es uno de los más interesantes, versátiles, caracterizándose por poseer un sinnúmero de hábitos alimenticios, así como, las funciones ecológicas que estos desempeñan en cada ecosistema, como la estabilización del sedimento, evitando que la costa se erosione, recirculando nutrientes y permitiendo que haya mayor oxigenación dentro del ecosistema reclutando otras especies de diversos Phylum.

Los equinodermos fueron un grupo representativo de los arrecifes tanto rocosos como coralinos en Chacocente, por lo que conocer los diferentes papeles y funciones que desempeñan estos organismos nos ayudó a evaluar si los procesos del ecosistema se estaban llevando a cabo adecuadamente. Además, permitió tener un mejor entendimiento del efecto que tiene el estatus de protección en la diversidad y benefició considerablemente la investigación acerca del área natural protegida, lo cual, permitirá posteriormente tomar mejores decisiones de conservación y restauración.

La muestra del estudio estuvo representada solamente por dos especies (*Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*), las cuales, pertenecen a la clase Echinoidea y Ophiuroidea de la macro fauna epibentónicos de dicho Phylum, colectados en dos momentos (enero y Julio, del año 2019), en cinco estratos rocosos, de tres estaciones de muestreos, seleccionadas al azar en la playa de Chacocente. Son una de las especies que carecen de estudios en Nicaragua, en donde, en esta área protegida existe un vacío de información, siendo estas muy versátiles, de poca movilidad, que se caracterizaron por soportar condiciones extremas y diferentes perturbaciones, así como, largos periodos de emersión y sumersión, logrando soportar diferentes fluctuaciones de salinidad, temperatura, Oxígeno disuelto y pH las cuales fueron condicionantes para que hubiera presencia o ausencia dentro de los ecosistemas rocosos.

4.2.2. Criterios de selección de los sitios de muestreos en arrecifes rocosos

Arrecifes rocosos

En Chacocente la característica más importante que esta Área Natural Protegida tuvo es que posee ecosistemas marinos costeros, lo cuales, cada uno se identificó por poseer características diferentes entre ellas, como la forma en como estos están sedimentados, la biodiversidad que se encuentra en ella, en donde, están condicionadas por factores físicos, químicos y biológicos, así como, la profundidad, extensión territorial, perturbaciones y la distancia que hay entre ellos.

Se encontró un conjunto de estratos rocosos, los cuales, dos de ellos, tienen la protección directa de las olas, otro con perturbaciones de abierta de bocana siendo un factor clave para estudiar dicho ecosistema. Además, se caracterizaron por formar acantilados rocosos, cavernas o terrazas de abrasión donde habitaban las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* presentando pendientes muy marcadas, razón por la cual caen directamente al mar, en donde, las mareas condicionaron los hábitats y estuvieron expuestas a la acción directa o a la protección al oleaje.

4.2.3. Métodos y procedimientos

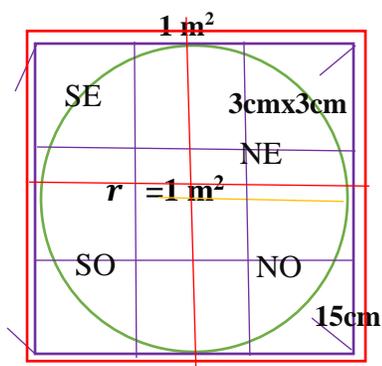
El método que se utilizó para la obtención de la información fue el de observación in situ para la identificación de los diferentes estratos rocosos ubicados sobre los 11.6 km en la playa de Chacocente, en el cual, los sitios en los que se establecieron las parcelas, se eligieron de manera aleatoria tomando en cuenta los diferentes nichos disímiles y los puntos críticos a los que estos estaban expuestos y las condiciones naturales (barrido de las olas, largos periodos de emersión y sumersión, protección o sin ninguna protección del oleaje) que se presentan en cada uno de los puntos a muestrear, así como, la extensión territorial que cada uno de estos estratos tiene con la extensión total de la playa.

4.2.4. Diseño de parcelas para ecosistemas rocosos

Establecimientos de parcelas en ecosistemas rocosos de la Playa de Chacocente

El tamaño del área de estudio de la playa de Chacocente tuvo una distancia de 4,498 metros, lo equivalente a 4.498 km, en donde, se trabajó 5 estratos rocosos, en el cual, en cada uno de ellos, se estableció tres parcelas circulares permanentes de muestreo de 1m² con un radio de 1m, donde se le aplicó la metodología de Brusca (1973), incrustando una cuadrícula de metal con una dimensión de un metro cuadrado que se dividió en 9 secciones de 3m x 3m a una profundidad de 15 cm en parcela por cada estrato rocoso de manera aleatoria. Además, cada parcela se dividió en 4 cuadrantes, para la identificación y contabilización de cuantas secciones caben dentro de cada uno de ellos y la toma representativa de organismos.

El muestreo en cada uno de los estratos constó de 3 horas y se realizó en marea baja, lo que permitió la contabilización de los organismos por cada sección y en marea alta para la toma de las variables físico-químicas en cada parcela de muestreo, lo que permitiendo muestrear los cinco estratos con sus parcelas en 15 horas tanto en el día como por la noche en Chacocente.



4.2.5. Recolección de macroinvertebrados epibentónicos en estratos rocosos marinos costeros en la playa de Chacocente

Una vez recorrido los 11.6 km de la playa de Chacocente, se observó detenidamente dentro de los 5 estratos rocosos, los sitios críticos y disímiles para el establecimiento de las parcelas permanentes de muestreo dentro del ecosistema, lo cual, permitió que, dentro de cada punto establecido, se establecieran parcelas circulares, facilitando establecer la metodología de Brusca (1973), consistiendo, en introducir un marco metálico de un metro cuadrado dividido en 9 secciones de 30 x 30 cm (900 cm²) a una profundidad de 15 cm en el estrato.

Una vez establecida cada parcela, se georreferenció el centro de cada una de ellas, introduciendo el marco metálico dentro de la parcela y posterior, se dividió en cuadrantes para dar la dirección de cuantas secciones cabían dentro de cada uno de ellos. se contabilizó por cada sección, la cantidad de especies encontradas, así, como se extrajo dos especies de *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*, de tres de las nueve secciones del marco.

Todo el material encontrado dentro del marco metálico se retiró con pinzas y se depositó en envases de plásticos cada sub-muestras, vertiéndoles alcohol al 95% para su preservación. Cada envase, estaba previamente etiquetado con el código de estación de muestreo, colecta, cuadrante a la que pertenecía y el número de sub-muestra a las que pertenecían las especies colectadas (Ver Anexo 3).

4.3. Variables evaluadas en ecosistemas rocosos y macrofauna bentónica

4.3.1. Evaluación de las variables físico-químicas en cada parcela de muestreo por cada estrato muestreado

La determinación del pH, Temperatura, Oxígeno disuelto y Salinidad fue realizada en situ con un equipo de campo para obtener los datos de campo.

Para la determinación del pH y Temperatura, se realizó en alta mar, por cada parcela muestreada y por cada estrato estudiado, introduciendo un recipiente de plástico de 100 ml, en la cuadrícula, se procedió a enjuagar el recipiente, seguidamente se tomó la muestra y se tapó. Previamente enjuagado el recipiente se llenó, con agua de mar hasta el cuello y se tapó, asegurándose que no haya fuga de la muestra. Esta se colocó en un termo con suficiente hielo para garantizar el transporte hasta el laboratorio del CIRA en dichas condiciones.

Para obtener el dato de pH in situ, se ubicó por cada parcela de muestreo una cinta de pH, dejándola por 2 segundos en agua de mar para que diera el valor. En cuanto a la temperatura, se introdujo un termómetro de mercurio por 8 minutos en el sitio de muestreo para obtener un dato de referencia que permitió una identificación en cada estrato y sus parcelas establecidas.

Con respecto a la salinidad, se introdujo un recipiente de plástico de 100 ml dentro de la cuadrícula, el cual, se llenó hasta la mitad y se tapó para realizar movimientos giratorios suaves para el proceso de endulzamiento, repitiéndose este proceso dos veces más. Previamente endulzado el recipiente, se llenó con agua de mar, hasta el inicio del cuello y se

tapó bien para que no haya fuga en la muestra colectada. Dicha muestra se etiquetó detenidamente con el número del estrato, hora, fecha, lugar y diferentes características.

La muestra de salinidad se colocó en un termo con suficiente hielo para garantizar el transporte hasta el laboratorio del CIRA. Para la muestra de Oxígeno disuelto en agua de mar, se utilizó una botella Winkler de 300 ml, la cual, se rellenó hasta rebasar el volumen de agua, desplazando cualquier burbuja de aire que se haya desplazado durante el llenado (Ver Anexo 4).

Para ello se agregó 1 ml de Reactivo # 1 ($MnSO_4$), introduciendo la punta de la pipeta debajo de la superficie del agua, es decir, a la mitad de la botella evitando introducir aire con la pipeta, dejando verter el reactivo lentamente y retirar la pipeta con cuidado. Se repite el mismo procedimiento para agregar el Reactivo # 2 (azida de sodio).

Se tapó la muestra dejando caer suavemente el tapón y agitando la botella hasta una alcanzar una homogenización completa, asegurando que el tapón esmerilado quede bien sellado girando levemente hacia cualquier lado. Dicha muestra se etiquetó con el número del litoral, fecha, hora, observaciones que se encontraron en el sitio de muestreo. La muestra de Oxígeno disuelto se colocó en un termo con suficiente hielo para garantizar el transporte hasta el laboratorio del CIRA.

Cada una de las muestras van debidamente identificadas, con el apoyo de formato de Campo, facilitados por el CIRA (FOR-CIRA-ATACC-27) y formato de Custodia de la muestra (FOR-CIRA-UVS-01) (Ver Anexo 5 y 6), los cuales, deben ser llenados con toda la información solicitada. A continuación, se presenta una tabla con el método de obtención de cada uno de los parámetros físico-químicos de agua de mar, basados en los Procedimientos Operativos Normalizados de los Laboratorios de Radioquímica Ambiental y Aguas Residuales.

Cuadro 1: Métodos de obtención de parámetros físico-químicos de agua de mar por cada parcela de muestreo en los litorales rocosos

Parámetro	Método in Situ	Límite de detección/Uds.
pH	pH-metro	0.1 a 14.0 unidades
Temperatura	pH-metro	°C
Salinidad	Salinómetro	Porcentaje
Oxígeno disuelto (OD)	Electrodos	Ppm

La tercera etapa constó de la fase de laboratorio y gabinete la cual constó de varias actividades que se llevaron a cabo para la determinación de la asociación de las especies en estudio, en el cual, se da la organización, sintetización y organización de la información, así como la identificación de los organismos colectados por cada parcela de muestreo y elaboración del documento de tesis. Cada actividad desarrollada se describe a continuación:

4.3.2. Identificación de las especies epibentónicas marinos costeras en el Laboratorio de Malacología de la Universidad CentroAmericana.

En el laboratorio, cada especie colectada de cada una de las tres parcelas y de las tres secciones seleccionadas de cada estrato rocoso del marco metálico se vació en un contenedor plástico donde se adicionó agua del grifo el cual permitió la identificación de los organismos en estudio de cada parcela y de cada uno de los estratos en estudio.

La identificación taxonómica se hizo hasta el taxón más próximo de los individuos bentónicos colectados realizándose por medio de un estereoscopio y un microscopio, con el apoyo de las claves de Rodríguez (1973), Burch (1980), Rodríguez (1980), Salazar-Vallejo et al. (1989), Thompson (1998), Rodríguez y Severeyn (2000) y Epler (2001). Además, se utilizó las guías de Moluscos de Nicaragua I-Bivalvos, Moluscos de Nicaragua II-Gastrópodos y Sea Shells of Tropical West America: Marine Mollusks from Baja California to Perú.

4.3.3. Análisis estadísticos mediante índices de diversidad para determinar la asociación de las especies en el ecosistema epibentónico del RVS-Chacocente

El análisis estadístico, contribuyó conocer la riqueza, abundancia y distribución de las especies *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula* en las diferentes formaciones rocosas, así como, facilitó y reveló la composición de la diversidad biológica actual en cada estrato rocoso del RVS del Río Escalante- Chacocente y como las especies *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*, dieron lugar al enriquecimiento del ecosistema a través de diferentes comunidades de marco invertebrados epibentónicos y como cada una de ellas tuvo un control sobre sí misma, facilitando mantener el bento un equilibrio ecológico.

Es por ello, que para la obtención de la asociación para las especies *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*, se utilizó índices Biológicos de Diversidad de Simpson, ShannonWiener (H'), Riqueza de especies y Equidad (E) (Pielou 1984), entre otros. Además, se determinó para cada parcela y estrato rocosos en estudio, la densidad (ind/m²), dominancia (%). Cada uno de los índices se describen a continuación:

Índice de Diversidad

Para estimar la diversidad de macro fauna se utilizaron: el índice de Simpson (1949) y el índice de Shannon- Weaver (1949), descritos a continuación:

El índice de Simpson (1949):

Dónde:

$$Dsi = \sum_{i=1}^s Pi$$

pi= abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

El índice de Shannon- Weaver (1949):

$$H = - \sum_{i=1}^s (P_i \text{Log}_2 P_i)$$

Para calcular la precisión en la estimación del índice Shannon-Weaver (1949), se usó la siguiente fórmula:

$$SDh = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^s ni \text{Log}_2 ni - (\sum_{i=1}^s ni \text{Log}_2 ni)^2}}{n^2}$$

Índice de Equitabilidad

Si todas las especies en una muestra presentan la misma abundancia el índice usado para medir la equitabilidad debería ser máximo y, por lo tanto, debería decrecer tendiendo a cero a medida que las abundancias relativas se hagan menos equitativas. Hurlbert (1971) destacó que todos los índices de equitabilidad mantendrían esta propiedad si son expresados como:

$$E = \frac{D - D_{max}}{D_{max} - D_{min}}$$

$$E = \frac{D}{D_{max}}$$

Donde:

D = índice de diversidad

D_{min} = valor mínimo de D

D_{max} = valor máximo de D

Para cuantificar el componente de equitabilidad de la diversidad algunos de los índices propuestos son: (1) índice de Pielou (J'), (2) índice de Sheldon (EShe), (3) índice de Heip (EHe).

Índice de Pielou (1969), J'. Es uno de los índices más utilizados

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Donde:

H' = índice de Shannon-Wiener $\log_2 S$ = es la diversidad máxima (H' max) que se obtendría si la distribución de las abundancias de las especies en la comunidad fuese perfectamente equitativa.

Índice de Sheldon (1969), EShe. Propone una forma exponencial de J'

$$E_{she} = \frac{2^{H'}}{S}$$

Índice de Heip (1974), EHe. Propone el índice de Sheldon con la sustracción del mínimo

$$E_{He} = \frac{2^{H'} - 1}{S - 1}$$

Índice de Riqueza Específica

La riqueza específica es un concepto simple de interpretar que se relacionó con el número de especies presentes en la comunidad. Entonces, puede parecer que un índice apropiado para caracterizar la riqueza de especies de una comunidad sea el 'número total de especies' (S). Sin embargo, es prácticamente imposible enumerar todas las especies de la comunidad, y al depender S del tamaño de la muestra, es limitado como índice comparativo. Los índices propuestos para medir la riqueza de especies, de manera independiente al tamaño de la muestra, se basan en la relación entre S y el 'número total de individuos observados' o (n), que se incrementa con el tamaño de la muestra.

Entre estos índices se destacan el índice de Margalef (1958)

$$R_1 = \frac{s - 1}{\ln(n)}$$

Y el índice de Menhinick (1964)

$$R_2 = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Patrones de Distribución Espacio-Temporal

Se utilizaron los índices de Jaccard (1908) y el índice de Morisita-Horn para medir el grado de similitud o disimilitud entre los sitios de muestreo. Mediante estos índices se pudo establecer una comparación cualitativa y cuantitativa con los valores obtenidos.

Índice de Jaccard, expresado mediante la siguiente fórmula:

$$I_J = \frac{C}{a + b - c}$$

Dónde:

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

Índice de Morisita-Horn:

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (a n_i \times b n_j)}{(d a + d b) a N \times b N}$$

Este índice está fuertemente influido por la riqueza de especies y el tamaño de las muestras (Magurran, 1988).

Dónde:

$a n_i$ = número de individuos de la i-ésima especie en el sitio A

b_{nj} = número de individuos de la j -ésima especie en el sitio B

$$d_a = \frac{\sum b_{nj}^2}{aN^2} \quad d_b = \frac{\sum b_{nj}^2}{bN^2}$$

Para conocer un agrupamiento natural de las especies se utilizó el análisis cluster aglomerativo jerárquico, lo que generó una clasificación no supervisada de las especies en toda el área de estudio.

Para conocer la distribución espacio-temporal de los organismos bentónicos en la zona intermareal se utilizó un modelo lineal mixto generalizado (GLMM, por sus siglas en inglés) con una función de error Poisson usando la función vínculo logit y ajustado por la aproximación Laplace. El tiempo y el sitio de muestreo fueron considerados como factores de efectos fijos y las muestras como factor de efecto aleatorio. Debido a la existencia de sobre-dispersión en el modelo se generó una variable sintética que capturó dicha sobre-dispersión. Esta variable sintética fue modelada como factor de efecto aleatorio.

El modelo completo consistió en el ajuste de los dos efectos principales y su interacción. Después de ajustar el modelo completo todos los términos no significativos fueron removidos paso a paso y los sub modelos fueron comparados usando la prueba de razón de verosimilitud y el Criterio de Información de Akaike (AIC) como medida para comparar el ajuste de los diferentes modelos. El modelo con el AIC más bajo se consideró ser el modelo más parsimonioso.

4.3.4. Operacionalización de las variables

En el cuadro dos se muestran las variables que se evaluaron durante el proceso de recolección de datos y evolución de variables físicas- químicas en los cinco estratos rocosos de Chacocente. Cada una de ella, contiene la definición conceptual, indicadores e instrumentación.

Cuadro 2: Operacionalización de las variables en el estudio

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Indicadores	Instrumentación
<p>Cuantificar las poblaciones de las especies (<i>Ophiocomina nigra</i> y <i>Arbacia lixula</i>), en los estratos rocosos del Refugio de Vida Silvestre Rio Escalante-Chacocente.</p>	<p>Diversidad de macro invertebrados epibentónicos</p>	<p>Es la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes. Esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de los ecosistemas (UNEP, 1992)</p>	<p>Presencia o ausencia de macro invertebrados epibentónicos en los estratos rocosos de Chacocente. Abundancia y riqueza de <i>Ophiocomina nigra</i> y <i>Arbacia lixula</i> en estratos rocosos de Chacocente.</p>	<p>Índice de Simpson Índice de Shannon-Weaver Índice de Jaccard Índice de Equitabilidad Índice de Pielou</p>
<p>Asociar la abundancia y riqueza de las especies (<i>Ophiocomina nigra</i> y <i>Arbacia lixula</i>), en los tipos de formación geológica en el Refugio de Vida Silvestre Rio Escalante-Chacocente.</p>				<p>Índice de Sheldon índice de Margalef índice de Menhinick Índice de Morisita-Horn</p>

<p>Evaluar mediciones de variables físico-químicas como Temperatura, Salinidad, pH y Oxígeno disuelto, por parcelas de muestreo para la asociación de las especies.</p>	<p>Evaluar variables físico-químicos en la diversidad bentónica en los estratos rocosos del RVS Chacocente</p>	<p>Elementos que influyen sobre los seres vivos. Estos pueden ser Físicos-Químicos y Biológicos</p>	<p>pH Temperatura Salinidad Oxígeno disuelto</p>	<p>Análisis de laboratorio Análisis de laboratorio Análisis de laboratorio Análisis de laboratorio</p>
<p>Analizar la importancia ecológica que tienen las especies (<i>Ophiocomina nigra</i> y <i>Arbacia lixula</i>), en función de las variables físico-químicas en los estratos rocosos del Refugio de Vida Silvestre Rio Escalante-Chacocente</p>	<p>Patrones de distribución espacio-temporal de las especies <i>Ophiocomina nigra</i> y <i>Arbacia lixula</i>, así como, de la diversidad de macro invertebrados bentónicos marinos en los estratos rocosos de la playa de Chacocente</p>	<p>Propiedad de una comunidad de ocupar un área geográfica en un tiempo determinado de acuerdo a factores ambientales</p>	<p>Distribución de las especies <i>Ophiocomina nigra</i> y <i>Arbacia lixula</i>, así como de la biodiversidad de macro invertebrados epibentónicos marinos costeros los estratos rocosos respectivamente con sus estaciones de muestreos</p>	<p>Modelación espacial y temporal</p>

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Cuantificación de las poblaciones de las especies en los diferentes estratos rocosos del Refugio de Vida Silvestre Chacocente

Los resultados obtenidos de la diversidad marina costera cuantificada en los estratos rocosos en ambas épocas de muestreo (seca y lluviosa) en Chacocente se distribuyeron en tres Phylum, descritos a continuación:

5.1.1. Phylum Arthropoda

Este Phylum fue el más diverso y exitoso biológicamente. Este grupo incluyó alrededor de un millón de especies, las cuales viven en una variedad de hábitats más grande que los miembros de cualquier otro Phylum. Su principal característica fue la de poseer un cuerpo segmentado unido por articulaciones, un exoesqueleto duro similar a una armadura, formado por quitina y proteína, en donde el número de segmentos permanece constante durante toda la vida.

La clasificación taxonómica dividió a los artrópodos en tres Subphylum: Chelicerata, Uniramia y Crustacea, siendo este último subphylum de hábitat marino, en el cual, estableció nichos dentro de los ecosistemas rocosos principalmente acuáticos marinos. La clase que pertenece a este subphylum es la siguiente: Malacostraca teniendo a nuestra especie *Eriphia squamata* (Figura 2); en donde, en esta clase se destacó el orden Decapoda, siendo estos los organismos presentes en los mares y ha sido encontrado en la zona intermareal en los estratos rocosos a diferentes profundidades.

Figura 2: Especie *Eriphia squamata* de la clase Malacostraca del Phylum Arthropoda.

Fuente: Elaboración propia



5.1.2. Phylum Echinodermata

El equinodermo constituyó un Phylum del reino animal que fue particularmente diversificado en aguas tropicales. Son exclusivamente marinos y viven desde la zona intermareal en estratos rocosos de la playa de Chacocente de la costa pacífica nicaragüense. Dentro de los equinodermos destacan las clases y formas: Pentacrinal en Crinoidea (lirios de mar), fusiforme en Holothuroideos (pepinos de mar), estelar en Ateroidea (estrellas de mar), Ophiuroidea (estrellas quebradizas y estrellas canasta), esferoidal. Discoidal o globosa en Echinoidea (Erizos, galletas y bizcochos de mar) y Concentricicloidea.

Estos habitan en todos los mares y desde las aguas litorales a grandes profundidades, en el cual, la mayoría de ellos, se han caracterizado por vivir en grupos definidos y en grandes cantidades. Fue un grupo muy abundante y diversificado de los invertebrados de los ecosistemas rocosos. Se encontró representantes de todas las clases, pero, el menor número de los equinodermos corresponden a los pepinos de mar, quienes al tener un esqueleto

conformado por espículas son los que toleran las mayores profundidades y por ende las mayores presiones hidrostáticas.

- **Clase Ophiuroidea**

La clase Ophiuroidea fue el grupo más evolucionado de los equinodermos y se conocieron como Ofiuras, cestas de mar o canastas de mar, estrellas serpentiformes o estrellas frágiles. Estas habitaron tanto en fondos arenosos como rocosos, desde la zona intermareal a zonas profundas. Se caracterizó por tener un amplio espectro alimentario y fueron capaces por realizar movimientos rápidos con los brazos y esconderse en grietas y agujeros.

A esta clase perteneció los equinodermos conocidos como estrellas quebradizas o frágiles (Orden Ophiurida) las cuales se encontraban en la playa de Chacocente de la costa pacífica de Nicaragua a diferentes profundidades en los ecosistemas rocosos encontrándose en densidades altas.

Para esta clase Ophiuroidea no existen monografías o trabajos específicos que registren la diversidad de las mismas en las costas del pacífico nicaragüense, pero ha sido una de las clases en las que se obtuvo mayor incremento en la abundancia de los organismos, el cual, la abundancia con la que se presentaron en los estratos rocosos con mayor protección es mucho mayor que el estrato que presentó una perturbación en la época de invierno.

La *Ophiocomina nigra* habitó en los estratos rocosos bajo rocas, algas marinas, colonias de hidroides o cabezas de coral, donde se enredaron en torno a los objetos, excavaron agujeros en la superficie del lodo o la arena por medio de conductos tubulares. Se encontraban en todos los tipos de hábitat marinos y se caracterizaron por ser abundantes sobre los fondos blandos y en aguas costeras de la zona intermareal. Esta especie se caracterizó por habitar en la zona intermareal en estratos rocosos del Refugio de Vida Silvestre, Río Escalante-Chacocente, Nicaragua. Fue una especie generalista en función de su hábitat distribuyéndose en todos los litorales, en donde cada uno de ellos presentó características diferentes.

Morfología y caracteres taxonómicos de la especie *Ophiocomina nigra*

El esqueleto de la *Ophiocomina nigra* se redujo y fragmentó permitiéndole la flexibilidad en sus brazos, caracterizándose por tener un pequeño disco central redondeado y unos largos y estrechos brazos espinosos, presentando cinco brazos rodeando y un disco central. En algunos casos, los brazos tendieron a romperse con facilidad cuando se les manipuló, de ahí su nombre común de “estrellas frágiles”.

Su disco midió de 1 a 3 cm de diámetro, aunque sus brazos son muy largos. La *Ophiocomina nigra* se caracterizó por poseer un cuerpo central acorazado y en forma de disco que se distinguió claramente de los brazos, los cuales, son largos y flexibles. El disco central, fue aplanado y presentó un contorno circular o algo pentagonal.

Su superficie aboral del disco en algunos casos puede estar al descubierto, desnudo o estar cubierto por escamas finas e imbricadas, las cuales, a su vez, estuvieron desnudas o cubiertas de gránulos o espinas pequeñas sobre el disco. Sobre el disco, en la base de cada uno de los brazos, presentó dos placas llamadas escudos radiales, que estuvo cubierta por pequeños tubérculos o espinas.

El centro de la superficie oral del disco estuvo ocupado por el aparato masticador constituido por cinco mandíbulas interradales triangulares. Cada mandíbula estuvo constituida por los escudos orales y adorales, las papilas y los dientes. Sus papilas pueden ser orales, dentales e infradentales.

En la especie de la *Ophiocomina nigra*, uno de los escudos orales estuvo modificado en madreporita, en donde, la parte distal de las áreas interradales de la parte oral del disco presentó la misma ornamentación descrita para la aboral. En los márgenes de los brazos, en cada área interradales se presentaron dos o cuatro aberturas genitales, las cuales comunicaban las bursas (invaginaciones de la pared del disco) con el exterior.

Los brazos de la *Ophiocomina nigra*, estuvieron articulados debido a la presencia de cuatro hileras longitudinales de placas, dos hileras de placas laterales, una de placas dorsales y otra de placas ventrales. Cada una de éstas series de placas fueron rodeando el brazo totalmente y su posición externa correspondió a un osículo interno denominado vértebra, en el cual, las placas dorsales estaban fragmentadas.

Cada placa lateral sostuvo varias espinas, llamadas espinas braquiales, las cuales estaban dispuestas en forma de hilera vertical y fueron muy variables en cuanto a su tamaño, forma y número. La *Ophiocomina nigra* careció de surcos ambulacrales, en el cual, las placas ambulacrales se hundieron y engrosaron para transformarse en vértebras por lo que los canales ambulacrales se ubicaban entre las vértebras y las placas ventrales de los brazos.

Los pies ambulacrales emergieron a través de un par de poros ubicados entre la placa ventral y lateral de cada vértebra y cada poro estuvo protegido por una o más escamas tentaculares. Algunas especies utilizaban los pies ambulacrales para la locomoción, pero la mayoría se desplazaban por movimientos musculares de sus brazos.

La *Ophiocomina nigra* presentó una gran capacidad de regeneración. Cabe señalar la afirmación de Benavidez et., 2011, el cual, afirmó que algunas especies tuvieron la capacidad de auto mutilarse como un mecanismo de defensa, pudiendo desprender no solo los brazos, sino también el disco de tal modo que pierden el estómago, las gónadas y otros tejidos; en estos casos la regeneración completa de las partes perdidas pudo llegar a darse en 2 semanas a 2 meses

Reproducción de la especie *Ophiocomina nigra* de Clase Ophiuroidea

La *Ophiocomina nigra* se caracterizó por reproducirse de manera sexual y asexual. En cuanto a la reproducción asexual por fisión, el individuo se dividió a través del disco. Cada mitad regenera las partes perdidas y vuelve a dividirse cuando alcanza un tamaño adecuado.

La reproducción sexual de la *Ophiocomina nigra* fue una especie dioica, las gónadas se encontraban en el disco y los gametos se liberaron al medio a través de las hendiduras genitales. La fecundación fue externa y se presentó en diferentes estadios larvales. El desarrollo de las larvas duró desde pocos días hasta un mes antes de la transformación final en juveniles que es cuando se asientan en el fondo.

