



**CARACTERIZACIÓN MACROFAUNAL EPIBENTÓNICA Y ESTRUCTURA DE  
LA PRADERA DE PASTOS MARINOS EN *COTTON CAY*  
ISLA SAN ANDRÉS (COLOMBIA)**

**Presentado por:**

**ALLAN DAVID CÓRDOBA MENA**

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

**2023**



**CARACTERIZACIÓN MACROFAUNAL EPIBENTÓNICA Y ESTRUCTURA DE  
LA PRADERA DE PASTOS MARINOS EN COTTON CAY  
ISLA SAN ANDRÉS (COLOMBIA)**

**Presentado por:**

**ALLAN DAVID CÓRDOBA MENA**

**Director**

**LUZ MARINA MEJIA LADINO, M. Sc.**

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

**2023**

## DEDICATORIA

*Primero ante todo darle las gracias a DIOS por permitirme llegar a esta instancia, igualmente a mis padres, mi compañera de vida y mi hija que me dieron todo su apoyo incondicional, gracias por depositar su entera confianza y esperanza. Así también, le agradezco a todos mis familiares y amigos que hicieron parte de esta experiencia.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresó mis más sinceros agradecimientos por su vocación de ayuda y servicios incondicionales:

A la profesora y Directora de tesis, Luz Marina Mejía Ladino por su colaboración para la realización del proyecto.

A la profesora Eugenia Arrita Rodríguez por su enseñanza en la parte investigativa.

A la Doctora Martha Yaneth Torres, Directora de Escuela DE Biología Marina, gracias por sus asesorías.

A la Universidad del Sinú Seccional Cartagena por permitirme hacer uso de los laboratorios y de sus equipos tecnológicos.

Finalmente, pero no menos importante, a la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA) en San Andrés, quien me brindó todo el apoyo en el trabajo de campo, permitiéndome hacer uso de sus equipos tecnológicos, transportes e instalaciones para almacenar las muestras biológicas.

***Allan David Córdoba Mena***

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>19</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
• <b>Generalidades de los pastos marinos .....</b>	<b>19</b>
• <b>Evolución y filogenia .....</b>	<b>20</b>
• <b>Grupos asociados más importantes .....</b>	<b>22</b>
<b>ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>24</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>26</b>
<b><u>  </u>METODOLOGÍA .....</b>	<b>27</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>27</b>
<b><u>  </u>DISEÑO MUESTREAL .....</b>	<b>29</b>
<b>FASE DE CAMPO .....</b>	<b>29</b>
<b>FASE DE LABORATORIO .....</b>	<b>40</b>
<b>FASE DE GABINETE .....</b>	<b>41</b>

<b>RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
1. TAXOCENOSIS.....	43
2. PARÁMETROS ESTRUCTURALES DE LOS PASTOS MARINOS ENTRE ÉPOCAS CLIMÁTICAS y ZONAS .....	54
3. ESTIMADORES DE RIQUEZA DE ESPECIES .....	58
4. ÍNDICES ECOLÓGICOS .....	59
5. ANOSIM .....	61
6. DENDOGRAMA DE <i>BRAY CURTIS</i> Y NMDS.....	62
7. SIMPER.....	64
3. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS CANÓNICAS. ....	66
4. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS .....	68
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>74</b>
TAXOCENOSIS.....	74
ANÁLISIS SIMPER .....	79
PARAMETROS ESTRUCTURALES DE LOS PASTOS MARINOS .....	80
PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	82
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>84</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>86</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>88</b>

## LISTADO DE FIGURAS

**Figura 1.** Área de estudio: *Cotton Cay* (Isla de San Andrés) (Modificado de Quintana y Santa, 2013).

**Figura 2.** Diseño muestral del presente estudio. En el diagrama se presentan las épocas, estaciones o zonas, profundidades de los transectos, y parámetros biológicos y fisicoquímicos medidos.

**Figura 3.** *Cotton cay*. Estaciones o zonas (norte y sur) y transectos de muestreo (cada uno de 50 m de largo en cada zona y extendidos paralelamente a la línea de costa, distanciados cada uno de 25 m).

**Figura 4.** Esquemas generales del diseño del proyecto: a) transectos paralelos a la línea de costa: b) transectos mostrando su ubicación respecto al entorno (Tomado de Gómez-López *et al*, 2014).

**Figura 5.** Cuadrante de 50 x 50 cm para monitoreos de pastos marinos.

**Figura 6.** Esquema con la ubicación en metros de los cuadrantes en 12 puntos distintos de cada transecto (A, B y C) (Tomado de Gómez-López *et al*, 2014).

**Figura 7.** Abundancia de los grupos faunísticos de macroinvertebrados epibentónicos encontrados en *Cotton Cay* durante la época seca del presente estudio.

**Figura 8.** Abundancia de los grupos faunísticos de macroinvertebrados epibentónicos encontrados en *Cotton Cay* durante la época lluviosa del presente estudio.

**Figura 9.** Número de especies de los grupos faunísticos de macroinvertebrados epibentónicos encontrados en *Cotton Cay* en época lluviosa.

**Figura 10.** Número de especies de los grupos faunísticos de macroinvertebrados epibentónicos encontrados en *Cotton Cay* en época seca.

**Figura 11.** Estimadores de riqueza de especies sin las muestras SC\_NOR\_TC y SC\_SUR\_TB.

**Figura 12.** Análisis de similaridad de Bray Curtis sin las muestras SC\_NOR\_TC y SC\_SUR\_TB.

**Figura 13.** NMDS sin las muestras SC\_NOR\_TC y SC\_SUR\_TB.

**Figura 14:** Análisis de correlación canónica (ACC) entre las variables bióticas y abióticas de las estaciones muestreadas en *Cotton Cay* en dos épocas climáticas.



## LISTADO DE TABLAS

**Tabla 1.** Fijación, conservación y preservación de organismos marinos (Mejía-Ladino, *et al.*, 2019).

**Tabla 2.** Abundancia de taxones encontrados en la época seca (Marzo 2021).

**Tabla 3.** Abundancia de taxones encontrados en la época lluviosa (Noviembre 2020).

**Tabla 4.** Número de vástagos de pastos marinos (T. *Thalassia testudinum*; S: *Syringodium filiforme*) y porcentaje de cobertura (arena) medidos en la época lluviosa en ambas zonas de muestreo.

**Tabla 5.** Número de vástagos de pastos marinos (T. *Thalassia testudinum*; S: *Syringodium filiforme*) y porcentaje de cobertura (arena, pastos, epífitos) medidos en la época lluviosa en ambas zonas de muestreo.

**Tabla 6.** Índices de diversidad por muestra (LL: Época Lluviosa y Sc: Época Seca; SUR: zona sur y NORTE: zona norte; T: Transectos A, B o C).

**Tabla 7.** Porcentajes de análisis de correlación canónica (ACC).

**Tabla 8.** Parámetros físico-químicos medidos en la Zona NORTE en época lluviosa (CD: Conductividad; OD: Oxígeno Disuelto; TAC: Transecto-Cuadrante).

**Tabla 9.** Parámetros físico-químicos medidos en la Zona SUR en época lluviosa (CD: Conductividad; OD: Oxígeno Disuelto; TAC: Transectos-Cuadrante).

**Tabla 10.** Parámetros físico-químicos medidos en la Zona NORTE en época seca (CD: Conductividad; OD: Oxígeno Disuelto; TAC: Transecto-Cuadrante).

**Tabla 11.** Parámetros físico-químicos medidos en la Zona SUR en época seca (CD: Conductividad; OD: Oxígeno Disuelto; TAC: Transecto-Cuadrante).

## LISTADO DE ANEXOS

**Anexo 1.** Glosario.

**Anexo 2.** MATERIAL BIOLÓGICO. Lotes depositados en el Colección Académica de Organismo Marinos de la Escuela de Biología Marina (en construcción) del material biológico recolectado en el presente estudio (MBCU: Museo de la Biodiversidad del Caribe UNISINU; CNI-Cnidarios; EQU-Equinodermos; MOL-Moluscos; POR-Poríferos. RHO-Rhodophytas; CHL-Chlorophytas; CRU-Crustáceos; LPH-Lophophoros, URC-Urocordados).

## RESUMEN

La pradera de pastos marinos de *Cotton Cay*, ubicada en la Isla de San Andrés (Colombia), es una zona que en los últimos 50 años fue importante como zona estratégica para la captura de recursos marinos, y como lugar de ingreso financiero turístico de algunos pescadores artesanales en el archipiélago, sin embargo, las capturas por pesca han disminuido, y este sector, se ha venido deteriorando con el tiempo por estas actividades antrópicas. Por tal motivo, se desarrolló una caracterización de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados epibentónicos presentes en esa pradera de pastos marinos, con el fin de brindar información de su composición, distribución y estructura en dos épocas climáticas. El presente estudio se realiza debido a la pérdida de los recursos pesqueros y de la cobertura de las fanerógamas en *Cotton Cay*. En las dos épocas climáticas (seca y lluvia) se realizaron los muestreos, tanto en la zona norte, como en la zona sur. En cada zona se delimitaron tres transectos separados entre sí (25 m), y paralelos a la línea de costa. A su vez, sobre cada transecto (largo 50 m), se situaron doce cuadrantes de 50×50 cm, en los cuales se identificaron la totalidad de los individuos presentes, y en cada uno de ellos, se contó el número de vástagos de pastos marinos, y se calculó el porcentaje de cobertura vegetal, arena y epifitos. En la zona norte se presenta una mayor densidad de vástagos (Promedio= 23-32 vástagos/cuadrante; Total= 823-1164 vástagos) comparada con la zona sur (Promedio= 16-32 vástagos/cuadrante; Total= 582-1124 vástagos), sin embargo, en época lluviosa, la densidad de vástagos disminuye (Promedio= 16-23 vástagos/cuadrante; Total= 582-827 vástagos). Se encontraron en total nueve grupos de invertebrados marinos (304 organismos, 41 especies y 23 géneros) y dos especies de pastos marinos *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*. Respecto a la riqueza, se encontraron más especies en la zona norte en ambas épocas climáticas (14 especies en época lluviosa y 27 en época seca) que, en la zona sur (lluviosa 8 y seca 12). Asimismo, en cuanto a la abundancia total, se encontraron más organismos en la zona norte (entre 97-122 Individ./0,025 m<sup>2</sup>), comparadas con la zona sur (entre 33-52 Individ./0,025 m<sup>2</sup>). Se realizaron pruebas para estimadores de riqueza (representatividad de la muestra), análisis de similaridad de *Bray-Curtis*, NMDS, y pruebas SIMPROF, SIMPER, ANOSIM y Análisis de Correlaciones Canónicas, entre otros. Adicional, se hicieron otros análisis donde se suprimieron las muestras SC\_NOR\_TC y SC\_SUR\_TB, ya que en estas dos muestras, no se encontraron individuos (o sólo hubo un individuo), y se esperaba ver el comportamiento de los resultados sin estas muestras. A partir del segundo análisis de similaridad de *Bray-Curtis* se observó la separación de las muestras en dos grupos equivalentes a las épocas climáticas seca y lluviosa. Según el ANOSIM, se encontró que si hay diferencias significativas entre épocas climáticas (R=0,294; valor p=0,033), y no se encontraron diferencias entre las zonas norte y sur (R=0,26; p= 0,063). Y finalmente, el análisis de correspondencias canónicas entre las variables ambientales con la comunidad bentónica permitieron inferir que las variables abióticas con mayor influencia sobre la comunidad de

macroinvertebrados son: la salinidad, especialmente en la zona sur; el pH, en la zona norte; la temperatura, con influencia en ambas zonas (norte y sur). En conclusión, la composición biológica de los pastos marinos se ve afectada por las actividades antrópicas que allí se llevan a cabo, es por esto que, la abundancia de invertebrados marinos es baja, lo cual puede reflejarse a futuro, ya que el flujo de materia y la transformación de energía en ese ecosistema está fuertemente impactado.

