



**UNIVERSIDAD DEL SINÚ**  
Elías Bechara Zainúm  
Seccional Cartagena

**TAXOCENOSIS DE LOS POLIQUETOS, MOLUSCOS Y CRUSTÁCEOS ASOCIADOS  
A RAÍCES DE *Rhizophora mangle* EN LOS SECTORES *El Cove* y *Mount Pleasant*  
EN LA ISLA DE SAN ANDRÉS (COLOMBIA)**

**ELIZABETH SALCEDO MATURANA**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ - SECCIONAL CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y BIOTECNOLÓGICAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA  
CARTAGENA, COLOMBIA.**

**2023**



**UNIVERSIDAD DEL SINÚ**  
Elías Bechara Zainúm  
Seccional Cartagena

**TAXOCENOSIS DE LOS POLIQUETOS, MOLUSCOS Y CRUSTÁCEOS ASOCIADOS  
A RAÍCES DE *Rhizophora mangle* EN LOS SECTORES El Cove y Mount Pleasant  
EN LA ISLA DE SAN ANDRÉS (COLOMBIA)**

**PRESENTADO POR:**

**Elizabeth Salcedo Maturana**

**Director:**

**Luz Marina Mejía Ladino, M. Sc.**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ - SECCIONAL CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y BIOTECNOLÓGICAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA  
CARTAGENA, COLOMBIA.**

**2023**

*Dedicado a Dios, a mi madre “Mary” y a mi familia, por haberme enseñado el sentido de la vida, por ilustrarme el valor del trabajo, por motivarme a crecer y por creer en mí y en mis sueños.*

*A mi familia le doy las gracias por haberme apoyado en mis duros momentos, Por todo el amor que me brindaron de manera incondicional y que me han dado para poder llegar a la meta que me propuse durante el transcurso de mi vida.*

*“Después de tantos esfuerzos descubrimos que existen maravillas a lo largo de la vida”*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la docente Eugenia Arrieta por guiarme y acompañarme durante la asignatura P1 y P2, que con esfuerzo y dedicación estuvo realizando tutorías fuera de los horarios establecidos, y además por reconocer mi desempeño en el presente trabajo de grado.

A mi asesora disciplinar, Luz Marina Mejía Ladino, por ser una segunda madre y una pieza esencial para realizar mi trabajo de grado, con su apoyo, energía y exigencia para poder lograr el proyecto.

A mi asesora metodológica, la Dra. Patricia Romero por inspirarme en mi proyecto y por medio de los semilleros de investigación, acompañarme durante todos los momentos de evaluación de mi trabajo de grado.

Quiero agradecerle a la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA), y a algunos de sus funcionarios, encabezados por Andrea Pacheco, y a toda la gente que hace parte de la institución, por permitirme realizar el muestreo y el uso de sus laboratorios para la identificación de los organismos, asociados a las raíces de manglar en la isla de San Andrés.

De antemano agradecerle a la Universidad Nacional de Colombia Sede Caribe (UNAL) y sus funcionarios, en especial a Jairo Medina, por permitirme utilizar los equipos de laboratorio para la identificación de los organismos, así como, a su excelente equipo de trabajo.

***Elizabeth Salcedo Maturana***

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	6
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
2.1. Descripción del problema .....	13
2.2. Formulación del problema .....	14
2.3. Justificación .....	14
3. OBJETIVOS .....	16
3.1. General .....	16
3.2. Específicos .....	16
4. MARCO DE REFERENCIA.....	17
4.1. Marco Teórico .....	17
4.1.1. Manglares .....	17
4.1.2. <i>Rhizophora mangle</i> .....	18
4.1.3. Poliquetos .....	21
4.1.4. Moluscos .....	24
4.1.5. Crustáceos .....	26
4.2. Estado del arte .....	29
5. METODOLOGÍA .....	33
5.1. Área de estudio .....	33
5.1.1. Variables .....	38
5.2. Plan de análisis .....	43
6. RESULTADOS.....	45
6.1. Parámetros Abióticos .....	45
6.2. Parámetros Bióticos.....	49

## RESUMEN

El presente estudio se realizó un análisis de la taxocenosis de los poliquetos, moluscos y crustáceos asociados a las raíces de *Rhizophora mangle* (mangle rojo) en el archipiélago de San Andrés Islas, para esto se muestreo en dos sectores Mount pleasant (MP) y Cove (CV) con el objetivo de calcular el número de muestras mínimas para tener datos representativos y así lograr la caracterización y se relacionaron con algunas variables físico-químicas y ambientales como son las épocas climáticas seca (Sc) y lluviosa (LI). Para ello de acuerdo con el área del manglar en cada sector se realizaron transectos lineales de 10 m sobre la línea de costa, y en cada uno, se tomaron cuatro raíces y se recolectaron un total de 24 raíces sumergidas, con una longitud de 80 cm, distribuidos en tres (3) transectos (Interno, intermedio y externo), donde fueron seleccionadas aleatoriamente y cortadas, depositadas en bolsas para ser transportadas y analizadas en el laboratorio. Se identificaron 590 organismos representados por los grupos de moluscos, crustáceos y poliquetos; los moluscos mostraron mayor proporción en abundancia (102%), para los crustáceos (91%) y finalmente los poliquetos (20%) para ambos sectores y épocas climáticas. Se realizaron análisis a nivel de familia con el fin de identificar y clasificar, se realizó un análisis descriptivo de los datos para obtener la media, desviación estándar, un análisis de clasificación entre los sitios de muestreos y los grupos, con el fin de obtener un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) que respaldó el agrupamiento estableció que si existen diferencias significativas entre los sectores y

épocas climáticas de acuerdo al número de organismos, SIMPER mostro que los taxones que contribuyeron a la similaridad en la época seca fue *Isognomon radiatus* y los anfípodos (29,33 y 28,1%), para época lluviosa es la especie *Aratus pisonii* con un 29,22%), (ANOSIM) de dos vías mostro diferencias entre los sitios dentro de las épocas climáticas ( $R=0,497$ ;  $p<0.003$ ) de acuerdo al escalamiento los agrupó y clasificó, los parámetros físicos-químicos no presentaron diferencias entre las épocas climáticas, por lo tanto, no son influyentes en la comunidad de macroinvertebrados asociados a *R. mangle* en los dos sectores *MP* y *CV*. De acuerdo a los resultados revelan que ubicación, presencia o ausencia de las corrientes, y factores antrópicos influyen en el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrado, intervención del paso del huracán IOTA fueron notorios en las dos estaciones, por lo que algunos organismos se adaptados a condiciones extremas.

## 1. INTRODUCCIÓN

El manglar es un conjunto de especies arbóreas o arbustivas que colonizan la zona intermareal de regiones tropicales y subtropicales (Spalding *et al.*, 2010; Woodroffe *et al.*, 2016), tolerantes a la salinidad (halófitas facultativas) y con características adaptativas que les permiten soportar períodos de inundación frecuentes y establecerse en localidades con baja o nula concentración de oxígeno y sustratos inestables (Hutchings y Saenger, 1987). Cada una de las especies que conforman el manglar son conocidas individualmente como mangle. Entre sus adaptaciones se destaca un sistema radicular con raíces aéreas dispuestas como zancos (característico en *Rhizophora mangle*), que les permite colonizar sustratos inestables e inundados y con estructuras específicas para la respiración como lo son las lenticelas; el desarrollo de otro sistema radicular como los neumatóforos, para el intercambio gaseoso con el medio (en *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*); estructuras especializadas para el uso eficiente del agua, que les confiere tolerancia a la salinidad (Saenger, 2002) y presencia de semillas a manera de embriones (viviparismo), con capacidad de flotar en el agua manteniendo su viabilidad hasta su implantación (Duke *et al.*, 1998; Feller *et al.*, 2010) (Rojas-Aguirre *et al.*, 2019)..

En San Andrés, el manglar se presenta como rodales aislados, que posee en general un buen estado. De acuerdo con los datos de cobertura de manglar generados en el año 2016 (Rifaterra *et al.*, 2016), la isla de San Andrés cuenta con una extensión de manglar

de 146,72 ha y la isla de Providencia con una extensión de 63,77 ha. En el manglar monitoreado de ambas islas, se registra la presencia de las cuatro especies de mangle principales del Caribe colombiano: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erectus* (mangle botón o zaragoza) (AbrilHoward *et al.*, 2012; Vergara *et al.*, 2016; Rojas *et al.*, 2018) (Rojas-Aguirre *et al.*, 2019), siendo, casi un 5% del área total de las islas (5200 hectáreas).

Los cambios de la salinidad relacionados con las variaciones periódicas en el aporte de aguas dulces influyen de forma determinante en la composición y estructura de la fauna asociada a las raíces del mangle. Sólo un reducido número de especies eurihalinas está en capacidad de tolerar y reproducirse independientemente de las condiciones osmóticas del entorno; en consecuencia, en esos ambientes. La biota puede experimentar cambios importantes en el tiempo, así como, diferencias significativas en el espacio (García-Hansen *et al.*, 2002).

Como se mencionaba con anterioridad, una de las especies más frecuentes en el manglar es *Rhizophora mangle* (o mangle rojo), el cual pertenece a la familia Rhizophoraceae, y se distingue por tener una forma de árbol o arbusto con tronco recto, corteza de color olivo con manchas grises, flores simples y raíces aéreas (o prolongaciones que emergen del

suelo), las cuales brindan refugio para la gran diversidad de organismos y dan paso a otras especies (Escobar *et al.*, 1976). Además, *Rhizophora mangle* (mangle rojo) constituye un recurso importante debido a que mantiene en sus raíces sumergidas una gran biodiversidad epibionte en sus raíces sumergidas (Quirós y Arias, 2013).

Las comunidades epibentónicas están conformadas por especies sésiles o con movimiento limitado que pueden ser filtradoras, herbívoras o depredadoras tales como: los crustáceos consumen semillas y ayudan a controlar la excesiva proliferación de algas (Robertson, 1991); asimismo, los bivalvos y poliquetos sirven como productos alimentarios (Quijano-Tristancho, 2009).

*R. mangle* constituye un recurso importante debido a que mantiene una gran diversidad epibionte en sus raíces sumergidas (Quirós y Arias, 2013). Por esto, en esta especie se presenta alta abundancia y riqueza de especies, conformada principalmente por crustáceos, poliquetos y moluscos, entre otros, los cuales se consideran como los taxones de gran importancia (Romero y Polanía, 2008; Moreno-Ríos, 2009; Quijano-Tristancho, 2009). Las raíces de *R. mangle* proporcionan un sustrato firme para el establecimiento de comunidades complejas y diversas de epifauna (Howarth, 1999; Ruíz y López, 2001), las cuales hacen parte de la comunidad que juega un papel importante en los niveles tróficos, pues se pueden encontrar incrustados, adheridos o recorriendo el sustrato, donde

diversas especies aprovechan dichos recursos (Margalef, 1980). Así mismo, esas raíces presentan una biota incrustante, como los son los Tereidos, otros poliquetos, esponjas, y algunos crustáceos (anfípodos) (Reyes y Campos, 1992a).

Las principales funciones del manglar son:

- Son considerados zonas de sala-cuna de las primeras etapas de vida de peces e invertebrados y también son refugios para algunos juveniles de diferentes especies. (Sale, 1991; Sierra *et al.*, 2012)
- Ayudan al crecimiento masivo y favorecimiento de un gran número de organismos sésiles que conduce a la formación de microhábitats apropiados para la protección y alimentación de pequeñas especies móviles (Ogden, 1986; Prüsmann y Palacio, 2008; Quijano-Tristancho, 2009).
- Representan un papel importante en la protección y estabilización de suelos, así mismo, para el control de la erosión por mareas, ante la erosión masiva y reducen los fenómenos atmosféricos o naturales (huracanes y ciclones). (Lacerda, *et al.*, 1993, Guzmán *et al.*, 2016)
- Actúan como fuente de nutrientes y detritus, sostiene una compleja red alimenticia en el ecosistema marino debido al flujo de alimentos que son transportados por mareas o ríos, siendo estas aprovechadas por varias especies (Prahl, 1990, Gil *et al.*, 2009)

- Producen una amplia zona de protección, alimentación y reproducción a las especies de la macrofauna bentónica.
- Actúan como una barrera rompe-vientos. (Dugan, 1992, Agudelo, 2000)
- Poseen atributos los cuales proveen servicios ambientales de importancia ecológica.
- Tienen valor escénico, y son importantes para la recreación y el eco-turismo.

Debido a que San Andrés cuenta con gran importancia ecológica que está representada en parte por la comunidad de los organismos en las zonas de manglar en la isla, fue importante desarrollar esta investigación, teniendo en cuenta que existe poca información de los grupos que se encuentran asociados al ecosistema de manglar de algunos bosques de la isla, tales como *Mount Pleasant* y *El Cove*, pues los monitoreos se han realizado en otras áreas con alta relevancia ecológica.

De esta manera se pretende brindar insumos para proponer estrategias de protección y conservación en esos sitios no explorados, ya que los el grupo anélidos, moluscos y crustáceos representan un gran potencial económico, cultural y científico (Sierra *et al.*, 2012). Asimismo, esos grupos también se utilizan como bioindicadores y son apetecidos en la gastronomía, a nivel nacional e internacional (Sierra *et al.*, 2012).

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. Descripción del problema

Según Hansel (1998) “en la isla de San Andrés el manglar presenta diferentes patrones de funcionamiento que son determinados por su ubicación geográfica, por esto, los sectores oriental y occidental de la isla cuentan con grandes extensiones arbóreas y contienen una alta biodiversidad de especies que juegan un papel importante en el ecosistema”; asimismo, este autor afirma que las zonas de manglar con mayor extensión están en Bahía *Honda*, Bahía *Hookery* y ***El Cove***; y las de menor extensión, están en *Smith Channel*, *Sound Bay*, *Salt Creek* y ***Mount Pleasant*** (Hansel, 1998), por esta razón, se escogieron las dos últimas áreas de diferente extensión para el presente estudio.