La clase Ophiuroidea, algunas especies presentaron larvas vitelaria, las cuales son en forma de barril, con anillos de cilios para el movimiento, son lecitotróficas y tardan menos de una semana en todo el proceso de metamorfosis. Otras especies presentaban la larva ophiopluteus, que fue una larva más elaborada, planctotrófica, con un esqueleto de soporte y con bandas ciliadas para atrapar el alimento y la locomoción.

Algunos ofiuros se caracterizaron por ser hermafroditas, tanto secuenciales (que se transforman de un sexo a otro) como simultáneos. Todos los ofiuros hermafroditas y sólo unas pocas especies dioicas presentaban cuidado parental en donde los embriones, los cuales, permanecieron en las bursas de los parentales hasta que se transformaban en juveniles.

Alimentación de la especie *Ophiocomina nigra* Clase Ophiuroidea

Los hábitos alimentarios de la *Ophiocomina nigra* fueron muy diversos. Esta especie llegó a obtener algunos nutrientes disueltos a través de la piel, sin embargo, este organismo obtuvo las partículas de alimento mediante los pies ambulacrales y sus músculos de los brazos lo dirige hacia la boca. Además, recolectó el alimento de la superficie del sedimento, atrapándolo a través de la columna de agua o recogió las partículas que se adhirieron a las espinas braquiales mediante el movimiento coordinado de sus pies ambulacrales.

La *Ophiocomina nigra*, además fue una especie carnívora o carroñera, la cual, utilizó las puntas de sus brazos para capturar organismos pequeños activos, incluyendo peces y dobla sus brazos para llevar a la boca partículas más grandes de material en descomposición.

En esta clase se encontró la especie *Ophiocomina nigra* (Figura 3) siendo una Ofiura con un disco de 25 mm de diámetro, con la superficie dorsal cubierta de finas escamas con gránulos, mientras que en la superficie ventral sólo hay gránulos en la zona interradianal. Las placas bucales son ovaladas, teniendo de 10-15 papilas dentarias y 4 papilas orales. Sus brazos fueron ahusados, serpentiformes, con 5-7 espinas a cada lado de cada segmento. Es de color variable, marrón oscuro, grisáceo a veces con moteado.

Figura 3: Especie *Ophiocomina nigra* de la clase Ophiuroidea, Phylum Echinodermata.
Fuente: Elaboración propia.



Se encontró en zonas de hasta 200 m de profundidad, aunque fue más común entre 10 y 30m. habitó en zonas arenosas, bajo piedras, a menudo viviendo junto a *Ophiotrix fragilis*, soportando aguas de baja salinidad.

Dicho organismo se caracterizó por poseer una elevada riqueza de especies, constituyendo un grupo difícil en observación, debido a que presentó hábitos crípticos (se ocultan) bajo organismos y sustratos duros. La *Ophiocomina nigra*, fue un equinodermo que desempeñó una función ecológica muy importante, ya que, ocupó diversos niveles de la cadena trófica, así como, depredadores de arrecifes coralinos y rocosos. Si bien, a este grupo se la atribuyó varias de sus características morfológicas, por lo que tuvieron una capacidad de detección y respuesta rápida ante una presa, así como la sujeción al sustrato debido a los discos succionadores de los pies ambulacrales.

Clase Echinoidea

La clase Echinoidea se caracterizó por comprender los equinoideos irregulares y los regulares, incluyendo la especie *Arbacia lixula* (Figura 4), cuya principal característica estuvo relacionada a su adaptación a la excavación en sustratos rocosos pues presentó un cuerpo cubierto por una gran cantidad de espinas que el animal utilizó para la locomoción y mantener limpia de sedimentos la superficie de su cuerpo. Su alimentación estuvo basada en algas que hay adheridas a la superficie de las rocas obteniéndola raspándola con su boca.

Figura 4: Especie *Arbacia lixula* (Erizo regular) de la clase Echinoidea, Phylum Echinodermata en Estrato Rocoso Volcánico. Fuente: elaboración propia.



La *Arbacia lixula* fue un organismo raspador que fue tallando con sus dientes en la superficie del substrato en el que habitaron. Aunque su alimento más importante fueron las algas, este se caracterizó por ser eurípagos, consumiendo una amplia variedad de materiales vegetales y animales. Además, la dieta de esta especie varió de un estrato rocoso a otro, dependiendo de la disponibilidad del alimento que hubo en cada ecosistema. Esta especie se alimentó de macroalgas que crecían sobre las paredes de las madrigueras de estos, así como de fragmentos de macroalgas y otros restos orgánicos que van a parar a las mismas por diversos agentes, como la subida y bajada de la marea.

Dentro de esta clase se encontró los erizos de mar, galletas o dólares de mar y corazones de mar. Estos se distinguieron del resto de los Equinodermos por presentar un esqueleto sólido conocido como testa el cual, estuvo compuesta por placas de calcita, encontrándose fusionadas y superpuestas, dando lugar a diferentes morfologías. La testa estuvo formada por placas ambulacrales, que han presentado perforaciones por donde salen los pies ambulacrales y las interbulacrales, de donde surgen otros apéndices como pedicelarios y espinas móviles.

En función de la testa, la especie *Arbacia lixula* presentó una testa hemisférica y simetría pentaradial, además de un aparato masticador en la cara oral, llamado linterna de Aristóteles (Figura 5), en el cual, contuvo dos tipos de espinas: primarias (adherida a tubérculos grandes) y secundarias (que son más pequeñas).

Figura 5: Aparato masticador: Linterna de Aristóteles en la especie *Arbacia lixula*. Fuente: Elaboración propia



La *Arbacia lixula* se caracterizó por tener espinas que fueron de diferentes tamaños, debido a su función. Las espinas primarias y secundarias de esta especie fueron utilizadas para la protección, locomoción y excavación, mientras que las espinas milarias secretaban mucus para atrapar partículas y conteniendo veneno, utilizándose como defensa.

La especie *Arbacia lixula*, en la zona intermareal en los ecosistemas rocosos fue una especie clave, ya que, se caracterizó por modificar y alterar el hábitat donde conviven con las demás especies y comunidades, ya sea, por su elevada presencia o por su ausencia (por inmigración). Además, se han caracterizado por poseer diferentes hábitos alimenticios, por lo tanto, al aumentar la población de esta especie, se destruirá la estructura trófica debido a la pérdida de cobertura vegetal, afectando las poblaciones pesqueras y a las sociedades que viven de los recursos del mar.

Si bien, al no existir un controlador biológico en el ecosistema rocoso para controlar la densidad poblacional de la *Arbacia lixula*, esta especie puede emprender la acción

ramoneadora con mayor rapidez, causando un mayor impacto, ya que, puede llegar a despoblar un ecosistema rocoso, por ser un consumidor de algas, y dejando sin cobertura vegetal y animal a dicho estrato. Por lo tanto, nos encontramos ante una especie que es altamente competitiva, por su capacidad de movimiento y disminución de la cobertura vegetal y biomasa de alga, además de que se caracterizó porque sus púas estaban cargadas de sustancias irritantes, así como la plasticidad que esta tuvo para adaptarse a diferentes condiciones ambientales.

Cabe señalar que, la acción de las olas redujo o incluso eliminó completamente a los equinoideos de las zonas submareales o intermareales, en el cual, la *Arbacia lixula*, construyó madrigueras que contribuyeron a acelerar la erosión local en el ecosistema. Además, esta especie, al tener las madrigueras o las oquedades vacías en los estratos rocosos, se rellenaban de arena causando abrasión bajo la influencia del movimiento del agua, reafirmando lo que dice Calva (2002), que estas guaridas intermareales formadas por esta especie retuvieron agua y funcionaban como charcos de marea en miniatura proveyendo de refugio contra la desecación a numerosas especies de organismos intermareales.

La *Arbacia lixula* estuvo adaptada a vivir en estratos rocosos y blandos, utilizando las espinas y los pies ambulacrales para el desplazamiento, buscando depresiones en las rocas siendo capaz de incrementar la profundidad de tales depresiones y la excavación de agujeros en rocas y otros materiales duros, teniendo como resultado, que esta especie habitó en los estratos rocosos de la zona intermareal de la playa de Chacocente en la costa del pacífico nicaragüense.

Alimentación de la especie *Arbacia lixula* de la clase Echinoidea

La *Arbacia lixula* fue una especie que se caracterizó por tener diferentes hábitos alimenticios, entre ellos, fue un organismo herbívoro, suspensívoros, detritívoro, llegando a ser una especie depredadora. Este poseyó un aparato masticador conocido como la linterna de Aristóteles con la cual, fue tallando y cortando la superficie del sustrato en el que habitaba, alimentándose de las partículas del sustrato, ejerciendo ciertos efectos sobre las comunidades

biológicas, ocasionados por la actividad alimenticia (Figura 6). Padilla et al., 2017 reforzó con esta afirmación con respecto a la *Arbacia lixula*, ya que este organismo se alimentó principalmente de algas, así como consumió una gran variedad de materiales vegetales y animales, donde su dieta estuvo condicionada en función de su hábitat y disponibilidad del alimento.

Figura 6: Superficie del Estrato Rocoso Volcánico tallado y cortado por la especie *Arbacia lixula*. Fuente: Elaboración propia.



Hay que resaltar lo interesante de investigar los efectos de la alimentación de la *Arbacia lixula* sobre las plantas y animales epibentónicos que compusieron una comunidad, ya que, limitó la distribución y abundancia de ellos, su desplazamiento que incluyó diferencialmente en sus presas, su alimentación, así como la estabilidad de las poblaciones afectando la composición y abundancia de su presas y organismos asociados, en donde, estos efectos de alguna manera se relacionaban con la preferencia en su alimento, amplitud en su dieta y su capacidad de perturbación.

Reproducción de la especie *Arbacia lixula* de la clase Echinoidea

Este organismo fue dioico, presentando un dimorfismo sexual, observándose diferencias en la forma de gonóporos y las papilas genitales entre hembras y machos. Su fecundación fue externa con desarrollo indirecto y no tuvieron cuidado parental. Su desove estuvo asociado con las fases lunares y fue regulado por un fotoperiodo por el que el tiempo de dicho proceso de los miembros de la población ocurrió al mismo tiempo.

Uno de los erizos que se encontraban en Chacocente fue la especie *Eucidaris thouarsii*, conocido comúnmente con erizo punta de lápiz. Este organismo se caracteriza por tener una testa gruesa y aplanada en sus superficies aboral y oral. Espinas primarias robustas y cilíndricas con puntas romas, de color púrpura o verde-gris; espinas secundarias cortas y rectangulares, con puntas redondas, con una coloración parda, mientras que la testa tuvo un tono verdoso, con un diámetro de 4 a 13 cm (Figura 7).

Figura 7: Especie *Eucidaris thouarsii* de la clase Echinoidea, Phylum Echinodermata.

Fuente: Elaboración propia



Se distribuyó desde la costa Oeste de América, California, E.U.A, hasta Perú, habitando, en ambientes epibentónicos, encontrándose entre grietas en las rocas, fondos rocosos, en las bases de las colonias de corales pétreos o sobre coral muerto y camas de rodolitos, donde su probabilidad de detección fue dominante. También se encontró, en las costas rocosas de la playa de Chacocente, encontrándose incrustado entre las grietas de los estratos rocosos.

Además, en Chacocente fue notoria otra de las especies de erizo *Echinometra vanbrunti*, siendo de color morado, caracterizándose por tener una testa de forma ovalada, cubierta de espinas cónicas, robustas, afiladas y estriadas con una coloración púrpura o negro. El diámetro de su testa fue de 3-8 cm (Figura 8). Se distribuyó en la región Panámica, extendiéndose desde el norte de California, E.U.A, hasta Perú, incluyendo Islas Galápagos. Habitó en los ambientes epibentónicos, encontrándose en la zona intermareal en posas de marea o grietas entre rocas en fondos rocosos, arrecifes coralinos y fondos arenosos, en donde, su probabilidad de detección fue dominante. Además, esta especie se encontró en Nicaragua, en la zona intermareal de la playa de Chacocente en ecosistemas rocosos marinos costeros.

Figura 8: Especie *Echinometra vanbrunti* de la clase Echinoidea Phylum Echinodermata.

Fuente: Elaboración propia.



Clase Holoturoidea

Los organismos que conformaron esta clase son los pepinos de mar y actualmente comprende 1680 especies, siendo predominantemente bentónicos. Lo que diferenció esta clase de otras especies de equinodermos fue la de poseer un esqueleto rígido, siendo la pared del cuerpo rugosa o suave, según su contenido de espículas (Padilla et al 2017). Este autor refuerzo el resultado obtenido debido a que en los estratos rocosos se encontró una gran variedad de pepinos que soportaban condiciones extremas, donde su presencia fue predominante.

El cuerpo de estos organismos se caracterizó por ser de forma cilíndrica y alargada, presentando simetría bilateral secundaria, diferenciándose dorso-ventralmente y con la boca y el ano en posiciones opuestas. La región ventral presentó tres áreas ambulacrales mientras que la parte dorsal tuvo dos áreas ambulacrales, aunque algunas especies sus pies

ambulacrales llegaron a distribuirse azarosamente por toda la superficie del cuerpo o incluso encarecer estos.

Los pies ambulacrales estaban modificados como papilas sensoriales. En el extremo oral poseyeron de 10 a 30 tentáculos retráctiles rodeando la boca. Estos presentaban distintas formas que fueron características de cada uno de los órdenes de la clase y llegaron ser peltados, dendríticos, pinnados y digitados.

Los holoturoideos fueron animales lentos, habitando en la superficie del fondo o se sepultaban en arena o lodo. Muchas formas de fondos duros viven bajo piedras y en grietas de rocas, así como entre los enormes pedúnculos de ciertas algas marinas. Estos habitaban en ecosistemas rocosos localizados en la zona intermareal del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante-Chacocente, Nicaragua.

Clase Asteroidea

Esta clase estuvo conformada por las estrellas de mar y fue una de las más diversas entre los equinodermos. Presentaban formas estrelladas y su cuerpo estaba constituido por un disco central, al cual, se le asociaron los brazos o radios. Su cuerpo se encontraba conformado por oscículos compuesto de carbonato de calcio y tejido conectivo compuesto por fibras de colágeno, lo que les facilitó que haya una gran variación de formas y flexibilidad de los brazos.

De acuerdo a la forma y número de brazos (de 5 a 50), existieron distintos tipos morfológicos como son: brazos cortos y cuerpo pentagonal, brazos largos y disco pequeño, brazos gruesos y cuerpo redondo. De manera general, un asteroideo se diferenció en dos partes. La superficie aboral, llegó a estar cubierta de espinas, tubérculos, gránulos, entre otros y en el centro del disco, se encuentra el ano (no se presenta en todas las especies) y muy cerca de esta se localizó la madreporita.

La superficie oral se encontraba en contacto con el sustrato y es donde se sitúa la boca, la cual, posee cinco mandíbulas triangulares y los surcos ambulacrales, que se distribuyeron a lo largo de cada brazo. Dentro de estos, se encontraban los pies ambulacrales dispuestos en dos o cuatro filas paralelas y protegidas por espinas móviles. Los pies ambulacrales juntos con el sistema vascular acuífero fueron los encargados de la locomoción y llegando a ser de distintas formas, adaptándose al tipo de sustrato en el que se encontraban.

Estos organismos se arrastraban sobre el sustrato utilizando sus pies ambulacrales. Fueron animales cosmopólitas que generalmente habitaban en aguas poco profundas, encontrándose concentraciones en los ecosistemas rocosos del Refugio de Vida Silvestre Chacocente.

Estos se caracterizaron por poseer la capacidad de regeneración, es decir, desprendimiento o pérdida de brazos, siendo un mecanismo que les permitió escapar de sus depredadores. Dicha capacidad formó parte fundamental en la reproducción asexual (fisiparidad) de varias especies de los asteroideos entre ellos de las especies *Phantaria unifascialis*, las cuales, dependieron de las condiciones y el estatus nutricional que estos organismos tuvieron, pudiendo dividirse a través del disco produciendo clones.

La especie *Hacelia attenuata*, se caracterizó por desprender uno o más brazos de los cuales regeneran un disco completo y brazos faltantes. Además, otras especies se reprodujeron sexualmente por fecundación externa a través de la expulsión de los gametos en la columna de agua, siendo normalmente dioicas (presentaban sexos separados), aunque también existen organismos hermafroditas.

Entre estas especies la *Phantaria unifascialis* y *Hacelia attenuata* (Figura 9), conocida comúnmente como estrella bronceada. Ella se caracterizó por tener un disco pequeño en forma piramidal y cinco brazos alargados, redondos y afilados en sus extremos distales con una apariencia suave granular. La superficie aboral se encontró cubierta por gránulos de variables formas y tamaños, siendo de una coloración que varió pudiendo ser marrón-naranja, azul-gris, rojizo naranja o amarilla, con un diámetro promedio de 8 a 13.7 cm.

Figura 9: Especie *Phantaria unifascialis* y *Hacelia attenuata* de la clase Asteroidea, Phylum Echinodermata. Fuente: Elaboración propia.



Es característica de la costa Oeste de América, desde el Golfo de California hasta Perú, incluyendo las Islas Galápagos, habitando en ambientes epibentónicos, encontrándose sobre sustratos arenosos, areno-rocoso, rocosos, algas coralinas y arrecifes coralinos. Ambas especies habitaban en ecosistemas rocosos, con características muy diferentes que hicieron que se distribuyeran en todas las partes del ecosistema rocoso.

5.1.3. Phylum Mollusca

Los individuos del Phylum Mollusca fueron algunos de los invertebrados más notorios y conocidos para el ser humano. Son animales de cuerpo blando y formas variables y habitaban en cualquier tipo de clima, especialmente en los trópicos, desde sustratos de fondos arenosos a zonas extensas de manglares (Villalaz et al., 2002). Este autor, permitió afirmar que estos organismos fueron muy generalistas en la selección de sus hábitats, distribuyéndose en todas las partes de los ecosistemas rocoso marino costero.

Los moluscos poseyeron una gran tolerancia a los ambientes contaminados y con perturbaciones como el aporte de agua dulce, donde, su abundancia fue menor con respecto a aquellos ecosistemas que no presentaban una perturbación natural como la abierta de bocana del Río Escalante en Chacocente.

Los moluscos se dividieron en siete clases: Bivalva (almejas, ostras y mejillones), Gasterópoda (caracoles), Monoplacophora, Aplacophora, Polyplacophora (quitones), Scaphopoda (colmillos o dientes de mar) y Cephalopoda (sepias, calamares y pulpos, los cuales estuvieron asociados en aguas profundas) (Gómez, 2000).

La clase gasterópoda (también llamada Gastrópoda), cuyos individuos presentaban una sola concha, fue la más conocida, numerosa y variada en cuanto a la forma, patrones de colores y esculturas de las conchas, encontrando nuestra especie *Littorina aspera* en los ecosistemas rocosos localizados en la playa de Chacocente (Ver figura 10).

Figura 10: Especie *Littorina aspera* de la clase Gasterópoda Phylum Mollusca en estrato rocoso volcánico. Fuente, elaboración propia.



Los bivalvos habitaban en ambientes con características climáticas diferentes. Sin embargo, la costa de Chacocente presentaba las condiciones más favorables para su existencia, distribución, reproducción, llegando a ser nadadores, excavadores, fijos o perforantes. Los bivalvos tuvieron importancia económica y fueron fuente de alimento para los humanos y las cadenas tróficas del ecosistema marino. En dicha clase, encontramos la especie *Cardita affinis* que se encontró incrustado en el sustrato en todos los ecosistemas muestreados (Ver figura 11).

Figura 11: especie *Cardita affinis* de la clase Bivalvia Phylum Mollusca en estratos rocosos de la zona intermareal en ecosistemas rocosos. Fuente: Elaboración propia



si bien la capacidad que tuvo la especie *Cardita affinis* para sobrevivir en la zona intermareal fue resistente, ya que, se encontró sujeta a frecuentes períodos de desecación, cambios de salinidad, temperatura y fuertes cargas de sedimentos. Cuando cualquiera de estos factores se volvieron intolerantes, esta especie lo sobrellevaba cerrando sus valvas y modificando su proceso respiratorio.

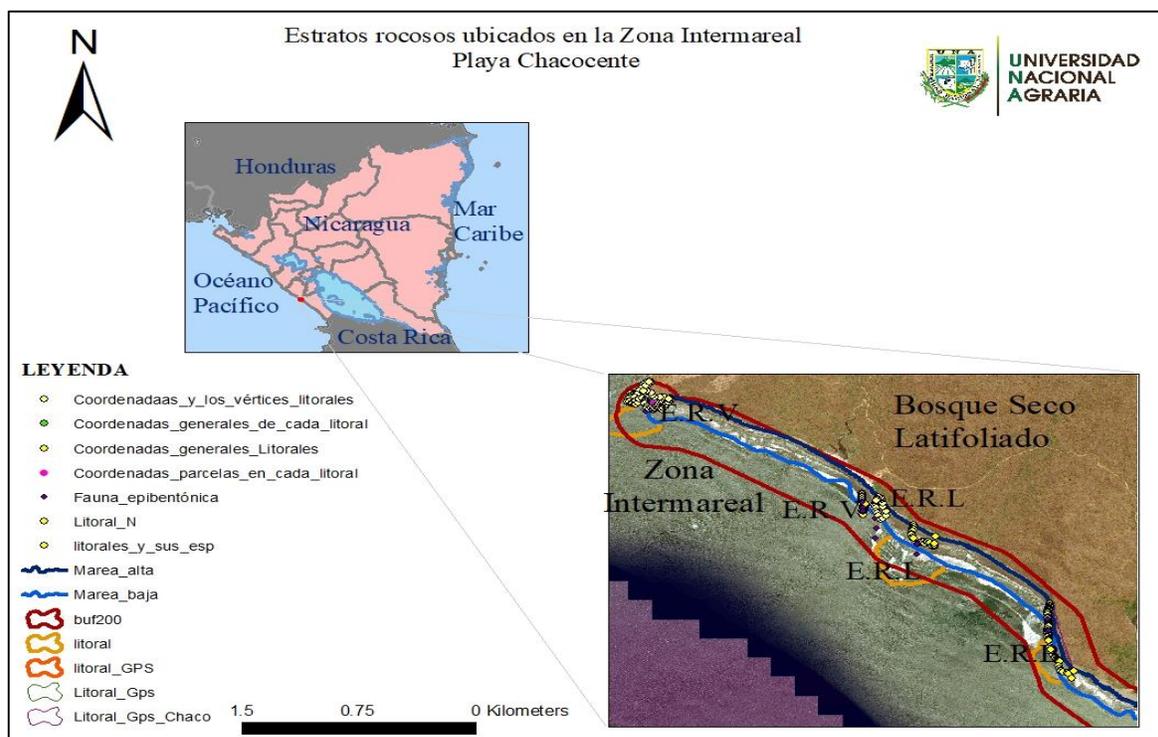
La tolerancia y adaptabilidad de los moluscos, en particular de los bivalvos, los han situado como los organismos preferidos en el monitoreo de la presencia de contaminantes e indicadores de la calidad de los ecosistemas, en especial de las especies *Cardita affinis*, *Barbatia rostrata* y *Pseudochama corrugata* como filtradores y algunos gasterópodos como las especies *Nerita scabricosta*, *Littorina aspera*, *Jenneria pustulata* y *Dolabrifera dolabrifera* como herbívoros respondiendo, cada uno, a una fracción particular del cuerpo de agua, contribuyendo al equilibrio en el ecosistema, porque ayudaban a que haya una fluctuación en materia y energía para otros organismos.

5.2. Asociación de la abundancia y riqueza de las especies en los tipos de formación geológica en el Refugio de Vida Silvestre Chacocente

5.2.1. Estratos rocosos marinos costeros ubicados en la playa de Chacocente

A partir de la recolección de datos en parcelas permanentes de muestreo en ecosistemas marinos costeros en la playa de Chacocente y mediante la aplicación de índices de diversidad biológica, riqueza específica, equitabilidad y patrones de distribución espacio-temporal, así como de la identificación in situ de los ecosistemas y sus características principales se obtiene como resultado, ver figura 12:

Figura 12: Mapa de los sitios de muestreos ubicados en la Zona Intermareal, Playa Chacocente. Fuente: Elaboración propia.



Se identificaron aquellos sitios y puntos críticos donde era notoria la interacción del oleaje del mar con diversas condiciones a las que se encontraban expuestas la diversidad biológica dentro de los estratos rocosos, a lo largo de la zona intermareal de la Playa de Chacocente,

con la intención de obtener muestras de nichos ecológicos disímiles y de las asociaciones de las especies *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*. A continuación, se describen cada uno:

i. Estrato Rocosó Volcánico (E.R.V): Área donde se encontraban grandes rocas, con una porosidad bien definida, estructura irregular y con grandes cantidades de macro fauna epibentónico, donde el oleaje no impactó tan fuerte por la protección que las rocas que les dio a las especies. Fue el estrato más grande y rico en biodiversidad. Se pudieron observar grandes cantidades de algas, corales, materia orgánica (Ver Anexo 7).

fue uno del ecosistema más diverso y extensos, encontrándose una mayor diversidad, por lo que, tuvo alta protección directa de las olas, por lo que favoreció a la coexistencia y heterogeneidad en la biodiversidad, lo que les permitió competir de manera intensa por el espacio y alimento.

Ibarra (2016) reforzó dicho resultado, ya que estos estratos son ecosistemas muy dinámicos y complejos, contribuyendo a una gran diversidad de comunidades epibentónicos marinas costeras, en el cual, las condiciones a las que se encontraban expuestas los diferentes organismos son extremas, lo cual, las mismas especies y las variables físicas-químicas que estaban presentes en el medio natural permitió encontrar distribuciones que no han logrado ser ni agrupadas ni aleatorias.

ii. Estrato Rocosó Laminar (E.R.L): Área donde la forma del estrato va en láminas, en el cual, el agua, entró por diferentes canales que hay en el ecosistema. El impacto del oleaje es mayor con respecto al E.R.V, en donde, las comunidades de macro faunas, se encontraban aún más expuestas a las diferentes condiciones ambientales y se pudo observar grandes cantidades de materia orgánica y una riqueza de especies muy diversa (Ver Anexo 8).

Este se caracterizó por tener un impacto del oleaje mayor que del E.R.V, pero, sin embargo, la diversidad encontrada en dicho ecosistema fue muy abundante y diversificada, lo cual, las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, se alojaron sobre las hendiduras del sedimento

depositado, por lo cual, este tipo de ecosistema permitió lograr identificar que estas especies sean generalistas en la elección de sus hábitats, lo que contribuyó a la diversificación del alimento para las especies de moluscos, crustáceos, equinodermos que son de importancia comercial.

Carballo y Pocasangre (2007), reforzó el resultado obtenido, afirmándose que uno y otro ecosistema representan áreas de alimentación para diversas especies de crustáceos, moluscos, equinodermos, varios de ellos de importancia comercial, lo que permitió que haya un intercambio de materia y energía en el ecosistema, dándole estabilidad a los mismos.

- iii. Estrato Rocoso con abierta de Bocana (E.R.B): Su principal característica fue la de poseer una abierta de bocana del Río Escalante, el cual, sufre el impacto de las olas del mar y de la rompiente de la bocana. Estos fueron dos estratos (Laminar y Volcánico) los cuales, el estrato rocoso volcánico merma la velocidad del oleaje. En ellos, se encontraban grandes cantidades de diversidad biológica, desde Gastrópodos, moluscos, bivalvos, Equinodermos, entre otros (Ver Anexo 9).

Este ecosistema fue el más afectado por el oleaje y el aporte de agua dulce con el agua salada por lo cual, causó una gran perturbación en las comunidades de macroinvertebrados epibentónicos, que contribuyó a los disturbios y zonaciones en la composición taxonómica, abundancia y distribución de los mismos, en el cual, hizo que la diversidad fuera menor que todos aquellos estratos que tuvieron la protección directa de las olas.

Las condiciones en las que se encontraba este tipo de ecosistema presentó uno de los ambientes físicamente más extremos, lo que permitió determinar una zonación o distribución de especies, ya sea, en franjas, o bandadas, según ciertos factores incidentes, como por ejemplo: el régimen climático, energía del viento, oleaje, intensidad lumínica, mareas, topografía del sustrato, salinidad, aporte de agua dulce y temperatura, así como, factores biológicos por mencionar algunos de ellos: presión por depredadores, competencia por espacios y alimento.

Si bien, Segovia et al., (2017) afirmó que la clase Ophiuroidea y Echinoidea su distribución en los ecosistemas rocosos estuvo influenciada por factores físico-químicos, la cual, su distribución y abundancia estaban condicionadas al tipo de sustrato, así como la riqueza de especies en Chacocente mostraron mayor sensibilidad a las variaciones de salinidad y la temperatura.