**Palabras clave:** Pastos marinos, Macroinvertebrados, Isla de San Andrés, *Cotton cay*.

## ABSTRACT

The *Cotton Cay* seagrass, located on San Andrés Island (Colombia), is an area that in the last 50 years has been important as a strategic area for the capture of marine resources, and as a place of tourist financial income for some artisanal fishermen in the archipelago, however, fishing catches have decreased, and this sector has been deteriorating over time due to these anthropic activities. For this reason, a characterization of the structure of the epibenthic macroinvertebrate community present in that seagrass meadow was developed, in order to provide information on its composition, distribution and structure in two climatic seasons. The present study is carried out due to the loss of fishing resources and phanerogam cover in Cotton Cay. In the two climatic seasons (dry and rainy) the samplings were carried out, both in the northern zone and in the southern zone. In each area, three transects separated from each other (25 m) and parallel to the coastline were delimited. In turn, on each transect (length 50 m), twelve 50×50 cm quadrats were located, in which all the individuals present were identified, and in each of them, the number of grass shoots was counted. marine, and the percentage of vegetation cover, sand and epiphytes was calculated. In the northern zone there is a higher density of shoots (Average= 23-32 shoots/quadrant; Total= 823-1164 shoots) compared to the southern zone (Average= 16-32 shoots/quadrant; Total= 582-1124 shoots). However, in the rainy season, the density of foliar shoots decreases (Average= 16-23 foliar shoots/quadrant; Total= 582-827 foliar shoots). A total of nine groups of marine invertebrates (304 organisms, 41 species and 23 genera) and two species of seagrass *Thalassia testudinum* and *Syringodium filiforme* were found. Regarding richness, more species were found in the northern zone in both climatic seasons (14 species in the rainy season and 27 in the dry season) than in the southern zone (rainy 8 and dry 12). Likewise, in terms of total abundance, more organisms were found in the northern zone (between 97-122 Indiv./0.025 m<sup>2</sup>), compared to the southern zone (between 33-52 Indiv./0.025 m<sup>2</sup>). Tests were performed for wealth estimators (sample representativeness), Bray-Curtis similarity analysis, NMDS, and SIMPROF, SIMPER, ANOSIM and Canonical Correlation Analysis tests, among others. Additionally, other analyzes were made where the samples SC\_NOR\_TC and SC\_SUR\_TB were suppressed, since in these two samples, no individuals were found (or there was only one individual), and it was expected to see the behavior of the results without these samples. From the second Bray-Curtis similarity analysis, the separation of the samples into two groups equivalent to the dry and rainy seasons was observed. According to the ANOSIM, it was found that there are significant differences between climatic seasons (R=0.294; value p=0.033), and no differences were found between the northern and southern areas (R=0.26; p= 0.063). And finally, the analysis of canonical correspondences between the environmental variables with the benthic community allowed us to infer that the abiotic variables with the greatest influence on the macroinvertebrate community are: salinity, especially in the southern zone; the pH, in the north zone; the temperature, with influence in both zones (north and south). In conclusion, the

biological composition of seagrasses is affected by the anthropic activities that take place there, which is why the abundance of marine invertebrates is low, which may be reflected in the future, since the flow of matter and the transformation of energy in that ecosystem is strongly impacted.

**Keywords:** Seagrasses, Macroinvertebrates, San Andres Island, *Cotton cay*.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de los pastos marinos o fanerógamas marinas es esencial debido a que éste ecosistema brinda servicios ambientales, y provee un importante flujo de materia y energía; además, tiene una conectividad fundamental para el funcionamiento de otros ecosistemas estratégicos (arrecifes coralinos y bosques de manglar), puesto que: 1) puede ser reservorio de biodiversidad; 2) brinda refugio, hábitat y alimento a numerosos organismos marinos, tales como: anélidos, moluscos, crustáceos, equinodermos y peces, entre otros; y 3) estos ecosistemas son zonas de alimentación de las tortugas marinas por sus extensiones de pastos marinos (Fernández *et al.*, 2004).

Asimismo, el estudio de la composición de la fauna bentónica es esencial para estimar las condiciones biológicas de un área determinada, debido a que los macroinvertebrados marinos bentónicos, al percibir alguna mínima amenaza o perturbación en el entorno donde habitan, tienden a moverse a otros sitios lejos de las praderas afectadas, por ende, algunas de esas especies son usadas como indicadores biológicos.

De acuerdo al saber tradicional de los pescadores nativos consultado en el presente estudio, el sector de *Cotton Cay* era una zona de alta actividad pesquera hace muchos años, la cual fue disminuyendo por la pesca indiscriminada, sin regulación o control en los últimos años. Sumado a esta problemática, hoy en día se han realizado proyectos de infraestructura costera, como el nuevo el muelle de lancheros “*Cotton Cay*” para atender temporada de vacaciones, del cual salen lanchas diariamente, y el paso de las lanchas se hace sobre y alrededor de la pradera, lo que posiblemente podría estar afectando a la comunidad epifaunal. De acuerdo con (Díaz-Merlano *et al*, 2003), el progreso de éstas actividades puede conllevar a un deterioro de las condiciones ambientales para el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrados epifaunales.

Por lo anterior, el presente estudio evaluó la comunidad de macroinvertebrados epifaunales de la pradera de pastos marinos en *Cotton Cay*, y a su vez, determinó la composición y estructura de los pastos en dos épocas climáticas, ya que ésta pradera es un ecosistema vulnerable que, frecuentemente requiere monitoreos para valorar la salud ambiental y los impactos antrópicos que se desarrollen en las costas (Gómez-López, 2014).



Se espera que los resultados obtenidos de este trabajo contribuyan al conocimiento de la zona, a la actualización del inventarios de la biodiversidad, y puedan ser utilizados en planes de manejo y conservación de los pastos marinos de la isla, liderados por las entidades gubernamentales, fundaciones y otras instituciones.

## JUSTIFICACIÓN

La composición de la fauna bentónica es esencial para el estudio del estado ambiental de una zona determinada (Guzmán-Galvis *et al.*, 2001), por eso, el análisis estructural y distribución de los macroinvertebrados al igual que el estudio de la estructura de la pradera de pastos marinos de *Cotton Cay* fue necesario para: 1) Tener un registro actualizado de los organismos epifaunales presentes en ese ecosistema, especialmente en el sector de *Cotton Cay* de la isla de San Andrés; 2) Asimismo es importante mencionar que este sector de fanerógamas, es la segunda pradera de pastos marinos con mayor cobertura de área en toda la isla (Díaz *et al.*, 2003), por lo tanto, es una zona importante para suministrar recursos marinos con fines alimentarios para la población nativa; y 3) Este sector fue muy diverso en fauna marina años atrás, y hoy en día, presenta un deterioro fuerte del ecosistema, por ende, los resultados del presente trabajo se podrán adicionar a los informes de gestión y diagnóstico de las entidades competentes del sector en lo referente a la fauna asociada a las praderas de pastos marinos.

A la fecha, en el sector de *Cotton Cay* se han realizado proyectos de infraestructuras costeras (p.e. muelles y gasolineras) (Oficina de Prensa y Comunicaciones, 2019), los cuales están impactando el hábitat de las comunidades de macroinvertebrados epifaunales y en su resiliencia en este ecosistema. En la actualidad, esta zona tiene una mayor afluencia de turistas y embarcaciones, y el incremento de éstas actividades, ha generado un deterioro de las condiciones ambientales para el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrados epifaunales en la pradera de pastos marinos de *Cotton Cay* (Oficina de Prensa y Comunicaciones, 2019).

Por lo anterior, fue necesario realizar la caracterización de los macroinvertebrados marinos epifaunales que habitan en la pradera de pastos marinos de *Cotton Cay*, para analizar su estructura y distribución, ya que ésta es una comunidad indicadora del estado del ecosistema. De esta forma, se pueden obtener datos de la composición y abundancia de macroinvertebrados, así como información detallada de su distribución en el área para aportar una información detallada de la zona en cuanto a la estructura de la pradera de pastos en *Cotton Cay*, y de esta manera poder entender cómo se encuentre en la actualidad este ecosistema, para así llevar un control en cuanto al estado de los pastos y sus componentes y ayudar desde la parte investigativa a una conservación sustentable.

## MARCO REFERENCIAL

### MARCO TEÓRICO

- **Generalidades de los pastos marinos**

Las praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano poseen una extensión de 43.219 Ha, distribuidas discontinuamente a lo largo de la costa continental y el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina debido a la combinación de salinidades bajas, elevada turbidez y alta turbulencia de las aguas, entre otros factores (Lozano *et al.*, 2010).

Según Dawes (1986) “los pastos marinos son organismos autótrofos que han desarrollado diversas estrategias para aprovechar las ventajas de los ambientes donde se establecen, creando equilibrio con los organismos asociados. La distribución espacial y el crecimiento de los pastos marinos es función de las condiciones ambientales de luz, temperatura, salinidad, sustrato y disponibilidad de nutrientes”.

- **Evolución y filogenia**

Según Harlog (1970) “los fósiles más antiguos atribuidos a pastos marinos datan del período Cretácico (hace unos 100 millones de años). Aparentemente existían ya entonces praderas en varias partes del planeta, pues tales fósiles corresponden a áreas tan distantes como Japón y Alemania”. Sin embargo, otros autores postulan que el hecho de que las especies de pastos pertenecientes a los cuatro géneros pantropicales (*Thalassia*, *Syringodium*, *Halophila* y *Halodule*) tengan especies representantes en la región del Indo pacífico y en el Atlántico, indica que su especiación ocurrió simpátricamente (sin aislamiento geográfico) antes de la separación de los continentes (Phillips y Meñez, 1988).

Asimismo, según Eva (1980) “es muy probable que los pastos marinos hayan existido en el Caribe desde el Cretácico tardío, como se deduce de la diversidad de foraminíferos, generalmente asociados a este ecosistema hallados en depósitos de esa época, y también del Eoceno (hace 55 millones de años) en Haití, Yucatán y Panamá”. Lo mismo plantean (Short y Coles. 2001) ya que afirman que “actualmente los pastos marinos están distribuidos prácticamente a lo largo de las costas tropicales y templadas de todos los continentes, excepto en la Antártida y la mayor parte del Pacífico suramericano, y sólo por la presencia de *Heterozostera tasmanica* en la zona central del litoral chileno, los pastos marinos estarían completamente ausentes de las costas occidentales de Suramérica”.

Finalmente, (Díaz-Merlano *et al.* 2003) afirman que “el Atlántico occidental tropical, incluyendo el mar Caribe, se considera un segundo centro de concentración de géneros de fanerógamas marinas. En el Gran Caribe, que incluye el Golfo de México, se registra la presencia de cinco géneros y nueve especies (Short y Pergent-Martini, 2001), con excepción de *Ruppia*, los otros cuatro géneros, a saber, *Halodule*, *Syringodium*, *Thalassia* y *Halophila*, éste último con dos especies, están representados en el Caribe colombiano, en tanto que no se dispone de registros de ninguna especie de estas plantas en las costas del Pacífico”.