Asimismo, en los últimos treinta años se han desarrollado estudios sobre la macrofauna epibentónica asociada a las raíces del manglar en la isla (Howard, 1999; Vilaridy y Polanía, 2000; Coralina, 2001; Moreno, 2002; García *et al.*, 2003; Lasso, 2007; Romero y Polanía, 2008), sin embargo, pese a este gran número de investigaciones en manglares, los sectores escogidos en el presente estudio (*Mount Pleasant* y *El Cove*) no han sido estudiados, por esto, surge el interés y la importancia de efectuar la presente investigación en estos dos sectores para brindar un aporte al conocimiento de la fauna asociada en las raíces de *R. mangle*.

## 2.2. Formulación del problema

¿Cuál es la composición y taxocenosis de los poliquetos, moluscos y crustáceos asociados a las raíces de *Rhizophora mangle* de *Mount Pleasant* y *El Cove* en la isla de San Andrés en las dos épocas climáticas que se presentan en el Caribe colombiano?

## 2.3. Justificación

Debido a la desactualización sobre los inventarios de Poliquetos, Moluscos y Crustáceos en la isla de San Andrés, y la importancia tanto ecológica como económica que presentan esos organismos, este trabajo cobra gran importancia realizar este tipo de estudios. Además, las investigaciones que se han realizado en la isla están enfocados básicamente en bahía Hooker y bahía Honda, pues son los sectores que presentan las áreas de manglar más extensas en la isla, centradas en el estudio de los procesos de sucesión, producción de hojarasca y caracterización de la macrofauna asociada. Por lo tanto, este trabajo realizó su investigación en lugares poco explorados, tales como *Mount Pleasant* y *El Cove* con características ecosistémicas diferentes.

Adicionalmente, es importante obtener información nueva de la taxocenosis de los Poliquetos, Moluscos y Crustáceos de zonas inexploradas con el fin de aproximarse al conocimiento del estado en que se encuentran los organismos asociados a las raíces de manglar, para que esta información pueda ser usada para las actividades de conservación y manejo del manglar y los recursos faunísticos en la isla.

Por todo lo anterior, surge esta propuesta para hacer la taxocenosis de los Poliquetos, Moluscos y Crustáceos y evaluar la estructura de esta comunidad,

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. General

- Evaluar la composición y taxocenosis de la comunidad de poliquetos, moluscos y crustáceos asociados a las raíces de *Rhizophora mangle* de Mount Pleasant y El Cove en la isla de San Andrés en diferentes épocas climáticas.

#### 3.2. Específicos

- Determinar la taxocenosis de las especies de los organismos asociados a las raíces de *R. mangle* en Mount Pleasant y El Cove en dos épocas climáticas.
- Evaluar la estructura de la comunidad de organismos asociados a las raíces de *R. mangle* en las épocas lluviosa 2020 y seca 2021.
- Establecer la influencia de las variables abióticas entre los sitios de muestreos y épocas climáticas.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1. Marco Teórico

#### 4.1.1. Manglar

El manglar es una asociación de especies que, por su tolerancia a la salinidad y a los sustratos inestables, pueden establecerse en zonas costeras y ribereñas con influencia mareal. La productividad del manglar está entre las mayores de los ecosistemas costeros (Lacerda *et al*, 2001).

El manglar es un conjunto de especies arbóreas o arbustivas que colonizan la zona intermareal de regiones tropicales y subtropicales (Spalding *et al.*, 2010; Woodroffe *et al.*, 1992), las cuales son tolerantes a las sales presentes en las zonas costeras, y tienen en común una gran variedad de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas, como la presencia de raíces aéreas, estructuras para intercambio gaseoso (lenticelas y neumatóforos), y reproducción por embriones vivíparos capaces de flotar (García, 2011).

Entre sus adaptaciones se destaca un sistema radicular dispuestas como zancos (p.e. *R. mangle*) o tabloides (p.e. *C. erectus*) que les permite colonizar sustratos inestables e inundados y estructuras especializadas para el uso eficiente del agua, que les confiere tolerancia a la salinidad (Saenger, 2002; Rojas *et al.*,2018).

De acuerdo con Prahl *et al*, (1989) sobre las raíces del manglar crece un variado número de pequeños organismos, como son las algas, los hidrozoarios, las anémonas, los gasterópodos, las ascidias, los bivalvos, las esponjas y pequeños crustáceos, entre otros, los cuales aprovechan el material orgánico que se encuentra suspendido y luego son atrapados por organismos superiores, como peces, crustáceos, equinodermos y moluscos, confiriéndole un papel muy importante en los niveles tróficos de los sistemas acuáticos y de algunos terrestres.

#### 4.1.2. *Rhizophora mangle*

*R. mangle* es una especie perteneciente a la familia Rhizophoraceae. Presenta forma de arbusto, con un diámetro de altura de 50 cm, copa redondeada y hojas opuestas simples, lisas, gruesas, pecioladas y aglomeradas en las puntas de las ramas (cada hoja de 8 a 13

cm de largo con 5.5 cm de ancho); y de coloraciones verde oscuro, y la mayor parte, amarillas.

Además, el árbol posee un tronco recto y raíces en forma de zancos ramificados, lo que le permite estabilizarse sobre terrenos lodosos o planos, con ramas que son simples y ramificadas, con numerosas lenticelas. Su corteza, en la parte externa, es de color olivo con manchas, pero al rasparla tiende a tener un color rojizo con una textura lisa y fibrosa. Sus flores son inflorescencias simples, con dos o tres flores. También produce bayas de color pardo, con cubrimiento duro de 3 cm de largo por 2 cm de ancho, aproximadamente. Las semillas germinan en el interior del fruto y sus propágulos son de forma curva, de color verde a pardo, y en la parte inferior, presentan numerosas lenticelas, miden alrededor de 22 a 40 cm de largo con 1 o 2 cm de diámetro.

Asimismo, *R. mangle* es una especie que se caracteriza por habitar en litorales donde se forman a menudo masas puras en zonas intermareales ya sea de lagunas costeras o esteros con influencia de agua salada. Por lo general *R. mangle* crece en ambientes con continuos movimientos de agua y salinidad variable con precipitaciones, sedimentos y corrientes marinas. Se considera como una especie halófila facultativa contiene una capacidad de albergar organismos en condiciones particulares diversas.

Así mismo, el mangle rojo provee a la comunidad local diferentes recursos para su sustento (Field, 1995), ya sea de manera tradicional, sostenible o directa como es el caso de:

- Madera en todas las presentaciones y usos que se le dan hasta llegar a un punto de uso comercial que ocupa lugares con potencial de desarrollo de infraestructura y finalmente funcionan como ámbitos para proyectos.
- Recursos hidrobiológicos como fuente alimentaria, ya sea en la pesca blanca (camarón, chipichipi, ostión y ostras).
- El turismo ecológico como una actividad productiva, ya que se utiliza el manglar de una manera contemplativa hacia la biodiversidad que se encuentra representada por la fauna y flora.
- Las actividades de piscicultura y camaronicultura que se desarrollan en áreas de manglar que podrían ser consideradas como productos pues el hecho de usar las tierras y aguas del manglar, categorizándolo como componente que originan beneficios directos (Gil y otros, 2009).

Asimismo, el manglar se caracteriza por adaptarse a cualquier evento o condición en las que se enfrente, causando gastos de mantenimiento, siendo la mayor problemática que sufre, no solo *R. mangle*, sino el ecosistema de manglar, algunos de esos factores son:

- Sobreexplotación y destrucción debido a las intervenciones antrópicas
- Uso de los suelos para la agricultura a pesar de ser improductivos para la actividad
- Criaderos de camarones que han surgido a expensas de la destrucción de vastas áreas de exploración
- Producción de petróleo
- Presencia de residuos sólidos

#### 4.1.3. Poliquetos (Anélidos)

Los poliquetos, pertenecientes al Phylum Anellida uno de los grupos más grandes de los invertebrados que en su mayoría son marinos, aunque algunos viven en aguas salobres y unos pocos son dulceacuícolas o parásitos (Fernández-Rodríguez y Londoño-Mesa, 2015), son gusanos segmentados y principalmente marinos, tienen hábitos bentónicos, aunque algunos son pelágicos. Su abundancia, riqueza, formas de alimentación y gran permanencia en el bento, hace que estas especies sean excelentes indicadores de

perturbación ambiental, pues el sedimento atrapa y almacena contaminantes temporalmente (Salazar, 2000)

La mayoría de los poliquetos tienen podios bien desarrollados. En el prostomio y peristomio (región cefálica) están ubicados los órganos sensoriales como son los palpos, tentáculos y cirrios siendo estos filamentosos para la alimentación e intercambio gaseoso. El tubo digestivo suele estar modificado en forma de una faringe estomodeal evaginable, en algunos casos su mandíbula quitinosa. Su sistema reproductor es sencillo y en muchos casos son transitorias, es decir, temporales. Los poliquetos son dioicos, su desarrollo suele ser normalmente indirecto, ya que su larva llamada trocófora es nadadora. Algunos poliquetos suelen vivir en aguas salobres, y unos pocos son dulceacuícolas o parásitos. Existen diferentes poliquetos con formas como: los errantes (Errantía), excavadores, tubícolas, intersticiales y planctónicos.

Por otro lado, estos gusanos pueden variar en cuanto a su longitud, ya que se encuentran organismos desde menos de diez milímetros hasta casi tres metros, y puede ocurrir en numerosos colores, ya sean iridiscentes o luminiscentes (Karenyi y Atkinson, 2018).

Esta clase se divide en 25 órdenes y 87 familias. Estas divisiones se enumeran para dar una idea sobre la diversidad de la clase Polychaeta y las características que presentan indicando que no son diagnosticas

Asimismo, los poliquetos están expuestos a diversos tensesores debido al desarrollo de las industrias en áreas costeras que se encuentran cerca a los ecosistemas estratégicos como arrecifes coralinos, fanerógamas marinas y bosques de manglar, determinando la necesidad de determinar el nivel de deterioro en los dichos ecosistemas (Fernández-Rodríguez y Londoño-Mesa, 2015), las variables ambientales son responsables de la forma en la que se distribuyen los poliquetos como es la profundidad, el oxígeno disuelto, la temperatura (Polanía, 2010), el contenido de agua intersticial y el tamaño del grano de sedimento (Díaz-Jaramillo y otros, 2008). Son también excelentes indicadores biológicos debido a que pueden recibir constantemente pequeñas cantidades de contaminantes como cianuro, cinc, aluminio, vanadio, y plomo que asimilan en forma acumulativa en sus tejidos, sirviendo de conexión entre los diferentes niveles de la cadena trófica (Borja *et al.*, 2000).

#### 4.1.4. Moluscos

Después de los artrópodos, los moluscos representan el Phylum con mayor cantidad de especies de invertebrados (alrededor de 50.000) especies. Su cuerpo es blando y no segmentado el cual se diferencian en tres regiones como: cabeza (anterior), masa visceral (dorsal) y pie (ventral) (García, 2011).

Los moluscos, exceptos los bivalvos, en su boca contienen un órgano conocido como rádula el cual es quitinoso y tiene como función raspar los alimentos. También tienen una masa visceral que está envuelta por un manto o palio, que delimita una cavidad y se conoce como manto, esta contiene las branquias denominadas ctenidios o un pulmón. Asimismo, el manto secreta la concha la cual es calcárea, que consta de tres capas como periostraco ubicado en la capa externa delgada de naturaleza orgánica, mesostraco situado en la capa media y endostraco encontrado en la capa interna por lo que ambos están calcificados y pueden ser muy gruesos. Las conchas pueden consistir en una, dos u ocho piezas de acuerdo al organismo (García *et al.*, 2011).

Los gasterópodos son moluscos con la concha univalva, generalmente enrollada en espiral y en la cual pueden retraer el cuerpo. Los bivalvos son moluscos comprimidos lateralmente, concha formada por dos valvas unidas dorsalmente por dientes y ligamento, estos pueden ser: marinos, dulciacuícolas y terrestres. Cuerpo asimétrico, normalmente con una concha enrollada (algunos con concha sin enrollar o sin concha).

Por su forma de vida son, en su mayoría, de vida libre y marinos; los grupos Gastropoda (“caracoles” y “babosas”) y Bivalvia (“almejas”, “mejillones”) son los únicos que se han extendido a las aguas dulces, y sólo los Gasterópodos han entrado en el hábitat terrestre. Dentro del grupo pueden encontrarse diferentes modos de vida (sedentario, nadador, excavador, demás) y diferentes dietas (carnívora, suspensívora, herbívora y parásita) (Grande-Pardo, 2004).

Los bivalvos se caracterizan por ser acuáticos, son generalmente excavadores y en su gran mayoría estos suelen ser marinos. Poseen un cuerpo blando, simetría bilateral, comprimidos de manera lateral y encerrado con una concha bivalva, es decir, con dos valvas. Así mismo un pie en forma de hacha que es denominado como pelecípodos. También, branquias laminares situadas en ambos extremos por lo que se denomina lamelibranquios.

Por su parte los Polyplacophora son organismos epifaunales (viven sobre el sustrato duro, adheridos a modo de ventosa por medio de su gran pie muscular), cubiertos por una conchilla formada por ocho placas. Por otra parte, los Cefalópodos presentan concha con cámaras reducida, los que la presentan internamente (calamares, sepias, etc.) o con cámaras desarrolladas, los que presentan concha externa (*Nautilus* sp.).