5.2.2. Abundancia y Riqueza en los estratos rocosos marinos costeros

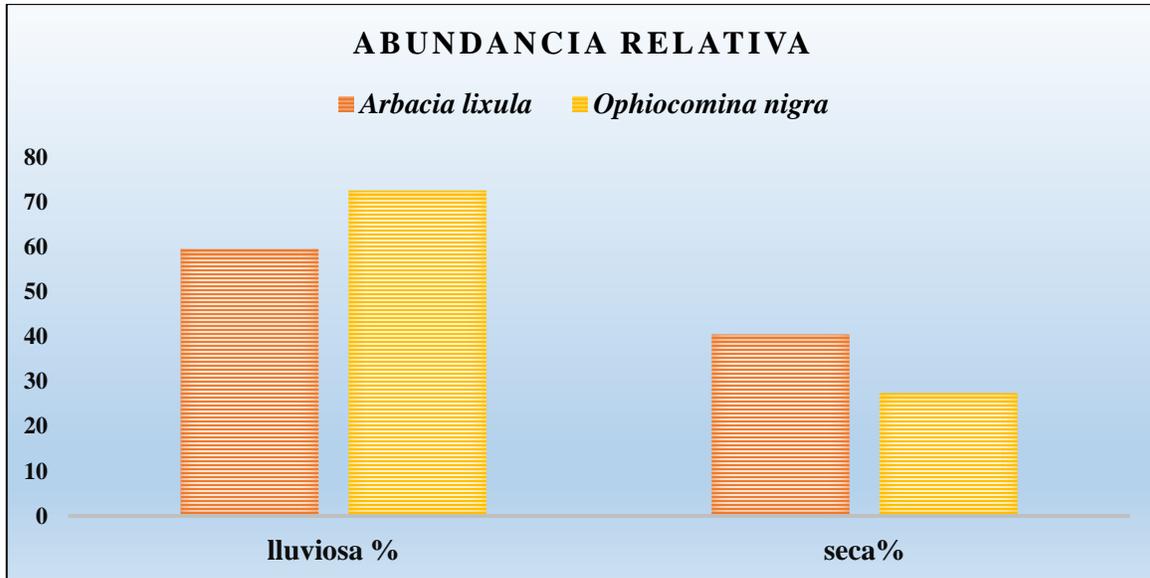
El índice de Simpson manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie.

La abundancia total de macrofauna bentónica en Estratos rocosos de la zona intermareal en la Playa del RVS- Chacocente fue de 26485 individuos, encontrando una riqueza de 31 especies en ambas épocas de muestreo (seca y lluviosa), distribuyéndose en tres Phylum correspondiente al Phylum Mollusca (clase gasterópoda y Bivalvia), Echinodermata (Clase Ophiuroidea, Echinoidea, Asteroidea y Holoturoidea) y Arthropoda (subphylum Crustacea, clase Malacostraca, orden Decapoda) en los estratos rocosos muestreados.

De los 26485 bit/ind, se encontró una abundancia total de especie *Arbacia lixula* de 3002 bit/ind y una abundancia total de 2131 bit/ind de la especie *Ophiocomina nigra* en los 5 estratos rocosos y en las dos épocas en las que se realizó el muestreo, el cual, corresponde al 27.65% de total y 72.34%, respectivamente, en los ecosistemas rocosos muestreados.

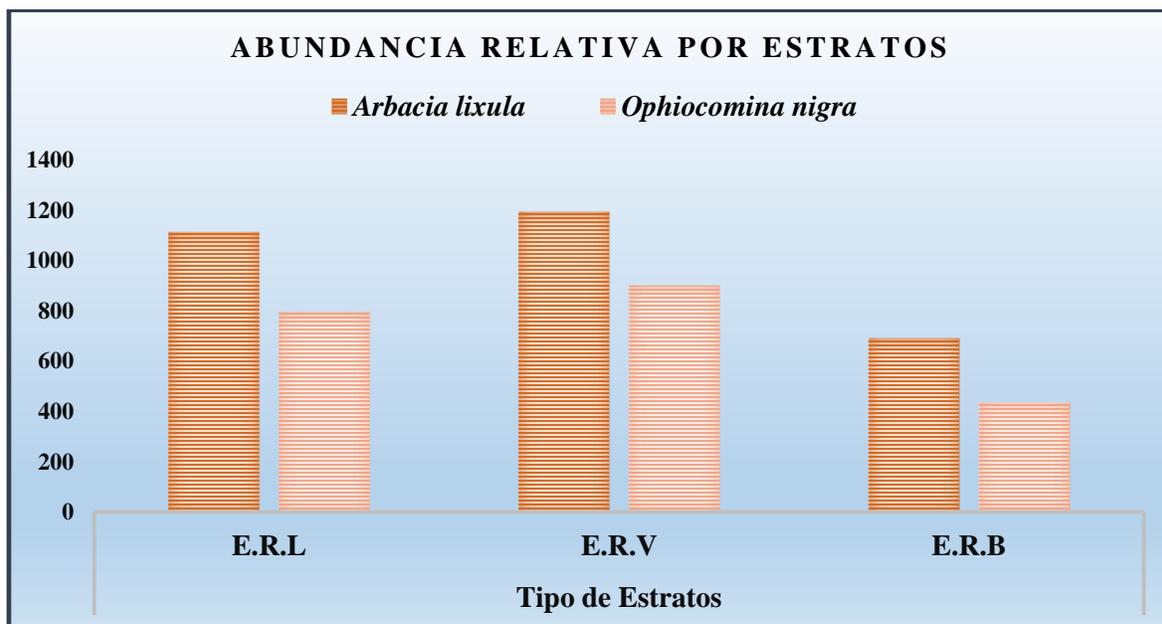
Durante la época seca se obtuvo 7324 bit/ind, del cual, 1216 bit/ind se encontraron de *Arbacia lixula*, lo cual corresponde al 40.50% y 584 bit/ind de *Ophiocomina nigra*, obteniendo un 27.40%. Durante la época lluviosa se obtuvo una abundancia de 19161 bit/ind, del cual, 1786 individuos corresponden a la especie *Arbacia lixula*, obteniendo un porcentaje de 59.49% y 1547 individuos a la especie *Ophiocomina nigra*, correspondiendo al 72.59% respectivamente (ver Figura 13).

Figura 13: Abundancia relativa de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en estratos rocosos de la zona intermareal – Playa Chacocente. E.R.L= Estrato Rocoso Laminar, E.R.V= Estrato Rocoso Volcánico, E.R.B= Estrato Rocoso con Abierta de Bocana.



En el caso de la abundancia por Estratos rocosos, el estrato E.R.L (Estrato Rocoso Laminar), tuvo una abundancia total de 11798 bit/ind, representando el 44.54% de la diversidad total epibentónica y E.R.V (Estrato Rocoso Volcánico) obtuvo una abundancia total de 11124 bit/ind en ambas épocas de muestreo, lo cual, corresponde al 42.00%, presentando un incremento en el número de individuos durante la época seca, así como la lluviosa, caso contrario sucedió con el Estrato Rocoso con abierta de Bocana (E.R.B), el cual obtuvo una abundancia total de 3563 bit/ind, correspondiente al 13.45% donde se presentó un valor de abundancia inferior a la obtenida en la época seca y lluviosa (ver Figura 14).

Figura 14: Abundancia relativa por sitios de muestreo de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en estratos rocosos de la zona intermareal – Playa Chacocente. E.R.L= Estrato Rocoso Laminar, E.R.V= Estrato Rocoso Volcánico, E.R.B= Estrato Rocoso con Abierta de Bocana.



Por lo tanto, en el E.R.L, la especie *Arbacia lixula*, tuvo una representación total de 1115 bit/ind, con un porcentaje total de 37.14% y la especie *Ophiocomina nigra*, tuvo una abundancia de 795 bit/ind, el cual, corresponde al 37.30%, con respecto al E.R.V, la *Arbacia lixula* tuvo una representación de 1196 bit/ind, teniendo como porcentaje 39.84%, así como la especie *Ophiocomina nigra* tuvo una cantidad de 901 bit/ind, con una representación del 30.01%, siendo los estratos más abundantes en las épocas de muestreo seca y lluviosa.

Con respecto al E.R.B, la *Arbacia lixula* tuvo una cantidad de individuos en ambas épocas de 691 bit/ind, con un porcentaje de 23.01% y una cantidad de individuos de *Ophiocomina nigra* de 435 bit/ind, correspondiendo al 20.41% respectivamente a los períodos de los muestreos.

Ibarra (2016) afirmó que los estratos rocosos que tuvieron una protección directa de las olas presenta mayor diversidad que todos aquellos ecosistemas que no tuvieron ninguna protección, reforzando los resultados obtenidos, ya que la abundancia la especie *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* es mayor en el E.R.V y E.R.L, por lo que, estos disminuyen el impacto del oleaje y contribuyen a que estas especies tengan mayor protección directa de las olas. Mientras que, en el E.R.B, en la época de lluviosa, el impacto por la abierta de bocana del Río Escalante, es mayor, repercutiendo en las comunidades de erizos en especial en la *Arbacia lixula*, estrellas frágiles *Ophiocomina nigra* y macroinvertebrados bentónicos.

Taxonómicamente los individuos encontrados en los 5 puntos de muestreos estuvieron distribuidos en 3 Phylum: Mollusca con una abundancia total de 22777 bit/ind, pertenecientes a la clase Gasterópoda también conocida como Gastrópoda (caracoles), Polyplacophora (quitones) y Bivalva (almejas, ostras y mejillones).

Los individuos del Phylum Mollusca son algunos de los invertebrados más notorios y conocidos para el ser humano. López y Urcuyo (2009), afirmaron que estos organismos se adaptan a las diferentes condiciones, reforzando los resultados, debido a que estos tres Phylum habitaron en los ecosistemas E.R.V, E.R.L y E.R.B en la zona intermareal de Chacocente, los cuales, tuvieron un impacto directo del oleaje, encontrándose expuestos a varias horas de emersión e inmersión, así como el aporte de agua dulce, habitando en ecosistemas rocosos.

Además, que los moluscos son uno de los organismos con mayor abundancia en los diferentes estratos rocosos, seguido del Phylum Echinodermata, caracterizándose por ser especies generalistas en la selección de sus hábitats.

El Phylum Arthropoda tuvo una abundancia total de 1000 bit/ind organismos de la clase Malacostraca en todos los ecosistemas rocosos y el Echinodermata tuvo una abundancia total de 2708 bit/ind, encontrando la clase de Ophiuroidea, teniendo a nuestra especie de interés *Ophiocomina nigra* y la clase Echinoidea nuestra especie *Arbacia lixula*. (Ver Figura 15), estando este último Phylum presente en las diferentes estaciones de muestreo y en los 5

estratos rocosos, teniendo mayor abundancia durante la época lluviosa siendo muy representativo en comparación a los otros grupos taxonómicos (Figura 16 y 17).

Figura 15: Abundancia por Phylum de macrofauna bentónica en estratos rocosos de la zona intermareal – Playa Chacocente. E.R. L= Estrato Rocosó Laminar, E.R. V= Estrato Rocosó Volcánico, E.R. B= Estrato Rocosó con Abierta de Bocana.

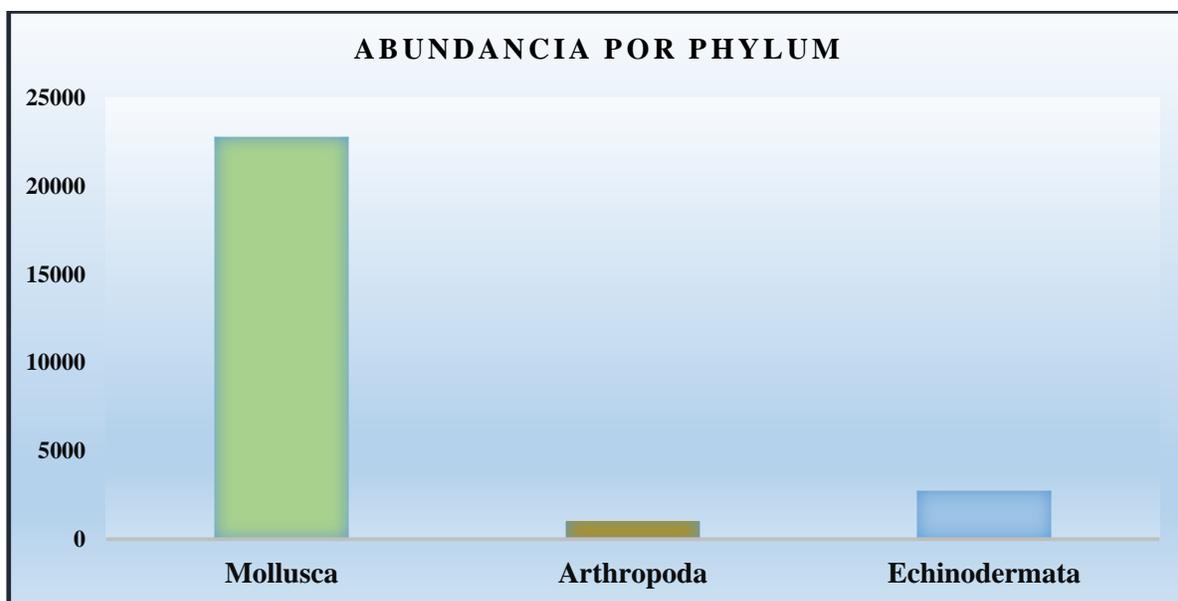


Figura 16: Distribución de abundancia de macrofauna por Phylum en ambas épocas de muestreo – Playa Chacocente. Abundancia por Phylum de macrofauna bentónica en estratos rocosos de la zona intermareal – Playa Chacocente. E.R.L= Estrato Rocosó Laminar, E.R.V= Estrato Rocosó Volcánico, E.R.B=Estrato Rocosó con abierta de Bocana

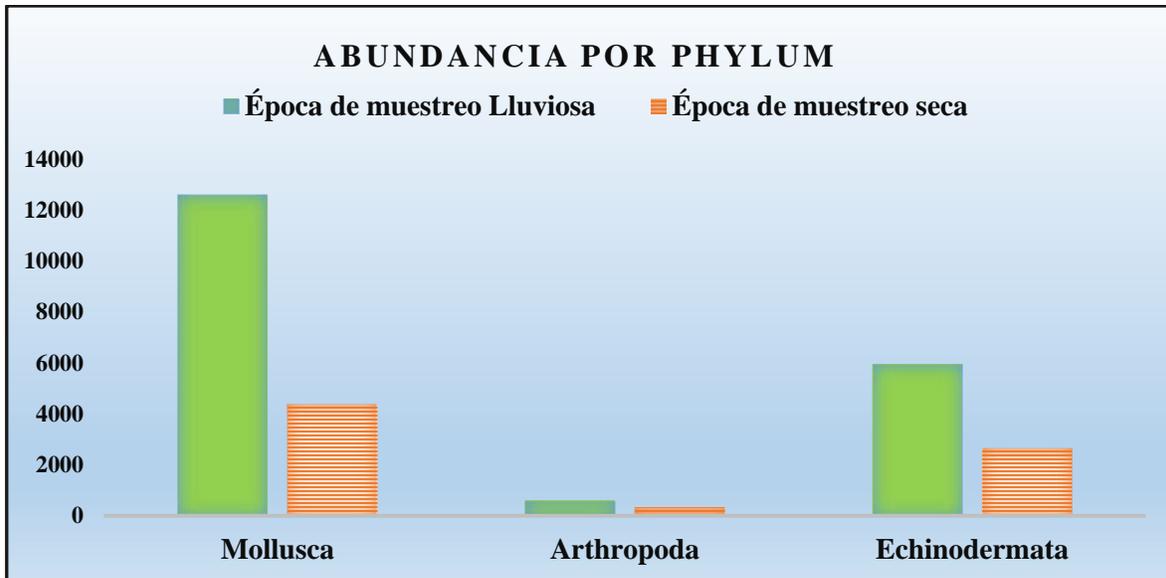
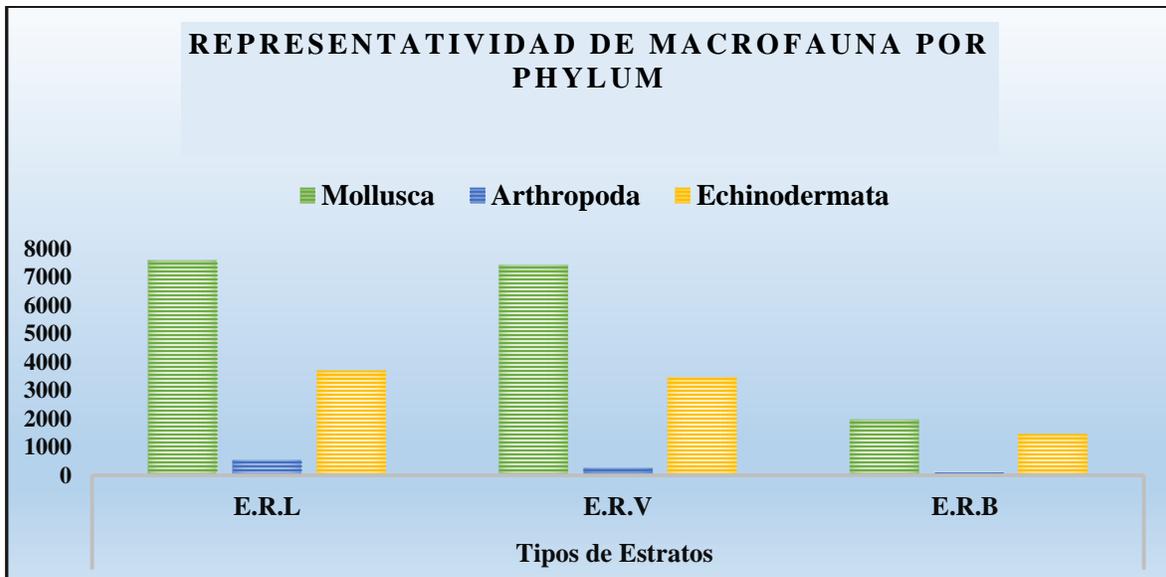


Figura 17: Representatividad de la macrofauna bentónica por Phylum por cada estrato rocosos muestreado – Playa Chacocente. E.R. L= Estrato Rocoso Laminar, E.R. V= Estrato Rocoso Volcánico, E.R. B= Estrato Rocoso con Abierta de Bocana.



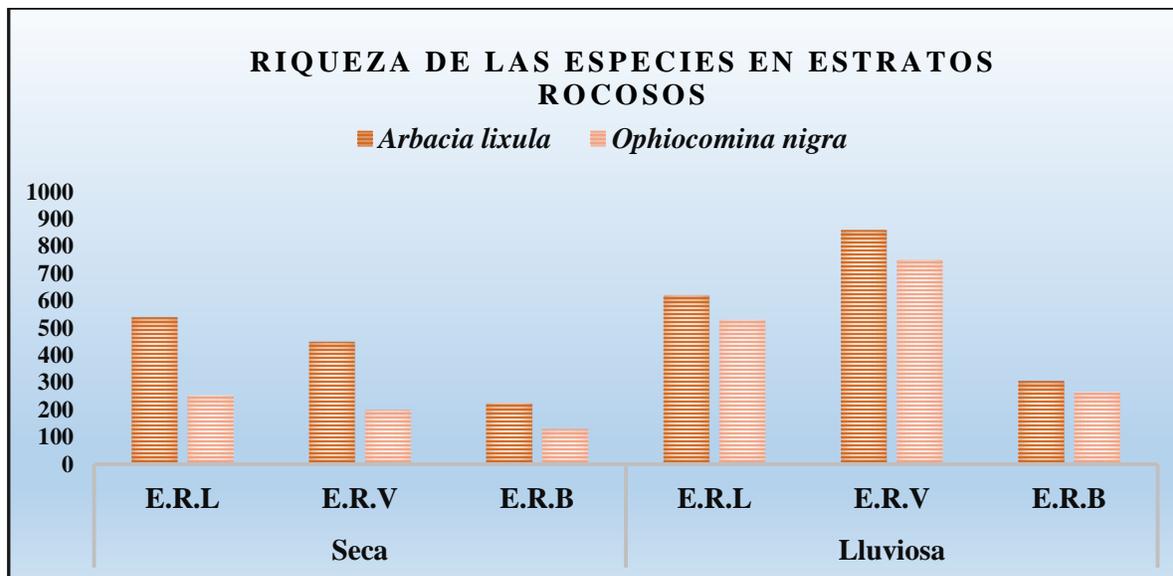
Por ende, la gran mayoría de las especies presentes en la zona intermareal de las playas arenosas según Escrivá (2013) formaron parte de la epifauna, representándose por aquellos organismos que habitaban el sedimento en el medio acuático, ya sean anclados a él o desplazándose libremente sobre el mismo, reafirmando los resultados obtenidos, teniendo

algunos ejemplos los equinodermos (*Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*), los moluscos (*Anachis lyrata*, *Nerita scabricosta* y *Jenneria pustulata*), Artrópodos (*Eriphia squamata*), que habitaron en los estratos rocosos, anclados sobre el sustrato, formando oquedades o terrazas de abrasión, dentro de las grietas y adheridos al sustrato, lo que hacen que estos ecosistemas sean dinámicos y diversos por las diferentes funciones que ellos realizan.

Cabe destacar que, durante las dos épocas de muestreo, la especie *Ophiocomina nigra* tuvo menor abundancia con respecto a la *Arbacia lixula*, pero siempre estuvo presente en las tres parcelas de muestreo y en los 5 estratos muestreados, permitiendo que hubiera un balance en la distribución y abundancia de las especies como, por ejemplo, la especie *Nerita scabricosta*, la cual pertenece al Phylum Mollusca de la clase Gasterópoda, teniendo una representatividad durante la época seca.

Al analizar la riqueza de especies en función de la época de muestreo se observó que, para la época seca, la abundancia de la especie *Arbacia lixula* estuvo en mayor cantidad que la especie *Ophiocomina nigra* obteniendo los valores más altos en el litoral E.R.L entre todos los sitios de muestreo con dicha especie, respectivamente. El Estrato E.R.V si bien presentó valores intermedios comparado con los otros sitios, en el cual, disminuyó su riqueza de especies en la época seca e incrementándose en la época lluviosa. Lo anterior presenta estrecha relación a lo expuesto respecto a la abundancia. Finalmente, el E.R.B fue aquel que presentó menor número de especies de *Ophiocomina nigra* con respecto a *Arbacia lixula* en ambas épocas de muestreos (ver Figura 18; ver Anexo 10).

Figura 18: Riqueza de especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en estratos rocosos de la zona intermareal – Playa Chacocente. E.R.L= Estrato Rocoso Laminar, E.R.V= Estrato Rocoso Volcánico, E.R.B= Estrato Rocoso con Abierta de Bocana.



Si bien, cabe destacar que la época de lluviosa tuvo mayor aumento de la riqueza *Ophiocomina nigra* en relación a la *Arbacia lixula*, la cual, esta última especie tuvo una disminución, con respecto a la época seca, en los 5 estratos muestreados y en las diferentes parcelas establecidas.

Ibarra (2016), explicó que la comunidad de macrofauna epibentónica en términos de abundancia y riqueza de especies, es más compleja y diversa en zonas rocosas protegidas que en las playas arenosas expuestas. En la zona intermareal de la Playa de Chacocente, se logró observar que los estratos rocosos de muestreo que presentaban algún tipo de protección de la acción directa de las olas (E.R.L y E.R.V) tuvieron mayor presencia de individuos, mientras que el Estrato rocoso desprotegido (E.R.B) mostró los valores más bajos en el número de individuos y tuvo una variación importante de individuos en las diferentes épocas de muestreo y en el reclutamiento de especies dentro del mismo.

Por ende, la riqueza de especies según los diferentes estratos rocosos ubicados en la playa de Chacocente, se encontró una gran variación, ya que, el E.R.L tuvo mayor presencia de

Arbacia lixula a diferencia de la especie *Ophiocomina nigra*, así como, el E.R.V, el cual, presentaba mayor riqueza en las dos organismos de interés, pero teniendo una mayor abundancia de la especie *Arbacia lixula*, mientras que en el E.R.B, se encontró una diferencia, debido a que la abundancia de ambas especies disminuyeron en las diferentes épocas de muestreo.

Ibarra (2016) refirió que debido a que estas dos especies son organismos exigentes con los requerimientos ambientales, fue muy frecuente encontrar zonaciones en las comunidades de macrofauna epibentónica. En el caso del sitio E.R.B tuvo variaciones tanto para la abundancia como riqueza de especies y en especial de *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, por ende, como resultado de la diversidad de hábitat y su interacción con el medio ambiente, las comunidades bentónicas en los estratos rocosos difirieron en composición taxonómica, abundancia específica y el papel funcional de los organismos, debido a que el aporte de agua dulce con agua salada en este ecosistema en la época lluviosa, fue una fuente potencial de disturbio, por lo cual, causó cambios súbitos en la diversidad, haciendo que las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* disminuyeron su abundancia con respecto a los otros ecosistemas.

Lo ocurrido anteriormente estuvo estrechamente relacionado a las condiciones físicas del lugar. Si bien el sitio E.R.B contó con un pequeño sistema rocoso que lo protege, caracterizándose por tener un espacio de convergencia entre el mar y el Río Escalante donde fluye agua dulce, modificando la distribución espacio-temporal de los individuos.

Durante la época lluviosa, el aporte de agua dulce y arrastre de sedimentos influyó en la movilización y muerte de los individuos producto de la intolerancia que algunos poseen a cambios en la composición físico-química del sustrato, en donde, la salinidad fue afectada por el aporte en el balance de agua dulce con agua salada. Esto último coincidió a lo expresado por Pech y Ardisson (2010) y Guevara et al., (2011), quienes aseguraron que los cambios en la salinidad debido al balance de los aportes de agua dulce y agua salada, constituyeron una fuente potencial de disturbio en la comunidad bentónica.

5.2.3. Índice de Shannon-Weaver

Los resultados obtenidos en las épocas de muestreo (seca y lluviosa) mediante el índice de Shannon-Weaver se constató que la diversidad epibentónica encontrada en los diferentes estratos rocosos fue menor de 3.5 bits/ind. Por consiguiente, cabe señalar que la especie *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula* representa la dominancia en todos los nichos ecológicos encontrados.

Si bien, el índice de Shannon-Weaver indicó que las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* no someten a los ecosistemas E.R.V y E.R.B a tensión ya que las condiciones lo favorecen, reflejando que la asociación de estas dos especies se da porque ambas son parte de la cadena trófica superior, lo que facilitó que ambas sean depredadores oportunistas, contribuyendo a la coexistencia de otras especies, debido a que contribuyen a controlar la competencia por espacio y alimento dentro de los estratos rocosos.

En el estrato rocoso con abierta de bocana (E.R.B.) en ambas épocas de muestreo presentó un valor 2.99 bits/ind cercano al máximo indicativo de tensión sin llegar a superarlo producto que la especie *Arbacia lixula* estuvo siempre en mayor abundancia con respecto a la *Ophiocomina nigra* en los diferentes estratos, así como, las características físicas en las que se encontraba expuesto dicho ecosistema y por consiguiente, las variables físico- químicas con las que se evaluaron hacen que el estrato rocoso se encuentre sometido a tensión, por lo que la *Ophiocomina nigra* es más sensible que la *Arbacia lixula* con respecto a las fluctuaciones de estas variables, por lo que, esta se distribuyó con mayor rapidez, dominando este ecosistema.

Fueron notorias las diferencias entre los valores de diversidad de ambas épocas y se debe destacar que, en congruencia con la abundancia y riqueza de especies, la época lluviosa mostró valores más cercanos a la diversidad máxima esperada (H_{max}) (ver Figuras 19 y 20) calculada con el índice de Shannon-Weaver, en donde, hubo un incremento tanto de la especie *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en los diferentes estratos muestreados. Es por ello, que ambas especies se caracterizaron por ser muy generalistas en la selección de sus

hábitats y en sus alimentos, por lo cual, al ser depredadores oportunistas, llegan alimentarse de algas, animales, materia orgánica y al no tener alimento disponible en el ecosistema se aprovechan de los recursos que hay él, estabilizando de esa manera el ecosistema.

Figura 19: Índice de Shannon-Weaver de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en los sitios de muestreo durante la época seca – Playa Chacocente.