- **Importancia biológica**

Recientemente, se ha comprobado también la alta potencialidad de las angiospermas marinas y de los organismos que habitan en los pastos en el campo de las industrias farmacológicas y cosmetológicas (Fernández *et al.*, 2004). La valoración de los pastos marinos concierne, no tanto al valor de uso directo, sino a los servicios ambientales y el flujo de materia y energía al interior del ecosistema de pastos marinos, que provee al funcionamiento de los ecosistemas costeros (Fernández *et al.*, 2004), tales como:

- ❖ Ser reservorio de biodiversidad, ya que brindan refugio, hábitat y alimento a numerosos organismos marinos, tales como anélidos, moluscos, crustáceos, erizos, estrellas de mar, peces, tortugas marinas, aves acuáticas y manatíes.
- ❖ Mejorar la calidad del agua por tener la capacidad de reducir las cargas de partículas en suspensión y de absorber nutrientes disueltos.
- ❖ Funcionar como estabilizador de los sedimentos, por lo que protegen las costas contra la erosión, y a los arrecifes coralinos contra la sedimentación excesiva.
- ❖ Contribuir a la regulación del clima, ya que absorben dióxido de carbono y producen oxígeno a través de la fotosíntesis.

- **Grupos asociados más importantes**

La macrofauna epibentónica es aquella comunidad compuesta por animales que se pueden evidenciar a simple vista, estos suelen permanecer entre el follaje de los pastos, adheridos a las hojas, fijos o móviles (vágiles) sobre el fondo de las praderas, pero no enterrados en el fondo (endobentónicos). Según Roldán-Pérez (2016), se les llama macroinvertebrados a los organismos con talla mayor a 0.5 mm, y en esta categoría se encuentran la mayoría de los poliquetos, equinodermos, moluscos, crustáceos y peces.

Con relación a la fauna asociada, las praderas de pastos marinos generalmente en el Caribe colombiano están habitadas por moluscos, crustáceos y peces (Bernardo, 2015). De acuerdo con Guzmán-Alvis *et al.* (2001), éstas son las familias y sus principales representantes en esos ecosistemas:

**Familias de Moluscos más comunes** (Fontalvo-Palacio *et al.*, 2010).

**Clase:** *Polyplacophora*

**Familia:** *Ischnochitonidae*

**Clase:** *Gastropoda*

**Familias:** *Fissurellidae*, *Calliostomatidae*, *Turbiniidae*, *Modulidae* y *Strombidae*.

**Familias de Crustáceos más comunes** (Hernando *et al.*, 2010).

*Penaeidae*, *Sicyonidae*, *Nephorpidae*, *Enoplometopidae*, *Leucosiidae*, *Calappidae*, *Majidae*, *Portunidae* y *Xanthidae*.

**Familias de Anélidos más comunes**

*Eunicidae*, *Sabellidae*, *Serpullidae* (Rodríguez-Gómez, 1988), *Acrocírrido*, *Chloeia*, *Ambliosyllis* y *Bispira* (Tovar-Hernández *et al.*, 2014).

**Familias de Equinodermos más comunes** (Quirós-Rodríguez, 2015)

*Luidiidae*, *Amphiuridae*, *Ophiothrichidae*, *Ophiactidae*, *Toxopneustidae*, *Mellitidae*, *Stichopodidae* y *Holothuriidae*.

## ESTADO DEL ARTE

A continuación, se presentan cronológicamente los trabajos relacionados con la caracterización de la macrofauna bentónica asociada a las fanerógamas, y la estructura de los pastos marinos en algunas áreas del Caribe costero colombiano, y otras áreas en la isla de San Andrés, adyacentes a las zonas de muestreo del presente estudio.

En el **2006**, (Ospina-Hoyos *et al.* 2010) estudiaron la pradera de pastos marinos en el Bahía de Triganá (Caribe colombiano), y realizaron tres campañas en las épocas de lluvias, transición y seca. En total, recolectaron 879 individuos representados por 42 especies correspondientes a los phyllums Mollusca, Arthropoda, Annelida y Chordata.

En el **2009**, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras en adelante, Invemar presentó un documento sobre los servicios ecosistémicos marinos y costeros de Colombia, con énfasis en manglares y pastos marinos, en el cual se evidenció la presencia e importancia de las praderas de los pastos marinos en el Caribe colombiano, incluyendo los pastos de la isla de San Andrés, y señala que el área de interés en este estudio (*Cotton Cay*) es uno de los parches de pastos más extensos en la isla. *Thalassia testudinum* (Banks, 1805) es la especie más común y abundante en las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano.



En el **2014**, Invemar y otras entidades elaboraron el Protocolo Indicador Condición Tendencia Praderas de Pastos Marinos (ICTPM) dentro del programa de Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) (Gómez-López *et al*, 2014), en donde se estandarizó la metodología que actualmente se implementa en el país para el monitoreo y evaluación de las praderas de pastos marinos.

En el **2015**, se realizó un estudio que se llevó a cabo en el Parque Nacional Natural Tayrona, Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo y en el Parque Nacional Natural *Old Providence McBean Lagoon* que compiló toda la información sobre el monitoreo de pastos marinos en el Caribe colombiano para que fuera insumo en la construcción del ICTPM (Galeano y Gómez, 2015).

Finalmente, se sabe que San Andrés cuenta con una de las mayores riquezas en praderas de pastos marinos en el mar Caribe, de los cuales se tiene registros sólo de los vástagos y enfermedades asociadas a ellos (García-Escobar, 2015a,b). Estos organismos de libre movimiento (vágiles o errantes) sirven como indicador del estado del ecosistema, que facilita la interpretación de las condiciones naturales y el impacto antropogénico de las actividades humanas sobre el recurso hídrico marino y costero (García-Escobar, 2015a,b).

## OBJETIVOS

### General

Evaluar la composición y taxonomía de la comunidad de macroinvertebrados epifaunales y su relación con la estructura de las praderas de pastos marinos de *Cotton Cay* en dos épocas climáticas

### Específicos

- Determinar los grupos de macro-invertebrados epifaunales que se encuentran asociados a la pradera de pastos marinos de *Cotton Cay* en dos épocas climáticas.
- Evaluar la composición (riqueza y abundancia) de los grupos de macro-invertebrados epifaunales asociados a la pradera de pastos marinos de *Cotton Cay* en dos épocas climáticas.
- Determinar el estado del ecosistema de pastos marinos de *Cotton Cay*, evaluando su estructura en cuanto a su densidad de vástagos y porcentaje de cobertura.
- Establecer la influencia de las variables abióticas entre los sitios de muestreos y las épocas climáticas.

## METODOLOGÍA

### ÁREA DE ESTUDIO

La isla de San Andrés, es la más grande del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, con una extensión de 26 km<sup>2</sup>. El área de estudio, la pradera de *Cotton Cay*, se encuentra localizada al este de la isla (Figura 1). La pradera en mención, es la segunda extensión más grande de pastos marinos, pues ocupa 2.600 m<sup>2</sup> del lecho marino de las praderas marinas del archipiélago de San Andrés (12°34'31"N y 81°41'41"O) (SeaFlower, 2015).

De acuerdo con Aguirre-Aguirre *et al.* (2004), el clima de la región es cálido y seco, con pocas variaciones anuales de temperatura, pero variable durante el día. El comportamiento de las lluvias conserva los rasgos típicos del Caribe colombiano, se presentan en los meses de abril-junio y septiembre-diciembre, siendo el periodo septiembre-noviembre, el más lluvioso; y el periodo febrero-abril, la época seca.



**Figura 1.** Área de estudio: *Cotton Cay* (Isla San Andrés) Tomado y modificado del (Quintana y Santa, 2013)

## **DISEÑO MUESTREAL**

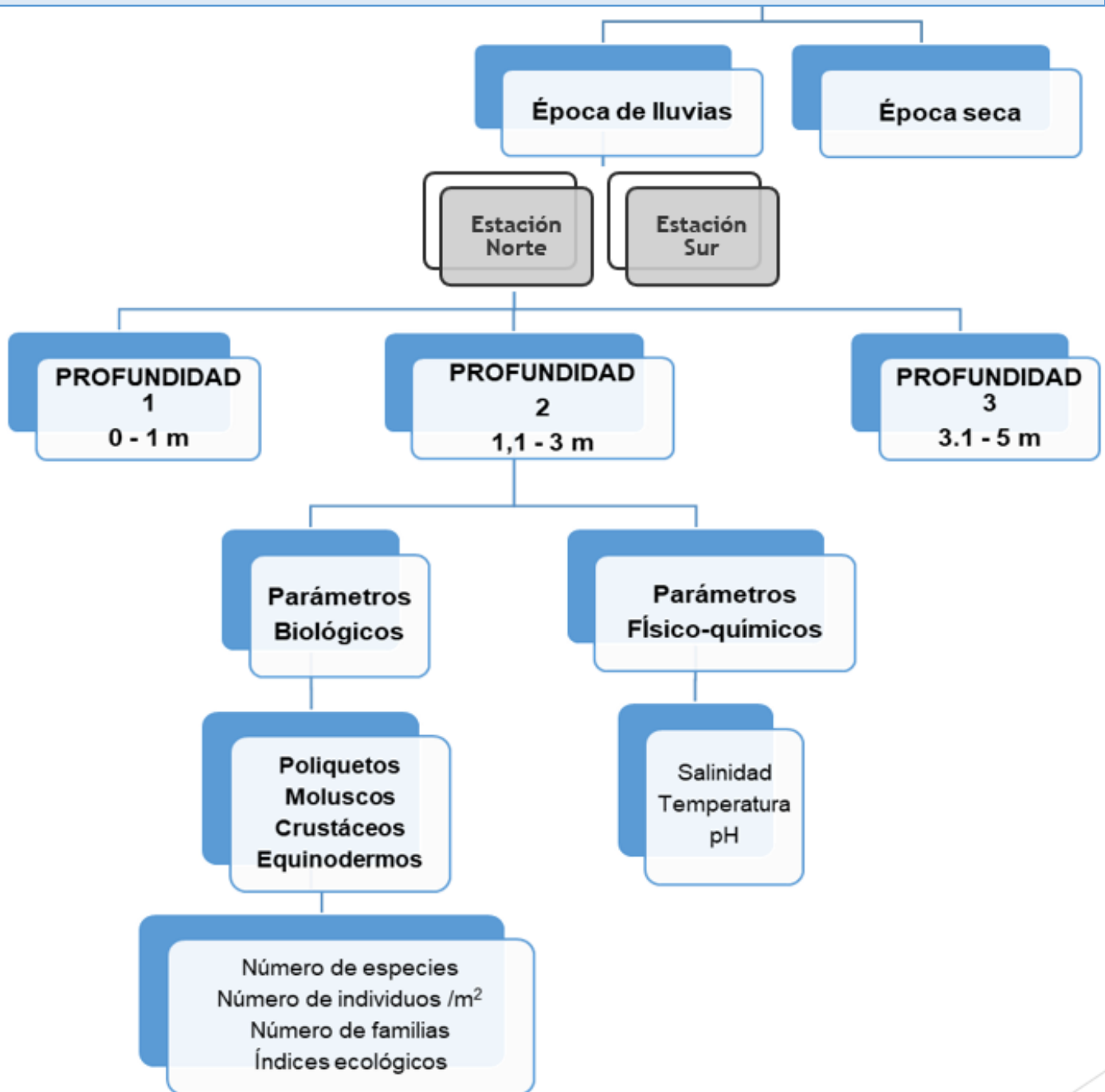
Existen metodologías especiales para registrar información sobre los animales que viven enterrados en el fondo, otras para recolectar los peces y otras para contabilizar la fauna sésil. El presente estudio, dadas las limitaciones logísticas y de tiempo, se orientó a considerar solamente la macrofauna epibentónica. En la Figura 2 se presenta el diseño muestral del proyecto.