Los moluscos para el ser humano son un recurso alimentario explotable debido al valor proteico y bajo contenido graso de su carne y se usan como objeto de colección y bisutería (Fontalvo-Palacio, 2006).

#### 4.1.5. Crustáceos

Los crustáceos son principalmente acuáticos, y están provistos de branquias para la respiración, por lo general, asociada a los apéndices (Meglitsh, 1985). Ese grupo se caracteriza por poseer cinco pares de apéndices cefálicos distribuidos así: primer par que corresponde a las primeras antenas, segundo par a las segundas antenas, tercer par que corresponde a las mandíbulas, cuarto par a las primeras maxilas, y el quinto par a las segundas maxilas (Moreno-Ríos, 2007). El cuerpo está dividido en cefalotórax y abdomen, y el sistema excretor está compuesto por glándulas localizadas en las antenas

o en las maxilas, aunque algunas veces se presentan en ambas estructuras. La mayoría presenta ojos compuestos, similares a los de los insectos (Audersik y Audersik, 1997).

Los cangrejos que pertenecen a las familias Grapsidae y Ocypodidae presentan una abundancia considerable en el manglar, en donde son importantes, ya que algunas especies pueden consumir las semillas de mangle (Robertson, 1980; Reyes, 1753; Campos y Reyes, 1991).

Presenta una estructura de tres regiones, en el caso de los camarones: cabeza (cephalon), torác (pereion) y abdomen (pleon); y en los cangrejos: cabeza (cephalon) y torax (pereion), que generalmente se fusionan, para formar lo que conocemos como cefalotorax o *cephalopereion*, mientras que el abdomen es pequeño y está plegado bajo superficie ventral del cefalotorác, de modo que casi nada de él puede verse desde el dorso. También poseen un par de apéndices están revestidos por un exoesqueleto calcificado que se introduce en el interior del mismo. El exoesqueleto comprende un caparazón dorsal único y placas ventrales. El caparazón se extiende de una forma lateral en ambos lados y junto a un par de expansiones laterales llamadas como branquiostegos, se delimitan como una cavidad en la que se alojan las branquias.

La superficie del caparazón incluye depresiones, elevaciones, crestas y canaletas y son las que permiten y representan zonas engrosadas, en las cuales se insertan internamente los músculos. Los branquiostegos contribuyen a que el caparazón sea más ancho, largo y tenga una forma del mismo que puede variar de acuerdo con el hábitat y el modo de

vida. Las antenas se componen de un pedúnculo formado por cinco artejos y un flagelo multiarticulado y setoso (endópodo). El exópodo o escafocerito está ausente. El primer artejo del pedúnculo lleva la apertura de la glándula verde, un órgano ionorregulador; el segundo y el tercero están fusionados. El conjunto puede retraerse en unas canaletas separadas por un septo interantenuar y limitadas posteriormente por el epistoma. Un apéndice birramoso típico consta de una coxa, unida al cuerpo, que puede tener proyecciones llamadas epipoditos, y una base (basis) que soporta las dos ramas, el exópodo externo y el endópodo interno. Por lo general, el cefalotórax lleva 13 apéndices pares; anténulas y antenas (sensoriales), mandíbulas, maxílulas, maxilas, maxilipedios, que tienen como función capturar e introducir alimentos hacia la boca y cinco pares de patas caminantes. Por lo general, los cinco primeros pares corresponden a la cabeza, y los ocho restantes al tórax o *pereiion* y, por lo tanto, son técnicamente parte de los pereiópodos (Boschi, 2016).

En cuanto a sus hábitos alimenticios, los realizan de acuerdo con sus cilios especializados, se consideran filtradores, carroñeros, carnívoros herbívoros y omnívoros y, generalmente, pueden clasificarse de acuerdo con el tipo de alimentación. Su alimentación es fundamental, por lo tanto, se alimentan con plancton, peces pequeños, caracoles o animales muertos, que se encuentran en el fondo.

Los decápodos o crustáceos conocidos presentan una gran importancia, tanto ecológica como económica, ya que algunas especies son producidas y consumidas por el hombre (Arzola-González y Flores-Campaña, 2007).

#### **4.2. Estado del arte**

Las comunidades de la macrofauna que se encuentran en las raíces de mangle han alcanzado cierta importancia a nivel de ecosistema en la costa Caribe. Espinosa (1980) y de Cruz-Abrego *et al.*, (1994), en lagunas e isla *Contoy* (México), colectaron Anélidos, Crustáceos y Moluscos, con mayor énfasis en las relaciones de las comunidades bentónicas. Otro estudio que se relaciona con la taxocenosis de invertebrados, es el de Hernández-Alcántara & Solís-Weiss (1995) quienes estudiaron los mismos grupos en los mismos lugares, y realizaron anotaciones e inventarios ecológicos de las especies que se encontraban presentes. Cabe añadir que las investigaciones en Belice, realizadas por Ellison y Farnsworth (1990,1992), involucran el estudio de los bosques de manglar y las interacciones con organismos asociados a las raíces de manglar, donde las esponjas tienen un efecto positivo en cuanto al crecimiento, debido a la fijación de nitrógeno.

Por otro lado, a nivel nacional en el Caribe colombiano se destacó el trabajo de Quirós y Arias (2013) los cuales trabajaron la taxocenosis de Moluscos y Crustáceos asociados a las raíces de manglar en la Bahía Cispatá (Córdoba), obteniendo los moluscos y

crustáceos de la raíz durante el raspado de la superficie, con el fin de estudiar aspectos de su dinámica, desarrollo y restauración para la conservación del manglar y su fauna asociada.

Asimismo, Reyes y Campos (1992) colectaron los macroinvertebrados asociados a las raíces de manglar en la bahía de Chengue, a partir de estacas de mangle *in situ* como sustrato, con el fin de comparar la composición de los macroinvertebrados que colonizaron dichas estacas con la fauna que se encuentra asociada al manglar, y registraron un total de 2002 individuos, de los cuales 1757 fueron crustáceos. También realizaron inventarios y descripciones taxonómicas detalladas de los moluscos en el Caribe colombiano.

Por otro lado, Quinceno (2000) estudió en la Ciénaga de La Boquilla (Sucre) los macroinvertebrados asociados a las raíces no afianzadas y determinó los cambios en la estructura de la comunidad con respecto a la estacionalidad de la salinidad y temperatura. Adicionalmente, Moreno-Ríos (2007) realizó la caracterización de moluscos y crustáceos asociados a raíces de *R. mangle* y determinó el estado de la comunidad de macroinvertebrados en el área a partir de su composición y abundancia de las especies, entre agosto y diciembre del 2005 en dos diferentes zonas, caracterizando la presencia antrópica y la relación de las variables fisicoquímicas con el componente biótico.

En efecto, se destacan los trabajos a nivel local sobre los organismos que se encuentran asociados a las raíces de manglar, a saber: Álvarez-León (1996) sintetizó el conocimiento

del manglar el Caribe colombiano, agrupó todos los asociados a las raíces del manglar de la isla de San Andrés y relacionó los impactos que los afectaba y sus características biológicas y ecológicas.

Por otra parte, Echeverry (2000) y Vilardy (2000) trabajaron en San Andrés y Providencia con crustáceos y moluscos, respectivamente. Echeverry (2000) determinó la composición espacial y patrones de variación de los crustáceos en tres áreas en el archipiélago y su potencial como indicadores de la contaminación, mientras que Vilardy (2000) comparó la abundancia de especies en dos zonas diferentes, y colectó 5771 individuos en total, cuyo resultado fue un listado taxonómico de los individuos, al igual que una valoración de las variables fisicoquímicas relacionadas con la fauna asociada. Además, Moreno (2002) describió taxonómicamente 16 especies de anélidos, crustáceos y moluscos que se encontraron asociados a las raíces de *R. mangle* en las islas de San Andrés y Providencia.

Igualmente, Vilardy y Polanía (2002) investigaron los moluscos que se encontraban asociados a las raíces de mangle en el Archipiélago de San Andrés y Providencia, para lo cual establecieron diversidad, riqueza y abundancia y su relación con el impacto antropogénico. Al mismo tiempo, Londoño-Mesa *et al.* (2002) estudiaron los poliquetos asociados a las raíces de mangle en el Archipiélago de San Andrés y Providencia y encontraron algunas especies indicadoras de contaminación como *Neanthes succinea*, además, registraron la aparición de algunas esponjas y algas como factor negativo en las raíces.

Así pues, Romero (2004) evaluó la sucesión de la fauna asociada a las raíces de *R. mangle*, en Bahía Hooker y Bahía Honda en las islas de San Andrés y Providencia, y encontró un mayor número de gasterópodos que bivalvos y señaló que el componente biótico al término del estudio se encontraba en constante adición de nuevos individuos; determinó que la salinidad no afectaba el proceso de sucesión. Finalmente, López *et al.*, (2009) estudiaron en el ordenamiento ambiental del manglar del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, cobertura y distribución en las islas, ya que el manglar constituye los bienes y servicios ambientales esenciales de la reserva, su rol principal es proteger y mantener la riqueza de las especies marinas.

Esta información puede ser empleada para la mitigación y recuperación dentro de estos bosques de manglar, ya que de acuerdo con López *et al.* (2009) los manglares del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina son objeto de conservación del plan manejo de la Reserva de la Biosfera *Seaflower*. Por lo que este documento se convierte en una herramienta fundamental para contribuir en el mantenimiento de la diversidad biológica, debido a su capacidad de retención de sedimentos y por su ubicación estratégica se comporta como una barrera natural, que protege las zonas costeras de la erosión y la acción de vientos huracanados (García, 2007).

Finalmente, Romero y Polanía (2008) estudiaron la sucesión temprana de la taxocenosis Mollusca-Annelida-Crustacea en las raíces sumergidas de mangle rojo en San Andrés Isla, empleando raíces falsas sumergidas como sustrato artificial de *R. mangle*.

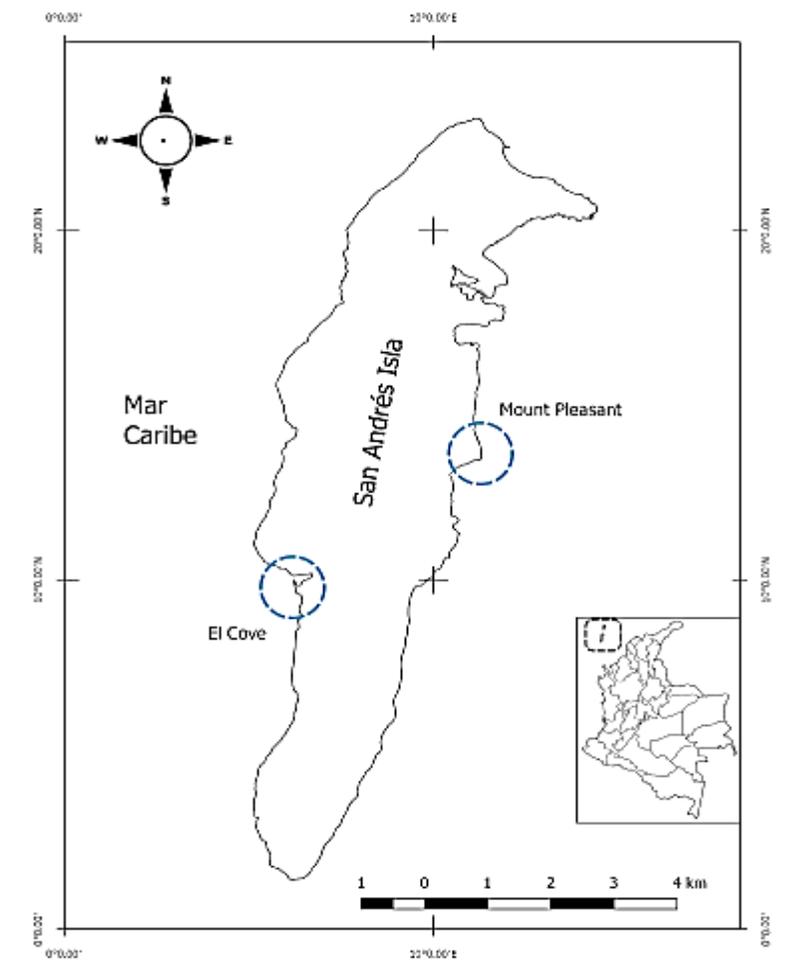
## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. Área de estudio

El presente trabajo se realizó en el archipiélago de San Andrés, el cual se localiza entre los 12°32'N y 81°42'W, en el Caribe colombiano, a 800 km del área continental nacional, y a 150 km de la costa de Nicaragua. La superficie de la isla es de 25 km<sup>2</sup>, aproximadamente. Presenta un relieve característico por una cadena de colinas que se extiende a lo largo de ésta, bordeadas por una planicie litoral (Moreno, 2002).

La isla de San Andrés cuenta con un clima seco tropical y una temperatura media anual de 27.4 °C, con variaciones de algo más de 1 °C, entre los meses con los valores más altos en mayo y septiembre, mientras que los meses más bajos de temperatura se dan entre diciembre y marzo (Moreno, 2002).

Generalmente los estudios que se han realizado en la isla son en las Bahías Hooker y Honda, consideradas las áreas más extensas del manglar en la isla, sin embargo, en San Andrés existen otros sectores con extensiones importantes de manglar, en los cuales no se han elaborado investigaciones, tales como: *Sound Bay*, *Mount Pleasant*, *El Cove* y *Smith Channel*, entre otros. Todos estos manglares varían en extensión en la isla, por ende, se encuentran afectados por diferentes actividades antrópicas (Figura 1).