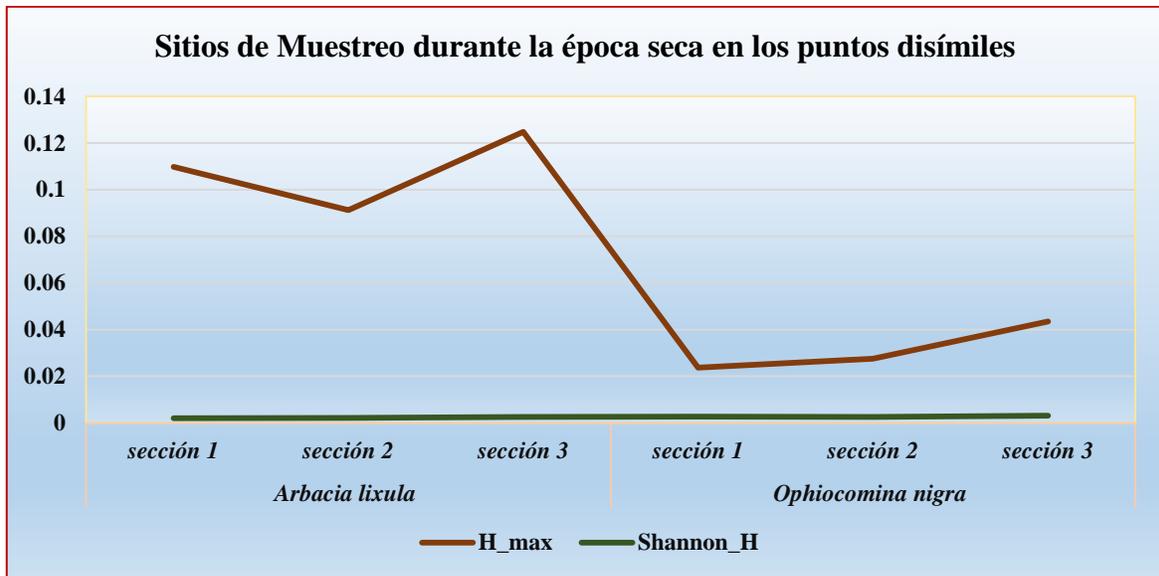
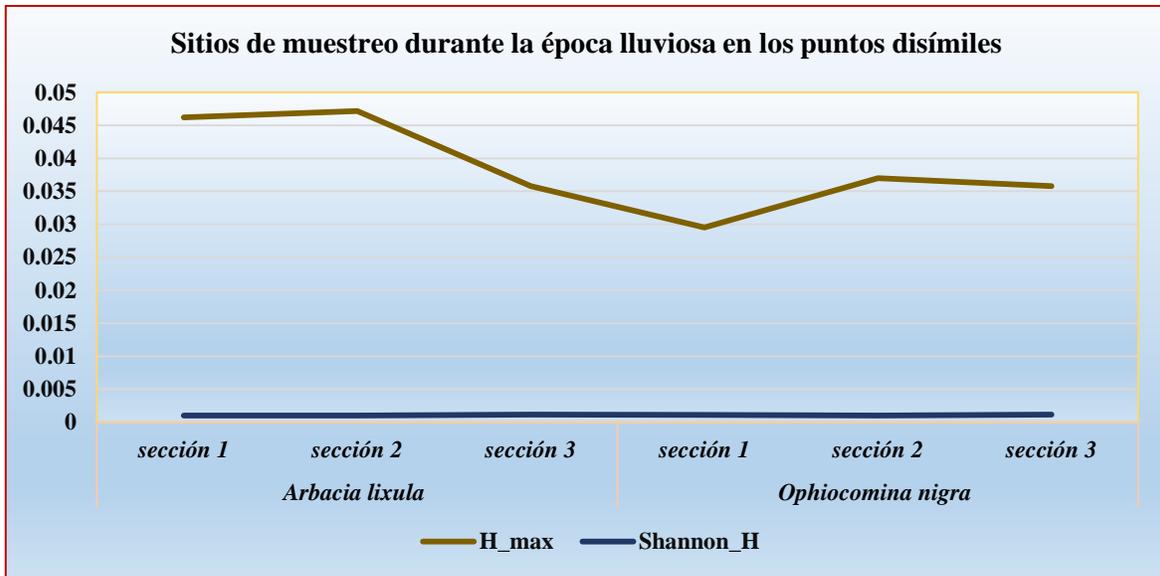


Figura 20: Índice de Shannon-Weaver de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en los sitios de muestreo durante la época lluviosa – Playa Chacocente.



En cuanto a la dominancia y equidad de las especies *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula* (Figuras 21 y 22), se evidenció cambios en el comportamiento de los valores tanto entre los estratos como entre las épocas de muestreos, siendo la época lluviosa la que tuvo mayor homogeneidad, lo cual es congruente con los valores obtenidos de abundancia y riqueza de especies.

Figura 21: Dominancia y equidad de especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en los sitios de muestreo durante la época seca – Playa Chacocente.

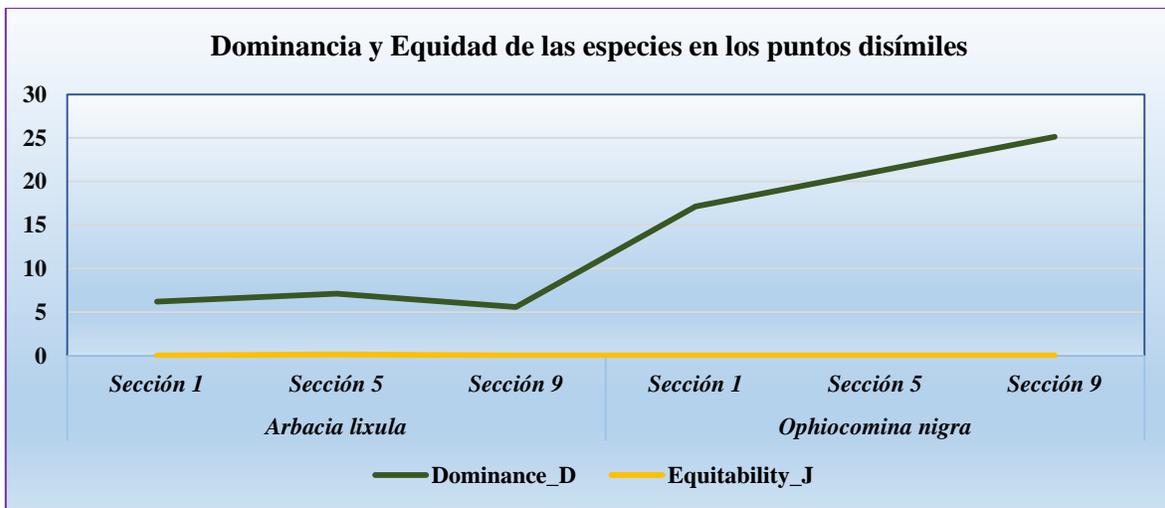
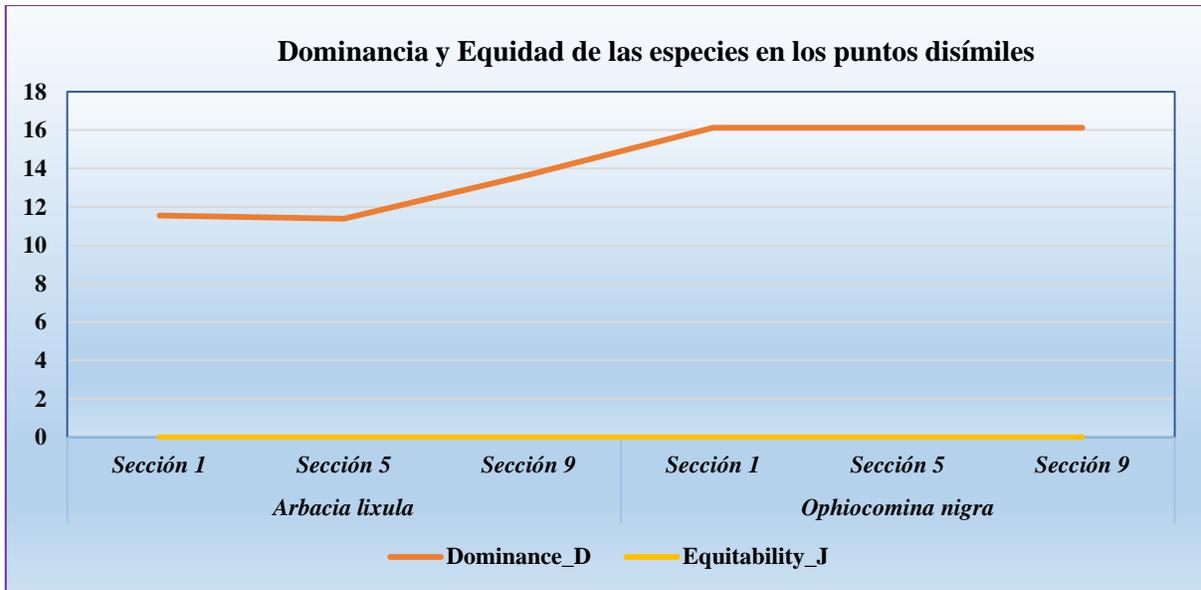


Figura 22: Dominancia y equidad de especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en los sitios de muestreo durante la época lluviosa–Playa Chacocente.



5.2.4. Identificación de Patrones de Distribución Espacio -Temporal en los ecosistemas rocosos de la Playa de Chacocente

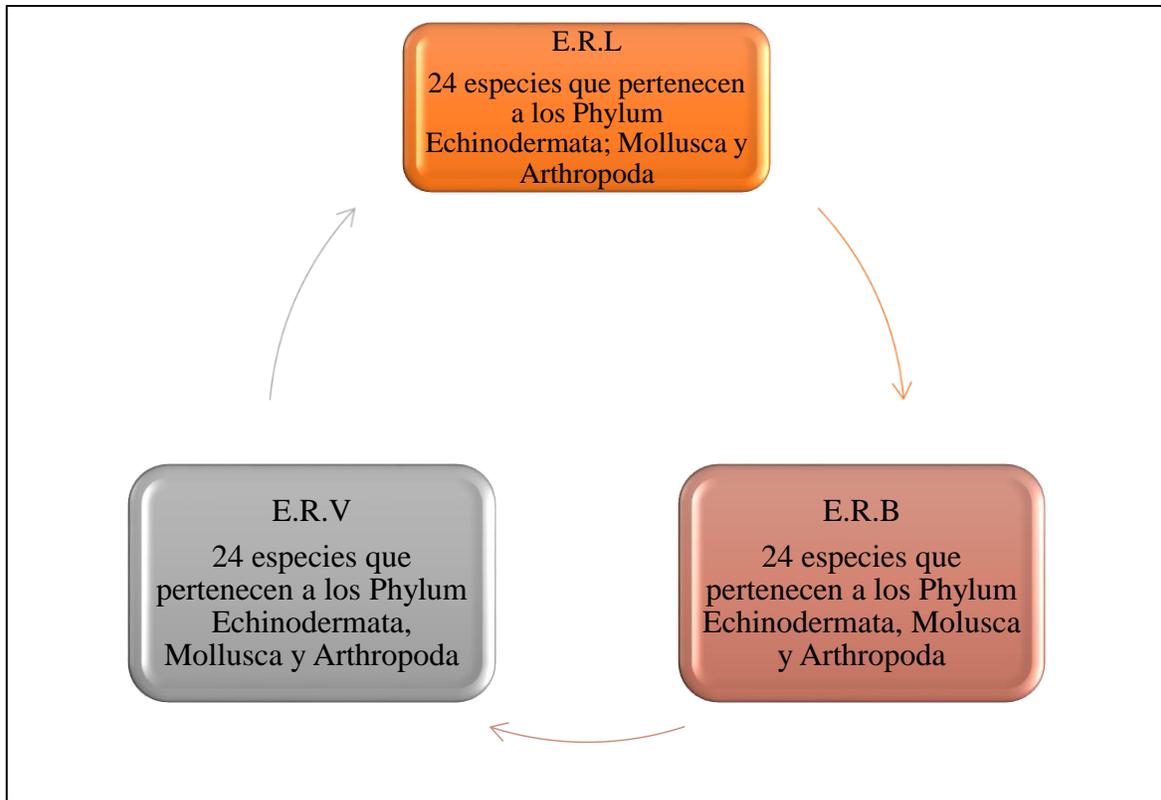
Los patrones de distribución de la macrofauna costera ha servido en los últimos años como herramienta básica para la identificación y delimitación de áreas biogeográficas definidas, por lo que, la evaluación de las comunidades marinas dentro de los ecosistemas rocosos en Chacocente, se basó principalmente en un estudio ecológico que permitió determinar las especies integrantes, además de arrojar información valiosa sobre la estructura de las poblaciones ricas y abundantes que cohabitaban en la zona intermareal.

Fernández et al., 2014 y Gutiérrez et al., 2012, afirmaron que estos contribuyen a conocer como se distribuyen las especies dentro del ecosistema, así como, se determinó si hay o no similitud entre los sitios de muestreos, caracterizando a los nichos ecológicos y hábitats, permitiendo que las diferentes especies cohabiten y desempeñen un sinnúmero de funciones ecológicas como a mantener el equilibrio.

Si bien, estos patrones son causados por procesos ecológicos y evolutivos, eventos históricos y circunstancias geográficas, como, por ejemplo: latitud, clima, productividad ecológica, heterogeneidad de hábitat, complejidad de hábitat, disturbio, tamaño y distancia de los ecosistemas. Los índices de diversidad Beta o diversidad entre hábitats, representando el grado de reemplazamiento de especies o cambios bióticos a través de gradientes ambientales, los cuales, se basan en diferencias que pueden evaluarse a partir de la presencia/ausencia de las especies (cualitativo) o de la abundancia proporcional de cada especie como número de individuos (cuantitativo).

Los resultados obtenidos mediante el índice de Jaccard y Morisita-Horn reflejaron alta similitud entre los sitios de muestreo (Figura 23, 24, 25 y 26, cuadro 4, 5, 6), dado por el número de especies compartidas entre sitios (Macro fauna epibentónica). Los máximos valores de similitud se presentaron en el E.R.V y E.R.L durante ambas épocas; los valores medios entre E.R.B y E.R.L durante la época seca, y finalmente los valores mínimos entre E.R.V y E.R.B durante la época seca, y entre E.R.V y E.R.B durante la época lluviosa, mientras que en las especies *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*, los resultados obtenidos reflejaron que hay similitud en los diferentes estratos localizados en la playa de Chacocente en las dos épocas de muestreo y en cada uno de los puntos muestreados.

Figura 23: Especies compartidas entre sitios de muestreo durante la época seca- Playa Chacocente. E.R. L= Estrato Rocosó Laminar, E.R.V = Sitio Rocosó Volcánico, E.R.B= Estrato Rocosó con abierta de Bocana.

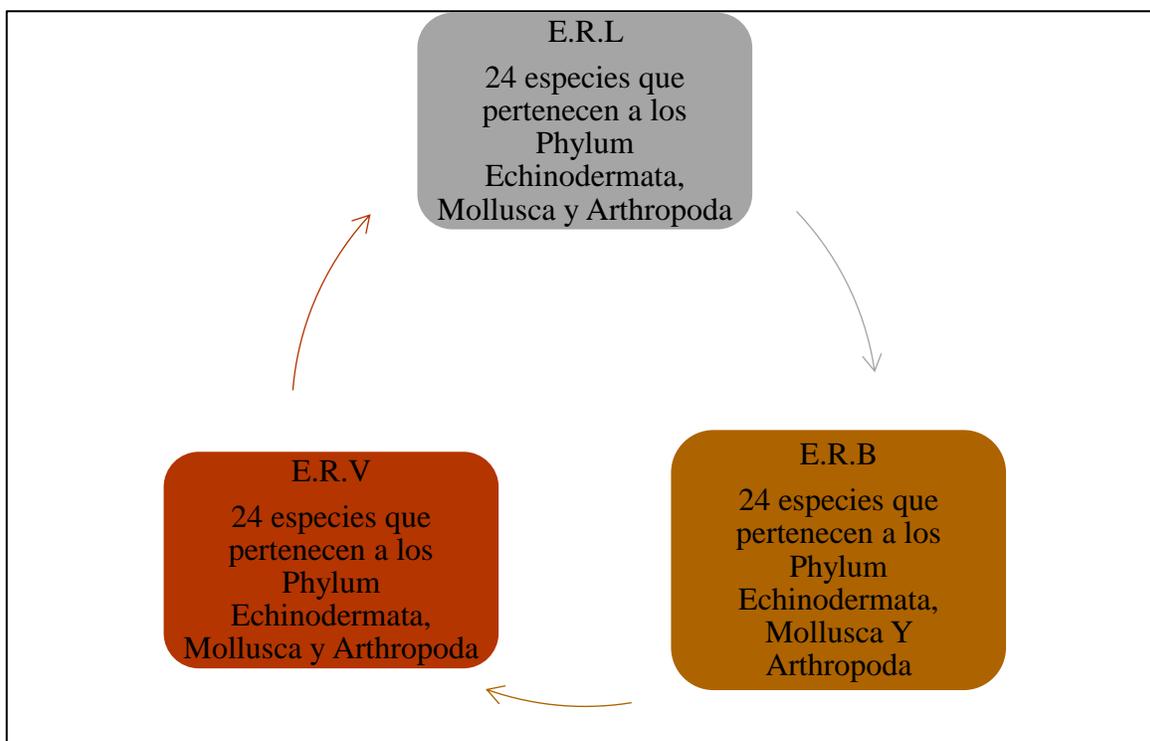


Cada una de las especies que se compartieron en cada uno de los sitios en estratos rocosos ubicados en la playa de Chacocente, en función de variables naturales, físico-químicas son generalistas a pesar de la época de muestreo, condiciones físico-químicas y el tipo de estrato rocosos, pero sin embargo, la distribución de las clases Bivalvia, Gasterópoda del Phylum Mollusca, las clases Echinoidea, Ophiuroidea, Asteroidea y Holoturoidea pertenecientes al Phylum Echinodermata y por último la clase Malacostraca del Phylum Arthropoda es homogénea a pesar del tipo de estrato en el cual, cada una de ellas habita.

A pesar de la época de muestreo y de cada uno de los estratos rocosos la similitud en función de la distribución de las especies es alta lo que contribuyó a que la distribución en los sitios disímiles sea homogénea, ya que, en cada uno de estos sitios se encuentran las mismas clases, con la diferencia que la abundancia de cada una de ellas varió de acuerdo a las especies, por lo que, los diferentes factores como temperatura, salinidad, pH y Oxígeno disuelto, hicieron que los organismos presentes no soporten el aumento o disminución de estas variables, por lo que son condicionantes en la distribución, abundancia y riqueza de las especies en cada

ecosistema muestreado, siendo muy significativa a pesar de las condiciones en las que se encuentran expuestos dichos ecosistemas.

Figura 24: Especies compartidas entre sitios de muestreo durante la época lluviosa- Playa Chacocente. E.R.L = Estrato Rocoso Laminar, E.R.V = Sitio Rocoso Volcánico, E.R.B= Estrato Rocoso con abierta de Bocana.

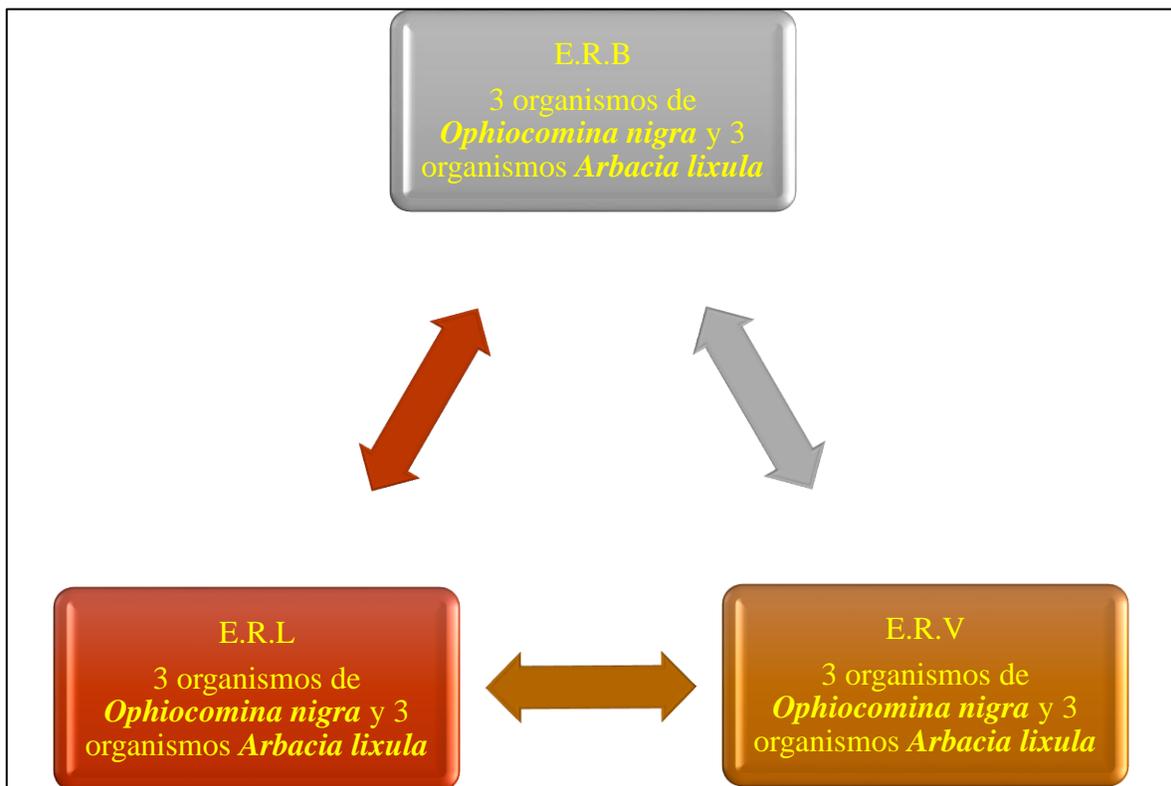


En cada uno de los ecosistemas rocosos de la Playa de Chacocente, se encontraron alta similitud en función de las especies en la época lluviosa, en donde, las especies del Phylum Mollusca de la clase Bivalvia y Gasterópoda, así como aquellas del Phylum Echinodermata pertenecientes a la clase Ophiuroidea, Echinoidea, Asteroidea y Holoturoidea y por último el Phylum Arthropoda, clase Malacostraca, tienen una distribución muy homogénea en cada uno de los estratos muestreados.

Cada una de las especies que se presentaron tienden a ser muy generalistas en la selección de sus hábitats, alimentación y distribución en cuanto a los factores físico-químicos con el cual se evaluaron, en donde, se logró determinar que la clase Ophiuroidea y Echinoidea se

adaptaron perfectamente a la condiciones naturales y físico-químicas que brindaron cada uno de los ecosistemas, en donde, aumentaron la cantidad de cada una de ellas en función de la época de muestreo.

Figura 25: Especies (*Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*) compartidas entre sitios de muestreo durante la época seca- Playa Chacocente. E.R.L= Estrato Rocoso Laminar, E.RV = Sitio Rocoso Volcánico, E.R.B= Estrato Rocoso con abierta de Bocana.

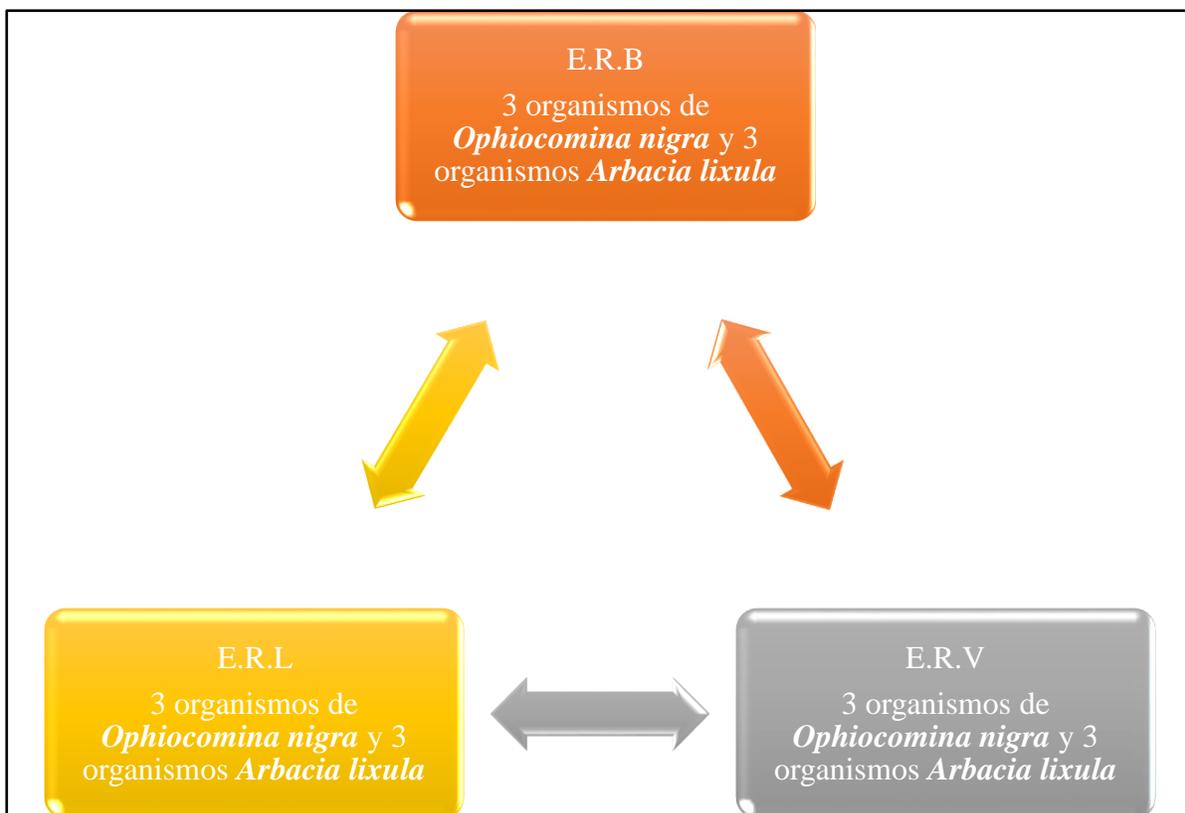


Las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en los diferentes estratos rocosos muestreados tuvieron una abundancia muy representativa con respecto a otras especies dentro de los ecosistemas, teniendo una distribución homogénea de ambas especies en la época seca, siendo especies muy tolerantes a los cambios en los factores físico-químico con las que se evaluaron, así como, son especies muy generalistas en los requerimientos de formar nichos ecológicos, ya que se encuentran en cada uno de los ecosistemas la condiciones

favorables para el establecimiento de estructuras comunitarias y permitir el reclutamiento de otras especies.

Cada uno de estos estratos rocosos compartieron la misma cantidad de especies en cada punto crítico de muestreo, ya que, estas, permitieron la identificación y delimitación de cada área geográfica, lo que favoreció, que cada sitio de muestreo, presentara características muy similares, así como la evaluación de la temperatura, oxígeno disuelto, Salinidad y pH, hacen que estas se distribuyan de manera homogénea en cada ecosistema.

Figura 26: Especies (*Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*) compartidas entre sitios de muestreo durante la época lluviosa- Playa Chacocente. E.R.L = Estrato Rocosos Laminar, E.R.V = Sitio Rocosos Volcánico, E.R.B= Estrato Rocosos con abierta de Bocana.



En la época lluviosa las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, se distribuyeron de manera homogénea, teniendo una alta similitud entre cada sitio de muestreo a pesar de que

la condiciones ambientales y las fluctuaciones de variables físicos-químicos cambiaron en cada sitio de muestreo, lo que contribuyó, a que estas especies sean muy generalistas y tolerantes a los diferentes cambios que se presentaron, permitiendo que cada estrato rocosos presentara característica diferentes y muy significativas para que estas dos establezcan sus nichos, contribuyendo de tal manera al reclutamiento de otras especies en el ecosistema.

Cuadro 3: Índice de Jaccard (Cualitativo) y Morisita-Horn (Cuantitativo) en ambas épocas de muestreo – Playa de Chacocente

Época seca Macro fauna epibentónica					
Sitios	Número de especies	Abundancia	Muestras comparadas	Jaccard	Morisita-Horn
E.R.L	25	3323	1 y 3	0.7742	1
E.R.V	29	4132	1 y 2	0.8	1
E.R.B	30	2123	2 y 3	0.6857	1
Época lluviosa Macro fauna epibentónica					
Sitios	Número de especies	Abundancia	Muestras comparadas	Jaccard	Morisita-Horn
E.R.L	31	7234	1 y 3	0.7059	1
E.R.V	30	5136	1 y 2	0.7429	1
E.R.B	27	4537	2 y 3	0.9655	1

Para la época seca la distribución de las especies y la cantidad de especies en cada sitio de muestro es muy significativa, evaluando la riqueza y abundancia de los organismos en cada uno de los sitios, en donde se obtuvo una alta similitud entre los ecosistemas E.R.L y E.R.V, seguido de E.R.L y E.R.B, siendo estos, los ecosistemas que presentaron características similares para el reclutamiento de otras especies. Los ecosistemas que presentaron menor similitud entre sitios de muestreos son E.R.V y E.R.B, en donde, hubo menor presencia de especies, cada uno de ellos con características diferentes como las condiciones edafológicas que presentaron cada ecosistema y con fluctuaciones de salinidad, Oxígeno disuelto, pH y temperatura, permitieron el reclutamiento de las mismas.

Para la época lluviosa, la riqueza y abundancia aumentó, teniendo mayor cantidad de especies presentes así como, su diversidad biológica aumentó en cada estrato rocoso, en el cual, en cada uno de los ecosistema se encontró alta similitud, entre los sitios E.R.V y E.R.B, presentando mayor similitud entre sitios, así como, E.R.L y E.R.V, tuvieron características muy significativas para el reclutamiento de las especies y por último los sitios E.R.L y E.R.B, tuvieron menor similitud debido a la exposición constante de las condiciones naturales, físico-químicos pero sin embargo, estos permitieron el reclutamiento de las especies a pesar de las condiciones en las que se encontraban dichos ecosistemas.