## **FASE DE CAMPO**

El estudio siguió la metodología presentada por Gómez-López *et al.* (2014), quienes diseñaron el Protocolo Indicador de la Condición y Tendencia de las Praderas de Pastos Marinos (en Adelante, ICTPM), el cual hace parte de los documentos elaborados por el Ministerio del Ambiente y el Invermar, dentro del grupo de indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP).

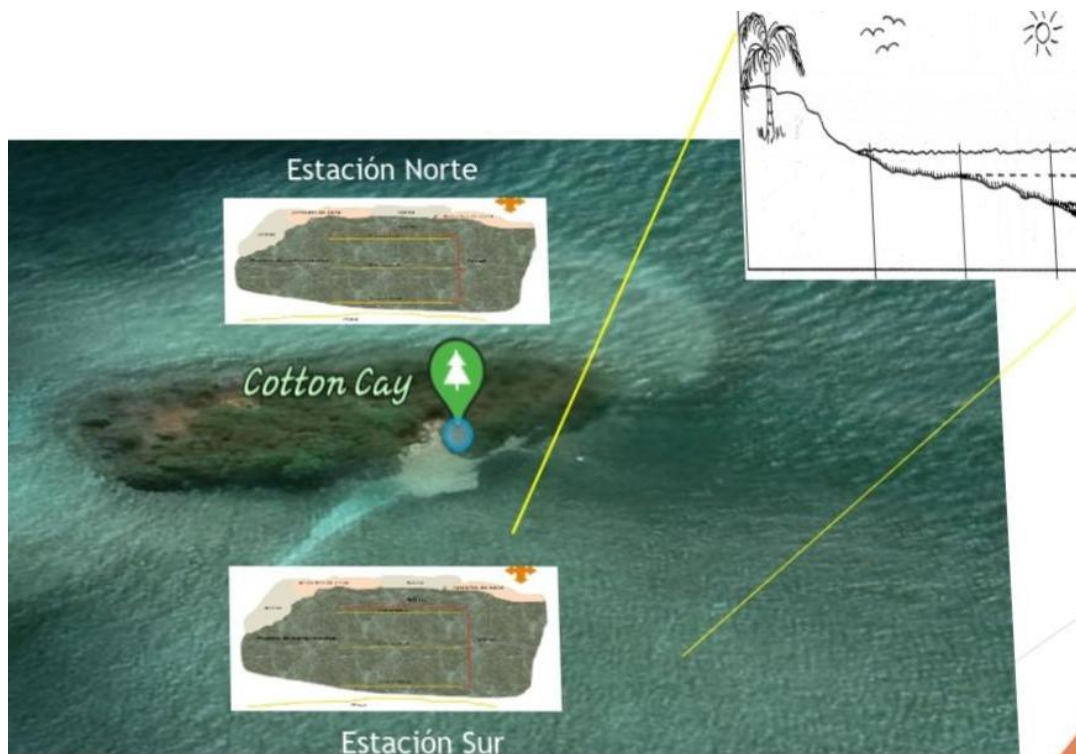
Se realizaron dos muestreos uno a finales de octubre 2020 (época de lluvias) y el otro en marzo 2021 (época seca), tanto en la zona norte, como en la zona sur de *Cotton Cay* (Figura 3). En ambos muestreos se hizo buceo libre para la identificación de la macrofauna (Evaluación Ecológica Rápida) y la colecta en algunos casos (sólo se tomaron uno o dos ejemplares de especies difíciles de identificar en campo, por ejemplo, las esponjas). El segundo muestreo (marzo 2021) se realizó un registro fotográfico por cuadrante para tener los datos necesarios para los análisis estadísticos.

**CARACTERIZACIÓN MACROFAUNAL EPIBENTÓNICA Y ESTRUCTURA DE LA PRADERA DE PASTOS MARINOS EN COTTON CAY – ISLA SAN ANDRÉS (COLOMBIA)**



**Figura 2.** Diseño muestral del presente estudio. En el diagrama se presentan las épocas, estaciones o zonas, profundidades de los transectos, y parámetros biológicos y fisicoquímicos medidos.

En primer lugar se estableció el tamaño muestral siguiendo el ICTPM, el cual indica que, para determinar la cobertura de *T. testudinum*, del fondo desnudo y de otros componentes vivos del sustrato (p.e. algas, otros pastos, esponjas y corales) se deben ubicar tres transectos, cada uno de 50 m de largo en cada zona del *Cotton Cay* (norte-sur) (Figura 3), se extendieron paralelos a la línea de costa, distanciados verticalmente, cada uno de 25 m, y en cada transecto, se ubicaron 12 cuadrantes de 50 x 50 cm, para el muestreo de la macrofauna, y cuadrantes de 25 x 25 cm para el conteo de *Thalassia*, y cuadrantes de 12.5 x 12.5 cm para *Syringodium*.

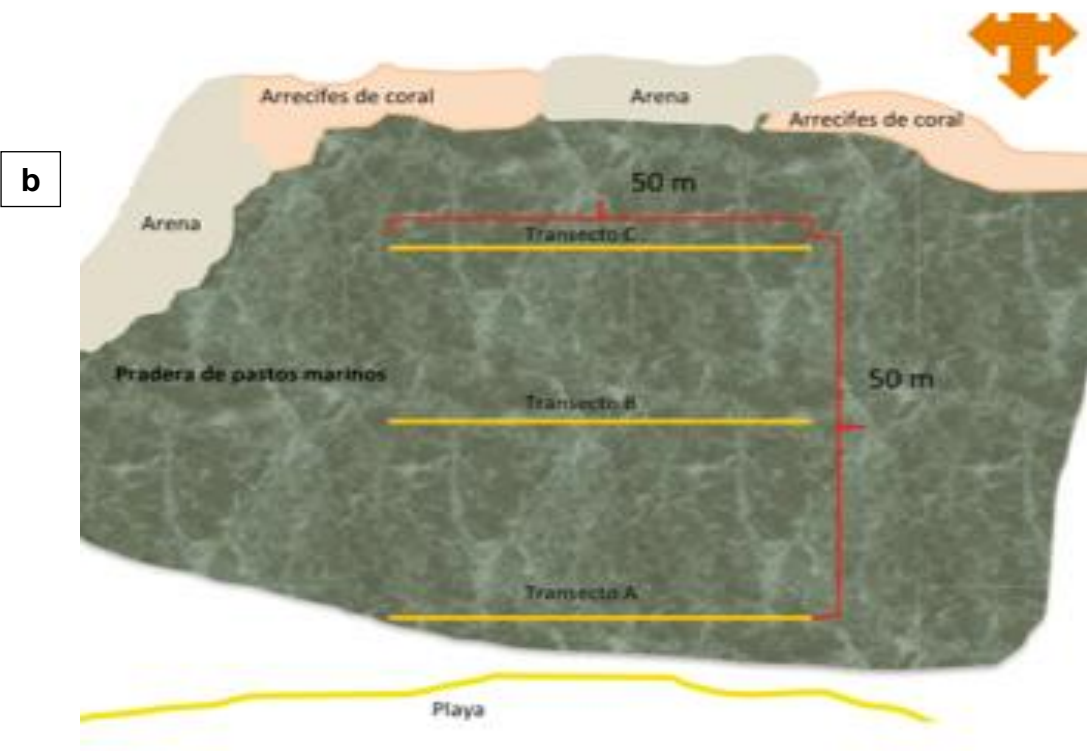
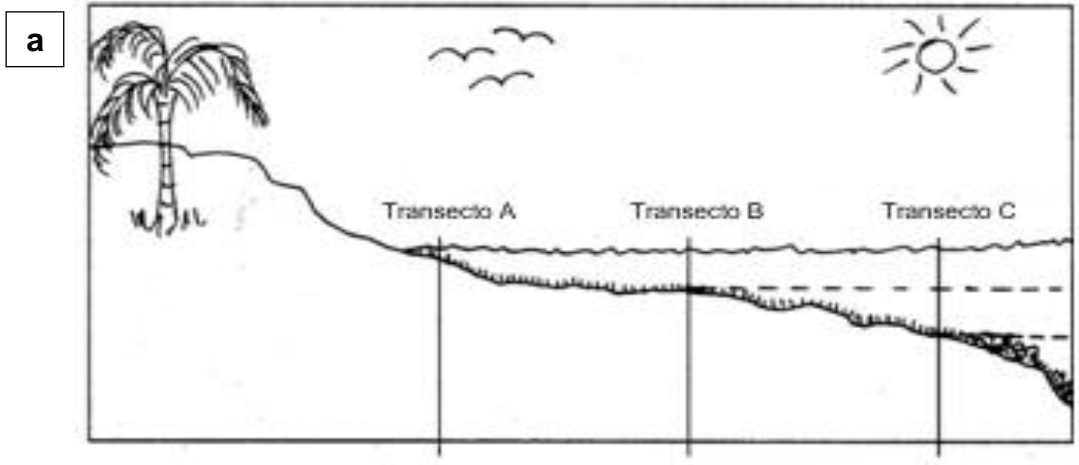


**Figura 3.** Cotton cay: Estaciones o zonas (norte y sur) y transectos de muestreo (cada uno de 50 m de largo en cada zona y extendidos paralelamente a la línea de costa, distanciados cada uno de 25 m.

En la zona norte, los transectos presentaron una profundidad de 0.5 m, 1 m y 1.30 m, respectivamente; en la parte sur, de 0.7 m, 1.30 m y 1.70 m (Figuras 3-6). Siguiendo la metodología presentada por Gómez-López *et al.* (2014), los tres transectos fueron marcados como A, B y C, siendo siempre el C, el más profundo.

Sobre cada transecto se ubicaron doce cuadrantes, lo cual está establecido en el ICTPM de la siguiente forma: para el transecto C, los cuadrantes fueron colocados en los siguientes puntos del transecto (en metros): 2, 7, 8, 16, 18, 25, 26, 33, 38, 40, 44 y 46 m; en el transecto B, fueron a los 9, 10, 15, 17, 22, 25, 28, 31, 35, 37, 39 y 45 m; y finalmente, para el transecto A, los cuadrantes fueron medidos en los 5, 7, 10, 18, 19, 22, 26, 34, 35, 38, 43 y 44 m. Esta misma organización se realizó en los tres transectos de lado norte y lado sur de *Cotton Cay* (Figuras 3-6).





**Figura 4.** Esquemas generales del diseño del proyecto: a) transectos paralelos a la línea de costa: b) transectos mostrando su ubicación respecto al entorno (Tomado de Gómez-López *et al*, 2014).