**Figura 1.** Áreas de manglar muestreadas: *Mount Pleasant* y *El Cove*.

Por lo expuesto con anterioridad, para este estudio se escogieron dos sectores: *Mount pleasant* y *El Cove*, los cuales se diferencian entre sí por sus características estructurales y composición de especies que se encuentran asociada a las raíces de *R. mangle* y los tipos de afectación antrópica.

### *El Cove*

En el sector de El Cove, el manglar se encuentra ubicado en el Km 10, es el único que se encuentra sobre el costado occidental de la isla, tiene una extensión de 1,2 Ha. Es un bosque monoespecífico de *R. mangle*, por tal razón, esta área no se ve afectada por la erosión de la marea, debido a que se encuentra protegido por una pequeña ensenada (García-Hansen *et al.*, 2002).

Este sector se encuentra en una zona con presencia de poblaciones humanas, y además el área del manglar cuenta con ecosistemas vulnerables, tales como: pastos marinos y corales (Rojas *et al.*, 2019 y López *et al.*, 2009). El Cove (Figura 2) está sujeto a problemáticas como vertimiento de aguas residuales que contaminan el área del manglar, residuos sólidos, presencia de hidrocarburos de lanchas, expansión de las viviendas, sedimentación y desechos porcinos (Rojas *et al.*, 2019 y López *et al.*, 2009).



**Figura 2.** Área de estudio: El Cove.

### Mount Pleasant

El otro sector seleccionado fue *Mount Pleasant*, ubicado en el km 23 en la parte este de la isla, cuenta con una extensión de 27,1 Ha, y está compuesto por: 7,62 Ha de *R. mangle*; 1,02 Ha de *Laguncularia racemosa* y 17,06 Ha de bosques mixtos de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*, y con algunos parches de *Conocarpus erectus* (García-Hansen *et al.*, 2002).

Se considera como una zona cautivadora para el turismo, por esto el manglar se encuentra expuesto a grandes tensiones, tales como la presencia de residuos sólidos, vertimiento de hidrocarburos de lanchas, relleno en áreas de manglar por la ampliación de viviendas u hoteles, contaminación por aguas residuales (pozos sépticos) que ocasionan infiltración en los acuíferos y en los suelos del manglar, y, por lo tanto, ha disminuido el área de *R. mangle* (Figura 3).



**Figura 3.** Área de estudio: *Mount Pleasant*

### 5.1.1. Variables

En cada uno de los sectores de muestreos se tomaron las variables ambientales como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y conductividad de acuerdo con las épocas climáticas que, con ayuda de un conductímetro, en el cual se cuantificaron algunas variables: asimismo, se registraron otros parámetros (p.e. temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y conductividad), con la asistencia de un equipo multiparamétrico (WTW conductivity meter y Handy Lab *SIanalytics* 200). Y finalmente, se calculó el área de la raíz siguiendo la metodología de Moreno (2002) y Romero (2004) (Figura 4).

En cada sector se midieron las variables físico-químicas, con la ayuda de un conductímetro. Asimismo, se tomaron otros parámetros (p.e. temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y conductividad) con la ayuda de un equipo multiparamétrico (WTW conductivity meter y Handy Lab *SIanalytics* 200).

Y finalmente, se calculó el área de la raíz siguiendo la metodología de Moreno (2002) y Romero (2004)



**Figura 4.** Equipos de muestreo.

#### 5.1.2. Fase de campo

**PREMUESTREO:** El pre-muestreo se realizó en octubre de 2020 en los dos sectores *Mount Pleasant* (MP) y *El Cove* (CV) de la isla de San Andrés con el objetivo de calcular el número de muestras mínimas para tener datos representativos y así lograr la caracterización.

**MUESTREO:** El primer muestreo en época lluviosa se efectuó en octubre de 2020, y el segundo muestreo, se realizó en época seca, en marzo del 2021.

De acuerdo con el área del manglar presente en cada sector se realizaron transectos lineales de 10 m sobre la línea de costa, y en cada de ellos, se tomaron cuatro raíces siguiendo lo propuesto por Moreno (2002) y Romero (2004). Se recolectaron un total de 24 raíces sumergidas, con una longitud de 80 cm, distribuidos en tres (3) transectos (Interno, intermedio y externo), los cuales fueron seleccionados aleatoriamente. Las raíces cortadas se depositaron en bolsas plásticas completamente fijadas, rotuladas y refrigeradas, para ser analizadas en el laboratorio (figura 5).



**Figura 5.** Selección y colecta de *R. mangle* en cada zona (izquierda) y recolección de organismos (derecha) (Tomada por: Luisa Acevedo).

En cada uno de los sectores de muestreos se tomaron las variables físico-químicas como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y conductividad. Los individuos extraídos de las raíces fueron separados por grupos (poliquetos, moluscos y crustáceos).

### 5.1.3. Fase de laboratorio.

Luego, los organismos se separaron, se fijaron (Tabla 1) y se identificaron en los laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia Sede Caribe, y en la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA) y fueron organizados por grupos (poliquetos, moluscos y crustáceos). La taxonomía se realizó usando claves y registros fotográficos de las especies con una cámara marca CANON, hasta llegar a la categoría más baja posible.

**Tabla 1.** Métodos de fijación de los diferentes grupos de organismos marinos (Mejía Ladino *et al.*, 2019).

<b>GRUPOS</b>	<b>REACTIVOS</b>
<b>POLIQUETOS</b>	Sal de Epsom + agua de mar (Anestesiarse) Alcohol al 70% para evitar la retorsión y contracción de los individuos
<b>MOLUSCOS</b>	Alcohol al 70% (Gasterópodos y Bivalvos)  Sal de Epsom + agua de mar (Anestesiarse) Alcohol al 70% (Quitones)  Formalina 4% + Gotas de glicerina (Nudibranchios y cefalópodos)  Si los individuos miden más de 50 cm se les inyecta formalina al 4% en las zonas musculares más gruesas, posteriormente se guardan los grandes ejemplares en tanques con formol al 4 % completamente cubiertos.  En laboratorio todos los ejemplares grandes deben permanecer tres días y luego conservarlos en alcohol al 70%
<b>CRUSTÁCEOS</b>	Sal de Epsom + agua de mar (Anestesiarse) Formalina 4% Alcohol al 70%, es conveniente estirar cuidadosamente los apéndices a fin de evitar que las articulaciones se fijen contraídas.  Formalina 4% Alcohol al 70% (Isópodos)

Los conteos se registraron en una matriz por transecto y sitio de muestreo. La mayoría de los ejemplares fueron llevados hasta el nivel de especie, otros hasta género y familia; y en algunos casos la identificación sólo llegó a morfotipo (Figura 6).



**Figura 6.** Análisis de laboratorio

## 5.2. Plan de análisis

Una vez identificados los organismos, se realizó un análisis descriptivo de los datos para obtener la media, la desviación estándar y otros estadísticos. Además, se realizaron gráficos exploratorios para observar la tendencia de los datos, así como, gráficos para

cada uno de los sectores y épocas climáticas. Debido a las características de los datos se realizaron pruebas no paramétricas descritas a continuación.

Se empleó un análisis de clasificación utilizando el coeficiente de similaridad de Bray-Curtis, y a partir de una matriz por abundancias de los grupos (anélidos, moluscos y crustáceos) y sitios de muestreo, se obtuvo un dendrograma. También se efectuó el escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) y algunas pruebas estadísticas (ANOSIM y SIMPER) para evaluar la composición de la comunidad. Todo lo anterior, se realizó en el programa PRIMER V 6 (Demo en línea).

Para la determinación del área radicular de *R. mangle* en cada una de las estaciones estudiadas; se utilizó la fórmula del área de un cilindro para determinar el área total, donde  $r$  es el valor que toma el radio y  $h$  altura de la raíz.

$$A = 2\pi r h + 2\pi r^2$$

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Parámetros Abióticos

Los valores de los parámetros físico-químicos se presentan para cada sitio de muestreo (Tabla 1). Estos parámetros (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y conductividad) mostraron valores que se ajustan a lo establecido para el Caribe colombiano. La temperatura y el oxígeno disuelto no presentaron variaciones, manteniendo los rangos entre 29-33 °C y 6.1-8.5 ppm, respectivamente. En cambio, en CV, la salinidad presentó valores bajos (12.1) y la conductividad (20.5) presentaron los valores más bajos en CV, explicado en parte, por la influencia antrópica en esa zona (desagüe de desechos domésticos y criadero de cerdos).

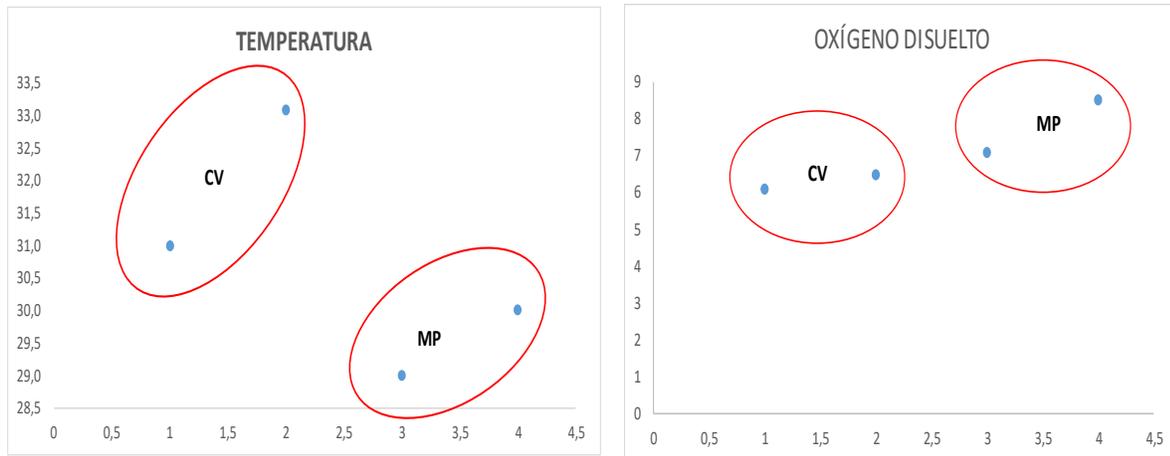
En la Tabla 2 se muestran los resultados de la variación de la temperatura del agua, en los ambos sectores (*El Cove* y *Mount Pleasant*) permanecen constante. Los valores de oxígeno disuelto no presentaron un comportamiento cambiante.

**Tabla 1.** Promedio de parámetros físico-químicos medidos en ambas épocas climáticas.

Estaciones	CV		MP	
	Replica 1	Replica 2	Replica 1	Replica 2
Parámetros				
Temperatura °C	31.0	33.1	29.0	30.0
Conductividad (mS/cm)	53.2	20.5	53.4	53.2
Salinidad (ppt)	35.1	12.1	35.1	35.0
OD%	6.1	6.5	7.1	8.5

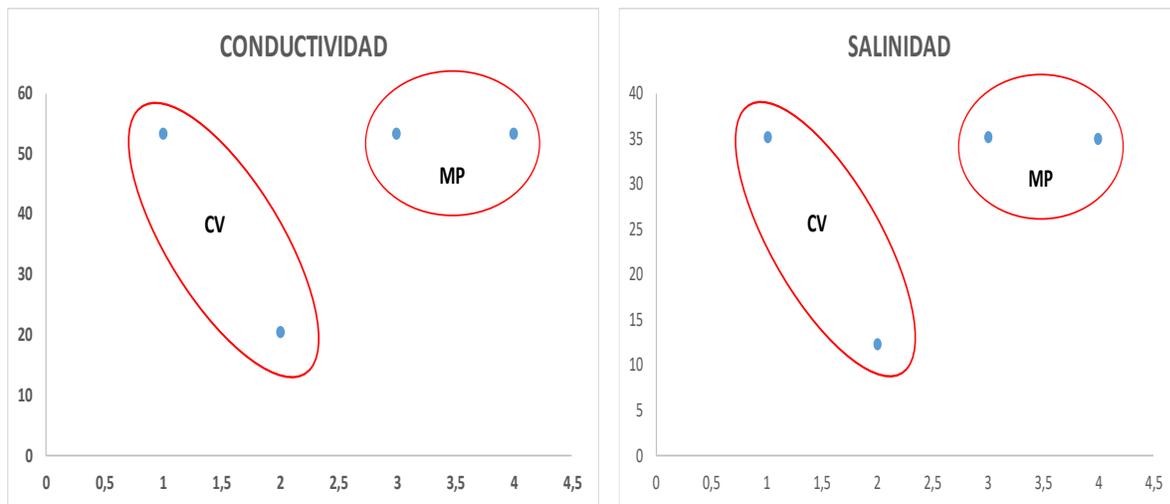
En el presente estudio el oxígeno disuelto para cada uno de las estaciones presentó diferencias leves (Figura 7), la salinidad presentó diferencias (Figura 8), explicado en parte, por las lluvias presentadas con anterioridad para el primer muestreo en el sector del CV.

En el presente estudio, El oxígeno disuelto para cada una de las estaciones presentó diferencias muy leves (Figura 7) Y la salinidad presentó diferencias (Figura 8), explicado en parte, por las lluvias presentadas con anterioridad para el primer muestreo en el CV.



**Figura 7.** Valores de temperatura y oxígeno disuelto en ambos sectores de muestreo

La temperatura del agua mostró una pequeña variación durante el muestreo en la época lluviosa, por lo que se cree que su influencia sobre la composición y abundancia de especies se considera mínima, lo cual se validará más adelante con las pruebas estadísticas.



**Figura 8.** Valores de conductividad y salinidad en ambos sectores de muestreo

Luego de verificar los supuestos de normalidad y homocedasticidad ( $p > 0.05$ ), se realizó un análisis ANOVA (Tabla 2), en el cual mostró que no existen diferencias significativas entre las sitios y épocas muestreos, con respecto a los parámetros abióticos ( $p > 0.05$ ).