Cuadro 4: Índice de Jaccard (Cualitativo) y Morisita-Horn (Cuantitativo) en ambas épocas de muestreo en función de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*- Playa de Chacocente

Época seca <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i>					
Sitios	Número de especies	Abundancia	Muestras comparadas	Jaccard	Morisita-Horn
E.R.L	3	410	1 y 3	1	0.9893
E.R.V	3	426	1 y 2	1	0.9893
E.R.B	3	380	2 y 3	1	0.9893
Época lluviosa <i>Arbacia lixula</i> y <i>Ophiocomina nigra</i>					
Sitios	Número de especies	Abundancia	Muestras comparadas	Jaccard	Morisita-Horn
E.R.L	3	560	1 y 3	1	0.93932
E.R.V	3	806	1 y 2	1	0.93932
E.R.B	3	420	2 y 3	1	0.93932

La *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* fueron especies muy tolerantes a los diferentes cambios en la composición físico-químico del agua de mar con la que se evaluó en cada ecosistema, en el cual, se obtuvo como resultado que estas dos se distribuyeron desde la superficie hasta profundidades de dos metros, teniendo mayor cantidad de ellas, donde el

ecosistema está constantemente sumergido, por lo tanto, su abundancia para la época seca disminuyeron con respecto a la abundancia obtenida para la época de invierno, en la que se presentó un incremento de las dos especies, atribuyéndole este cambio a la cantidad de alimento que se encuentra en cada uno de los ecosistemas, así como, las diferentes funciones que estas desempeñaron en cada nicho ecológico, teniendo una alta presencia de éstas dos en cada uno de los ecosistemas muestreados.

Entre cada ecosistema muestreado, E.R.L y E.R.B; E.R.L y E.R.V y por último el E.R.V y E.R.B, presentaron alta similitud a pesar de que la abundancia varió en cada uno de los estratos muestreados, contribuyendo, a que estas especies sean generalista y tolerantes a los cambios que se dan en cada uno de los ecosistemas rocosos, permitiendo el reclutamiento de otras especies, creando nichos idóneos para ellas mismas y otros organismos, debido a que, cada ecosistema se caracterizó por tener alta cantidad de materia orgánica, lo que benefició la distribución y asociación de la *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, las cuales, se establecieron en lugares donde el estrato es más susceptible a la bioerosión que este causa.

Para la época lluviosa el incremento en la diversidad de la *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* aumentó, teniendo mayor similitud entre cada estrato rocoso debido a las condiciones de cada ecosistemas, los cuales, tuvieron mayor incremento de materia orgánica, así como, la intensidad de la marea condicionó los hábitats de estas dos especies, el arrastre de minerales y la evaluación de variables físico-químicos en el mar, siendo especies que se adaptaron perfectamente a los diferentes cambios ambientales que ocurren en el ecosistema y fluctuaciones en la salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y pH. Por lo tanto, la similitud en los ecosistemas, E.R.L y E.R.B; E.R.L y E.R.V y los estratos E.R.V y E.R.B fue alta, teniendo mayor abundancia de dichas especies en el E.R.L y E.R.V, seguido de E.R.L y E.R.B y por último E.R.V y E.R.B, siendo especies muy generalistas en la distribución de sus hábitats, así como al reclutamiento de otras especies.

Si bien, a pesar de la perturbación del aporte de agua dulce con el agua salada que se dio en la época lluviosa, la similitud entre los estratos E.R.V y E.R.B fue alta, porque a pesar de dicho disturbio causado en este ecosistema, la abundancia de materia orgánica, especies de

las que ellas se alimentan, las condiciones de los hábitats los cuales son condicionados por el impacto del oleaje y la oxigenación del agua, la abundancia de la *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* fue menor que las de otros ecosistemas existiendo una alta similitud entre los estratos.

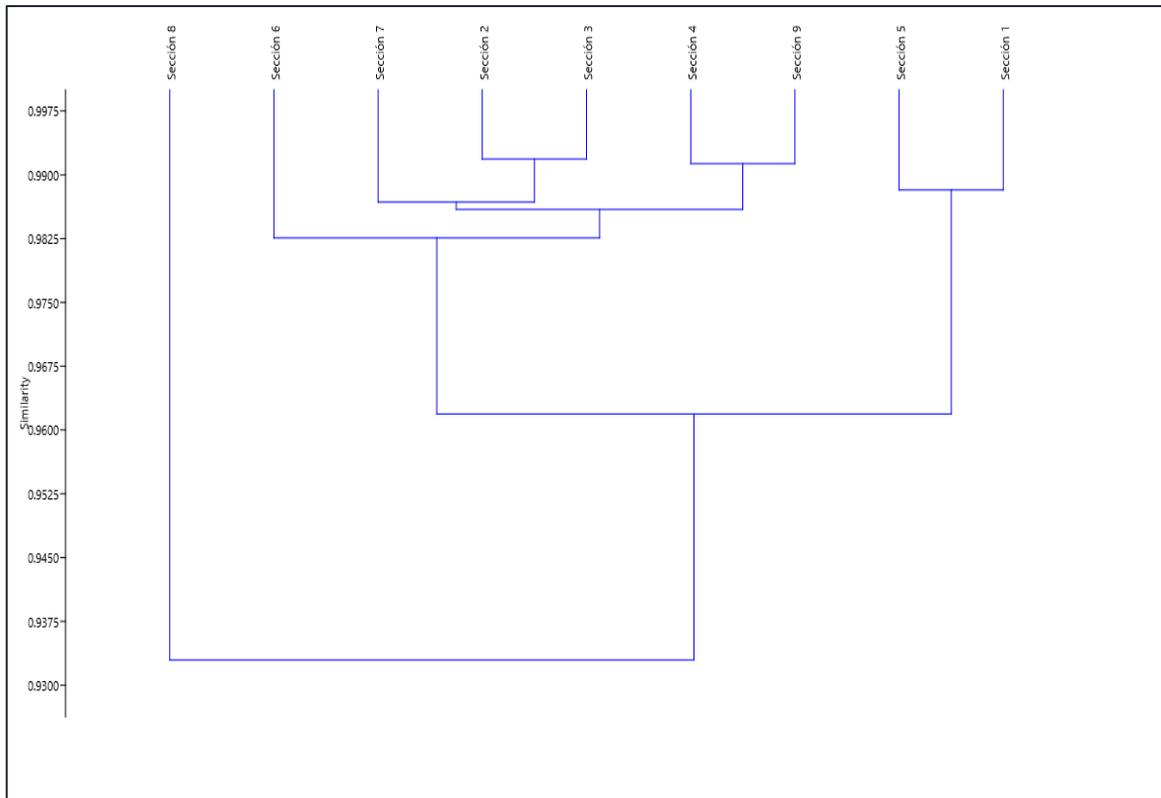
Cuadro 5: Índice de Jaccard (Cualitativo) y Morisita-Horn (Cuantitativo) por cada estrato rocoso en función de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*- Playa de Chacocente.

Estratos rocosos <i>Ophiocomina nigra</i> y <i>Arbacia lixula</i>					
Sitios	Número de especies	Abundancia	Muestras comparadas	Jaccard	Morisita-Horn
E.R.L	3	226	1 y 3	1	0.9487
E.R.V	3	210	1 y 2	1	0.981
E.R.B	3	150	2 y 3	1	0.9706

Por cada uno de los estratos rocosos, la abundancia de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, aumentó teniendo mayor abundancia en los ecosistemas E.R.L y E.R.B, presentando alta similitud en cada estrato rocoso, así como en los E.R.L y E.R.V, siendo los sitios con mayor similitud entre ecosistemas, debido a la cantidad de materia orgánica, la exposición en las que se encuentran y las fluctuaciones de las variables físico-químicos y por último los sitios E.R.V y E.R.B, presentaron alta similitud, siendo especies que se adaptan a las condiciones de cada estrato rocoso.

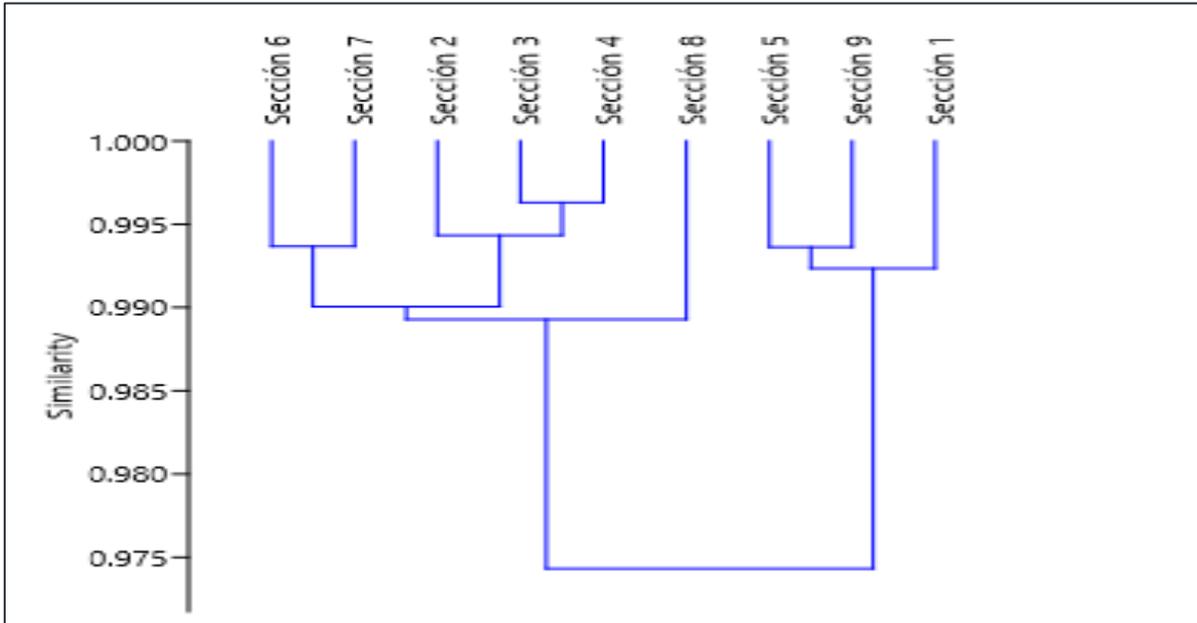
Por otra parte, en ambas épocas las especies se distribuyeron en diferentes grupos según su abundancia, encontrándose que para la época seca existieron tres agrupamientos principales con diferencias entre especies de un 80% durante la época seca y un 70% en la época lluviosa, mientras que, para la época lluviosa, se encontraron dos agrupamientos en los que hay una gran diversidad de especies (Figura 27 y 28). Además de ello, las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, durante la época seca se agruparon en tres agrupamientos, mientras que la época lluviosa contó con cuatro, teniendo mayor abundancia y similitud entre los diferentes sitios de muestreo (Ver figura 29 y 30).

Figura 27: Dendrograma de distribución de especies en todos los sitios de muestreo durante la época seca en la Playa de Chacocente.



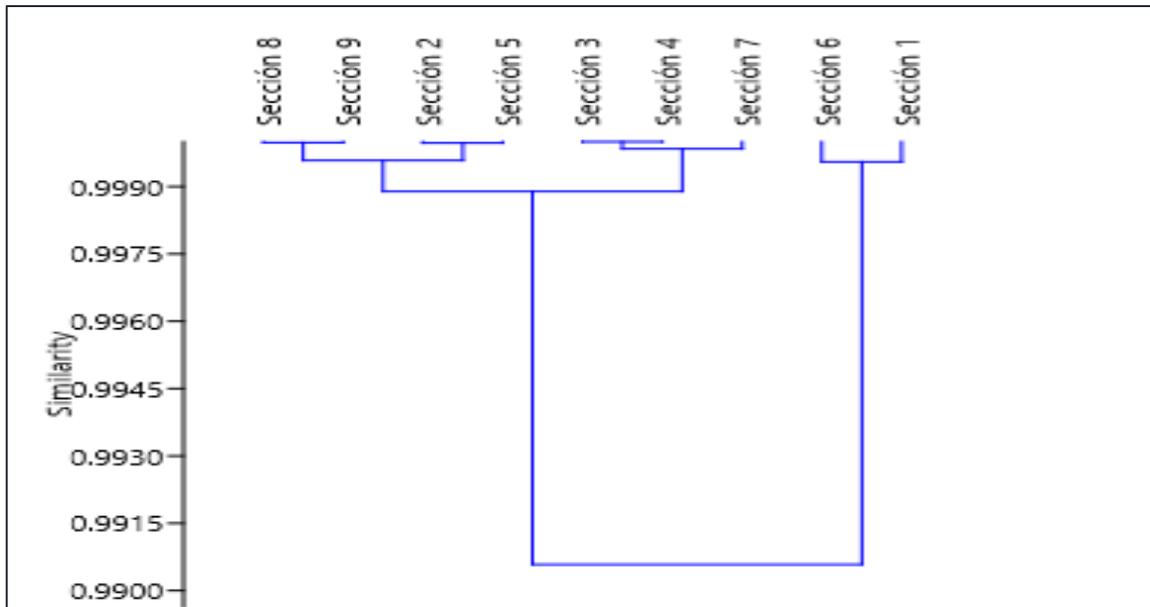
El Dendrograma de distribución de las especies en la época seca de la macrofauna bentónica encontrada en todos los ecosistemas y por cada sitio disímil, se evidenció que para esta época hubo una alta similitud entre sitios de muestreos, así como de las especies que compartieron cada uno de ellos, en el cual, estas se distribuyeron en dos comunidades, teniendo mayor concentración de las especies entre los estratos E.R.L y E.R.B y E.R.L y E.R.V, ya que estos, presentaron mayor protección del impacto de las olas, las cuales, favorecieron a las condiciones para que cada especie habite en el lugar de preferencia.

Figura 28: Dendrograma de distribución de especies en todos los sitios durante la época lluviosa en la Playa de Chacocente.



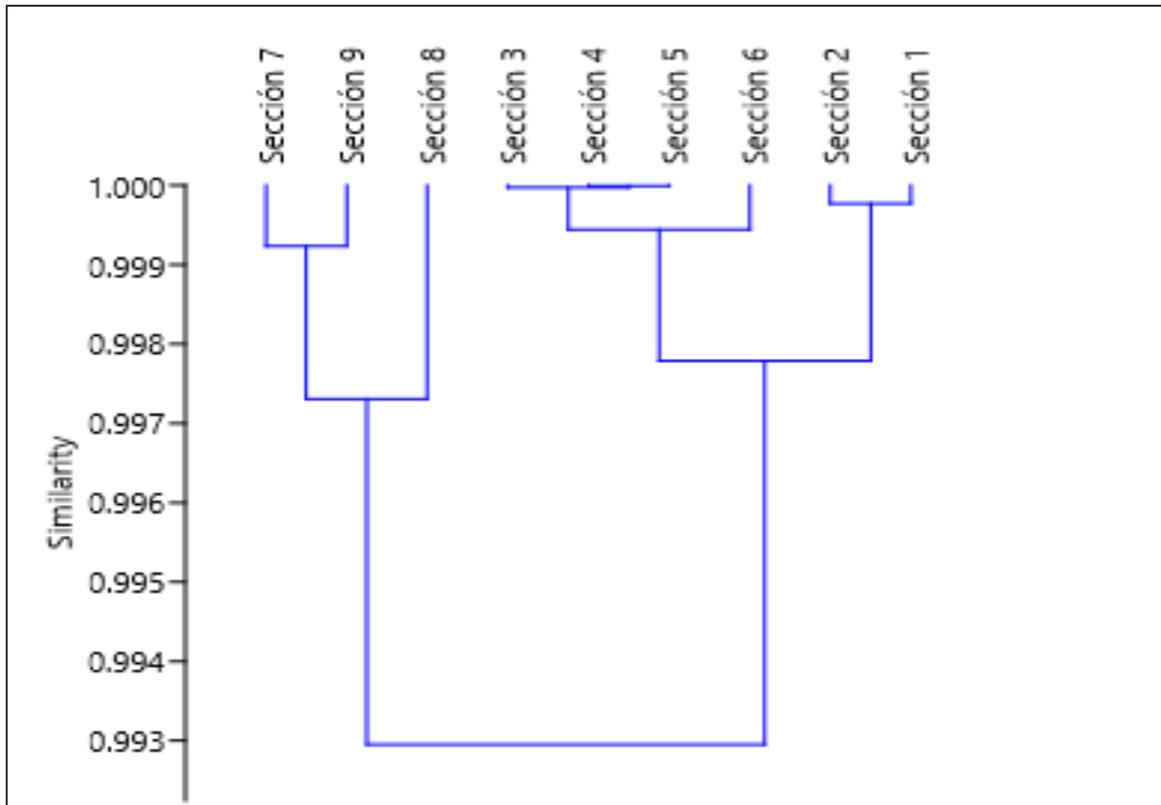
El Dendrograma para la época lluviosa reflejó resultados que las especies epibentónicas localizadas en los diferentes estratos rocosos y por cada sitio disímil, se obtuvo dos agrupaciones, debido a que especies del Phylum Mollusca (*Dolabrifera dolabrifera*, *Nerita scabricosta*, *Littorina modesta*, *Littorina aspera*, *Acanthina brevidentata*, *Leucozonia cerata*), llegando a ser especies sensibles a perturbaciones como la abierta de bocana del Río Escalante el cual, afectó el balance en el aporte de agua dulce con agua salada, siendo una de las especies que no se presentaron en el E.R.B. y E.R.V por dicho cambio, así como, en la fluctuaciones de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, afectando su abundancia, reproducción, desarrollo de estas especies dentro de cada uno de los ecosistemas, sin embargo, la similitud entre sitios y especies, fue muy alta.

Figure 29: Dendrograma de distribución de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en todos los sitios durante la época seca en la Playa de Chacocente.



El Dendrograma de distribución de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en cada uno de los ecosistemas muestreados y por cada sitio disímil, se obtuvo como resultado que para la época seca estas especies tienen alta similitud entre sitios y especies presentes, en las cuales se obtuvo dos agrupaciones en todos los ecosistemas, siendo los E.R.L y E.R.B y E.R.L y E.R.V, los que presentaron mayor similitud, abundancia y distribución de estas especies, lo que contribuyó al equilibrio, reclutamiento, flujo de materia y energía, oxigenación del agua, además de que estos ecosistemas permitieron que la abundancia de la Ophiuroidea y equinoideo sea muy abundante por la protección que estos brindan para formar hábitat en cada ecosistema. Mientras que en el E.R.B y E.R.V, la abundancia de ambas especies disminuyó, pero, sin embargo, son dos organismos muy resistentes a los diferentes cambios que ocurren en el ecosistema, refirmando lo que dice Ibarra (2016), fueron especies muy sensibles a las perturbaciones y que están adaptadas a vivir en condiciones extremas.

Figura 30: Dendrograma de distribución de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en todos los sitios durante la época lluviosa en la Playa de Chacocente.



Para la época lluviosa en el Dendrograma de distribución de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* se obtuvo que la similitud entre sitios de muestreos fue alta, el cual, cada ecosistema presentaron características muy importantes que condicionaron la presencia, ausencia, distribución y asociación de estas especies, por lo cual, perturbaciones como el aporte de agua dulce con agua salada causan un desequilibrio y cambios súbitos en estas especies, donde su abundancia en el E.R.B. y E.R.V, disminuyó, así como la influencia de las variables físico-químicas tuvo un impacto significativo en estas especies. Todos los ecosistemas presentaron una similitud alta, en el cual, en la época lluviosa, encontraron mayor cantidad de alimento, diferentes especies distribuidas en los Phylum Mollusca y Arthropoda, que son indicadores de que estas especies mantienen el equilibrio en cada sitio.

5.3. Determinación de las variables físico-químicas en las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en los Estratos Rocosos del RVS-Chacocente

Con el fin de conocer la influencia que tuvieron las variables físico-químicas sobre la abundancia, riqueza de la macrofauna bentónica, así como en la asociación de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* de la zona intermareal en la Playa de Chacocente, fueron seleccionadas cuatro variables físico-químicas (pH, Salinidad, Oxígeno disuelto y Temperatura) el cual, permitió conocer el comportamiento que estos organismos tuvieron ante las diferentes fluctuaciones de las variables, el cual provocó presencia, ausencia, aumento y disminución en la abundancia poblacional en los ecosistemas y como estas influyeron en la reproducción, distribución, desarrollo y asociación de las especies en estudio.

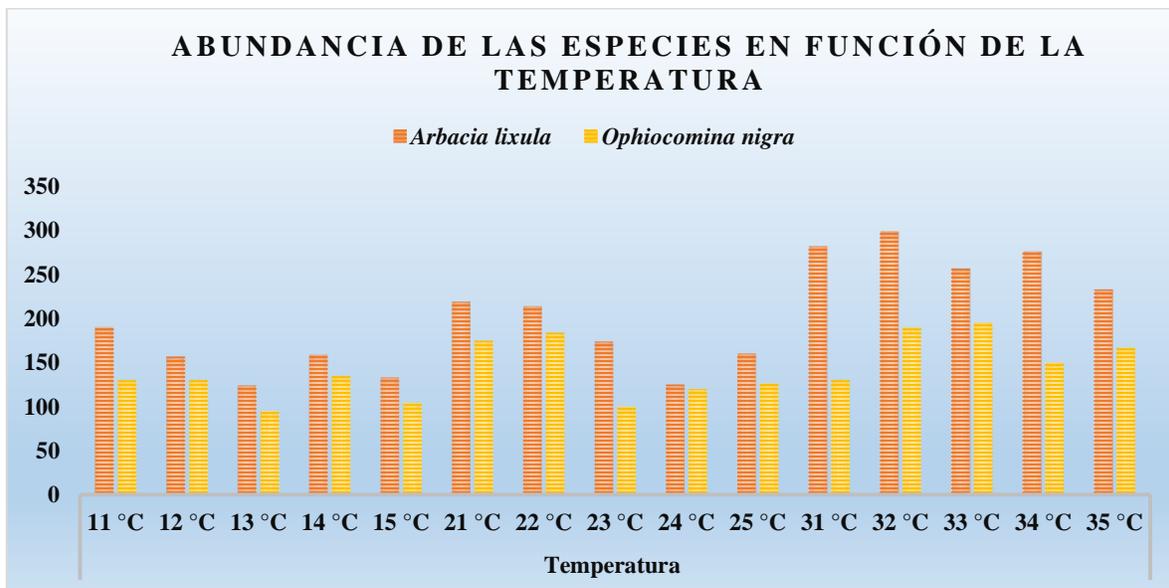
5.3.1. Temperatura

Si bien, la temperatura fue un factor condicionante en la distribución, reproducción, desarrollo, alimentación y asociación de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, por lo tanto, en los ecosistemas muestreados se encontró una abundancia de 3002 especies en ambas épocas de muestreo, en el que se determinó que a medida que la temperatura aumentó, la reproducción de la *Arbacia lixula* incrementó, más en los estratos con una alta protección de los factores incidentes que influyeron en la estructuración de diferentes comunidades en el bento, así como, se constató que, la *Ophiocomina nigra* fue una especie que soportó las fluctuaciones en la temperatura, en el cual, la reproducción fue condicionada en función de dicho factor.

Owen (2013), reafirmó los resultados obtenidos, debido a que en los estratos rocosos se encontró una mayor abundancia de dicha especie dentro del ecosistema, siendo una de las especies que soportó el aumento y disminución de dicho organismo, debido, a que la especie *Arbacia lixula* su desarrollo reproductivo estuvo regulado por un fotoperiodo, siendo, la temperatura es un factor importante para el desarrollo gonadal y de su reproducción de gametos, en el cual, a medida que esta aumentó produjo una aceleración en el crecimiento y

aumento en la tasa de supervivencia larvaria, lo cual, al no tener un controlador biológico este podría llegar a erosionar el estrato dejándolo sin cobertura vegetal, lo cual, ocasionaría que no haya reclutamiento de otras especies (Ver figura 31).

Figura 31: Abundancia de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en estratos rocosos de la zona intermareal de Chacocente



En los resultados obtenidos en función de la temperatura, esta osciló entre los 11°C y los 35°C en ambos momentos de muestreo; sin embargo, ambos valores (máximo y mínimo) se presentaron durante la época seca y lluviosa, en el cual, se pudo identificar que algunas de las especies encontradas en los muestreos no toleraban dicha temperatura, siendo el Phylum Mollusca (de la clase Bivalva y Gastrópoda) y del Phylum Echinodermata (la especie *Hacelia attenuata*). Sin embargo, la abundancia de la especie *Arbacia lixula* con respecto a la *Ophiocomina nigra* a una temperatura de 11°C, fue muy similar en los diferentes estratos rocosos muestreados, lo cual, estas dos especies toleraban temperaturas bajas a diferencia de otras especies pertenecientes a los otros Phylum.

A una temperatura de 11°C, la abundancia de la especie *Arbacia lixula* tuvo un total de 190 bit/ind en ambas épocas de muestreo, teniendo una mayor reproducción con respecto a la *Ophiocomina nigra*, la cual, la abundancia de este organismo fue de 130 bit/ind en ambas

épocas de muestreo, lo que ayudó a que ambas especies se desarrollaran y asociaran, permitiendo el reclutamiento de otras especies, debido a que la diferencia en la abundancia de la *Ophiura* es menor con respecto al equinoideo. Si bien, este factor condicionó el aumento de la diversidad biológica, así como, contribuyó a que estas dos especies brinden alimento a las comunidades de gasterópodos, bivalvos, Echinodermata y Arthropodos que dándole estabilidad al ecosistema.

Si bien, a una temperatura de 12°C, la especie *Arbacia lixula* tuvo una abundancia de 157 bit/ind organismos, siendo un individuo que tuvo alta resistencia a los cambios de temperatura, lo cual, es uno de los organismos que su reproducción va aumentando a medida que esta incrementó, mientras tanto, la *Ophiocomina nigra* tuvo una abundancia de 130 bit/ind, manteniendo su abundancia, siendo, un organismo que además de ser generalista, depredador oportunista, su reproducción y distribución estuvo condicionada por dicho factor.

A una temperatura de 13°C, la especie *Ophiocomina nigra*, en función de su abundancia, obtuvo una abundancia de 95 bit/ind con respecto a la *Arbacia lixula*, la cual, tuvo una abundancia de 124 bit/ind, disminuyendo ambas su abundancia con respecto a los valores anteriores, en el cual, otro factor que influyó en las condiciones a las que éstas habitaban, condicionaron la reproducción, riqueza y abundancia de las mismas, sin embargo, ambas especies se asociaron, manteniendo el equilibrio en el ecosistema. La equinoidea fue más resistente a los cambios en temperatura, siendo un organismo muy tolerante con respecto a la *Ophiura*.

A una temperatura de 14°C la especie *Arbacia lixula*, tuvo una abundancia total de 159 bit/ind, mientras que la *Ophiocomina nigra* aumentó su abundancia, teniendo un total de 135 bit/ind, teniendo mayor abundancia con respecto a una temperatura de 13°C, lo cual, factores como el aumento del alimento, oxigenación del agua, sedimentos ayudaron a que estos ecosistemas brindaran las condiciones óptimas para la reproducción y desarrollo de los individuos, así como su distribución en los estratos rocosos, encontrando mayores formaciones de nichos ecológicos por esta especie, contribuyendo al reclutamiento de otras

dentro del epibento, así como, la asociación de ambas, influyeron en el transporte de materia y energía en los niveles tróficos, adaptándose perfectamente a este rango de temperatura.

A medida que la temperatura aumentó a los 15°C, quien tuvo mayor adaptación es la *Arbacia lixula*, el cual, se encontró una abundancia de 133 bit/ind organismos en ambas épocas, lo que contribuyó a que esta especie sea generalista en la selección de sus hábitats, alimentos y su comportamiento en la reproducción a pesar de las variaciones siempre fue predominante con respecto a la *Ophiocomina nigra*, ya que, ésta a dicha temperatura, tuvo una abundancia total de 104 bit/ind individuos, disminuyendo su abundancia, lo cual, se evidenció que fue una especie generalista en función de la sección de su hábitat y alimento pero a la vez susceptible a los cambios en la temperatura, la cual, esta condicionó su reproducción. Cabe señalar que a pesar de que estas especies aumentaron y disminuyeron su abundancia, ambas se asociaron lo que contribuyó a estabilizar el ecosistema y al reclutamiento de especies como: *Opeatostoma pseudodon*, *Cantharus ringens*, *Leucozonia cerata*, debido que fue un rango bastante aceptable para la asociación de estas especies.

Si bien, a una temperatura de 21°C, quien predominó, adaptó y reprodujo con mayor facilidad a este rango de temperatura fue la especie *Arbacia lixula*, teniendo una abundancia de 201 bit/ind en los diferentes estratos rocosos, siendo uno de los rangos más óptimos que permitió que hubiera mayor facilidad para la reproducción, siendo más abundante que la especie *Ophiocomina nigra*, la cual, esta tuvo una abundancia total de 175 bit/ind, incrementando su abundancia con respecto a la temperatura anterior, pero a pesar de que aumentó y disminuyó de la abundancia, esta fue una especie que se caracterizó por estar presente, además que se asoció con la equinoidea facilitándole que ambas contribuyeran en la oxigenación en el agua y sedimento, así como, permitieron que hubiera un equilibrio en el ecosistema.