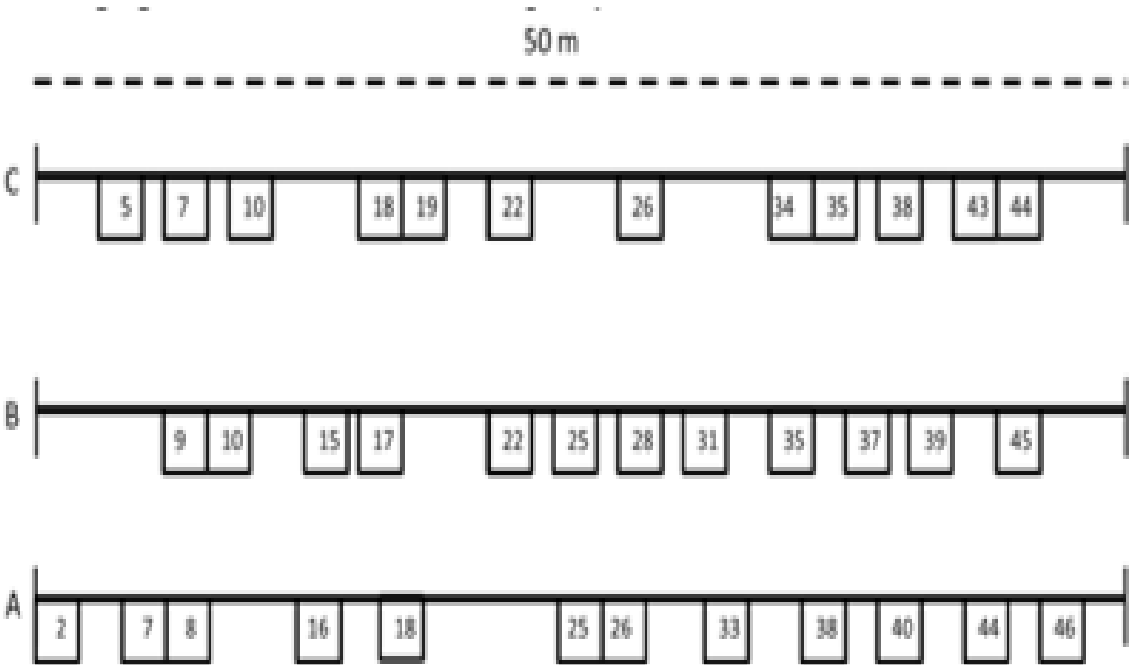
De acuerdo con el ICTPM (Gómez-López *et al*, 2014), la revisión e identificación de la mayor parte de los organismos se hace en campo, ya que se usó la metodología de Evaluación Ecológica Rápida en cada uno de los cuadrantes.

Cada cuadrante fue cubierto con una malla en forma de cajón para evitar que los invertebrados móviles se salieran del cuadrante. La mayoría de los organismos fueron identificados de manera directa en cada cuadrante, y sólo algunos fueron depositados en una canasta refrigerada, previamente rotulada por cada cuadrante y transecto, para luego ser separados por grupo y realizar su identificación en el laboratorio. Con los mismos cuadrantes de referencia se tomaron datos estadísticos tales como: densidad de vástagos y porcentaje de cobertura de arena, porcentaje de epífitos; y también se tomaron los parámetros físico-químicos: temperatura, salinidad, conductividad y oxígeno disuelto, con la ayuda de un equipo TDS (Figuras 3-6).

Para garantizar un bajo impacto en la recolecta de los organismos, a los organismos coloniales sólo se les tomó el registro fotográfico en campo y los datos de presencia.



**Figura 5.** Cuadrante de 50 x 50 cm para monitoreos de pastos marinos.



**Figura 6.** Esquema con la ubicación en metros de los cuadrantes en 12 puntos distintos de cada transecto (A, B y C) (Tomado de Gómez-López *et al*, 2014).

Todo lo anterior fue posible, gracias al permiso otorgado por la Corporación que se encarga del Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina en adelante, CORALINA, así como su apoyo en la logística del muestreo.

Dependiendo del grupo taxonómico, la fijación y conservación de las muestras fue diferente debido a que la estructura y composición de las especies recolectadas no son iguales y hacerle el mismo método de preservación podría afectar a algunos grupos (Mejía *et al.*, 2019). En el Anexo 1 se presenta un glosario en el cual se definen algunas estructuras importantes para la identificación.

El material recolectado se fijó en el laboratorio con diferentes reactivos y químicos de acuerdo al grupo taxonómico (Tabla 1) y se mantuvo en bolsas plásticas previamente rotuladas, para ser trasladadas al laboratorio y proceder a separarlas por grupos e identificar cada ejemplar.

**Tabla 1.** Fijación, conservación y preservación de organismos marinos (Mejía-Ladino *et al.*, 2019).

<b>GRUPOS</b>	<b>REACTIVOS</b>
<b>UROCORDADOS (ASCIDIAS)</b>	Sal de Epsom + agua de mar (Anestesiador). Formalina 4% + Gotas de glicerina.
<b>PORÍFEROS</b>	Alcohol al 50% en campo y al llegar al laboratorio hacer recambio a Alcohol al 70% máximo a las 12 horas. En ocasiones tras otras 12 horas debe pasarse a Alcohol al 70%.
<b>CNIDARIOS</b>	Sal de Epsom + agua de mar (Anestesiador). Alcohol al 70% (Anémonas: mantener a la sombra).  Sal de Epsom + agua de mar (Anestesiador). Formalina 4% + Gotas de glicerina (Hidroides).  Alcohol al 70% (corales duros y blandos).
<b>POLIQUETOS</b>	Sal de Epsom + agua de mar (Anestesiador). 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 (Anestesiador). 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 (Anestesiador). 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).
<b>EQUINODERMOS</b>	Sal de Epson + agua de mar (Anestesiador). Alcohol al 70%.

Se realizó una cadena de custodia de las muestras por parte del investigador desde el lugar de la toma de las muestras (*Cotton Cay*) hasta los Laboratorios de la Universidad del Sinú Cartagena, donde están conservados en lotes y estantes, bajo condiciones aptas para el almacenamiento de las muestras (p.e. control de aire acondicionado y humedad), dentro de la Colección Académica de Organismos Marinos de la Escuela de Biología Marina. Se entregó un informe ejecutivo a CORALINA que incluía la lista de especies identificadas (Anexo 2) y los registros fueron almacenados en la base de datos de la Corporación para que fueran disponibles para futuros trabajos de investigación.

Asimismo, en el presente estudio se midieron algunas variables biológicas y parámetros físico-químicos, tales como:

### VARIABLES BIOLÓGICAS

- Riqueza de especies: es el número total de especies que se encuentran en un hábitat, ecosistema, paisaje, área o región determinada (Colwell, 2009).

- Abundancia: es la representación relativa de una especie en un ecosistema particular (Preston, 1948).
- Uniformidad: indica la equidad de valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (Magurran, 1988).
- Dominancia: grado en que un taxón es más numeroso o tiene mayor biomasa que sus competidores en una comunidad ecológica (Jiménez-Escobar, 2012).

### PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

- Temperatura
- Salinidad
- Oxígeno disuelto

## FASE DE LABORATORIO

Una vez se realizó la separación por grupos, para la revisión de los especímenes se realizaron búsquedas digitales de claves taxonómicas, cartillas y catálogos de grupos de invertebrados (Mollusca: Díaz y Puyana, 1994; Polychaeta: Baez y Ardila, 2003; Cnidaria: Invemar, 2010a; Crustacea: Invemar, 2010c; Benavides *et al.*, 2011; Echinodermata: Borrero *et al.*, 2012; Porifera: Zea *et al.*, 2014). También se emplearon algunas claves tales como: Rathbun (1930), Hartman (1959), Warmke y Abbot (1961), Vélez (1977); Von Phral y Guhl (1979), Rodríguez (1980), Von Cosel (1986), Díaz (1990); Laurens y Gordan (1991) y Díaz y Puyana (1994).

Además, se revisaron las colecciones del Sistema de Información sobre Biodiversidad Marina (SIBM) de Invemar y el *World Register of Marine Species* <http://www.marinespecies.org>. Finalmente, para la identificación de los organismos en campo se contó con una cartilla sumergible realizada previamente por el investigador, en la cual se encontraba plasmada la imagen de las posibles familias de macroinvertebrados presentes en la pradera de pastos marinos, y algunas especies se validaron con taxónomos expertos en cada grupo.



## FASE DE GABINETE

Se analizó la composición de los macroinvertebrados epibentónicos mediante diferentes pruebas y análisis estadísticos para hacer comparaciones entre zonas y épocas climáticas.

Posteriormente se determinó la representatividad de la muestra a partir de estimadores no paramétricos de riqueza de especies con el fin de observar la inflexión a un número de muestras.

Debido a que en dos muestras no se encontraron individuos (o sólo hubo un individuo), para correr las pruebas estadísticas se suprimieron las muestras SC\_NOR\_TC y SC\_SUR\_TB.

Inicialmente se determinaron los índices ecológicos de diversidad, tales como: diversidad de Riqueza de Margalef, Uniformidad de Pielou ( $J'$ ), Shannon-Wiener ( $H'$ ), Predominio de Simpson ( $D_{si}$ ) y Número de diversidad de Hill ( $N1$  y  $N2$ ), con el fin de determinar la biodiversidad por zonas, transectos y épocas climáticas.

Luego se hizo un ANOSIM para comparar entre épocas climáticas y entre zonas de muestreo.

Posterior a esto, se empleó un análisis de ordenación y clasificación utilizando el coeficiente de similitud de Bray-Curtis, a partir de una matriz de similitud por abundancias de los grupos, sitios de muestreo, zonas, transectos, cuadrantes y épocas climáticas, con el fin de obtener un dendrograma. Para verificar lo anterior, se efectuó un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS).

Finalmente, se realizó un análisis de correspondencias canónicas con el fin de observar las correspondencias entre las variables ambientales con las comunidades biológicas en los diferentes puntos de muestreo.

Todo lo anterior se realizó en el programa PRIMER V 6 (demo, en línea).

## RESULTADOS

### 1. TAXOCENOSIS

En cuanto a este estudio realizado en dos épocas climáticas diferentes (lluvia y seca) los datos reportados durante el muestreo en el campo, por zonas, transectos y cuadrantes se agruparon por taxa. En total se identificaron 32 especies de moluscos, 26 de esponjas, diez de equinodermos, nueve de cnidarios y cinco de crustáceos, entre otros, siendo estos grupos, los más representativos.