**Tabla 2.** Análisis ANOVA

Test for equal means Permutation p (n=99999)					
	Sum of sqrs	Df	Mean square	F	p (same)
Entre grupos	163.671	3	545.569	0.4183	0.7448
Dentro de los grupos	1043.36	8	130.42		
Total:	1207.03	11	0.6977		

## 6.2. Parámetros Bióticos

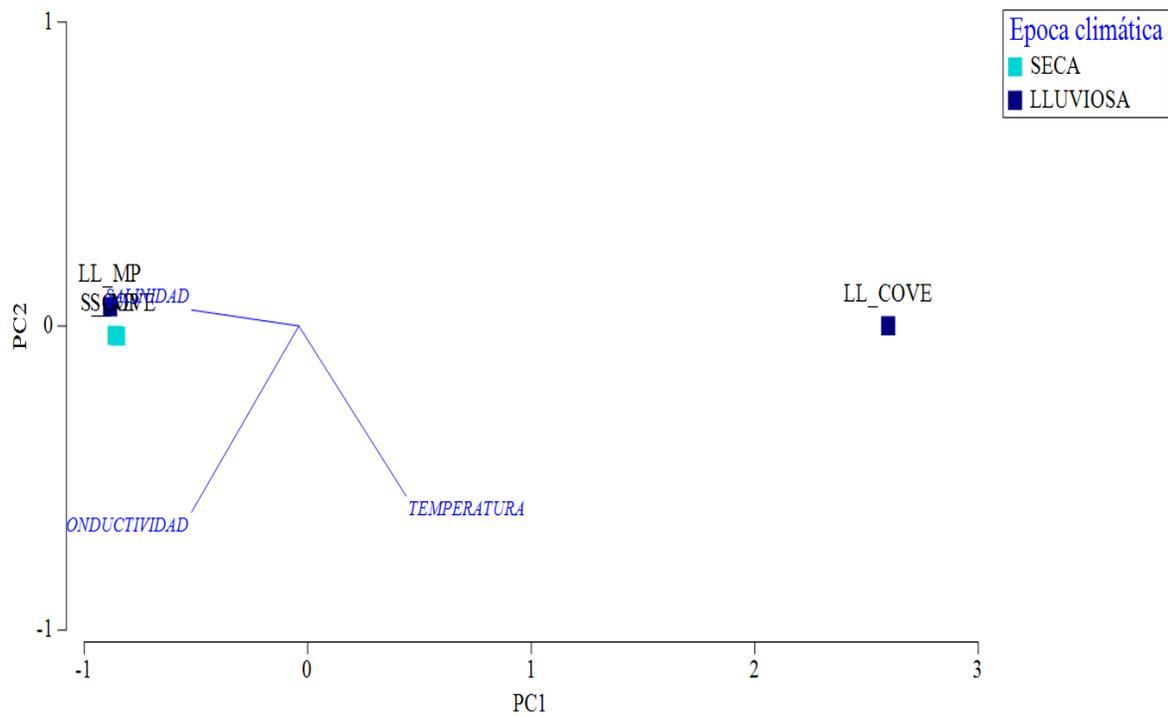
### 6.2.1. Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales permite evidenciar las diferencias de las varianzas entre los sitios de muestreos y las épocas climáticas, de acuerdo con la influencia de las variables abióticas.

**Tabla 3.** Análisis de componentes principales

Eigenvalues			
PC	Eigenvalues	%Variation	Cum.%Variation
1	3	99,9	99,9
2	0,00201	0,1	100
3	7,76E-05	0	100

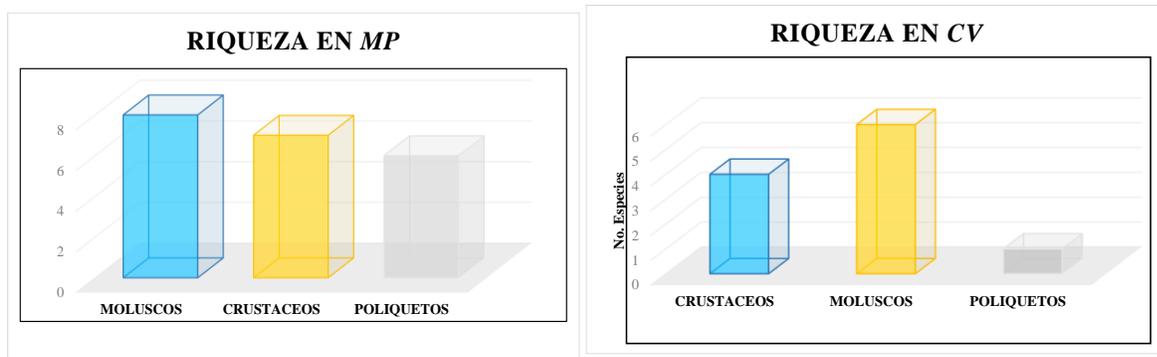
Así mismo, se determinó un análisis de los componentes principales, para establecer los parámetros ambientales que aportan mayor variabilidad a los datos, y así poder, obtener una representación de la ordenación de las variables, en relación con las épocas climáticas. Se encontró que el primer componente explicó el 99,9% de la variación de los datos. En ese componente, se encontró que la salinidad fue la que más contribuyó con mayor variación; sin embargo, se observó en la estación lluviosa y en el sector CV no se presentó un patrón muy definido.



**Figura 9.** Análisis de Componentes principales de parámetros abióticos en salinidad, temperatura y conductividad dentro de los sitios *MP* (Mount Pleasant) y *CV* (El Cove), época climática Lluviosa (*LI*) y *Seca* (*S*).

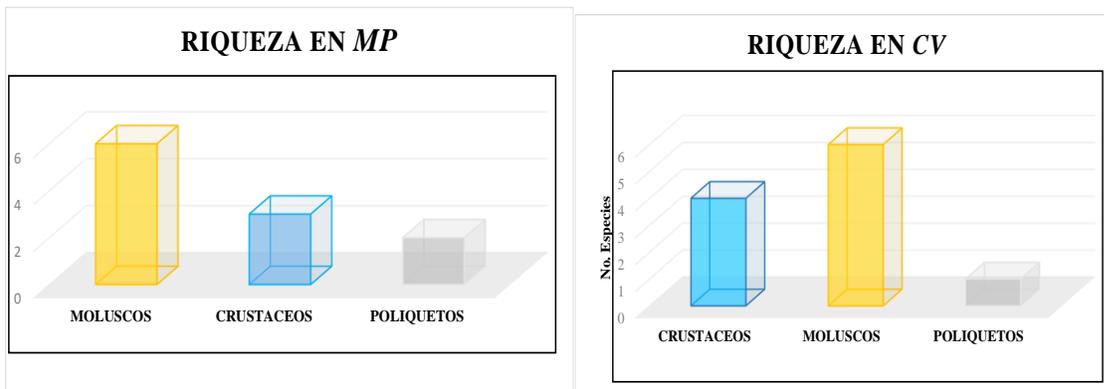
### 6.2.2. Taxocenosis

La riqueza está analizada con respecto a los sectores estudiados y las épocas climáticas (Figura 10), en el sector de MP en la época seca, los grupos de poliquetos, moluscos y crustáceos asociados a las raíces de *R. mangle* favorecieron al número de especies encontrados, por lo tanto, se registró un valor alto correspondiente a ocho especies de moluscos.



**Figura 10.** Riqueza en el área de estudio en época climática de lluvias

Durante la época lluviosa se presentaron riquezas altas, en el sector de *MP*, los moluscos mostraron mayor riqueza que los crustáceos, así como, en el sector del *CV*, que también se observó un mayor número de taxones para este grupo (Figura 11). Ambos sectores estuvieron bien representados durante dicha época climática.



**Figura 11.** Riqueza en el área de estudio en época climática seca.

En la época seca, la identificación de los organismos asociados a las raíces permitió revisar 270 organismos representados en los grupos faunísticos correspondientes: moluscos, crustáceos y poliquetos (Tabla 4A) y distribuidos en 5 familias de poliquetos, con 8 taxones; 11 familias de moluscos, con 17 taxones; y 11 familias de crustáceos, con 16 taxones.

**Tabla 4A.** Familias y especies de poliquetos, moluscos y crustáceos asociados a *R. mangle* en los sectores de *Mount pleasant* y *El Cove* durante la época climática seca.

Grupos	Familia	Taxas	Sectores		Total	
			Abundancia		Sumatoria	
			<i>Mount Pleasant</i>	<i>El Cove</i>	MP	CV
Poliquetos	Nereididae	<i>Ceratonereis</i> sp.	1	-	7	1
	Syllidae	<i>Eusyllis</i> sp.	1	-		
	Lumbrinereidae	Lumbrinereidae sp.	1	-		
		Poliqueto sp. 01	1	-		
	Spionidae	Spionidae sp.	1	-		
	Syllidae	Syllidae sp.	-	1		
	Lumbrinereidae	<i>Lumbrinereis inflata</i>	1	-		
	Saellidae	<i>Branchiomma nigromaculata</i>	1	-		
Moluscos	Caecidae	<i>Caecum cornucopiae</i>	-	1	209	206
	Isognomonidae	<i>Isognomon alatus</i>	-	9		
	Dreissenidae	<i>Mytilopsis sallei</i>	1	1		
	Margaritidae	<i>Pinctada imbricata</i>	-	1		
	Pteriidae	<i>Pinctada</i> cf. <i>longisquamosa</i>	-	-		
	Columbellidae	<i>Anachis sertulariarum</i>	2	-		
	Bullidae	<i>Bulla striata</i>	13	-		
		<i>Bulla occidentalis</i>	2	-		
	Cerithiidae	<i>Cerithium atratum</i>	1	-		
	Cerithiidae	<i>Cerithium guinaicum</i>	1	-		
	Littorinidae	<i>Littorina angulifera</i>	2	-		
	Dreissenidae	<i>Mytilopsis sallei</i>	1	22		
	Isognomonidae	<i>Isognomon alatus</i>	79	48		
	Isognomonidae	<i>Isognomon radiatus</i>	67	23		
	Cymatiidae	<i>Monoplex</i> cf. <i>parthenopeus</i>	-	1		
		Huevos <i>Nerita</i> sp.	-	100		
Isognomonidae	<i>Isognomon bicolor</i>	40	-			
Crustaceos	Sesarmidae	<i>Aratus pisonii</i>	11	15	102	63
		<i>Anfipodos</i>	56	37		
	Sesarmidae	<i>Aratus pisonii</i> (juvenil)	1	3		
	Mycrophrys	<i>Microphrys bicornutus</i>	9	-		
	Mithraculus	<i>Mithraculus sculptus</i>	3	-		
	Mithraculus	<i>Mithraculus sculptus</i> (Juvenil)	2	-		
	Pachygrapsus	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	5	-		
	Omalacantha	<i>Omalacantha</i> cf. <i>bicornuta</i>	2	-		
	Panulirus	<i>Panulirus argus</i> (Juvenil)	1	-		
	Gecarcinidae	<i>Cardisoma guanhunmi</i>	4	-		
	Balanidae	<i>Balanus</i> cf. <i>eburneus</i>	3	2		
	Coenoididae	<i>Coenobita rugosus</i>	1	-		
		<i>Pelia rotunda</i>	1	-		
	Epiplatidae	<i>Acanthonyx petiverii</i>	1	-		
	Epiplatidae	<i>Acanthonyx</i> cf. <i>petiverii</i>	2	-		
Gecarcinidae	<i>Gecarcinus ruricola</i>	-	6			
					318	270

En los dos sectores de manglar compuesto de *R. mangle* se logra observar la gran proporción de macrofauna asociada que aprovechan diferentes recursos. Así mismo la abundancia de los grupos poliquetos, moluscos y crustáceos en ambos sectores, *MP* y *CV*, que se encuentran sujeta a diferentes factores, tales como: el desplazamiento de las especies, alimentación y el establecimiento de estadios (larvales, juveniles o adultos), entre otros.

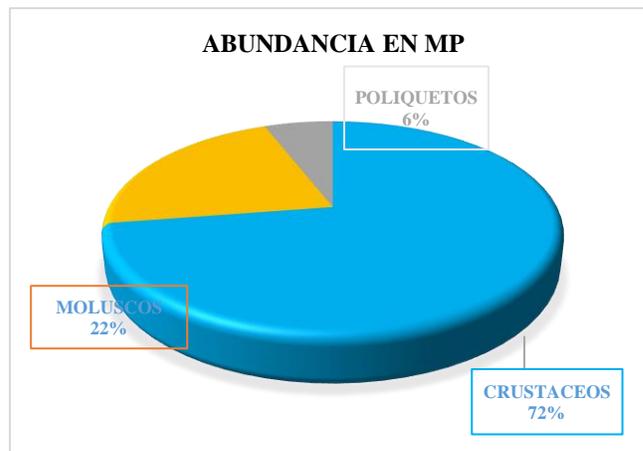
Durante las épocas climáticas y los datos obtenidos durante el muestreo se establecieron las diferencias de abundancia de cuyos individuos en cada sector (Tabla 4B), se muestran que en los sectores de *Mount Pleasant* y *El Cove* presentaron diferentes condiciones a las cuales se encuentra la macrofauna asociada a esas raíces sumergidas de *R. mangle*.