La abundancia de la especie *Arbacia lixula* a una temperatura de 22°C, presentó un incremento de 214 bit/ind, teniendo mayor reproducción en los diferentes estratos rocosos, lo que contribuyó a tener una mejor asociación, debido a que la temperatura condicionó la reproducción de esta especie, sin embargo, la *Ophiocomina nigra* tuvo una abundancia de 184 bit/ind, aumentando aún más su abundancia, siendo uno de los rangos óptimos para la

reproducción y distribución. Este resultado, se le atribuye a lo que afirmó Tait (1971), que, en condiciones normales, la temperatura es un controlador de distribución de las especies, el cual, está relacionado a varios procesos básicos como son el crecimiento, alimentación y reproducción.

La *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula* estuvieron adaptadas a vivir en condiciones extremas, en el cual, los extremos de calor o de frío fue un factor desbastador sobre la población marina, especialmente sobre los organismos costeros y los equinodermos, en el cual, los rangos de temperaturas obtenidos en el cada parcela de muestreo y en cada uno de los estratos, fluctuó desde 11°C a 35°C, en el cual, la abundancia y distribución de estas dos especies estuvo condicionada por uno de los factores más importante para el desarrollo, crecimiento, reproducción e inclusive para que estas dos especies se asociaran mutuamente de tal manera que fueran controladores biológico e indicadores de la calidad del ecosistema por las diferentes funciones que desempeñaron.

Mientras tanto a la temperatura de 23°C, quien predominó más en cuanto abundancia, distribución y presencia en los estratos rocosos es la especie *Arbacia lixula*, la cual tuvo una abundancia de 174 bit/ind, presentando una abundancia menor con respecto al rango anterior, lo que caracterizó a esta especie por ser muy tolerante a los diferentes rangos, en el cual, al disminuir su abundancia siempre fue muy representativa en todos los estratos, ya que esta presentó mayor abundancia y una distribución más homogénea en cuanto a la diversidad biológica encontrada en los diferentes sitios de muestreos disímiles. Mientras que la *Ophiocomina nigra*, disminuyó su abundancia teniendo una cantidad de 100 bit/ind en este rango de temperatura, comportándose en todos los ecosistemas con una abundancia variable en función de los estratos rocosos.

A una temperatura de 24°C, la *Arbacia lixula* disminuyó de tal forma que se tuvo una cantidad de 125 bit/ind con respecto a los rangos inferiores, pero sin embargo no dejó de ser muy representativa, asociándose muy bien con la especie *Ophiocomina nigra*, la cual, fue más sensibles en comparación con el erizo, pero su abundancia con respecto a este rango fue

de 120 bit/ind, aumentando su abundancia, en donde se caracterizó por ser un organismo muy representativo, tolerante y fundamental en los procesos que se dan en el ecosistema.

Por lo tanto, a una temperatura de 25°C, la *Arbacia lixula*, mantuvo su abundancia de 160 bit/ind, incrementando su abundancia con respecto al rango anterior, adaptándose a esta temperatura así como a los diferentes procesos que se dieron dentro de cada uno de los ecosistemas, en el cual, la especie *Ophiocomina nigra*, aumentó su abundancia con una cantidad de individuos de 126 bit/ind, siendo el rango óptimo para la reproducción, desarrollo, crecimiento, distribución y contribuyó a la asociación de ambas especies.

A una temperatura de 31°C se encontró una abundancia total de 282 bit/ind en la especie *Arbacia lixula*, mientras que para la Ophiura se encontró una abundancia de 130 bit/ind, lo cual, se evidenció que el equinoideo fue la especie más resistente a las diferentes fluctuaciones de temperatura que se presentaron en el ecosistema, en donde su reproducción fue mayor con respecto a la *Ophiocomina nigra*, ya que a medida que esta se incrementaba la distribución de dicha especie pobló los ecosistemas con mayor rapidez, ya que dicha variable fue un factor condicionante para que esta habitara y realizara diferentes funciones, como el reclutamiento coralino, la actividad de ramoneo el cual contribuyó a que otras especies se alimentaran de materia orgánica, así como, le dio espacio a otras especies para que habitaran los ecosistemas a diferentes profundidades.

A una temperatura de 32°C, la *Ophiocomina nigra* tuvo mayor abundancia, obteniendo una abundancia de 299 bit/ind, aumentando siempre su abundancia a medida que la temperatura aumentaba, lo que reforzó el resultado con la lo que afirma Owen (2013), que la temperatura condiciona la reproducción del erizo de mar y de la estrella, mientras que la *Arbacia lixula* tuvo una abundancia de 190 bit/ind, el cual, este resultado se ve respaldado con la afirmación de Ibarra (2016), en el que asegura, que el rango de temperatura idóneo en el mar es de 35°C, lo cual, esta brindó la estabilidad en el ecosistema, ya que, como resultado se obtuvo que la temperatura en cada parcela y ecosistema fluctuó desde los 11°C a los 35°C, permitiendo las condiciones óptimas para la asociación de estas especies a partir de 25°C a los 35°C, ya que la abundancia de ambas aumentaron de manera significativa.

Mientras que, a una temperatura de 33°C, la *Arbacia lixula*, tuvo una abundancia de 257 bit/ind en ambas épocas y en todos los ecosistemas muestreados, permitiendo caracterizar a esta especie por ser muy generalista y un depredador oportunista al igual que la *Ophiocomina nigra*, ya que las funciones que esta realizaron en el ecosistema permitió que ambas especies se asociaran para poder sobrevivir y subsistir, por lo tanto, la abundancia encontrada en este rango de temperatura fue de 195 bit/ind, lo cual, atribuyéndole a esta especie un incremento en su abundancia ya que tuvo las condiciones favorables para la reproducción, desarrollo y crecimiento de los organismos dentro del bento.

Estos rangos de temperatura fueron los indicadores máximos para la determinación de la asociación de ambas especies, debido a que estos organismos incrementaron su abundancia, distribución, crecimiento y desarrollo de cada uno de los individuos de tal forma que una controla a la otra, en el cual, la actividad ramoneadora que ocasiona la *Arbacia lixula* en el ecosistema y la oxigenación del agua y sedimento que hace la *Ophiocomina nigra* contribuyen al reclutamiento de especies, contribuyendo al equilibrio en materia y energía.

Por consiguiente, a una temperatura de 34°C, la *Ophiocomina nigra* disminuyó su abundancia, en el cual, se contabilizó una cantidad de 150 bit/ind en los estratos rocosos muestreados, pero no así, la *Arbacia lixula*, la cual, contó con una abundancia de 276 bit/ind siendo las especies más predominantes y tolerantes en los ecosistemas, las fluctuaciones que se dan y a las diferentes perturbaciones en las que se encontraron expuestas, adaptándose a las condiciones de dicho factor influyendo en la reproducción de las especies en estudio.

A una temperatura de 35°C, la *Arbacia lixula*, aumentó su abundancia contabilizando una cantidad de 233 bit/ind encontrados en ambas épocas de muestreo y en cada estrato rocoso, mientras que la abundancia, con respecto a la *Ophiocomina nigra*, fue menor teniendo una abundancia de 167 bit/ind, incrementando su abundancia con respecto al rango anterior, ya que, esta aumentó con mayor rapidez con las variables con las que se evaluaron, de tal manera, que siempre mantuvo los mismo rangos, lo que se le atribuyó a las condiciones que dicho factor brindó en los ecosistemas, permitiendo que ambas especies se asociaran, siendo

especies claves para el monitoreo de estos ecosistemas, ya que, tuvo una activa participación en los procesos de bioerosión beneficiando al reclutamiento de especies coralinas y macroinvertebrados.

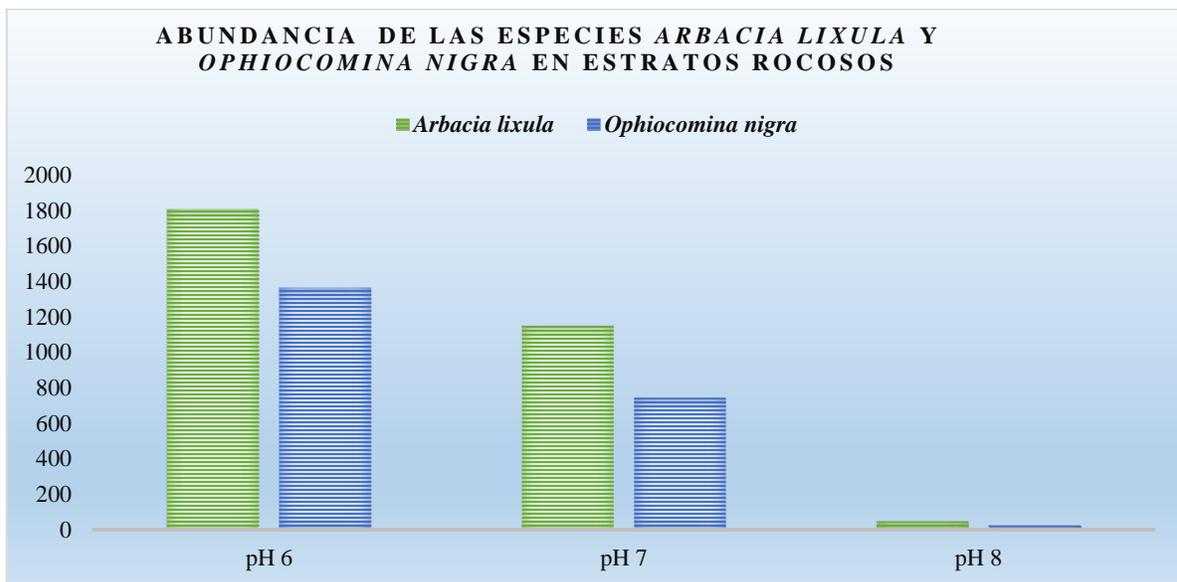
Si bien, la temperatura del agua ejerció un gran control sobre la distribución y actividades de los organismos marinos, en donde, la tolerancia de los organismos a la temperatura varió según la especie, teniendo cada una de ellas, una distribución restringida relacionada con una escala de temperatura concreta, es por ello, que a medida que la temperatura disminuía no se encontraron diferentes especies de la clase gasterópoda por mencionar algunas de ellas (*Acanthina brevidentata*, *Barbatia rostrata*, *Bulla punctulata*, *Cantharus ringens*, *Cantharus elengans*) y a medida que la temperatura aumentaba algunas de las especies no se encontraron durante el muestreo realizado en las dos épocas. Se atribuyó su abundancia a la poca capacidad movilidad y su habilidad de utilizar grietas, agujeros, espacios entre las rocas y otros huecos naturales como refugio; lo cual facilitó su observación y contabilización durante los muestreos en campo.

La información generada sobre la relación de la temperatura con respecto a la abundancia y asociación de las especies *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula* para el RVS Chacocente, permitió tener conocimientos para sustentar herramientas y estrategias de manejo para estos ecosistemas, en el cual, la abundancia se relacionó con altos valores de temperatura, reportándose estas dos especies con mayor abundancia poblacional. Sin embargo, es recomendable seguir con los esfuerzos que incluyan análisis estacionales, relaciones ecológicas, alimentación y ciclos de vida de las especies. Así como, variables de sedimentación, amplitud de marea, acción de las olas y viento; los cuales determinan la supervivencia de los organismos del grupo. La temperatura estuvo relacionada a la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración en el entorno.

5.3.2. pH

El pH fue una variable química que afectó la diversidad y distribución de los organismos bentónicos, principalmente de todos aquellos que viven en los ecosistemas rocosos. Ibarra (2016), afirmó que las variaciones en el pH en el mar son muy pequeñas, encontrándose normalmente valores que varían entre los 8,1 y 8,3 y raras veces valores por debajo de 7,5 o por encima de 9,0, obteniendo como resultado valores de pH que van desde 6, 7 y 8 en los ecosistemas marinos costeros muestreados en ambas épocas de muestreo, en el cual, la abundancia de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* varió de acuerdo a cada fluctuación de pH, así como Owen (2013), afirmó que la acidificación causa un efecto menor en la tasa de supervivencia, la velocidad de su desarrollo y su morfología larvaria (Ver figura 32).

Figura 32: Abundancia de las especies *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula* en función del pH en la zona intermareal de Chacocente



El pH se mantuvo relativamente estable entre 6 y 8 durante la época seca, así como en la lluviosa, en el cual no mostró ninguna variación durante los muestreos realizados en ambas

épocas lo que permitió que se encontrara, una gran diversidad de especies de los tres Phylum encontrados en los diferentes estratos muestreados.

Por ende, con un pH de 6, la especie *Arbacia lixula* tuvo una abundancia de 1803 bit/ind en todos los ecosistemas, siendo este, un organismo que se adaptó a las condiciones extremas en los estratos rocosos de la playa de Chacocente teniendo mayor abundancia con respecto a la *Ophiocomina nigra*, en el cual, se obtuvo una abundancia de 1362 bit/ind, teniendo una abundancia menor con respecto al equinoideo pero sin embargo, ambas especies se presentaron con una abundancia significativa, la cual, muchos organismos de los moluscos como la *Littorina aspera* no se presentaron con este rango, en el cual, las concentraciones excesivas de H⁺ afectaron el agua y limitaron sus usos y la vida en el ecosistema.

Por ende, a un pH de 6, la especie *Arbacia lixula*, tuvo mayor aumento en su diversidad poblacional en los estratos rocosos muestreados, así como, la *Ophiocomina nigra*, quien fue muy representativa en la macrofauna bentónica, siendo el pH más idóneo para su adaptabilidad, reproducción, distribución y asociación en el medio marino en la playa de Chacocente, teniendo una mayor abundancia en su población, pero, sin embargo, fue menor que el erizo.

También, con un pH de 7, la *Arbacia lixula* se presentó en los diferentes ecosistemas rocosos, en donde, su abundancia fue de 1150 bit/ind, teniendo siempre una mayor abundancia con respecto a la de *Ophiocomina nigra*, la cual, tuvo abundancia de 744 bit/ind, disminuyendo su abundancia con respecto al rango anterior, lo que se le atribuyó a la disminución de su abundancia en las diferentes perturbaciones que se encontraron en el ecosistema durante cada época de muestreo.

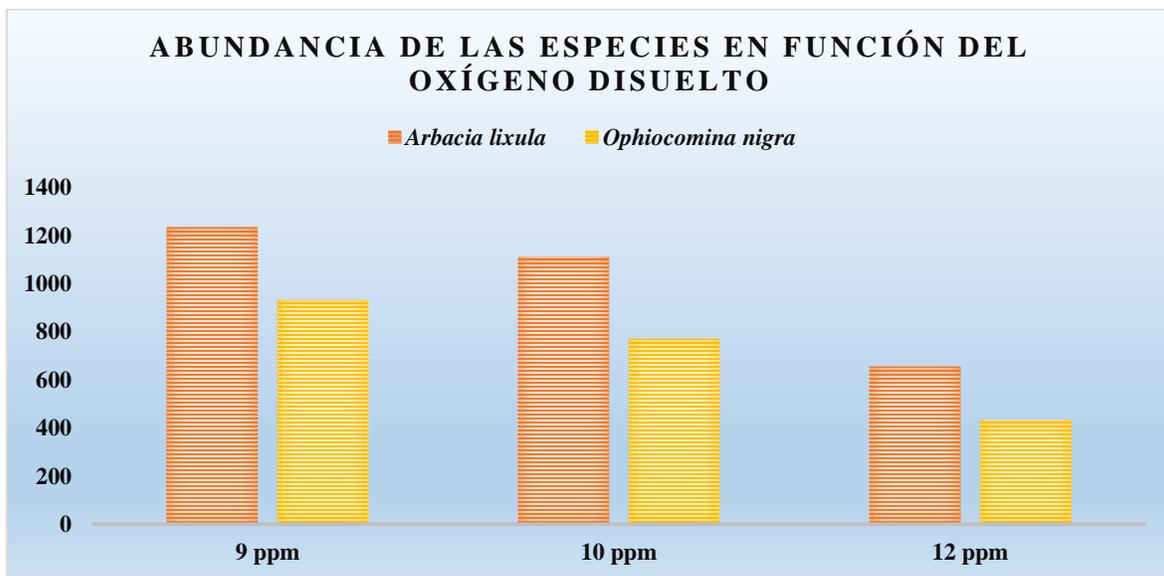
A un pH de 8, la abundancia de la población de la *Arbacia lixula*, tuvo como resultado 49 bit/ind, lo que indicó que este rango de pH influyera en la reproducción, distribución y abundancia de esta especie. Mientras que la *Ophiocomina nigra*, la abundancia con respecto a este rango de pH tuvo una cantidad de 25 bit/ind. La abundancia de estas especies tuvo una disminución significativa con respecto a los rangos de pH, lo que indicó que los pH idóneos

para la reproducción, crecimiento y desarrollo en el ecosistema fueron un pH de 6 y un pH de 7, reforzando este resultado con la afirmación Ibarra (2016), en el cual, las concentraciones excesivas de H⁺ afectaron el agua, limitando sus usos y la vida en el ecosistema.

5.3.3. Oxígeno Disuelto (OD)

Los resultados obtenidos en los ecosistemas de muestreo, el oxígeno disuelto en el agua de mar tuvo un comportamiento similar durante ambas épocas de muestreo con valores que oscilaron entre los 9 ppm y 10 ppm; únicamente durante la época lluviosa se evidenció un incremento en el sitio E.R.B llegando hasta los 12 ppm. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos organismos no pueden sobrevivir. Este indicador depende de la temperatura, puesto que el agua más fría puede guardar más oxígeno en ella, que el agua más caliente, los niveles típicamente pueden variar de 0-18 ppm (Ver figura 33).

Figura 33: Abundancia de las especies *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula* en función del Oxígeno disuelto en la zona intermareal de Chacocente.



Por consiguiente, con un valor de oxígeno disuelto de 9 ppm, la especie *Arbacia lixula*, tuvo una abundancia de 1235 bit/ind, siendo una especie muy resistente a los cambios que ocurren en el ecosistema, mientras que para la especie *Ophiocomina nigra*, fue una especie muy

sensible a los cambios, lo que se vio reflejado en su abundancia, ya que el resultado obtenido tuvo una cantidad de 930 bit/ind en los diferentes ecosistemas, sin embargo ambas especies se asociaron, ya que las variables químicas condicionaron todos los procesos que ocurrieron dentro de los estratos como la alimentación, flujo de energía, aporte de materia orgánica y oxigenación del agua en cada nicho ecológico, atribuyendo que este rango permitió que hayan otras especies de moluscos, Arthropodos, equinodermos.

Con un oxígeno disuelto de 10 ppm, se encontró una disminución en la abundancia de ambas especies, en el cual, la especie *Ophiocomina nigra* tuvo una abundancia en cada época de muestreo de 769 bit/ind, encontrándose mayor abundancia de la especie *Arbacia lixula* con una cantidad de 1112 bit/ind en los diferentes ecosistemas rocosos, siendo esta especie la que se ha venido adaptando y resistente a los cambios en la composición química del agua de mar que la Ophiura, la cual, fue una de las especies que necesitaba los rangos específicos para que hubiera una mayor abundancia en los ecosistemas marinos rocosos costeros estudiados.

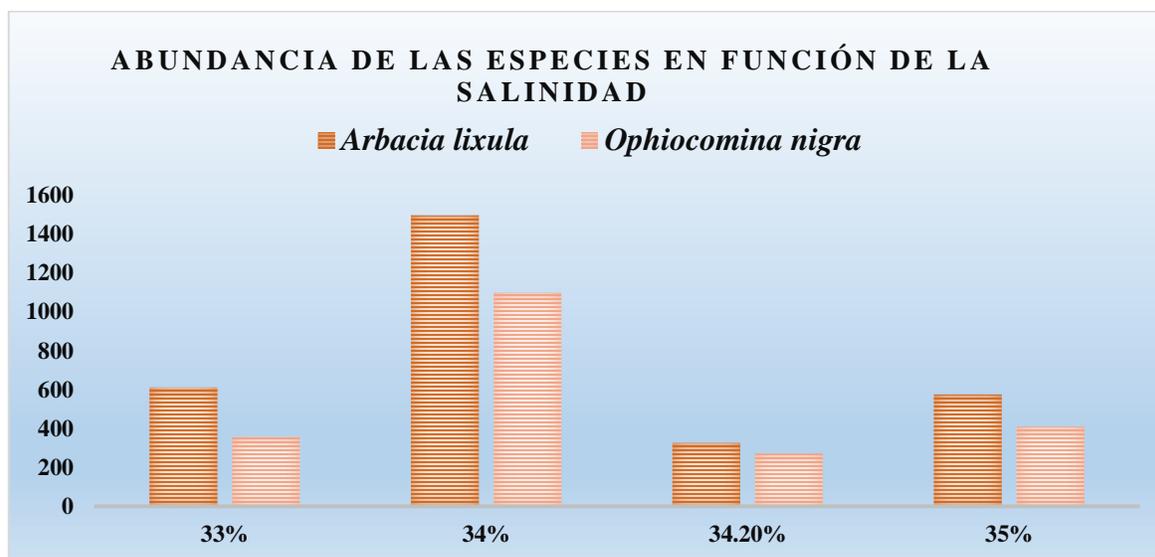
Mientras tanto, con un oxígeno disuelto de 12 ppm, ambas especies disminuyeron su abundancia poblacional, encontrando cambios muy significativos, ya que, la especie *Arbacia lixula* siempre mantuvo rangos poblacionales altos con respecto a la Ophiura, en el cual, se encontró una abundancia de 655 ind/bit, mientras tanto que para la *Ophiocomina nigra* la abundancia para esta especie fue de 432 bit/ind, teniendo una menor abundancia con respecto a los rangos mencionados anteriormente. Cabe señalar que esta abundancia encontrada en función de este rango de oxígeno disuelto estuvo influenciada por el aporte de agua dulce y agua salada, ya que, cuando abre bocana el Río Escalante causa grandes perturbaciones y zonaciones en la distribución de los organismos dentro del epibento y ecosistemas rocosos.

Ambas especies se caracterizaron por ser muy sensibles a los cambios en las composiciones físico-químicas, lo que se demostró en la abundancia de las especies *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*, pero, sin embargo, las dos especies realizaron funciones importantes, ya que, contribuyeron al reclutamiento de especies de moluscos, Arthropodos y equinodermos.

5.3.4. Salinidad

La salinidad condicionó la distribución, abundancia, riqueza y asociación de las especies en los ecosistemas. Por ende, los resultados obtenidos en la salinidad en los sitios fueron estables entre sitios y épocas con un mínimo de 33% y un máximo de 35%, por ende, cabe señalar que las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* presentaron tolerancia a las diferentes condiciones climáticas en los diferentes estratos rocosos (Ver figura 34 y Cuadro 3).

Figura 34: Abundancia de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en función de la Salinidad en la zona intermareal de Chacocente.



Con una salinidad de 33%, la abundancia de la especie *Arbacia lixula*, fue mayor, obteniendo una abundancia de 610 bit/ind, siendo más abundante que la especie *Ophiocomina nigra*, obtuvo una abundancia de 356 bit/ind, caracterizándose por ser muy sensibles, en donde, el equinoideo presentó mayor abundancia de dicha especie en los diferentes estratos rocosos muestreados, en relación a la *Ophiocomina nigra*, la cual, presentó en ambas épocas de muestreo una abundancia baja, con respecto a la abundancia poblacional del erizo de mar, en todos los estratos rocosos muestreados. En este rango, especies del Phylum Mollusca, no se obtuvo presencia en ecosistemas como las especies *Bulla punctulata*, *Cantharus ringens* y *Cantharus elengans*, siendo especies muy exigentes con las condiciones dentro del ecosistema.

Mientras que, con una salinidad de 34%, la especie *Arbacia lixula* aumentó su abundancia en ambas épocas de muestreo, siendo esta de 1493 bit/ind, siendo una especie muy resistente a los cambios en la población del erizo en los estratos rocosos muestreados, siendo el rango de salinidad más óptimo para su distribución, abundancia y riqueza en los ecosistemas marinos costeros, así como, la especie *Ophiocomina nigra*, aumentó su abundancia teniendo una abundancia de 1906 bit/ind, siendo un organismo muy generalista y resistente a los diferentes cambios en el medio marino. Cabe señalar que estas dos especies se adaptaron perfectamente, asociándose, lo que les permitió llegar a ser depredadores oportunistas, contribuyendo al flujo de energía en los ecosistemas.

Con una salinidad de 34.2%, la abundancia tanto de la *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula*, disminuyeron su abundancia, en proporción a la abundancia que se obtuvo con los otros rangos de salinidad, pero no dejó de ser la *Arbacia lixula*, la especie con mayor abundancia poblacional en los diferentes ecosistemas en estudio, con respecto a la *Ophiocomina nigra*, estando estas dos, presentes en los estratos rocosos, así como en ambas épocas de muestreo y resistiendo a las diferentes fluctuaciones físico-químicas que se dieron en el mar. La abundancia obtenida de la *Arbacia lixula* fue de 325 bit/ind, mientras que para la *Ophiocomina nigra* su abundancia fue de 271 bit/ind, lo cual, este rango, indicó que la presión causada por agentes como el incremento de temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto, el aporte de agua dulce con agua salada, las concentraciones de sales en el entorno de las especies marinas tuvieron estrecha relación con su capacidad de supervivencia.

Con este rango ambas especies disminuyeron su abundancia, lo cual, reforzó el resultado obtenido con la afirmación de Tait (1971), que los cambios de salinidad en el exterior producen mudanzas en los fluidos internos de los individuos alterando su concentración, para ello el balance osmótico que debe realizar una especie puede devenir (en caso que no logre realizarlo adecuadamente) en alteraciones metabólicas e incluso causando la muerte de los mismos, los cuales, a pesar que estas dos especies se adaptan a los cambios, pero con este rango se ha encontrado una disminución significativa.

Con una salinidad de 35%, la *Arbacia lixula*, aumentó su abundancia, teniendo una abundancia de 574 bit/ind en los ecosistemas marinos costeros, siendo uno de los rangos más óptimos para que esta especie forme nichos ecológicos en los estratos muestreados, al igual, que la *Ophiocomina nigra*, tuvo un aumento mayor en su abundancia con 408 bit/ind en las diferentes épocas de muestreos y en los diferentes ecosistemas muestreados, teniendo mayor abundancia, con respecto al rango de salinidad anteriormente mencionado.

Tait (1971) aseguró que el valor normal de la salinidad es del 35%, teniendo como resultado la adaptación de todas las especies que fueron muestreadas durante las dos épocas de muestreo y a medida que la salinidad disminuyó (33%) no hubo presencia de algunas especies pertenecientes a los otros Phylum (Arthropoda y Mollusca) en los diferentes puntos de muestreos en Chacocente. No obstante, hay variaciones en el contenido total de sales entre aguas oceánicas de latitudes altas y bajas, así como, al mismo tiempo, hay diferencias en la salinidad a lo largo del perfil de profundidad. (Fuentes y Massol, 2002).

Cuadro 6: Valores de factores físico-químicos para ambas épocas en los tres sitios de muestreo. Nota: *Límite de detección: <1 **Límite de detección: <10

Variables físico-químicas	E.R.L		E.R.V		E.R.B	
	E.S	E,LL	E.S	E,LL	E.S	E,LL
Temperatura (°C)	11	12	13	14	34	35
pH ((unidades de pH)	6	7	7	6	7	8
Oxígeno disuelto ppm	9	10	9	10	10	12
Salinidad (%)	33	34	34	33	34	35

Es por ello, que las especies *Ophiocomina nigra* y *Arbacia lixula* se caracterizaron por asociarse con sustratos particulares, mediante sus adaptaciones morfológicas y fisiológicas, reconociendo el valor de las relaciones inter e intraespecíficas imperantes en estas comunidades, dándole un valor preponderante a los variables físico-químicas. Por lo tanto, como resultado se obtuvo que la *Ophiocomina nigra* estuvo condicionada al tipo de sustrato, temperatura, oxígeno disuelto y pH, mostrando mayor sensibilidad a la salinidad y la *Arbacia lixula* la ocurrencia de la clase Echinoidea se condicionó a la salinidad, temperatura, oxígeno

disuelto, pH y al tipo de sustrato en el que se habitó en los estratos rocosos de la playa de Chacocente.

5.4. Importancia de los Equinodermos en Estratos Rocosos de la Zona Intermareal del RVS- Chacocente

5.4.1. Importancia ecológica de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en función de variables físico-químicas en ecosistemas rocosos

La determinación de variables físico-químicas en los ecosistemas rocosos permitieron lograr obtener una asociación de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, la cual contribuyó a que estas brindaran una serie de servicios ecológicos dentro de los ecosistemas, siendo una de las especies dentro del epibento muy tolerantes a las fluctuaciones de pH, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto, disminuyendo su abundancia poblacional, siendo estas uno de los organismos más versátiles por su papel ecológico, llegando a ser estos buenos indicadores de los procesos ecosistémicos locales.

La temperatura fue un factor condicionante para la *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, debido a que ambas están reguladas por un fotoperiodo, en donde, en el aumento de dicho factor, la *Arbacia lixula* tuvo mayor capacidad para la reproducción, desarrollo de larvas y gametos, así como, de la alimentación, llegando a poblar con mayor rapidez el ecosistema rocoso, de tal forma que al no tener un controlador biológico este podría causar daños graves en el bento, llegando a despoblar y dejar sin cobertura vegetal.