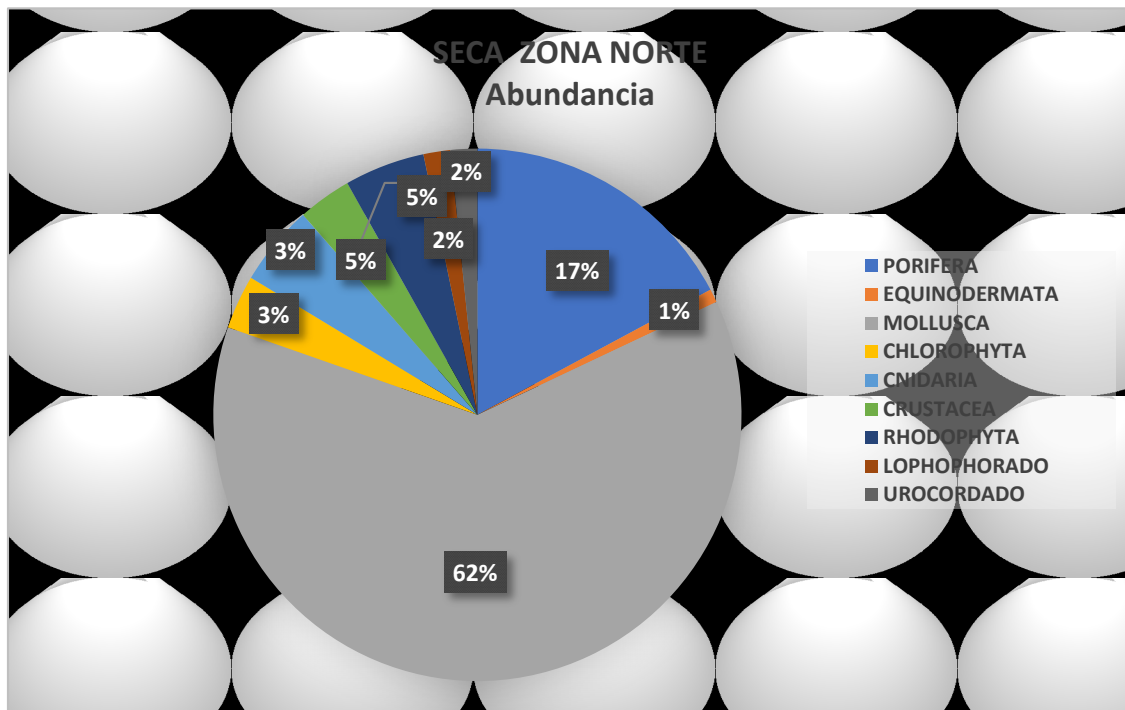
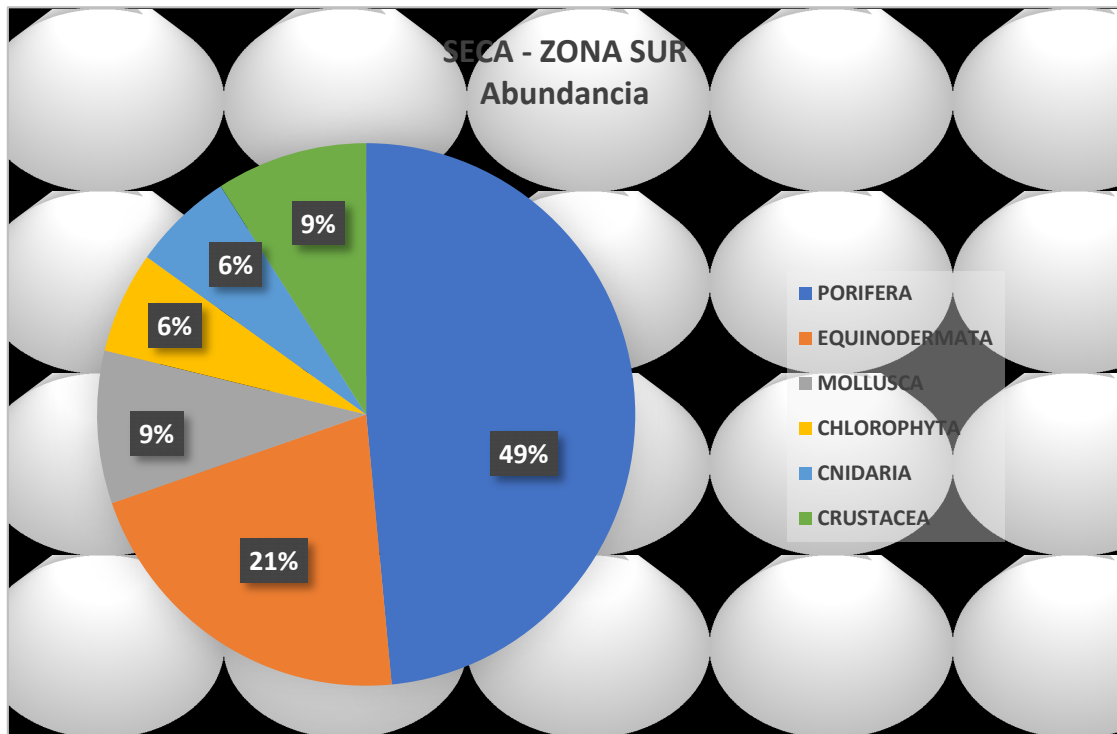
Respecto a las épocas climáticas muestreadas, la taxocenosis encontrada fue la siguiente:

#### Época Seca

El muestreo fue realizado en marzo de 2021, en el cual se realizó la metodología descrita con anterioridad, y se encontraron nueve grupos taxonómicos. Poríferos, cnidarios, moluscos, crustáceos, equinodermos, urocordados, lofoforados, macroalgas y dos especies de pastos marinos: *Thalassia testudinum* (Banks y Koeing, 1085) y *Syringodium filiforme* (Friedrich Traugott Kützing, 1860); correspondientes a 155 ejemplares, de las cuales la mayoría de las especies fueron identificadas y otras se dejaron en morfotipo (Tabla 2; Figuras 7 y 10).

**Tabla 2.** Abundancia de taxa encontrados en la época seca (marzo 2021).

ZONA	TAXA	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	Abundancia por especie (No. Indiv./0,025 m2)	Abundancia ppor grupo (No. Indiv./0,025 m2)
SECA - SUR	Porifera			<i>Sarcotragus spinosulus</i>	13	16
	Porifera			Morfotipo 1	3	
	Equinodermata	<i>Oreasteridae</i>			1	
	Equinodermata			<i>Tripneustes ventricosus</i>	1	7
	Equinodermata			<i>Holothuria mexicana</i>	1	
	Equinodermata	<i>Oreasteridae</i>			1	
	Equinodermata		<i>Ophiopristis</i>	<i>Ophiopristis hirsuta</i>	1	
	Equinodermata		<i>Ophiomyxa</i>	<i>Ophiomyxa flaccida</i>	2	
	Mollusca			<i>Lobatus gigas</i>	3	3
	Chlorophyta			<i>Halimeda cacroloba</i>	1	2
	Chlorophyta			<i>Halimeda cacroloba</i>	1	
	Cnidaria			<i>Condylactis gigantea</i>	1	2
	Cnidaria			<i>Condylactis gigantea</i>	1	
	Crustacea		Necora	<i>Necora sp.</i>	2	3
	Crustacea	Stomatopoda			1	
					33	33
ZONA	TAXA	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	Abundancia por especie (No. Indiv./0,025 m2)	Abundancia ppor grupo (No. Indiv./0,025 m2)
SECA - NORTE	Porifera		<i>Lissodendoryx</i>	<i>Lissodendoryx isodictyalis</i>	4	21
	Porifera		<i>Lissodendoryx</i>	<i>Lissodendoryx isodictyalis</i>	4	
	Porifera		<i>Sarcotragus</i>	<i>Sarcotragus spinosulus</i>	4	
	Porifera		<i>Cliona</i>	<i>Cliona</i>	2	
	Porifera			Morfotipo 2	2	
	Porifera			Morfotipo 3	1	
	Porifera			Morfotipo 4	2	
	Porifera			Morfotipo 5	1	
	Porifera			Morfotipo 6	1	
	Equinodermata		<i>Ophioderma</i>	<i>Ophioderma sp.</i>	1	
	Mollusca		<i>Lobatus</i>	<i>Lobatus gigas</i>	4	76
	Mollusca		<i>Nerita</i>	<i>Nerita tessellata</i>	17	
	Mollusca		<i>Nerita</i>	<i>Nerita versicolor</i>	8	
	Mollusca		<i>Lepidochitona</i>	<i>Lepidochitona cinerea</i>	2	
	Mollusca		<i>Cerithium</i>	<i>Cerithium stercusmuscarum</i>	5	
	Mollusca		<i>Echinolittorina</i>	<i>Echinolittorina miliaris</i>	27	
	Mollusca		<i>Echinolittorina</i>	<i>Echinolittorina angustior</i>	7	
	Mollusca		<i>Echinolittorina</i>	<i>Echinolittorina cinerea</i>	6	
	Rhodophyta		<i>Amphiroa</i>	<i>Amphiroa foliacea</i>	6	6
	Chlorophyta		<i>Halimeda</i>	<i>Halimeda cacroloba</i>	1	4
	Chlorophyta		<i>Halimeda</i>	<i>Halimeda cacroloba</i>	1	
	Chlorophyta		<i>Halimeda</i>	<i>Halimeda cacroloba</i>	1	
	Chlorophyta		<i>Penicillus</i>	<i>Penicillus capitatus</i>	1	6
	Cnidaria		<i>Porites</i>	<i>Porites porites</i>	1	
	Cnidaria			<i>Porites sp. 1</i>	3	
	Cnidaria			<i>Porites sp. 2</i>	2	
	Crustacea			Morfotipo 4	3	
Crustacea			Morfotipo 7	1	4	
Lophophorato	Briozoos			2	2	
Urocordado	Ascidias			2	2	
					122	122
					155	



**Figura 7.** Abundancia de los grupos faunísticos de macroinvertebrados epibentónicos encontrados en *Cotton Cay* durante la época seca del presente estudio.