**Tabla 4B.** Familias y especies de poliquetos, moluscos y crustáceos asociados a *R. mangle* en los sectores de *Mount pleasant* y *El Cove* durante las épocas climáticas

Grupos	Taxas	Número de individuos				
		Sectores		Total		Total
		<i>Mount Pleasant</i>	<i>El Cove</i>	MP	CV	
Poliquetos	<i>Ceratonereis</i> sp.	1	-	7	1	8
	<i>Eusyllis</i> sp.	1	-			
	<i>Lumbrineridae</i> sp.	1	-			
	Poliqueto sp. 01	1	-			
	<i>Spionidae</i> sp.	1	-			
	<i>Syllidae</i> sp.	-	1			
	<i>Lumbrineris inflata</i>	1	-			
	<i>Branchiomma nigromaculata</i>	1	-			
Moluscos	<i>Caecum cornucopiae</i>	-	1	209	206	415
	<i>Isognomon alatus</i>	-	9			
	<i>Mytilopsis sallei</i>	1	1			
	<i>Pinctada imbricata</i>	-	1			
	<i>Pinctada</i> cf. <i>longisquamosa</i>	-	-			
	<i>Anachis sertulariarum</i>	2	-			
	<i>Bulla striata</i>	13	-			
	<i>Bulla occidentalis</i>	2	-			
	<i>Cerithium atratum</i>	1	-			
	<i>Cerithium guinaicum</i>	1	-			
	<i>Littorina angulifera</i>	2	-			
	<i>Mytilopsis sallei</i>	1	22			
	<i>Isognomon alatus</i>	79	48			
	<i>Isognomon radiatus</i>	67	23			
	<i>Monoplex</i> cf. <i>parthenopeus</i>	-	1			
	Huevos <i>Nerita</i> sp.	-	100			
<i>Isognomon bicolor</i>	40	-				
Crustaceos	<i>Aratus pisonii</i>	11	15	104	63	167
	<i>Anfipodos</i>	56	37			
	<i>Aratus pisonii</i> (juvenil)	1	3			
	<i>Microphrys bicornutus</i>	9	-			
	<i>Mithraculus sculptus</i>	3	-			
	<i>Mithraculus sculptus</i> (Juvenil)	2	-			
	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	5	-			
	<i>Omalacantha</i> cf. <i>bicornuta</i>	2	-			
	<i>Panulirus argus</i> (Juvenil)	1	-			
	<i>Cardisoma guanhunmi</i>	4	-			
	<i>Coenobita rugosus</i>	1	-			
	<i>Pelia rotunda</i>	1	-			
	<i>Balanus</i> cf. <i>eburneus</i>	3	2			
	<i>Acanthonyx petiverii</i>	1	-			
	<i>Acanthonyx</i> cf. <i>petiverii</i>	2	-			
	<i>Gecarcinus ruricola</i>	-	6			
				320	270	590

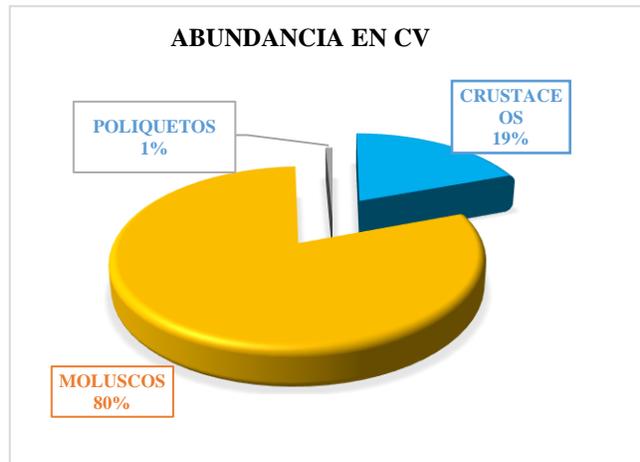
lluviosa.

El sector de *MP* presentó condiciones favorables, ya que estuvo representada por el grupo de los crustáceos con un porcentaje del 72%, mientras que 22% fue el grupo de los moluscos, y finalmente el 6% fueron poliquetos, el cual presentó una abundancia baja para este sector.



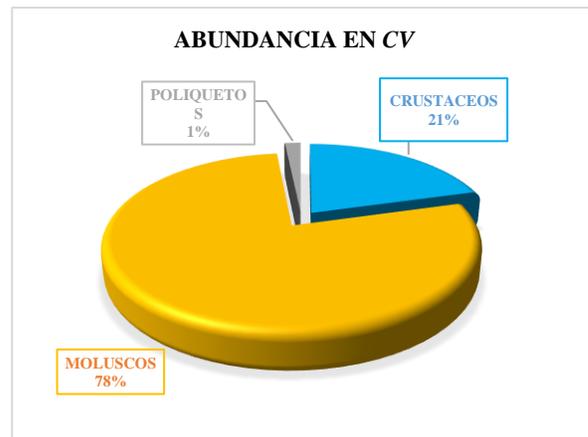
**Figura 12.** Abundancia de los poliquetos, moluscos y crustáceos en la época clima seca dentro del sector de *MP*.

Mientras en el sector *CV* se encontró que la mayor representación en abundancia se daba por parte de los moluscos, con un porcentaje del 80%, para los crustáceos, un 19%, y, por último, los poliquetos con solamente un 1%, lo cual evidencia en parte la influencia antrópica que existe en ese sector (desechos de hidrocarburos de lanchas, excrementos y criaderos de cerdos, entre otros).



**Figura 13.** Abundancia de los poliquetos, moluscos y crustáceos en la época clima seca dentro del sector de CV.

A la vez podemos encontrar que durante la época lluviosa se logró observar como estaban representados estos grupos de acuerdo a los sectores analizados, evidenciando una gran abundancia en *MP*, sin embargo, en *CV* el aumento de los tres grupos fue notable en la época climática seca.



Ambos sectores estuvieron bien representados por el grupo de los moluscos, con un 67% en *MP*, y un 78% en el *CV*; asimismo, los crustáceos en ambos sectores contribuyeron en abundancia con un 32% y 22%, respectivamente; y finalmente, los poliquetos aportaron a la abundancia con un 19% en el sector de *MP*, y un 1% en *CV*.

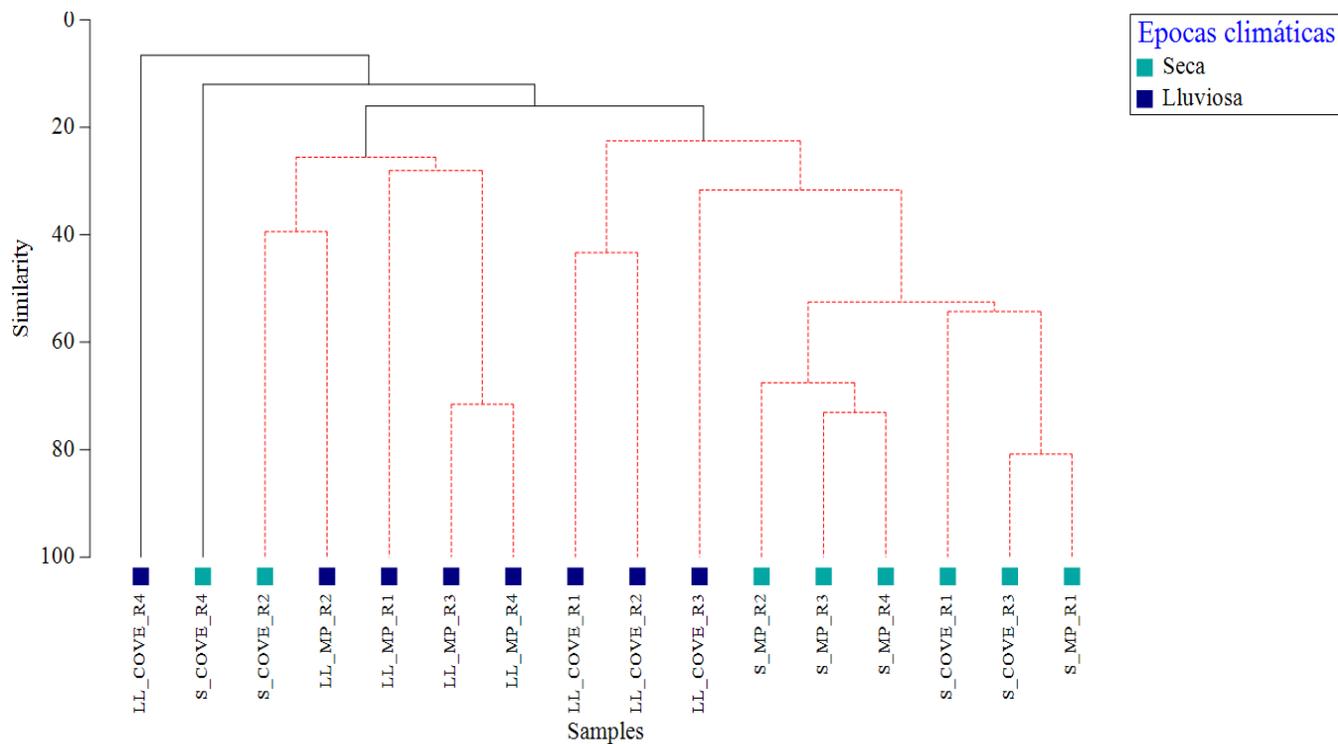
### Área radicular

Se examinaron un total de 48 raíces de *R. mangle*. La fauna descrita se encontró en un total de 28 m<sup>2</sup>, sumatoria de las raíces sumergidas, de las cuales se calculó un área alta en *El Cove* (16 m<sup>2</sup>), mientras que en *Mount pleasant* (12 m<sup>2</sup>) fue más baja.

## DENDROGRAMA DE SIMILARIDAD DE BRAY CURTIS

Sobre la matriz obtenida se obtuvo un dendograma complementado con un análisis SIMPROF, en el cual se observaron cuatro grupos principales: los dos primeros grupos comprendieron a las muestras de la cuarta raíz del CV, tanto para la época lluviosa como para la época seca.

Las agrupaciones que muestran en la Figura 14 son identificadas con las siguientes abreviaciones entre las estaciones para *Mount pleasant* (MP) y *El Cove* (CV), para las épocas climáticas seca (S) y lluviosa (LI) y raíz recolectada por transecto (R1, R2, R3 y R4).



**Figura 14.** Dendrograma de Similaridad (Bray-Curtis).

El tercer grupo agrupa las muestras de la época lluviosa recolectadas en *Mount pleasant*, al igual que la muestra colectada en la raíz 2 del CV en la época seca; mientras que el cuarto grupo, agrupa la mayoría de las muestras colectadas en la época seca para ambos sitios, y las muestras colectadas en la época lluviosa para *El Cove*, lo cual confirma que no existen diferencias entre ambos sitios durante la época seca, pero si para la época lluviosa.

Esto se ve reflejado también en el análisis de similaridad (ANOSIM) de una vía, en el que se muestran diferencias entre las épocas climáticas ( $R=0,255$ ;  $p<0.02$ ). Asimismo, el análisis de similaridad (ANOSIM) de dos vías mostro diferencias entre los sitios dentro de las épocas climáticas ( $R=0,497$ ;  $p<0.003$ ).

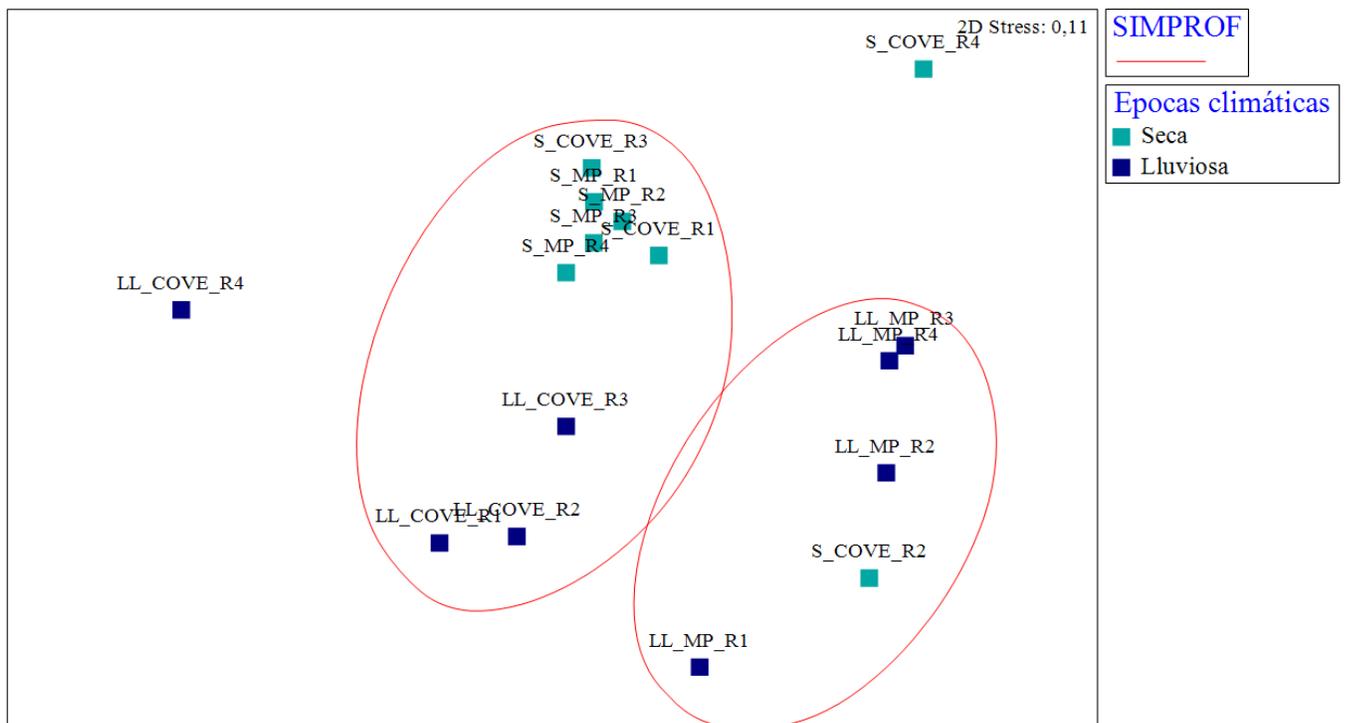


Figura 15. Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de los sitios de muestreo (Mount Pleasant y El Cove) en las épocas climáticas seca y lluviosa.