En cambio, la *Ophiocomina nigra* es un organismo que se adaptó a los diferentes cambios en las fluctuaciones, en los resultados obtenidos se logró observar que la abundancia para la época seca y lluviosa fue menor con respecto al equinoideo, pero, sin embargo, es una especie que su reproducción y distribución estuvo condicionada por dicho factor, y que al aumentar esta en combinación con perturbaciones que se da dentro del ecosistema, produjo una aceleración en el crecimiento y tasa de supervivencia larvaria.

Es por ello que su importancia radicó en que son uno de los invertebrados más conspicuos y abundantes con respecto a otras especies encontradas en los ecosistemas rocosos de Chacocente, en el cual, su abundancia en función de la temperatura contribuyó de manera significativa a la biomasa total del ecosistema teniendo efectos notables en aquellos organismos herbívoros y coralívoros llegando a establecer el equilibrio debido a que cada especie desarrolla una función específica en cada nicho ecológico evidenciándose en el reclutamiento de otras especies.

Por ello, la *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* desempeñaron un importante papel ecológico dentro de los ecosistemas acuáticos, debido a su asociación estos participaron en actividades de descomposición de materia orgánica. Además, ocuparon una posición primordial dentro de la cadena alimenticia, debido a que estas constituyeron el principal alimento para peces demersales, contribuyendo al flujo de energía y materia así en el reciclaje de nutrientes a través de procesos de bioturbación de sedimento, que aceleraron los procesos de remineralización, lo que se vio reflejado en la reproducción y abundancia que cada una de ellas tiene en el ecosistema.

Por consiguiente, el pH es una variable química que fue de suma importancia porque se obtuvo que para un pH 8 la *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* hubo una menor abundancia poblacional con respecto a niveles de pH inferiores, lo que hizo ver que a medida que este factor aumentó, ambas especies disminuyeron su abundancia, así como, no hubo presencia de diferentes especies de moluscos como la *Acanthina brevidentata*, *Littorina aspera*, *Barbatia rostrata*, *Bulla punctulata* y de la *Hacelia attenuata* siendo un organismo del Phylum Echinodermata, que no toleraban estos cambios en las fluctuaciones. Si bien la acidificación en el pH causó un efecto notable en las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, ya que, a medida que este aumentó el efecto que tuvo en la tasa de supervivencia fue menor, así como, la velocidad de su desarrollo y su morfología larvaria fue fuertemente influido, afectando la diversidad y distribución de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*.

Por lo tanto, el estudio de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en función de variables físico-químicas, fue de suma importancia porque permitió identificar que estos son organismos muy tolerantes, ya que, en cada fluctuación su abundancia poblacional varió llegando a afectar aspectos relacionados con sus relaciones tróficas, dinámica poblacional y ecología, siendo fundamentales las relaciones entre este grupo y las diferentes variables físico-químicas que hicieron fluctuar la distribución y abundancia de las poblaciones.

El oxígeno disuelto es una variable química que influyó en la distribución y abundancia de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, siendo estas muy sensibles a los cambios en las composiciones físico-químicas, lo que se evidenció en su abundancia, en el cual, en los resultados obtenidos se observó que la Ophiura es una especie con respecto a la equinoidea que presentó menor abundancia, atribuyéndole a las especies la poca capacidad móvil, y su habilidad de utilizar grietas, agujeros, espacios entre las rocas y otros huecos naturales como refugio.

Mientras tanto, la salinidad fue un factor condicionante en la distribución, abundancia, riqueza y asociación de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* y otras especies de los ecosistemas rocosos, por lo cual, se evidenció que la Ophiura es un organismo con mayor sensibilidad a los cambios en la composición físico-química del agua y del sustrato en el que habitan, ya que, a medida que esta aumentó produjo mudanzas en los fluidos internos alterando su concentración, afectando el balance osmótico que realizaron estas especies, la cual, pudo devenir en alteraciones metabólicas e incluso causando la muerte de estos organismos.

Es por ello, que al evaluar estas especies en relación a variables físico-químicas permitió la identificación de todas las funciones que realizaron para llevar a cabo los procesos ecológicos dentro de los ecosistemas rocosos, siendo estos organismos componentes de la biomasa de los ecosistemas rocosos, ya que fueron parte de la productividad secundaria del mar y formaron parte clave e integral en la cadena alimenticia de Chacocente.

La *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, fueron elementos importantes en los arrecifes rocosos por su ubicuidad, alta abundancia y sus diversas actividades alimenticias, permitiéndole asociarse a los estratos rocosos, caracterizándose por ser herbívoros u omnívoros, alimentándose de algas y corales vivos. El herbivorismo de estos organismos fue de suma importancia, ya que al remover las algas permitieron que existiera espacio disponible para el reclutamiento coralino, evitando el aumento de la biomasa algal que compite con el coral por luz y espacio.

Por esto, la *Arbacia lixula* desempeñó un doble papel en el ecosistema rocoso: por un lado, lo benefició gracias a la remoción de algas sobre el sustrato, mientras que, por otro, lo pudo afectar provocando bioerosión considerable del estrato cuando se encuentran en altas densidades. Mientras tanto, la *Ophiocomina nigra* fue de gran importancia ecológica en ecosistemas rocosos, ya que, a pesar de no presentar usualmente altas densidades en función de las variables físico-químicas, poseyeron gran diversidad de hábitos alimenticios actuando como carnívoros, coralívoros, caníbales, herbívoros, carroñeros, suspensívoros y detritívoros, llegando a ser un depredador tope.

La importancia ecológica de estas especies en función de las variables físico-químicas, estuvo relacionado con la abundancia, distribución y asociación de las mismas, las cuales estuvieron ligadas al papel que cada una desempeñó en sus nichos ecológicos, así como en la capacidad que estas tuvieron para bioerosionar las condiciones del sustrato en el que habitaban. Hay que tener en cuenta que fueron especies que, con la combinación de sustratos sólidos y la acción de las olas, el agua y los altos niveles de oxígeno, salinidad, temperatura y pH permitieron crear hábitats muy favorables para estos organismos, así como especies del Phylum Mollusca y Arthropoda.

Además, la *Ophiocomina nigra* fue un organismo próspero con respecto a la *Arbacia lixula* debido a su movilidad, su diversidad de hábitos alimentarios y sus escasas dimensiones, lo que le permitió explorar, hábitats inalcanzables comparada a la equinoidea. Cabe señalar, que, durante la alimentación, ambas especies removieron una gran proporción de carbonato de calcio y son consecuentemente de importancia en la estimación del ciclo del carbono

inorgánico y orgánico en los estratos rocosos. Por lo tanto, estos especímenes fueron importantes en el reciclaje del carbono y por ende en el desarrollo de los arrecifes coralinos y su pesca, la cual, puede intervenir con dichos procesos ecológicos. Además, la *Ophiocomina nigra* desempeñó otra función ecológica importante en las comunidades marinas y se evidenció que fue un componente importante en la dieta de invertebrados y peces.

La *Ophiocomina nigra* y la *Arbacia lixula* fueron componentes esenciales de la comunidad bentónica en los ecosistemas rocosos, debido a que formaron parte de los niveles tróficos, ya que, fungieron como depredadores oportunistas, comensales, omnívoros, detritívoros, filtradores, hasta caníbales, contribuyendo a la descomposición de la materia orgánica, al ciclo de nutrientes en los ecosistemas bentónicos y a la oxigenación de los sedimentos y el agua. Además de ser componentes importantes en la diversidad bentónica, un cambio en la abundancia poblacional de estos, pudo generar efectos positivos o negativos sobre la comunidad, ya que, se encontraron ligados a procesos de bioerosión y movilidad del sedimento.

La asociación de estas especies como depredadores oportunistas fue favorecida por las variables de pH, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, en las que se obtuvo como una característica importante de la *Ophiocomina nigra*, la formación de asociaciones simbióticas con otros grupos de organismos como corales pétreos, corales blandos, esponjas e hidrozoos y erizos, en donde, la Ophiura permitió tener la extraordinaria capacidad de regenerar estructuras (espinas, pedicelarios, pies ambulacrales, órganos internos y extremidades) y en el caso de la *Arbacia lixula*, algunos daños en la testa fue reparada por una malla calcárea que cubrió la superficie dañada. Por ende, su capacidad de regeneración de estructuras no sólo se dio en respuestas a interacciones con depredadores, sino también ocurrieron como una respuesta al estrés por la alta temperatura, niveles altos de salinidad y oxígeno disuelto, pH, desecación, contaminación y como un mecanismo de reemplazo de extremidades dañadas e infectadas.

Así mismo, estas especies se caracterizaron por ser organismos que sobrevivieron a diferentes condiciones y fluctuaciones de las variables con las que fueron evaluadas siendo las condiciones óptimas para el desarrollo de la capacidad de reproducirse a través de la fragmentación o gemación. Es por ello, que la presencia de la *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* dentro de la comunidad bentónica y coralina fue esencial para el mantenimiento de la biodiversidad, ya que, alteraron la composición del bento, optimizando las condiciones para el asentamiento de otros invertebrados como *Eriphia squamata*, *Dolabrifera dolabrifera* y *Hacelia attenuata* por mencionar algunos ejemplos.

Por ejemplo, la *Arbacia lixula* al reducir la cobertura de algas, permitió que existiera el asentamiento de corales y al excavar en los fondos duros, abrió espacios para el asentamiento de otros invertebrados. Así, la *Ophiocomina nigra* al remover el sedimento, mantuvo fondos blandos y oxigenados, en el cual, diversas especies de este Phylum albergaron una rica fauna de comensales y parásitos. Por consiguiente, si aumentan las poblaciones de la *Arbacia lixula*, la cadena trófica se derrumba, por la presión que estos ejercen sobre los arrecifes coralinos, los cuales pueden llegar a bioerosionarlos, realizando una modificación de sus estructuras y comunidades asociadas que buscaban en dicho ecosistema refugio y alimento (Hernández, 2017).

Por ende, fueron organismos muy importantes, ya que contribuyeron en la organización de las comunidades marinas por ser una de las comunidades más voraces y, por tanto, uno de los depredadores más destacado en el ecosistema rocoso. Además, estos organismos controlaron la población de algas, ya que, estos compitieron por espacio lo que permitió facilitar el reclutamiento de los arrecifes, así como, intervinieron activamente en el proceso de bioerosionar, siendo uno de los más esenciales para el reciclamiento de carbonato de calcio (Solís et al., 2014).

Así mismo, la asociación de la *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* permitió que ambos fueron organismos depredadores controlando la distribución y abundancia de sus presas, lo cual, la presencia de los estos organismos en los estratos rocosos de Chacocente, benefició al gran potencial que albergó el Refugio de Vida Silvestre como una fuente de recursos

(alimentación, reproducción, refugio y zona de desove), para los invertebrados marinos y otras comunidades del bento.

Además, estos organismos contribuyeron al potencial y capital natural como un componente paisajístico, contribuyendo a incrementar la belleza escénica del Área Protegida, estimulando el uso de ésta, como una zona de recreación y actividad turística, lo que, a su vez tuvo un impacto económico positivo para las comunidades costeras que brindaron los servicios turísticos y ambientales que brindó este taxón, lo cual, promovió a la concientización sobre la importancia de proteger y conservar a estas especies y sus hábitats.

Chacocente contó con un rico y diverso ecosistema marino costero, albergando una alta riqueza debido a sus condiciones bióticas y abióticas, en el cual, estas se encontraron en una zona de transición oceanográfica. La *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* desarrollaron un papel fundamental en función de variables físico-químicas, ya que contribuyeron en la organización de las comunidades dentro del bento, debido a que son muy voraces siendo los depredadores más destacados de este ecosistema, por ende, sus diferentes procesos evolutivos permitieron caracterizar los diferentes ecosistemas rocosos, reforzando dicho resultado con lo que afirmó Gil et al., 2012, ya que estas especies van desarrollando dentro del ecosistemas muchas funciones ecológicas, que permiten la realización de una valoración ecológica de las especies y sus hábitats.

La especie *Arbacia lixula* desempeñaron un papel muy importante en el control de la estructura de la comunidad epibentónica de moluscos herbívoros, principalmente como resultado de la efectividad de la linterna de Aristóteles. Por lo tanto, el tamaño de esta especie y la habilidad de sus podios (pies) para la obtención y sujeción a las macroalgas también son ventajas para ellos, ya que la *Arbacia lixula* se alimenta de algas, lo que implicó que haya relación entre el pastoreo y la diversidad de estas, por lo que se dan implicaciones de tipo ecológico.

La presión del pastoreo de la *Arbacia lixula* en el E.R.B originó un cambio en la composición de la comunidad, de las algas coralinas, algas carnosas, esponjas, tunicados, etc. Aunado a lo

anterior, el pastoreo tendió a disminuir la diversidad de las macroalgas locales lo que a su vez incrementó la diversidad de microhábitats. Además, la *Arbacia lixula* y la *Ophiocomina nigra* fueron indicadores de las condiciones ambientales, ya que, fueron capaces de responder a diversos factores de contaminación, estrés térmico o invasión de patógenos, caracterizándose por poseer en su cavidad celómica un tipo de células inmunitarias que se conocen como celomocitos, las cuales, ayudaron a dar una respuesta al daño tisular, invasión de patógenos o compuestos tóxicos que se encontraron presente en el medio marino.

La *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* fueron organismos que se encontraron distribuidos en diferentes latitudes y profundidades, habitando desde arrecifes coralinos, estuarios y lagunas costeras. Además, fueron muy interesantes, por sus relaciones intra e interespecíficas, hábitos alimenticios y mecanismos de alimentación, teniendo adaptaciones muy sobresalientes siendo estos buenos indicadores de la calidad de los procesos ecosistémicos locales.

VI. CONCLUSIONES

- Se cuantificaron 26,485 individuos de macroinvertebrados bentónicos, encontrando 31 especies distribuido en tres Phylum (Echinodermata, Mollusca y Arthropoda), del cual, 3002 organismos pertenecientes a la especie *Arbacia lixula* y 2131 individuos de *Ophiocomina nigra* en ambas épocas de muestreo. La diversidad de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* mediante el índice de Shannon-Weaver, determinó que existió asociación entre estas dos especies. En cuanto, a la dominancia y equidad de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en estratos rocosos tuvo un comportamiento heterogéneo durante la época seca, mientras que en la época lluviosa fue más homogéneo.
- Mediante el índice de Jaccard (cualitativo) y Morisita-Horn (cuantitativo), se evidenció que los sitios E.R.L, E.R.V Y E.R.B presentaron alta similitud de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* y entre sitios de muestreos favoreciendo la asociación de ambos organismos, contribuyendo a que estas utilizaran su capacidad de adaptación en la época lluviosa, barrido de las olas y largos períodos de sumersión, distribuyéndose homogéneamente.
- Las variables físico-químicas del agua de mar mantuvieron valores similares durante la época seca y lluviosa en los tres sitios de muestreo (E.R.L, E.R.V y E.R.B), en donde, siempre hubo mayor abundancia poblacional de la *Arbacia lixula* con respecto a la especie *Ophiocomina nigra*, siendo dos especies muy tolerantes a las fluctuaciones de las variables con las que se evaluaron en los ecosistemas rocosos.
- La importancia ecológica de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* radicó en que son organismos indicadores de la calidad de los procesos ecosistémicos locales en los ecosistemas rocosos, contribuyendo a cambios significativos, por formar parte de las redes tróficas, lo que les permitió el reclutamiento de especies.

VII. RECOMENDACIONES

- Elaborar guías de identificación visual que contribuyan a la difusión del conocimiento científico de la riqueza, diversidad, ecología e importancia de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra*, por lo que representan una herramienta clave de concientización y conservación biológica del mar, así como, del capital natural que posee Chacocente.
- Realizar una comparación en la que permitan evaluar el comportamiento espacial y temporal de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en estratos rocosos y sustratos blandos, para conocer los cambios que existen en estos organismos en función de las variables físico-químicas en la playa de Chacocente.

VIII. LITERATURA CITADA

- Badii, M; Landeros, J y Cerna, E. (2007). Patrones de asociación de especies y sustentabilidad (species association patterns and sustainability). *Daena: International Journal of Good Conscience*. 3.632-660. (en línea). Consultado el 21 de diciembre de 2019. Disponible en [http://www.spentamexico.org/v3-n1/3\(1\)%20632-660.pdf](http://www.spentamexico.org/v3-n1/3(1)%20632-660.pdf)
- Badii, M; Landeros, R. Foroughbakhch y Abreu, J. (2007). Biodiversidad, evolución, extinción y sustentabilidad (Biodiversity, evolution, extinction, and sustainability). *Daena: International Journal of Good Conscience*. 2 (2).290-308. (en línea). Consultado el 3 de diciembre 2019. Disponible en http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/117/2013/11/biodiversidad_y_evolucion.pdf
- Benavidez, M; Borrero, G y Díaz, C. (2011). Equinodermos del Caribe Colombiano I: Crinoidea, Asteroidea y Ophiuroidea. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar 22. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. Santa Marta.384 p. Disponible en http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/9230Catalogo_Equinodermos_I.pdf
- Boege, K. (2011). Bichos vemos relaciones no sabemos. Diversidad e importancia de las interacciones bióticas. Distrito Federal, UNAM, México. *Ciencias* (102). 5-11. (en línea). Consultado el 5 de mayo de 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/644/64421308001.pdf>
- Brusca, R. (1973). *A Handbook to the Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California (Arizona-Sonora Desert Museum Studies in Natural History)*. University of Arizona Press. P 427.
- Calva, L. (2002). Hábitos alimenticios de algunos equinodermos. Parte 1. Estrellas de mar y estrellas serpientes. UAM. 46. 58-68. Consultado el 2 de abril de 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Laura_Calva/publication/278411714_Habitos_alimenticios_de_algunos_equinodermos_Parte_1_Estrellas_de_mar_y_estrellas_serpiente/links/5580d19708aed40dd8cd2e38/Habitos-alimenticios-de-algunos-equinodermos-Parte-1-Estrella
- Carballo, R y Pocasangre, X. (2007). Composición y Estructura de la Fauna Intermareal de Equinodermos en el Sistema Arrecifal Rocosó, Los Cóbános, Departamento de Sonsonate, El Salvador. Tesis de pregrado. Ciudad Universitaria, El Salvador. Universidad de El Salvador.100 P. (en línea). Consultado el 2 de junio de 2018. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/77237652.pdf>
- Carrasco, F. (1997). Organismos del Bénto marino sublitoral: Algunos aspectos sobre abundancia y distribución. *Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos*. Tomo I. P 315-332. (en línea). Consultado el 2 de diciembre 2019. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/BioMarina/11.pdf>

- Casas, J; Manrique, M y León, B. (2006). Las comunidades marinas en identificación de áreas naturales compatibles con la figura de Parque Nacional en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Naturaleza y Parques Nacionales, Serie Técnica. Ministerio del Ambiente. Madrid. PP. 137-194. (en línea). Consultado el 1 de diciembre de 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/259000435_Las_comunidades_marinas
- Corgos, A; Godínez, E; Flores, O y Rojo, J. (2014). Comunidades de fondos blandos submareales de la bahía de Navidad (Jalisco, México): Patrones espaciales y temporales Soft-sediment benthic assemblages of Bahía de Navidad (Jalisco, México): spatial and seasonal patterns. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. V 85. Pp 1171-1183. Consultado el 11 de diciembre de 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1870345314730003#!>
- Congreso Latinoamericano De Equinodermos First Latin American Echinoderm Conference (LAEC). (1, 2011, Puerto Madryn). Describiendo Las Formas de la Naturaleza: Historia de la Investigación Taxonómica de los Equinodermos en Latinoamérica. Solís, F. 1-174. Consultado el 13 de abril de 2018. Disponible en <http://rediberoamericanaequinodermos.com/wp-content/uploads/2015/09/CLE-2011-Libro-de-Resumenes.pdf>
- Escrivá, P. (2013). Distribución y abundancia de macrofauna bentónica del infralitoral somero. Universidad Politécnica de Valencia. Gandia, España. (en línea). Pp 13-19. Consultado el 2 de diciembre de 2019. Disponible en <http://hdl.handle.net/10251/32845>
- Fernández, J; Jiménez, M y Allen, T. (2014). Diversidad, Abundancia y distribución de la macrofauna bentónica de las costas rocosas al norte del Estado Sucre, Venezuela. *Biología Tropical*. Vol. 62. No. 3: 947- 956. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/269998877_Diversidad_abundancia_y_distribucion_de_la_macrofauna_bentonica_de_las_costas_rocosas_al_norte_del_Estado_Sucre_Venezuela
- García, V. (2014). Análisis de la biodiversidad en Arrecifes Rocosos en la Zona de Transición Tropical-Subtropical del Pacífico Mexicano. Tesis Doctor en Ciencia. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur. 187 p. Disponible en https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/86/1/garcia_v.pdf
- Guevara, C., Cantera, J., Mejía, L y Cortés, F. (2011). Benthic Macrofauna Associated With Bottoms of a Tectonic Estuary in Tropical Eastern Pacific. *Journal of Marine Science*. V 2011. Pp 13. (en línea). Consultado el 4 de diciembre 2019. Disponible en <https://www.hindawi.com/journals/jmb/2011/193759/>
- Guerrero, R y Bravo, V. (2011). Conceptos básicos de Estratigrafía. Campus Puerto Escondido, San Pedro, Mixtepec, UMAR, México. *Ciencia y Mar* XV (44).55-59. (en

línea). Consultado el 3 de mayo de 2018. Disponible en http://www.umar.mx/revistas/44/09_estratigrafia.pdf

Grijalva, M y Blandón, J. (2005). Estado Actual de la Regeneración Natural del Bosque Seco en el Refugio de Vida Silvestre Chacocente, Carazo. Tesis de pregrado, Managua, NI. Universidad Nacional Agraria. 55 P. (en línea). Consultado el 21 de mayo de 2018. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/1058/>

Gil, L., Serrano, A., Velasco, F., Punzón, A., Preciado, I., Ordines, F., Ruiz, J., Acosta, J., Lens, S., Macías, D y Tello, O. (2012). Estrategia Marina Demarcación Marina Del Estrecho y Alborán Parte IV. Descriptores Del Buen Estado Ambiental Descriptor 1: Biodiversidad Evaluación Inicial y Buen Estado Ambiental. Instituto Nacional de Oceanografía 1914 y Gobierno de España Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid: ResearchGate. (en línea). Consultado el 3 de mayo de 2018. Disponible en http://www.researchgate.net/profile/Luis_Gil_de_Sola/publication/271210082_estrategia_marina_demarcacion_marina_estrecho_y_alboran_parte_iv_descriptores_del_buen_estado_ambiental_descriptor_1_biodiversidad_evaluacion_inicial_y_buen_estado_ambiental/links

Gómez, M y Hernández, I. (2015). Comunidades de Equinodermos en la Región de Tunantal, Golfo Cariaco, Venezuela. Revista de Biología Tropical. V 3 (2). Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. 0034-7744. Disponible en https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442015000600195

Gutiérrez, C., Ortiz, J., Flores, J y Zamora, P. (2012). Diversidad, estructura y composición de las especies leñosas de la Selva Subcaducifolia del punto de unión territorial (PUT) de Yucatán, México. Polibotánica. Departamento de Botánica. Distrito Federal, México. No 3. P 156. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682012000100010

Hernández, J. (2017). Influencia Humana en las Fluctuaciones Poblacionales de Erizos de Mar. Revista de Biología Tropical 65 (1-1). (en línea). Consultado el 16 de mayo de 2018. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/31663/31351>

Hendrickx, M. (2012). Crustáceos Decápodos (Arthropoda: Crustacea: Decapoda) de aguas profundas del Pacífico Mexicano: Lista de especies y material recolectado durante el proyecto de Talud en Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico Mexicano. P 283. Disponible en <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/690/crustaceos.pdf>

Heip, C. (1974). A New Index Measuring Evenness. Journal of Marine Biological Association, 54: 555-557.

- Hurlbert, S.H. (1971). The Nonconcept of Species Diversity: a Critique and Alternative Parameters. *Ecology*, 52 (4): 577-586.
- Ibarra, M. (2016). Caracterización Ecológica de la Macrofauna Bentónica de Sustratos Blandos de la Zona Intermareal en la Playa de Pochomil, Managua, 2015. Tesis de pregrado. Managua, NI. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Managua. 99 P.
- Keen, A y McLean, J. (1971). *Sea Shell of Tropical West America: Marine Mollusks from Baja California*. 2 ed. 1080 p.
- Kapelle, M. (2004). *Diccionario de la Biodiversidad*. Santo Domingo de Heredia. Instituto Nacional de Biodiversidad. (en línea). Consultado el 16 de abril de 2018. Disponible en <http://www.ovinoscaprinos.com/VARIOS/12%20%20Diccionario%20de%20la%20Biodiversidad.pdf>
- Lara, J., Arenas, V., Bazán, C., Díaz, V., Escobar, E., García, M., Castro, G., Robles, G., Sosa, R., Soto, L., Tapia, M y Valdez, E. (2008). 5 Los Ecosistemas Marinos en capital natural de México. Capítulo Conocimiento actual de la biodiversidad. V I. CONABIO, México. pp 135-159. (en línea). Consultado el 16 de abril de 2018. Disponible en https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I05_Losecosistemasmar.pdf
- Laguarda, F. (2000). Informe final del proyecto S091 Equinodermos del Caribe de México: Pto Morelos, Quintana Roo. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. México: CONABIO. Recuperado el 17 de abril de 2018, de <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfS091.pdf>
- Laporta, P y Carranza, A. (2012). Cartilla de Practico Curso de Biología Animal Practico N° 6a-Filo Echinodermata. Universidad de la Republica Uruguay. Centro Universitario de la Región Este. Consultado el 15 de mayo de 2018, de <https://docplayer.es/39947740-Cartilla-de-practico-curso-biologia-animal-licenciatura-en-gestion-ambiental-ciclos-iniciales-optativos-2012.html>
- López, A. y Urcuyo, J. (2008). *Moluscos de Nicaragua I-Bivalvos*. Universidad CentroAmericana (Centro de Malacología/Biodiversidad). Managua, NI. 136 P
- López, A. y Urcuyo, J. (2009). *Moluscos de Nicaragua II Gastropodos*. Universidad CentroAmericana (Centro de Malacología/Biodiversidad). Managua, NI. 184 P
- MARENA. (2008). Plan de Manejo Refugio de Vida Silvestre Rio Escalante-Chacocente. (D. G. Protegidas, Ed.) Sistema Nacional de Áreas Protegidas, 72. Recuperado el 25 de mayo de 2018, de <https://es.scribd.com/document/56404322/Plan-Manejo-Rio-Escalante-Chacocente-2008-Marena>
- MARENA. (2011). *Biodiversidad Marino- Costero de Nicaragua: (Potencialidades de los ecosistemas)*. (en línea). 1 era ed. Managua, NI. SINIA. Consultado el 2 de abril de 2018. Disponible en

<http://www.sinia.net.ni/multisites/NodoSINAP/images/NodosTematicos/NodoSINAP/documentos/Ecosistemas%20de%20Nicaragua/Biodiversidad%20Marino%20Costera.pdf>

Marrugan, A. (2004). Measuring Biological Diversity. Disponible en http://www2.ib.unicamp.br/profs/thomas/NE002_2011/maio10/Magurran%202004%20c2-4.pdf

Margalef, D.R. (1958). Information Theory in Ecology. *General systematics*, 3: 36-71.

Menhinick, E. F. (1964). A Comparison of Some Species-Individual Diversity Indices Applied to Samples of Field Insects. *Ecology*, 45 (4): 859-861.