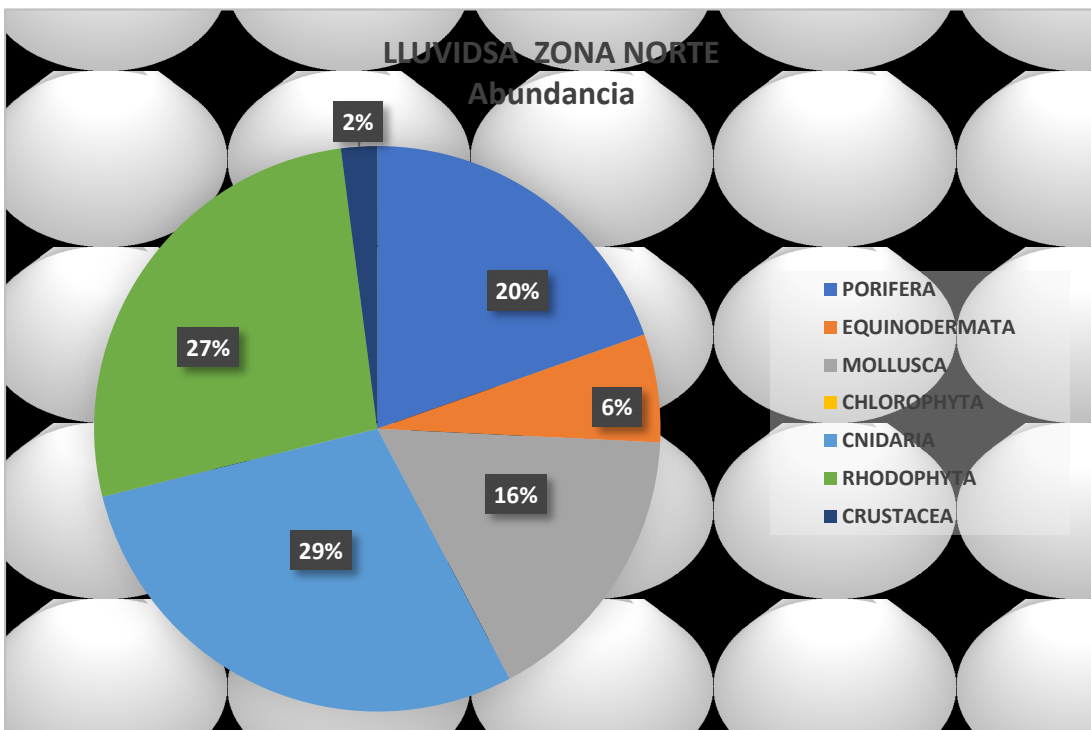
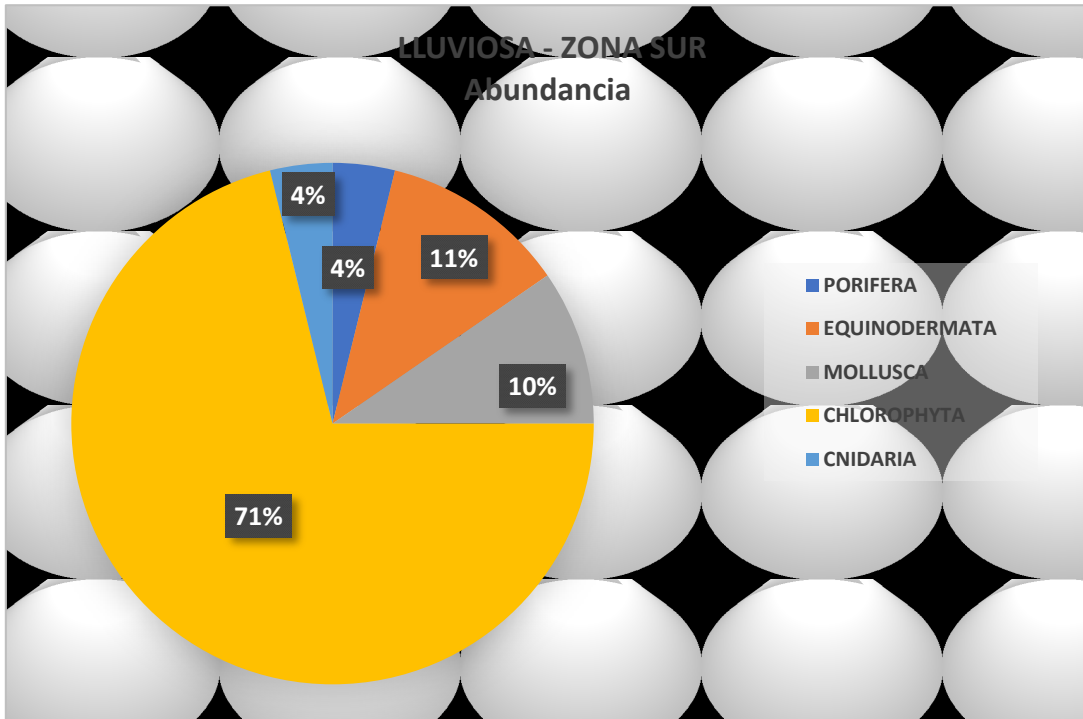
## Época Lluviosa

Este muestreo se realizó en octubre 2020, en el cual se registraron nueve grupos taxonómicos, incluyendo poríferos, cnidarios, moluscos, crustáceos, equinodermos, urocordados, lofoforados, macroalgas y dos especies de pastos marinos (*T. testudinum* y *S. filiforme*); correspondientes a 94 ejemplares, aproximadamente, de las cuales la mayoría de las especies fueron identificadas, y otras se dejaron en morfotipos (Tabla 3). Los poríferos y moluscos presentaron la mayor riqueza con 13 especies cada uno, seguido de los equinodermos con 6, crustáceos con 5, macroalgas con 5, cnidarios con 4, y finalmente, 1 urocordado y 1 lofoforado (Figuras 8 y 9).

**Tabla 3.** Abundancia de taxa encontrados en la época lluviosa (noviembre 2020).

ZONA	TAXA	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	Abundancia por especie (No. Indiv./0,025 m2)	Abundancia por grupo (No. Indiv./0,025 m2)
LLUVIOSA - SUR	Porifera		<i>Sarcotragus</i>	<i>Sarcotragus spinosulus</i>	1	2
	Porifera		<i>Agelas</i>	<i>Agelas schmidti</i>	1	
	Equinodermata		<i>Holothuria</i>	<i>Holothuria mexicana</i>	4	6
	Equinodermata	Oreasteridae			2	
	Mollusca		<i>Nerita</i>	<i>Nerita tessellata</i>	1	5
	Mollusca		<i>Nerita</i>	<i>Nerita versicolor</i>	4	
	Chlorophyta		<i>Halimeda</i>	<i>Halimeda cacroloba</i>	37	37
Cnidaria		<i>Condylactis</i>	<i>Condylactis gigantea</i>	2	2	
					52	52
ZONA	TAXA	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	Abundancia por especie (No. Indiv./0,025 m2)	Abundancia ppor grupo (No. Indiv./0,025 m2)
LLUVIOSA - NORTE	Porifera		<i>Suberites</i>	<i>Suberites aurantiacus</i>	3	19
	Porifera		<i>Sarcotragus</i>	<i>Sarcotragus spinosulus</i>	2	
	Porifera		<i>Agelas</i>	<i>Agelas schmidti</i>	14	
	Equinodermata	Oreasteridae			1	6
	Equinodermata		<i>Tripneustes</i>	<i>Tripneustes ventricosus</i>	5	16
	Mollusca		<i>Lobatus</i>	<i>Lobatus gigas</i>	4	
	Mollusca		<i>Nerita</i>	<i>Nerita tessellata</i>	11	26
	Mollusca		<i>Nerita</i>	<i>Nerita versicolor</i>	1	
	Rhodophyta		<i>Amphiroa</i>	<i>Amphiroa foliacea</i>	22	28
	Rhodophyta		<i>Amphiroa</i>	<i>Amphiroa foliacea</i>	4	
	Cnidaria		<i>Manicina</i>	<i>Manicina areolata</i>	4	2
	Cnidaria		<i>Pseudodiploria</i>	<i>Pseudodiploria strigosa</i>	1	
	Cnidaria		<i>Porites</i>	<i>Porites branneri</i>	14	
	Cnidaria		<i>Porites</i>	<i>Porites porites</i>	9	2
Crustacea		<i>Necora</i>	<i>Necora sp.</i>	2		

97  
149



**Figura 8.** Abundancia de los grupos faunísticos de macroinvertebrados epibentónicos encontrados en Cotton Cay durante la época lluviosa del presente estudio.



Respecto a los taxa encontrados, se reporta lo siguiente:

### Poríferos

Dentro de las esponjas se encontraron 13 especies. De estas, siete se encontraron colonizando otras superficies, tres eran de tipo incrustantes, y las otras tres eran independientes. La gran mayoría de las esponjas se recolectaron del lado norte de *Cotton Cay*; y como su identificación en campo no fue fácil, en el laboratorio se identificaron y se logró estimar que las especies más abundantes fueron *Agelas schmidii* (Schmidt.,1864) y *Sarcotragus spinosulus* (Schmidt, 1862) (Tablas 2-3; Figuras 7-10).

### Moluscos

En el muestreo se recolectaron 13 especies, 12 gasterópodos y un poliplacóforo. La especie de molusco más abundante fue *Echinolittorina miliaris* (Quoy y Gaimard, 1833), con 27 individuos recolectados, la gran mayoría fueron encontrados del lado norte (Tablas 2-3; Figuras 7-10), seguida de *Nerita tessellata* (Gmelin, 1791), con una abundancia de 21 individuos recolectados.

## Equinodermos

Se encontraron seis ejemplares de diferentes clases. Dos de Ophiuroidea, dos Asteroidea, un Holoturoidea y un Echinoidea; la gran mayoría de los equinodermos fueron encontrados en la zona sur (Tablas 2-3; Figuras 7-10).

## Crustáceos

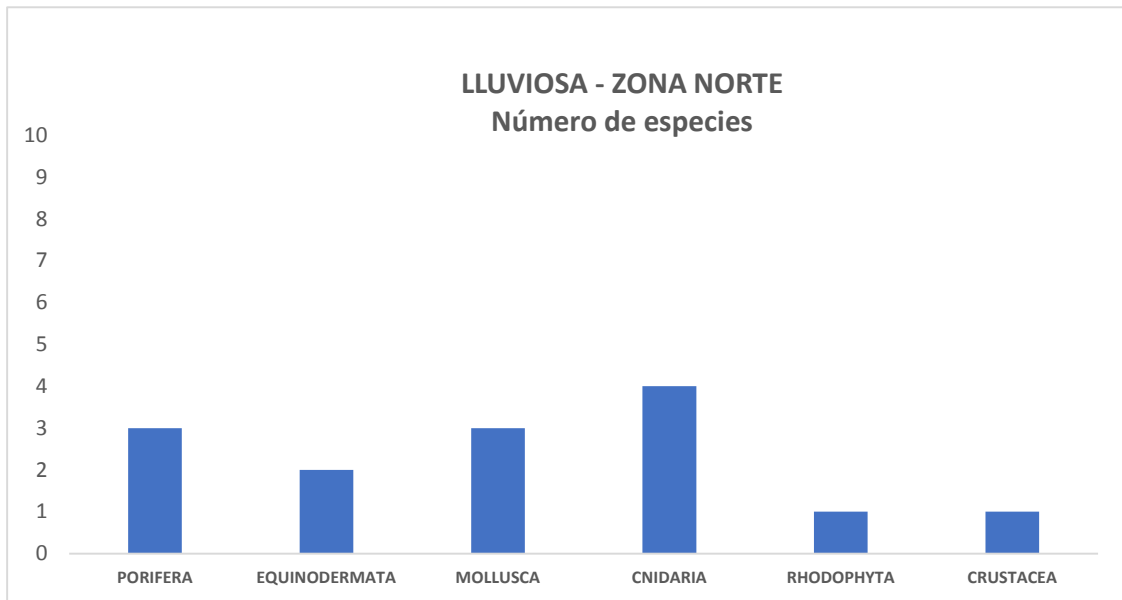
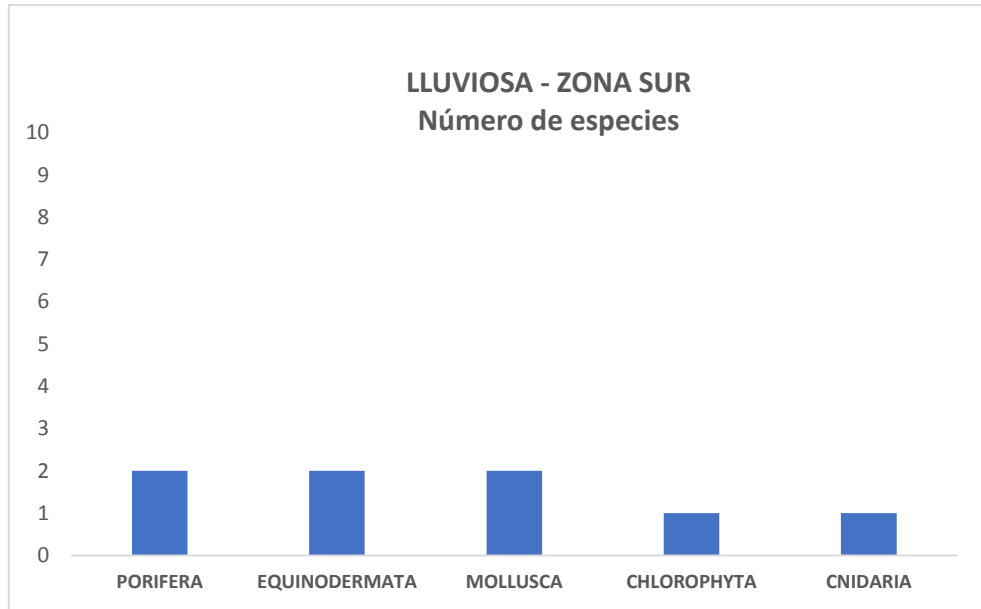
Se identificaron cuatro especies correspondientes a dos ejemplares de estomatópodos, tres de cangrejos ermitaños de la familia Diogenidae, un ejemplar del género *Necora* y un ejemplar del subgrupo Alpheidae. Todos estos crustáceos son móviles, los cuales se recolectaron la gran mayoría en la zona norte (Tablas 2-3; Figuras 7-10).