De acuerdo al escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) se respalda el agrupamiento observado en el dendograma de clasificación. Se establecen las diferencias entre los sectores y épocas climáticas de acuerdo a los taxones.

Por otro lado, el análisis SIMPER mostró que los taxones que más contribuyeron a la similaridad de la época seca fueron *Isognomon radiatus* y los anfípodos (29,33 y 28,1%, respectivamente), mientras que para la época lluviosa fue la especie *Aratus pisonii* con un 29,22%). Asimismo, los taxones que contribuyeron en mayor medida a la disimilaridad entre la época lluviosa y la época seca fueron *I. alatus* e *Isognomon radiatus*, con 13,98 y 13,81%, respectivamente, con una disimilaridad promedio de 80,6.

En cuanto a los sitios, sobresale la especie *Aratus pisonii* con la mayor contribución en CV mientras que en MP sobresalen los anfípodos (32,72 y 35,79%, respectivamente). Los anfípodos y la especie *I. alatus* contribuyeron en mayor medida a la disimilaridad entre ambos sitios (13,96 y 12,67 %, respectivamente), con una disimilaridad promedio de 79,11.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio, los parámetros físicos-químicos no presentaron diferencias entre las épocas climáticas, por lo tanto, no son influyentes en la comunidad de macroinvertebrados asociados a *R. mangle* en los dos sectores *MP* y *CV*.

Asimismo, Moreno (2002) presentó que la salinidad no afectó la distribución ni abundancia de las especies, por lo tanto, determinó que las diferencias espaciales fueron importantes, y que, la presencia de contaminantes en los sedimentos, los movimientos de corrientes y los ciclos mareales, no limitaban el proceso de sucesión, ni el desarrollo de ciertos organismos. Igualmente, Victoria y Pérez (2007) mostraron que *I. alatus*, es tolerante a cambios de salinidad, por lo que posiblemente, ofrezcan disponibilidad al sustrato y posibilidad de alimentación más que el beneficio.

Según Hernández y Solís (1955), las variables de salinidad y temperatura son más importantes debido a que condicionan en gran medida la presencia y ausencia de los individuos asociados a las raíces del manglar. Sin embargo, para Moreno-Ríos (2007) probablemente esas variables no sean las más influyentes para las diferencias de abundancia de los organismos registrados en ambos sectores.

De acuerdo con los datos obtenidos, la temperatura siempre fue estable durante los muestreos, lo cual coincide con lo encontrado en los trabajos de Londoño (2000), Vilaridy (2007), Mejía-Torres (2008) y (Molina *et al.*, 1994), oscilando entre 29 y 31 °C, lo cual es explicado, según ellos, por las corrientes del Caribe, donde directamente los vientos Alisios generaron la disminución de la temperatura superficial del mar, ya que el flujo de calor en la interfase aire-agua logra estos incrementos.

Para Méndez (2007), las variables ambientales que rigen a los poliquetos serían el oxígeno disuelto y la temperatura; sin embargo, para Delgado- Blas (2001) y Ruso *et al.* (2011) consideran que la variable que es importante para la distribución de los poliquetos es el tamaño del grano de sedimento, debido a que dependen de la porosidad del sustrato. Y finalmente, Díaz-Jaramillo *et al.* (2008) sustenta que para las especies de la familia Spionidae, la salinidad es una variable ambiental muy importante, la cual controla la diferencia espacial.

El porcentaje de oxígeno disuelto y conductividad encontrados en el presente estudio coinciden con lo encontrado por Yáñez (1986), ya que los organismos que allí viven, en especial los moluscos y crustáceos, poseen una gran sensibilidad y diversas adaptaciones, permitiéndoles sobrevivir ante sistemas cambiantes (Yáñez, 1986). A través de los cambios tanto físicos como químicos, se dan ciertos comportamientos

biológicos en las especies, quienes se condicionan para mantener su crecimiento y una relación tanto biológica como físico-química.

El grupo de poliquetos fue el menos representativo dentro de las raíces de *R. mangle*, coincidiendo con lo encontrado por Moreno (2002), que también presentaron esas mismas familias, las cuales son importantes en los sectores estudiados y durante ambas épocas climáticas. Los organismos encontrados en el sector de *Mount Pleasant*, se destacaron por su abundancia, especialmente los poliquetos de la familia Syllidae, durante la época seca; mientras que, en el sector de *El Cove*, su abundancia fue baja en la época lluviosa, sin embargo, este sector presentó una mayor cantidad de residuos orgánicos, coincidiendo con que algunos de los poliquetos encontrados se comportan como indicadores de contaminación por materia orgánica (Surugiu, 2005), debido a la gran eutrofización en los sistemas acuáticos a raíz del vertimiento de aguas residuales y vertimientos de actividades porcinas (Jiménez-Cisneros, 2001).

De acuerdo con Raz-Guzmán (2000), Méndez y Green-Ruiz (1998) y Fernández y Londoño-Mesa (2015), las familias reconocidas por ser indicadoras de contaminación son Capitallidae, ya que se reconocen por ser colonizadoras y oportunistas; Spionidae, destacadas por crecer en ambientes con alta materia orgánica; y Nereididae presentes en aguas residuales, materia orgánica, hidrocarburos, aguas de drenaje, anoxia e hipoxia.

Las tres anteriores familias son consideradas importantes por su abundancia y distribución durante los sectores estudiados, así mismo, Eunicidae se desarrolla en altos niveles de materia orgánica.

El grupo de crustáceos fue uno de los más representativos principalmente por anfípodos y decápodos durante el muestreo en los dos sectores y las épocas climáticas. En ambos sectores fueron los más diversos y abundantes, ya que aparecieron anfípodos y otros crustáceos para ambas épocas climáticas. En el sector de *Mount pleasant* se encontró mayor abundancia de anfípodos durante la época lluviosa que en el sector *El Cove*, al igual que *B. eburneus*. Todos son considerados organismos típicos del ecosistema, y pertenecen a grupos diversos (Perry, 1988; Ellison y Farnsworth, 1992); mientras que, durante la época seca, la abundancia de los anfípodos y *B. eburneus*, fue baja en comparación con otros trabajos, en donde sí se encontraron mayores abundancias. Para los anfípodos se sabe que son organismos que se desplazan por las algas o sobre cualquier otro tipo de planta; siendo abundantes en aguas someras y fondos de aguas de poca profundidad (Meglitsch, 1978; Moreno 2002).

Los balanos son crustáceos que siempre se encuentran presentes en estudios faunísticos asociados a las raíces de mangle y crecen en aguas turbias; lo cual se observó durante ambas épocas y ambos sectores. La presencia de este grupo se explica en parte por la

contaminación, y el efecto de fenómenos naturales, como es el caso del paso del huracán IOTA, ya que de acuerdo con Echeverry (2000), *B. eburneus* es una especie considerada oportunista y colonizadora. Asimismo, Moreno (2002) postula que los balanos son organismos que son netamente filtradores y sus larvas no llegan a otras zonas, por eso permanecen en aguas tranquilas; y finalmente, Reyes (1991), considera que es una especie que habita en corrientes de ambientes contaminados, pero al parecer llega a encontrar un ambiente más estable.

Otra de las familias de crustáceos es Grapsidae, la cual estuvo bien representada por la especie *A. pisonii* que se registró durante la época seca y lluviosa en ambos sectores. También se encontró que la especie *Pachygrapsus marmoratus* sólo se registró en la época seca en el sector de *Mount Pleasant*. Asimismo, la especie amenazada *Gecarcinus ruricola* de la familia Gecarcinidae, se observó durante la época lluviosa en el sector de *El Cove*. Y finalmente, la especie *Microphrys bicornutus* de la familia Mithracidae se encontró en la época seca.

Los crustáceos se destacan por alimentarse principalmente de detritos y gozan de una gran movilidad, en varios medios tanto acuático como terrestre. De manera general, los cangrejos encontrados durante este estudio tienen hábitos diferentes como filtradores, carroñeros y consumidores de los mangles (Lacerda *et al.*, 2001; Moreno-Ríos, 2007). Así

como para la familia Grapsidae (representadas por *A. pisonii* y *P. gracilis*), y de acuerdo con Prahel y Sánchez (1985) y Spivak (1997) se evidencia que *A. pisonii* se alimenta de hojas, en descomposición de *R. mangle*, y es común verlos alimentándose de insectos u otros organismos epibiontes. Según Moreno-Ríos (2007), ambas especies, *A. pisonii* y *P. gracilis*, en muchas ocasiones se han encontrado ramoneando y raspando las raíces de *R. mangle* dentro y fuera del agua, así mismo, la captura de dichas especies no era muy fácil a la hora de su captura ya que son supremamente ágiles.

El grupo de los moluscos, al igual que los crustáceos, fueron más representativos en el sector de *El Cove* que en *Mount Pleasant*, y para la época lluviosa, la abundancia fue más baja en comparación con la época seca, donde el número de individuos aumentó al máximo, representados por la familia Bullidae (especialmente *Bulla striata*), la cual se destaca en la época seca, al igual que la familia Isognomonidae, representada por las especies *Isognomon alatus*, *Isognomon radiatus* e *Isognomon bicolor*, y la familia Littorinidae (*Littorina angulifra*).

En los dos sectores de manglar compuesto de *R. mangle* se logra observar la gran proporción de macrofauna asociada que aprovechan diferentes recursos. Así mismo la abundancia en ambos sectores MP y CV, la comunidad de los grupos poliquetos, moluscos y crustáceos que se encuentran sujeta a diferentes factores, aspectos biológicos

como es desplazamiento de las especies, alimentación, establecimiento de estadios ya sea larvales, juveniles y adultos para el procedimiento de reproducción y desove entre otros.

Es importante resaltar que, aunque cada estudio tiene un esfuerzo de captura diferente e incluso variedad de especies de manglar, en algunos casos, este compendio taxonómico reúne una gran parte de las especies presentes en las áreas de manglar de la isla para los grupos de moluscos, crustáceos y anélidos.

Durante el estudio se logró observar diferentes especies que estuvieron presentes en otros estudios y que no eran frecuentes, por lo que la taxocenosis de estos grupos de invertebrados en la isla de San Andrés posiblemente esté influenciada por los cambios climáticos que presenta la isla.

## CONCLUSIONES

En el presente estudio las variables fisicoquímicas no tuvieron un comportamiento diferente a lo esperado para el mar Caribe colombiano, por lo tanto, las características se mantienen en las dos estaciones y favorecen la estabilidad para la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados muestreados.

La diversidad de organismos es baja en el presente estudio respecto a otros trabajos similares, pero en otras zonas y épocas en la isla, lo cual se explica las condiciones en las que se encuentran las raíces debido a la contaminación antrópica, tales como los desechos orgánicos, hidrocarburos e inorgánicos, vertimientos de aguas negras, excremento de porcino y barrios aledaños, siendo más evidente en la estación de *El Cove* donde los impactos son más elevados que *Mount Pleasant*.

Los Poliquetos no fueron muy notorios en las dos estaciones y épocas, y quizás uno de los factores para explicar esto, fueron las condiciones ambientales en ambas zonas y el paso del huracán IOTA, por el posterior proceso de sucesión que siempre sigue después de estos eventos naturales. *El Cove* presenta estas anteriores condiciones más marcadas, presentando bajas abundancias, o especies indicadoras que se adaptan a

condiciones extremas como la presencia de vertimientos de hidrocarburos, desechos orgánicos e inorgánicos, aguas residuales y vertimientos de heces porcinos.

El grupo de los moluscos fue el más abundante en *El Cove*, representados por *I. alatus*, *L. angulifera*, *A. sertulariarum* y *M. sallei*, en cambio en *Mount Pleasant*, los crustáceos fueron los más representativos por los anfípodos, *A. pisonii* y la familia Balanidae.

La similaridad de las estaciones de muestreo se reflejan especialmente por *A. pisonii* e *I. alatus*, las cuales son frecuentes en las raíces de *R. mangle*, corroborándose con los valores de contribución que fueron altos para ambas especies.

Los Moluscos durante la época de lluvia no estuvieron bien representados en la estación de *Mount Pleasant*, su abundancia fue baja, pero en el caso de *El Cove*, este grupo presentó mayor abundancia y diversidad, comparándolo con la época seca.

Los crustáceos estuvieron bien representados en cuanto a su abundancia y diversidad, fueron notorios en las dos estaciones y épocas, las especies estuvieron estables y fueron abundantes. Las especies tenían la capacidad de adaptarse a las condiciones extremas en las cuales se encontraban, tales como presencia de intervención humana, vertimiento

de hidrocarburos y desechos orgánicos en la estación de *Mount Pleasant*. Por otro lado, en la estación de *El Cove* vertimientos de desechos de hidrocarburos, aguas residuales, desechos orgánicos e inorgánicos, intervención del paso del huracán IOTA afectando gran parte del manglar.

Los anfípodos se destacaron en las dos estaciones durante la temporada de lluvias, mientras que, en la época seca, el número de individuos disminuyó debido a la época, y al paso del huracán IOTA, ya que este afectó muchos hábitats, sin embargo, este es uno de los grupos más frecuentes y abundantes en el ecosistema.