Moreno, C. (2001). Métodos para Medir la Biodiversidad. M&T- Manuales y Tesis SEA. CYTED Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo; ORCYT-UNESCO, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. P 86. Disponible en <http://entomologia.rediris.es/sea/manytas/metodos.pdf>

Owen, S. (2013). Biology and Phylogeography of the black sea Urchin *Arbacia lixula* (Echinoidea: Arbacioidea). *Biología y filogeografía del erizo de mar negro Arbacia lixula* (Echinoidea: Arbacioidea). Diposit Digital de la Universidad de Barcelona. Departamento de Biología Animal. Tesis Doctorales. (en línea). Consultado el 1 de enero del 2020. Disponible en <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/45666?mode=full>

Padilla, M., Rodríguez, A., Sotelo, R y Cupul, A. (2017). Echinoderms of the Islas Marietas National Park: General aspects, importance and visual identification as a tool for their protection. *Equinodermos de Parque Nacional Islas Marietas: Generalidades, Importancia e Identificación visual como herramienta para su protección. Áreas Naturales Protegidas*. 3 (2). 51-92. (en línea). Consultado el 2 de enero del 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/322368489_Equinodermos_del_Parque_Nacional_Islas_Marietas_Generalidades_importancia_e_identificacion_visual_como_herramienta_para_su_proteccion

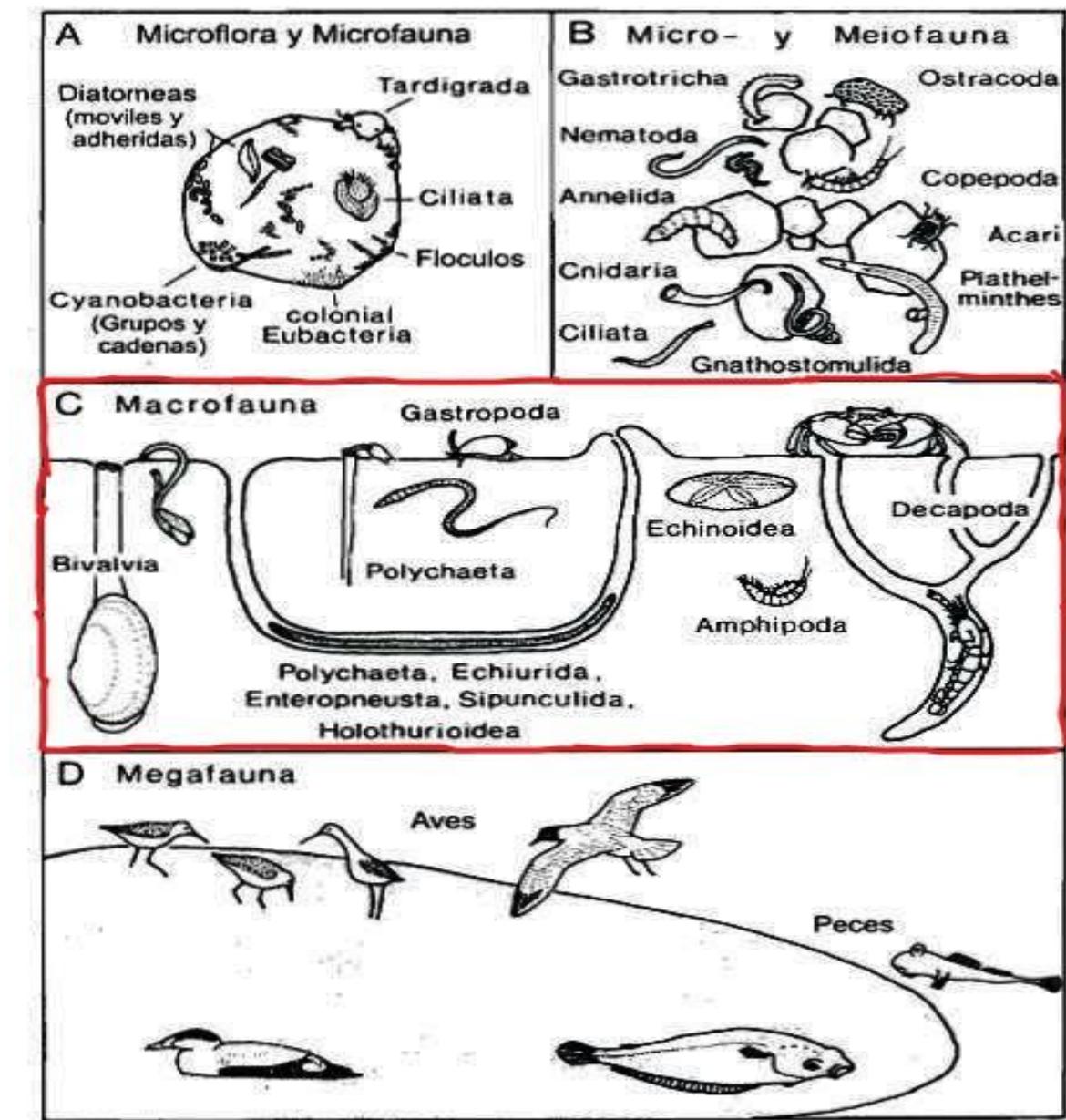
Pech, D y Ardisson, L. (2010). Comunidades Acuáticas. Diversidad en los bentos marino-costero. *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. Ecosistemas y Comunidades. Biodiversidad*. Consultado el 12 de diciembre 2019. Disponible en <https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap3/09%20Diversidad%20en%20el%20bentos.pdf>

Pech, D; Ardisson, P. (1994). Comunidades Acuáticas Diversidad en el bento marino-costero. *Biodiversidad y Desarrollo Humano Yucatán, Ecosistemas y Comunidades. Yucatán: CICY*. Recuperado el 2 de abril de 2018, de <https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap3/09%20Diversidad%20en%20el%20bentos.pdf>

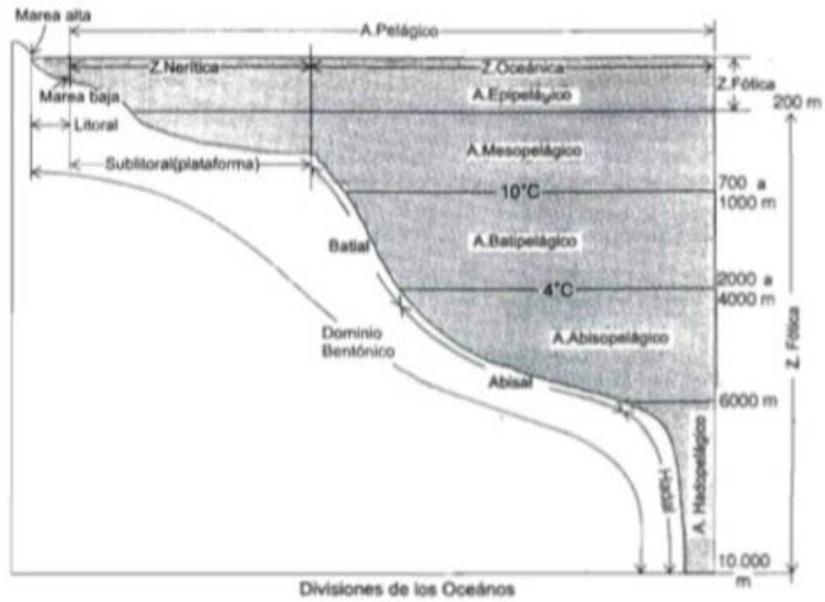
- Pielou, E.C. (1969). *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley-Interscience John Wiley & Sons, 285p.
- Rivera, J. (2013). *Campaña Comunicativa del Noticiero Radial Pulso Noticia para la Protección de las tortugas marinas en el Refugio de Vida Silvestre Chacocente en Santa Teresa, Carazo en 2009-2010*. Tesis de grado. Managua, NI. Universidad Centroamericana. 109 P. (en línea). Consultado el 16 de mayo de 2018. Disponible en <http://repositorio.uca.edu.ni/1359/1/UCANI3507.PDF>
- Rojas, B. (2015). *Diversidad Funcional de Equinoideos y Asteroideos en Arrecifes Rocosos y Coralinos del Pacífico Mexicano*. Tesis de Maestro en Ciencia. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. Programa de Posgrado en Ciencias en Ecología Marina. Ensenada, Baja California, México. 108 p. Disponible en <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/820/1/241821.pdf>
- Segovia, J., Guerra, G y Ramos, F. (2017). *Riqueza y Distribución de Equinodermos en los Arrecifes Rocosos de Punta Amapala y Los Cóbanos, El Salvador*. Universidad de El Salvador e Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. *Revista de Biología Tropical*. ISSN-0034-7744. 64(1). Consultado el 2 de mayo del 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321255167_Riqueza_y_distribucion_de_equinodermos_en_los_arrecifes_rocosos_de_Punta_Amapala_y_Los_Cobanos_El_Salvador
- Simpson, E.H. (1949). *Measurement of Diversity*. *Nature*, 163:688.
- Solís, F., Laguarda, A y Honey, M. (2014). *Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85. 441-449. (en línea). Consultado el 22 de mayo de 2018. Disponible en <http://revista.ib.unam.mx/index.php/bio/article/view/1059>
- Shannon, C.E. and W. Weaver. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University Illinois Press, Urbana, IL.
- Sheldon, A. L. (1969). *Equitability Indices: Dependence on the species count*. *Ecology*, 50: 466-467.
- Tait, R.V. (1971). *Elementos de Ecología Marina*. Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España.
- UNEP. (1992). *CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY*. United Nations Environmental Program, Environmental Law and Institutions Program Activity Center. Nairobi. (en línea). Consultado el 2 de diciembre del 2019. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>

IX. ANEXOS

Anexo 1: Organismos representativos del bento marino: A. Formas asociadas a los granos de sedimento (microfauna). B. Organismos que viven entre los granos del sedimento (meiofauna). C. Formas vivas que sobre e inmersos en el sedimento (macrofauna). D. Organismos. Fuente: Carrasco (1997).



Anexo 2: Grandes divisiones de los océanos. Fuente: Modificado de Hedgpeth (1957) y Nibakken (1997).



Anexo 3: Preservación de las muestras de las especies *Arbacia lixula* y *Ophiocomina nigra* en alcohol.



Anexo 4. Muestras de salinidad y Oxígeno disuelto de agua de mar en cada uno de los estratos rocosos de la zona intermareal- Playa Chacocente.

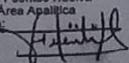
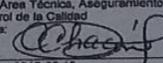


Anexo 5. Ficha de campo para muestras de agua de mar del CIRA-UNAN

	FORMATO DE CAMPO PARA LA COLECTA DE MUESTRA	FOR-CIRA-ATACC-27 <small>Elaborado por: Iris Hurtado García Vigente desde: 2017-05-15 Revisión: 2.4</small>
CIRA/UNAN		
USUARIO: _____		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: _____		
LUGAR: _____	COMUNIDAD: _____	
MUNICIPIO: _____	DEPARTAMENTO: _____	
ELEVACIÓN: _____ msnm	COORDENADAS N: _____	E: _____
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: _____		HORA TOMA DE MUESTRA: _____
ANALISIS SOLICITADOS: _____		
Marque con una X cuando aplique:		
Matriz	Fuente	
Agua Natural <input type="checkbox"/>	Rio__ Lago__ Mar__ PE__ PP__ Manantial__ Lluvia__ Grifo__ Agua Envasada__ Otros__	
Agua Residual <input type="checkbox"/>	Industrial__ Tipo de efluente _____ Doméstico__ Agua tratada__	
Suelo <input type="checkbox"/>	De uso agrícola__ De uso forestal__ De Uso pecuario__ Natural__	
Sedimento <input type="checkbox"/>	Marino__ Lacustre__ Fluvial__ Residual__	
Peces <input type="checkbox"/>	Marino__ Agua dulce__	
Fluido biológico <input type="checkbox"/>	Sangre__ Orina__ Leche__ Grasa__ Otros__	
Tejido biológico <input type="checkbox"/>	Especifique: _____	
Alimentos <input type="checkbox"/>	Procesado__ No procesado__ Especifique: _____	
Ambiente <input type="checkbox"/>	_____	
<small>Clave = PE: Pozo Excavado PP: Pozo Perforado</small>		
PARÁMETROS DE CAMPO:		
pH: _____ Unidades de pH	Temperatura: _____ °C	Conductividad eléctrica: _____ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$
Salinidad: _____ %	Cloro Residual: _____ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	Potencial Redox: _____ mV
Oxígeno Disuelto: _____ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	Saturación de Oxígeno: _____ %	
TIPO DE MUESTRA:		
Puntual _____	Estratificado _____	No de Intervalos _____ Integral: _____ de _____ a _____ m
Compuesta de _____ horas		
Equipo utilizado para la toma de muestra: _____		
Observaciones: _____		
Nombre de la persona que tomó la muestra _____		
Para Uso del Área de Proyección y Extensión	Nombre de la persona que verifica esta información: Fecha de Verificación: _____	
Para Uso del laboratorio	Iniciales analista a Cargo: _____	Código de la muestra en el laboratorio: _____
Revisado por: Silvia Fuentes Huelva Jefe Área Apaliyca Firma:	Aprobado y Autorizado por: Carmen Chacón Mayorga Jefe Área Técnica, Aseguramiento y Control de la Calidad Firma:	
Fecha: 2017-05-15	Fecha: 2017-05-15	

Anexo 6. Ficha de custodia para muestra de agua de mar del CIRA-UNAN

	FORMATO DE CADENA DE CUSTODIA DE MUESTRAS QUE INGRESAN AL CENTRO	FOR-CIRA-ATACC-28 Elaborado por: Iris Hurtado García Vigente desde: 2017.05.15 Revisión: 2.4			
CIRA/UNAN					
USUARIO: _____					
Identificación de la muestra	Toma de muestras		Número de envases	Análisis solicitados	Tipo de Preservante
	Fecha	Hora			
					___ Ácido sulfúrico ___ Ácido nítrico ___ Hexano ___ Tiosulfato de sodio ___ Hidróxido de sodio ___ Acetato de zinc ___ Sulfato de manganeso ___ Azida de sodio ___ Lugol ___ Formalina ___ Alcohol etílico ___ Otros _____
					___ Ácido sulfúrico ___ Ácido nítrico ___ Hexano ___ Tiosulfato de sodio ___ Hidróxido de sodio ___ Acetato de zinc ___ Sulfato de manganeso ___ Azida de sodio ___ Lugol ___ Formalina ___ Alcohol etílico ___ Otros _____
Entregado por: (Firma del Usuario)	Fecha y hora:		Recibido por: (Personal Área de Proyección y Extensión)	Fecha y hora:	
Entregado por: (Firma personal Área de Proyección y Extensión)	Fecha y hora:		Recibido por: (Laboratorio de)	Fecha y hora:	
Entregado por: (Firma personal Área de Proyección y Extensión)	Fecha y hora:		Recibido por: (Laboratorio de)	Fecha y hora:	
Entregado por: (Firma personal Área de Proyección y Extensión)	Fecha y hora:		Recibido por: (Laboratorio de)	Fecha y hora:	
Entregado por: (Firma personal Área de Proyección y Extensión)	Fecha y hora:		Recibido por: (Laboratorio de)	Fecha y hora:	
Entregado por: (Firma personal Área de Proyección y Extensión)	Fecha y hora:		Recibido por: (Laboratorio de)	Fecha y hora:	
Entregado por: (Firma personal Área de Proyección y Extensión)	Fecha y hora:		Recibido por: (Laboratorio de)	Fecha y hora:	

Revisado por: Silvia Fuentes Hueva Jefe Área Apalilca Firma: 	Aprobado y Autorizado por: Carmen Checón Mayorga Jefe Área Técnica, Aseguramiento y Control de la Calidad Firma: 
Fecha: 2017-05-15	Fecha: 2017-05-15

Anexo 7: Estrato Rocoso Volcánico localizado en la Zona Intermareal, Playa Chacocente.
Fuente: Elaboración propia.



Anexo 8: Estrato Rocoso Laminar, localizado en la Zona Intermareal, Playa Chacocente.
Fuente: Elaboración propia.



Anexo 9: Estrato Rocoso con abierta de Bocana, localizado en la Zona Intermareal, Playa Chacocente. Fuente: Elaboración propia.



Anexo 10: Resultados de la fauna bentónica marina en estratos rocosos de la zona intermareal Chacocente. Fuente: Elaboración propia.

Reino	Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Localidades	
Animalia	Mollusca	Bivalvia	Carditoida	Carditidae	Cardita	<i>Cardita affinis</i>	Chacocente (López, A. S.J y Urcuyo, J ,2008)	
			Arcoida	Arcidae	Barbarita	<i>Barbarita rostae</i>	Chacocente (López, A. S.J y Urcuyo, J ,2008)	
			Veneroidea	Chamidae	Pseudochama	<i>pseudochama corrugata</i>	Aposentillo, Masachapa, Chacocente, Ostional, La Flor (López, A. S.J y Urcuyo, J ,2008)	
		Gastrópoda	Cidaroida	Lottiidae	Scurria	<i>Scurria mesoleuca</i>	Chacocente	
			Neogastrópoda	Muricidae	Acanthina	<i>Acanthina brevidentata</i>	Chacocente	
			Cycloneritimorpha	Neritidae	Nerita	<i>Nerita scabricosta</i>	Estero P. Ramos, Aserradores, Aposentillo, Chacocente, La Flor (López, A. S.J y Urcuyo, J ,2009)	
			Neogastrópoda	Columbellidae	Anachis	<i>Anachis lyrata</i>	Sorrento, Aserradores, Masachapa, La Boquita, Chacocente, Casares, Manzanillo (López, A. S.J y Urcuyo, J ,2009)	
			Littorinimorpha	Ovulidae	Jenneria	<i>Jenneria pustulata</i>	Chacocente	
			Cephalaspidea	Bullidae	Bulla	<i>Bulla punctulata</i>	Santa Julia, Aserradores, Is. Juan venado, Poneloya, El Tránsito, Masachapa, Chacocente, Manzanillo, La Flor (López, A. S.J y Urcuyo, J ,2009)	
			Neogastrópoda	Buccinidae	Cantharus	<i>Cantharus ringens</i>	Chacocente	
			Sacoglossa	Elysiidae	Tridachiella	<i>Tridachiella diomedea</i>	Masachapa, Casares, Chacocente, Punta la flor, Marsella (López, A. S.J y Urcuyo, J ,2009)	
			Neogastrópoda	Fasciariidae	Leucozonia	<i>Leucozonia cerata</i>	Aserradores, El Velero, Poneloya, Masachapa, La Boquita, Manzanillo, Ostional, La Flor (López, A. S.J y Urcuyo, J ,2009)	
			Neogastrópoda	Fasciariidae	Opeatostoma	<i>Opeatostoma pseudodon</i>	Sorrento, Aserradores, Poneloya, El Toro, Chacocente, San Juan del S. y la Flor (López, A. S.J y Urcuyo, J ,2009)	
			Anaspidea	Aplysiidae	Dolabrifera	<i>Dolabrifera dolabrifera</i>	Masachapa, Casares, Chacocente, Punta la flor, Marsella (López, A.S.J y Urcuyo, J, 2009)	
			Neogastrópoda	Buccinidae	Cantharus	<i>Cantharus elengans</i>	Chacocente	
			Caenogastrópoda	Turritellidae	Vermicularia	<i>Vermicularia pellucida eburnea</i>	Chacocente	
			Littorinimorpha	Littorinidae	Littorina	<i>Littorina aspera</i>	Chacocente	
			Littorinimorpha	Littorinidae	Littorina	<i>Littorina modesta</i>	Chacocente	
			Archaeogastrópoda	Lottiidae	Notoacmea	<i>Notoacmea filosa</i>	Chacocente	
			Neogastrópoda	Muricidae	Thais	<i>Thais biserialis</i>	Chacocente	
			Neogastrópoda	Muricidae	Thais	<i>Thais melones</i>	Chacocente	
			Trochida	Trochidae	Tegula	<i>Tegula verrucosa</i>	Chacocente	
			Sessilia	Chthamalidae	Chthamalus	<i>Chthamalus stellatus</i>	Chacocente	
			Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Eriphidae	Eriphia	<i>Eriphia squamata</i>
		Echinodermata	Echinoidea	Cidaroida	Cidaridae	Eucidaris	<i>Eucidaris thouarsii</i>	Chacocente
			Ophiuroidea	Ofiurida	Ophiocomidae	Ophiocomina	<i>Ophiocomina nigra</i>	Chacocente
			Echinoidea	Arbacioidea	Arbaciidae	Arbacia	<i>Arbacia lixula</i>	Chacocente
			Echinoidea	Camarodonta	Echinometridae	Echinometra	<i>Echinometra vanbruntii</i>	Chacocente
			Asteroidea	Valvatida	Ophidiasteridae	Hacelia	<i>Hacelia attenuata</i>	Chacocente
			Asteroidea	Valvatida	Ophidiasteridae	Phantaria	<i>Phantaria unifascialis</i>	Chacocente

Anexo 11: Resultados de Análisis de Salinidad y Oxígeno Disuelto en estratos rocosos de la zona intermareal Chacocente.



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
Hospital Monte España 300 m. al norte. Teléfono: (505) 2278 6881, 2278 6767, 2278 6982
 Telefax: (505) 2267 8169; apartado postal 4598; correo: apa@cira.unan.edu.ni

Resultados Análisis Físico Químicos

AGUA NATURAL

Bar
 Canal 5
 RUS, Río Escalante - Chacocente
 Santa Teresa, Canal
 127456 N, 880716 E
 8.6 metros
 2019/07/21
 19 h 30

CÓDIGO DEL LABORATORIO: AN-0468
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2019-07-22
 FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: 2019-07-22
 FECHA DEL REPORTE: 2019-07-29

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-0468 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.


AREA ANALITICA
CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veintinueve días del mes de julio del año dos mil diecinueve.


AREA TÉCNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DE CALIDAD
CIRA/UNAN

CLIENTE

ERA, KAROL DANIELA TERESA LÓPEZ ABURTO
 Villa El Carmen, Managua
 Cel. 7671-6599
 danielalopez@est.una.edu.ni

MATRIZ DE LA MUESTRA

PUNTO
 IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
 USUARIO/COMUNIDAD
 MUNICIPIO/DEPARTAMENTO
 COORDENADAS
 ELEVACIÓN
 FECHA DE MUESTREO
 HORA DE MUESTREO

Parámetro	Método	Límite y/o Rango de Detección	Resultados	Unidades	Valores máximos admisibles CAPRE ²
OXÍGENO DISUELT	4500-C ¹	0.20 a 20.00	9.30	mg/l ¹	Si referencia
SALINIDAD A 25.0 °C	2510-B ¹	0.0 a 80.0	34.5	‰	Si referencia

Observaciones: Escólameros con características volcánicas, con grandes cantidades de m. org. de macroinvertebrados epibentónicos, algas.

Datos de campo:
 pH: 6 Unidades de pH
 Temperatura: 25 °C

Lic. Jonathan Herrera Melo
 Lic. Jonathan Herrera Melo
 Jefe de Laboratorio de Aguas Naturales

Referencias: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, Washington: APHA, 2012. (CAPRE) (2012). Normas de Calidad para Consumo Humano. Costa Rica

Anexo 12: Resultados de Análisis de Salinidad y Oxígeno Disuelto en estratos rocosos de la zona intermareal Chacocente.



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
 Hospital Monte España 500 m al norte, Telereña. (505) 2278 6981, 2278 6767, 2278 6982
 Telefax (505) 2267 6189, apartado postal 4508, correo: apa@cira.unan.edu.ni

2019-AN-0466

CLIENTE

IRA, KAROL DANIELA TERESA LÓPEZ ABURTO
 Vía El Carmen, Managua
 Cel. 7871-6598
 daniela.lopez@est.una.edu.ni

Resultados Analíticos Físico Químicos

AGUA NATURAL

Nº: Libral # 3

RUS, Río Escazú- Chacocente

Santa Teresa, Cusco

13°30'N, 86°41' E

6.5 msm

FECHA DE MUESTREO: 2019-07-21

HORA DE MUESTREO: 14 h 00

CÓDIGO DEL LABORATORIO: AN-0466

FECHA DE RECEPCIÓN: 2019-07-22

FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: 2019-07-22

FECHA DEL REPORTE: 2019-07-29

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-0466 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.


ÁREA ANALÍTICA
 CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

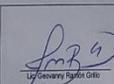
Managua, a los veintinueve días del mes de julio del año dos mil diecinueve.


ÁREA TÉCNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD
 CIRA/UNAN

Parámetros	Método	Límite y/o Rango de Detección		Resultados	Unidades	Valores máximos admisibles CAPRI ¹
OXÍGENO DISUELT	4000-CL ¹	0.00	25.00	9.6	mg/l	sin referencia
SALINIDAD A 25.0 °C	2010-B ¹	0.0	80.0	34.2	‰	sin referencia

Observaciones: Estrato rocoso redondo, con gran cantidad de algas. Sp de gastropodos, moluscos, equisetos, Antrópodos, corales marino.

Datos de campo:
 pH: 6.5 Unidades de pH
 Temperatura: 25 °C


 Lic. Geovanny Espino Gesto
 Jefe de Laboratorio de Aguas Naturales



Referencias:

¹ American Public Health Association (APHA). 2012. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd Edition. Washington: APHA.

² Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centro América, Panamá y República Dominicana (CAPRI). 1995. *Normas de Calidad para consumo humano*. Costa Rica.

Página 1 de 1

Anexo 13: Resultados de Análisis de Salinidad y Oxígeno Disuelto en estratos rocosos de la zona intermareal Chacocente.

2019-AN-0465



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
 Hospital Monte España 300 m al norte, Teléfono: (505) 2278 6981, 2278 6767, 2278 6982
 Telex: (505) 2207 8199, apartado postal 4938, correo: rpa@cira.una.edu.ni



CLIENTE

SRA. KAROL DANIELA TERESA LÓPEZ ABURTO
 Villa El Carmen, Managua
 Cel. 7671-6399
 karolina.lopez@cira.una.edu.ni

Resultados Análisis Físico Químico

MATRIZ DE LA MUESTRA: AGUA NATURAL
 FUENTE: Mar
 IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE: Límite # 3
 LOCAL Y/O COMUNIDAD: P.O. Río Chacocente-Chacocente
 MUNICIPIO DE PERTENECIMIENTO: Santa Teresita, Casaco
 COORDENADAS: 12°00'00" N, 86°55'00" E
 ELEVACIÓN: 3,5 msnm
 FECHA DE MUESTREO: 2019-07-21
 HORA DE MUESTREO: 13:30

CÓDIGO DEL LABORATORIO: AN-0465
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2019-07-22
 FECHA DE EMISIÓN DEL ANALISIS: 2019-07-22
 FECHA DEL REPORTE: 2019-07-29

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-0465 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.


ÁREA ANALÍTICA
CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veintinueve días del mes de julio del año dos mil diecinueve.


ÁREA TÉCNICA, ASEGURAMIENTO, ASESORAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DE CALIDAD
CIRA/UNAN

Parámetros	Método	Límite y/o Rango de Detección	Resultados	Unidades	Valores referencias adscribibles
					CAPRE ¹
OXÍGENO DISUELTUO	4306-GLC ¹	6.28 a 20.00	12.00	mg/l ¹	Se referencia
SALINIDAD A 25.0 °C	2510-B ¹	0.8 a 80.0	34.5	‰	Se referencia

Observaciones: Estado turbio, en el que hay gran diversidad de algas, corales Anemónidos, moluscos, esponjas, en algas, peces-guapotes.

Datos de campo:
 pH 7.1 Unidades de pH
 Temperatura: 22 °C

Nota: Muestra para análisis de Coliformos Totales con identificación Límite # 2 presentada burbuja en el interior del envase, de la cual se retiró el líquido, pero cuando ingresó al laboratorio asegurando responsabilidad en los resultados de los análisis que genere elaborados.

Referencias:
¹ American Public Health Association (APHA) (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition. Washington, APHA.
 Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centro América, Panamá y República Dominicana (CCARE) (1988). Norma de Calidad para consumo humano. Costa Rica.

Página 1 de 1

Anexo 14: Resultados de Análisis de Salinidad y Oxígeno Disuelto en estratos rocosos de la zona intermareal Chacocente.

2019-AN-0465



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
Hospital Monte España 300 m al norte, Teléfono: (505) 2278 6981, 2278 6761, 2278 6982
 Teléfono (505) 2207 3149, apartado postal 6500, correo electrónico: cira@unh.edu.ni



CLIENTE

SRA. KAROL DANIELA TERESA LOPEZ ABURTO
 Villa El Carmen, Managua
 Cel: 7871 6390
 danielea.lopez@est.unh.edu.ni

Resultados Analíticos Físico Químicos

MATRIZ DE LA MUESTRA:
 FUENTE: AGUA NATURAL
 IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE: Mar
 LOCALIDAD COMUNIDAD: Loma 2
 MUNICIPIO DEPARTAMENTO: ROL, Río Escondido - Chacocente
 COORDENADAS: Santa Teresita, Chaco
 ELEVACIÓN: 17200 M. SOBRE EL
 HORA DE MUESTREO: 3.5 horas
 HORA DE MUESTREO: 2019-07-21
 HORA DE MUESTREO: 11:30

CÓDIGO DEL LABORATORIO: AN-0465
FECHA DE RECEPCIÓN: 2019-07-22
FECHA DE FINICIÓN DEL ANÁLISIS: 2019-07-22
FECHA DEL REPORTE: 2019-07-29

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-0465 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.


ÁREA ANALÍTICA
CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veintinueve días del mes de julio del año dos mil diecinueve.


ÁREA TÉCNICA, ASEGURAMIENTO, ASESORAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL CIRA/UNAN

Parámetro	Método	Límite y/o Rango de Detección		Resultados	Unidades	Valores máximos admisibles según:	
						Normativa	Referencia
OXÍGENO DISUELT	4306-C1	0.30	0.30.00	12.50	mg/l	de referencia	
SALINIDAD A 25.0 °C	2210-B 1	0.0	30.0	34.5	‰	de referencia	

Observaciones: Estubo turbio, en el que hay gran cantidad de algas, corales Antrópolis, redúcculos, equisetos, en algas, peces gasteropodos.

Nota: Muestra para análisis de Cloro Disuelto con identificación labial al 2° momento. Sección en el mismo que ensayó, se le realizó lectura al mismo, pero debido a que el laboratorio asumiendo responsabilidad en los resultados de los análisis que genera el laboratorio.

Referencias:
 American Public Health Association (APHA) (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition. Washington: APHA.
 Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento del Centro America, Panamá y República Dominicana (CCRIE) (2005). Normas de Calidad para consumo humano. Costa Rica.

Fecha de campo:
 pH 7 Unidades de pH
 Temperatura 22 °C


 Director General

 Mg. Karol Daniela Lopez
 Área Analítica de Aguas Naturales

Página 1 de 1