La diversidad de organismos es baja en el presente estudio respecto a otros trabajos similares, pero en otras zonas y épocas en la isla, lo cual se explica las condiciones en las que se encuentran las raíces debido a la contaminación antrópica, tales como los desechos orgánicos, hidrocarburos e inorgánicos, vertimientos de aguas negras, excremento de porcino y barrios aledaños, siendo más evidente en la estación de *El Cove* donde los indicadores son más elevados que *Mount Pleasant*.

## BIBLIOGRAFÍA

Audersik, T. & Audersik, G. (1997). *Biología*. México: Prentice Hall. 215 p.

Arzola-González, J.F y Flores-Campaña, L.M. (2008). Alternativas para el aprovechamiento de los crustáceos decápodos del estero El Verde Camacho, Sinaloa, México. *Universidad y ciencia*. 24 (1):41-48.

Álvarez-León, R. y J, Polania. (1996). Los manglares del Caribe Colombiano: Síntesis de su conocimiento. *Rev. Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 447-464.

Agudelo-Ramirez, C. (2000) estructura de los bosques de manglar del departamento de bolivar y su relación con algunos parámetros abióticos. Trabajo de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. 1-288 pp.

Boschi, E. E. (2016). El mar argentino y sus recursos pesqueros y otras especies relevantes en los ecosistemas marinos. *INDIDEP*, septiembre, Volumen 6, p. 271.

Borja, A. J., Franco, J. y V. Pérez. (2000). “*A marinebiotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments*”. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12):1100–1114.

Barriga, E., J. Hernández, I. Jaramillo, L. E, Mora, P. Pinto y P. Pinto y P. M. Ruiz. (1995). La isla de San Andrés: contribución al conocimiento de su ecología, flora, fauna y pesca.

Segunda edición. Instituto de Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia. Dirección de Divulgación Cultural. Bogotá (Colombia). 152.

Campos, N. y Reyes, R. (1991). Anélidos y crustáceos asociados a las raíces de *Rhizophora mangle* Linnaeus, en la región de Santa Marta, Caribe Colombiano. 17(1), pp. 133-148.

Cruz-Portorreal, Y., Mesa, L. y Pérez, J. (2013). “valoración del papel del ecosistema de manglar como franja protectora en el ecosistema bahía tras el paso del huracán sandy”. Ciencia en su PC. N°(1). Pp 1-10.

Darrigan, G. (2013). Los moluscos bivalvos aportes para su enseñanza: teoría-métodos.

Díaz-Jaramillo, M., Muñoz, P., Delgado-Blas, V.H. y C. Bertrán. (2008). “Distribución espacio-temporal de los espionidos (Polychaeta-Spionidae) en un sistema de estuarios del centro sur de Chile”. Revista Chilena de Historia Natural 81 (2): 501-514.

Díaz, J. M. y Puyana, M., (1994). Moluscos del Caribe colombiano: Un catálogo ilustrado. Bogotá: Invemar.

Echeverry, L. O. (2000). Crustáceos asociados a las raíces sumergidas de *Rhizophora mangle* (mangle rojo) en San Andrés y Providencia Isla, Caribe colombiano. Trabajo de grado. Fac. Biología Marina, Fund. Univ. Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 68 p.

Fernández-Rodríguez, V. y Londoño-Mesa, M. H., (2015). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) como indicadores biológicos de contaminación marina: casos en Colombia. *Gestión Ambiental*, 18(1):189-204.

FIELD, C.D. (1995). *Journey Amongst Mangroves*. International Society for Mangroves Ecosystem. Okinawa, Japan. 137 p.

Fontalvo-Palacio, E. (2006). Malacofauna de la plataforma continental de La Guajira, Caribe colombiano (10 y 50 m de profundidad). *Fac. Cien. Básicas*, pp. 8-70.

Karenyi, N. y Atkinson, L. (2018). Phylum: Annelida. *Malachite Marketing and Media*, pp. 121-132.

Garay, J., C. Castillo., J. Aguilera., L. Niño., M. de la Pava., W. López y G. Márquez. (1988). Estudio oceanográfico del área insular y oceánica del Caribe colombiano, Archipiélago de San Andrés y Providencia y Cayos Vecinos. *Bol. Cient. CIOH*. 9: 3-73.

García, A., Outerelo, R., Ruíz, E., Aguirre, J. I., Almodóvar, A., Alonso, J. A. Benito, J., Arillo, A., Berzosa, J. Buencuerpo, V., Cabrero, F. J., Cabrero, E. J., Diaz, C., Díaz, J. A., Beningno, E., Fernandez, G., García, I., Gómez, J., Gonzales, M. D. Gutiérrez, M., Juan B, J., Martinez, M. D., Minguez, M.E., Monserrat, V., Muñoz, I., Ornos, C., Parejo, C., Pardos, F., Perez, J., Perez, J., Pulido, F., Ramirez, A., Refoyo, P., Roldán, C., Santos, T., Subías, L., Tellería, J.L., Trigo. D., Vasquez, M. A., Martín, C. A., Arriero, E. y Cano, J. (2011). *Prácticas de Zoología. Estudio de diversidad de Moluscos. Reduca (biología)*. Serie zoología. 4 (2): 61-74.

García-Hansen, I., (1998), Los bosques de manglar en la Isla de san Andrés. *Biodiversidad*. 45-54 pp.

García, M. (2011). Manglares en la reserva de biosfera *Seaflower*. <https://observatorio.coralina.gov.co/index.php/es/component/k2/item/423-manglares-de-la-reserva-de-biosfera-seaflower>.

García-Hansen, I., Gaviría-Chiquazuque, J. F., Prada-Triana, M. C. y Alvarez-León, R., (2002). Producción de hojarasca de los manglares de la Isla de San Andrés en el Caribe Colombiano. *Biología Tropical*, 50(1), pp. 273-291.

García Escobar, M. (2007). Plan de manejo integrado de los manglares de la Isla de San Andrés excluyendo el manglar del Parque Regional de Old Point. Corporación para El Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina – CORALINA-.

García, A. Outerelo, R. Ruiz, E. Aguirre, J.I. Almodóvar, A. Alonso, J.A. Benito, J. Arillo, A. Berzosa, J. Buencuerpo, V. Cabrero, F. Díaz, J. De juana. E. Beningo, E. Leborans, G. García, I. Gómez, J. Gonzalez, M. (2011). Prácticas de Zoología Estudio y Diversidad de los Artrópodos crustáceos. *Reduca (Biología)*. Serie Biología. 5(3):17-27.

Grande-Pardo, C. (2004). Sistema molecular de los Euthyneura (Mollusca: Gastropoda). Universidad autónoma de Madrid, departamento de biodiversidad y biología evolutiva museo nacional de ciencias naturales. Tesis de grado. 4-89.

Gil-Torres W., Fonseca, G., J. Restrepo, P. Figueroa, L. Gutiérrez, G. Gómez, M., Sierra-Correa, P.C., Hernández-Ortiz, M., A. López. Y C. Segura-Quintero. (2009). Ordenamiento ambiental de los manglares de la Alta, Media y Baja Guajira. 283 p.

Guzmán, G Y Rodríguez. J. (2016). Elementos de la vulnerabilidad ante huracanes. Impacto del huracán Isidoro en Chabihau, Yobain, Yucatán Política y Cultura. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Distrito Federal, México. N° (45). pp. 183-210.

Howard, A. (1999). Propuesta educativa Convenio 0051/97 SENA-SECAB-CORALINA.

Lacerda, L. (2001). Mangrove ecosystem, function and managment. *Springer*, pp. 1-62.

Londoño, M. (2000). Estudio de la diversidad de poliquetos asociados a las raíces sumergidas de *Rhizophora mangle* en San Andrés y Providencia, Caribe colombiano. Trabajo de grado. Ac. Biología. Universidad de Antioquia. 76.

López Rodríguez, A., García, M., Sierra-Correa, PC., Hernández-Ortiz, M., Machacón, I., Lasso, J., Bent, O., Mitchel A., Segura, C., Nieto, S., Espriella, J. (2009). Ordenamiento Ambiental de los manglares del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 117 pág. + 2 anexos. Serie de documentos generales No 30.

Lacerda, I. D., c. Alarcón, r. Alvarez-león, p. Bacon, a. Boderó, j. E. Conde, I. D'croz, b. Kjerfve, j. H. Polanía-vorenberg & m. Vannucci. (1993). Mangrove ecosystems of Latin America and the Caribbean: a summary, pp. 1-42 In: Lacerda, L.D. (ed.) Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forest in the Latin America and África Regions. ITTO / ISME Project PD 114/90 (F). ISME-Tech. Reports (2), 272p.

Margalef, R. (1980). *Ecología*. Barcelona: Omega

Meglitsch, P. (1985). Crustáceos Decápodos de Aguas someras de las islas viejas Providencia y Santa catalina (13° 20´N, 81° 22´ W) Colombia. Trabajo de Grado, p. 568.

Moreno, P., (2002). Taxocenosis Anellida-Mollusca-Crustácea asociado a las raíces de manglar de *Rhizophora mangle* en San Andrés Isla, Caribe Colombiano. *UJTL*, pp. 1-171.

Moreno-Ríos, C. E. (2007). Moluscos y Crustáceos asociados a las raíces sumergidas de *Rhizophora mangle* (Linnaeus, 1753) y su relación frente a la calidad del agua de dos áreas de la bahía de Cispatá, "ciénagas del ostional y navío y ciénaga de la soledad (córdoba), Caribe colombiano. *UJTL*, pp. 1-74.

Quijano- Tristancho, J., (2009). Macroinvertebrados asociados a las raíces de mangle rojo (*Rhizophora mangle*, Linnaeus 1753), en el complejo de Ciénagas de la Bahía de Cispatá, Córdoba Caribe Colombiano. *Fac. Biol. Mar. UJTL*, pp. 1-81.

Quirós R. y Arias R. (2013). Taxocenosis de moluscos y crustáceos en raíces de *Rhizophora mangle* (Rhizophraceae) en la bahía de Cispatá, Córdoba, Colombia. *Acta biol. colomb*, 9 mayo. pp. 329-340.

Polanía, J. 2010. "Indicadores biológicos para el monitoreo de puertos en Colombia". *Revista Gestión y Ambiente* 13 (2): 75-86.

Reyes, R. y Campos, H. (1992). Moluscos, Anélidos y Crustáceos Asociados a las raíces de *Rhizophora mangle* Linnaeus, en la región de santa marta, Caribe colombiano. *Caldasia*, 17(1):133-148.

Reyes. R. (2012). Macroinvertebrados asociados a las raíces de *Rhizophora mangle* Linnaeus, 1753 (mangle rojo), en la ciénaga Grande de Santa Marta y en la bahía de Chengue y Nenguange, Caribe colombiano. Trabajo de maestría. *Rhizophora mangle* L. (1753). *Species Plantarum*. 14:43.

Robertson, A. (1980). Crustáceos Decápodos de Venezuela. *Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas*, p. 493.

Romero, P. (2004). Composición taxonómica y proceso sucesional de la fauna asociada a las raíces sumergidas de *Rhizophora mangle* (mangle rojo) de san Andrés isla. *Tesis de grado*

Rojas-Aguirre, A. S., L. Cardona-Acuña, M. A. Mutis-Martinez guerra, D. I. Gómez-López, J. Vega y C. Daza. (2019). 20 años (1999-2018) de monitoreo de los manglares en las islas de San Andrés y Providencia. Serie de Publicaciones Generales No. 107. INVEMAR-CORALINA, Santa Marta, 48 p

Sale, P. F. (1991). Reef fish communities: open non equilibrial systems. Capítulo 19:564-598. En: Sale, P. F. (Ed.). *The ecology of fishes on coral reefs*. Academic Press, San Diego. Pp 1-754.

Saenger, P. (2002). *Mangrove silviculture and restoration, Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation, Dordrecht. Springer, Netherlands*. 229-270 p.

Spalding, M., Kainuma, M. y Collins, L. (2010). *World Atlas of Mangroves*. ITTO, ISME, FAO, UNEP-WCMC, UNESCO-MAB and UNU-INWEH. Earthscan Publishers Ltd. London.

Salazar-Vallejo, S. (2000). *Contaminación Marina: Métodos de Evaluación Biológica*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. Chetumal, México: Fondo de Publicaciones y Ediciones Gobierno de Quintana Roo.

Vilardy, S. (2000). Moluscos asociados a las raíces sumergidas de *Rhizophora mangle* en las islas de San Andrés y Providencia. Trabajo de grado. Fac Biología Marina, Fund. Univ. Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Vilardy, S. y J. Polanía. (2000). *Mollusks of the mangrove-root fouling communities in two oceanic islands of the Colombian western Caribbean*. *Mem. Mangroves 2000*. Recife, mayo del 2000.

Woodroffe, C., Robertson, A. y Alongi, D. (1992). *Sedim de manglares y geomorfology*. En: Robertson, AI y Alongi, D. (Eds.). *Manglar tropical ecosistemas*. Unión Geofísica Americana, Washington, DC

## ANEXOS

### CRUSTACEOS

*Pachygrapsus marmoratus*



*Panulirus argus*



*Mithraculus sculptus*



*Aratus pisonii*



*Omalacantha cf. bicornuta*



*Acanthonyx petiverii*



***Coenobita rugosus***



***Pelia rotunda***



***Balanus cf. eburneus***



**Anfipodos**



***Cardisoma guanhumi***

**(madriguera)**



## MOLUSCOS

*Littorina angulifera*



*Isognomon bicolor*



*Isognomon alatus*



*Monoplex cf. parthenopeus*



*Pinctada imbricata*



*Bulla striata*



***Cerithium atratum***



***Anachis sertulariarum***



## POLIQUETOS

*Lumbrinereis inflata*



*Ceratonereis* sp



*Eusyllis* sp.



*Syllidae* sp.



*Capitellidae* sp.