## Macroalgas

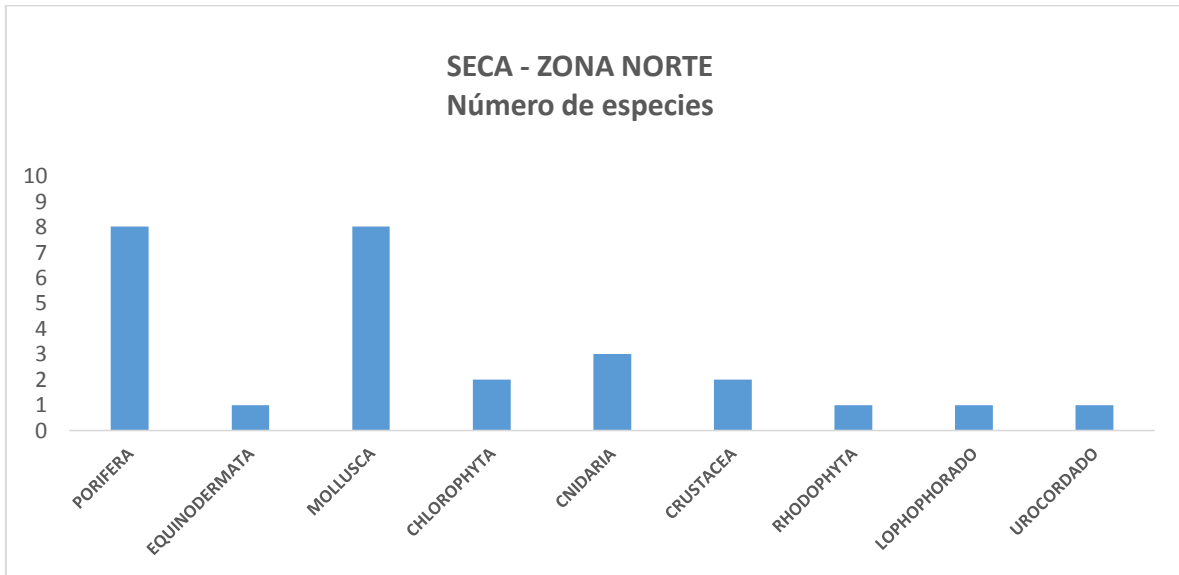
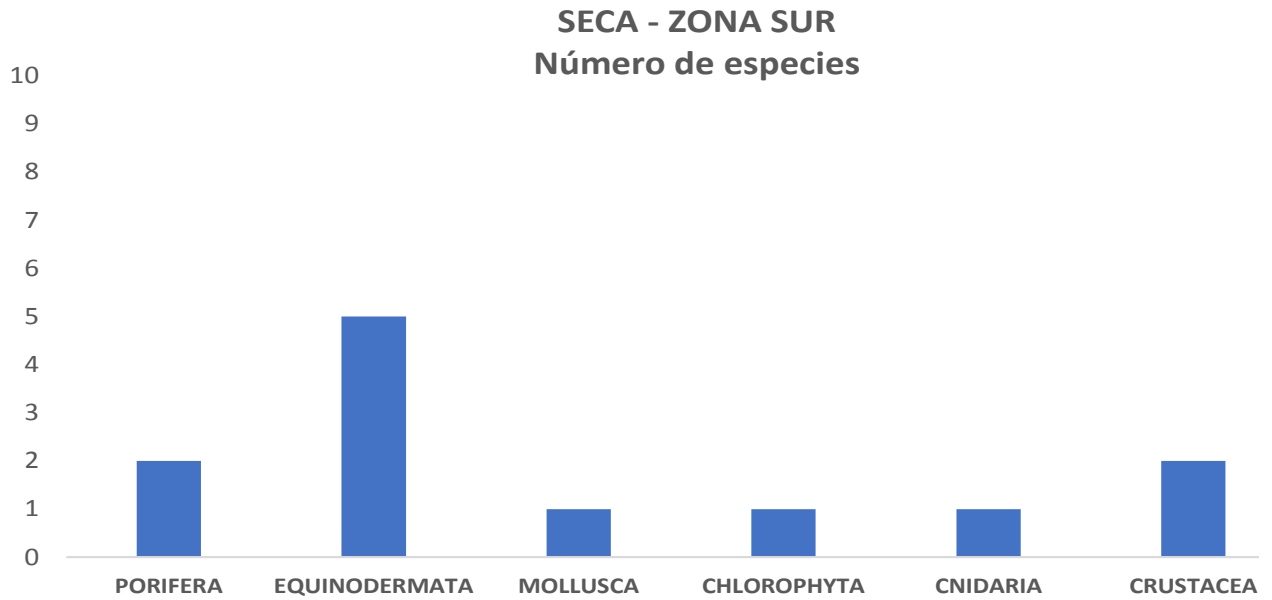
En total fueron cinco macroalgas las que se encontraron durante la recolecta en las dos zonas, registrando como las más frecuentes a *Penicillus capitatus* (Lamarck, 1813), *Halimeda cacroloba* (Lamouroux., 1812) y *Amphiroa foliacea* (Lamouroux., 1812), siendo ésta última la más abundante de la zona norte de *Cotton Cay* (Tablas 2-3; Figuras 7-10).

## Cnidarios

Se recolectaron ejemplares de cinco especies, en las dos zonas de las praderas, algunos colonizando sobre sustrato y otros colonizadores independientes o solitarios. Entre ellos se identificaron a *Porites porites* (Palas , 1766), *P. branneri* (Rathbun, 1887), *Condylactis gigantea* (Weinland, 1860), *Pseudiploria strigosa* (Dana, 1846) y *Manicina areolata* (Linnaeus, 1758). La mayoría del grupo Cnidaria se encontraron distribuidos en la zona sur (Tablas 2-3; Figuras 7-10).



**Figura 9.** Número de especies de los grupos faunísticos de macroinvertebrados epibentónicos encontrados en *Cotton Cay* en época lluviosa.



**Figura 10.** Número de especies de los grupos faunísticos de macroinvertebrados epibentónicos encontrados en *Cotton Cay* en época seca.

## 2. PARÁMETROS ESTRUCTURALES DE LOS PASTOS MARINOS ENTRE ÉPOCAS CLIMÁTICAS y ZONAS

Comparando estructuralmente las dos zonas donde se realizaron los muestreos, la zona norte aunque mostró una pradera de pastos marinos más impactada porque su pradera presentaba hojas cortadas y vástagos dañados (observación directa), fue la zona con mayor número de individuos encontrados. En cuanto a la zona sur, allí se encontró la pradera de pastos con mayor abundancia de vástagos y en mejor estado, pero se encontró una menor cantidad de individuos.

Los valores obtenidos para el número de vástagos de *T. testudinum* y *S. filiforme*, así como, el porcentaje de cobertura vegetal, de arena y de epifitos se presentan en la Tabla 4 para la época lluviosa; y en la Tabla 5, para la época seca.

### ÉPOCA LLUVIOSA

En el primer muestreo de la época lluviosa la zona sur presentó un mayor número de vástagos al igual que es la única zona donde se reportó la presencia de *S. filiforme*. De igual manera presentó una mayor altura de sus hojas y abundancia de vástagos, así como, pastos totalmente completos (Tabla 4).

En cuanto a la zona norte, sólo hubo presencia de *T. testudinum*, con mayores parches de arena, y algunas hojas de los pastos se encontraron rasgadas, al parecer por algún herbívoro (Tabla 4).

**Tabla 4.** Número de vástagos de pastos marinos (*T. Thalassia testudinum*; S: *Syringodium filiforme*) y porcentaje de cobertura (arena) medidos en la época lluviosa en ambas zonas de muestreo.

**ZONA SUR**

CUADRANTE	No. VASTAGOS. T	No. VASTAGOS. S	% ARENA
TAC2	30	15	10
TAC7	10	20	50
TAC8	20	10	10
TAC16	20	12	30
TAC18	15	7	50
TAC25	20	12	30
TAC26	30	10	10
TAC33	15	25	20
TAC38	28	5	10
TAC40	27	13	5
TAC44	40	15	10
TAC46	40	10	5
CUADRANTE	No. VASTAGOS. T	No. VASTAGOS. S	% ARENA
TAC9	30	12	20
TAC10	32	10	10
TAC15	10	6	80
TAC17	15	9	10
TAC22	25	10	20
TAC25	7	20	60
TAC28	30	5	10
TAC31	10	27	10
TAC35	17	30	10
TAC37	10	15	40
TAC39	30	10	10
TAC45	40	16	5
CUADRANTE	No. VASTAGOS. T	No. VASTAGOS. S	% ARENA
TAC5	15	0	70
TAC7	39	0	10
TAC10	30	0	20
TAC18	5	0	90
TAC19	2	0	95
TAC22	25	0	30
TAC26	30	0	20
TAC34	42	0	10
TAC35	30	10	5
TAC38	40	0	10
TAC343	40	15	5
TAC44	20	11	20

**ZONA NORTE**

No. VASTAGOS. T	No. VASTAGOS. S	% ARENA
30	0	20
40	0	20
10	0	70
25	0	20
10	0	80
20	0	30
20	0	20
19	0	40
33	0	10
25	0	30
15	0	80
20	0	40
No. VASTAGOS. T	No. VASTAGOS. S	% ARENA
10	0	90
8	0	90
12	0	90
9	0	90
15	0	90
12	0	90
10	0	90
5	0	90
15	0	90
13	0	90
17	0	80
15	0	90
No. VASTAGOS. T	No. VASTAGOS. S	% ARENA
32	0	20
40	0	10
25	0	30
20	0	80
12	0	90
11	0	90
10	0	90
13	0	90
16	0	80
20	0	70
14	0	80
15	0	80

## ÉPOCA SECA

Para el segundo muestreo, en la época seca, se observó en la zona sur nuevamente la presencia de *S. filiforme*, una mayor abundancia de pastos, siendo *T. testudinum* la más dominante, y el mayor reporte de altura de las hojas, al comparar las dos zonas.

En cuanto a la zona norte se reporta un gran cobertura de arena, visualizándose menos parches de pastos marinos, sin embargo, en este muestreo se observa una recuperación en la densidad de vástagos comparados con el otro muestreo en época lluviosa (menos rasgados).

En cuanto a la presencia de epífitos, se observó la presencia de estos en todas las hojas, cubriendo más del 50% del área foliar de *T. testudinum* (Tabla 5).



**Tabla 5.** Número de vástagos de pastos marinos (T. *Thalassia testudinum*; S: *Syringodium filiforme*) y porcentaje de cobertura (arena, pastos, epífitos) medidos en la época lluviosa en ambas zonas de muestreo.

**ZONA NORTE**

**ZONA SUR**

Cuadrantes	N. Vastagos	% Arena	% Pastos	%Epifitos	N. Vastagos. T	N. Vastagos. S	% Arena	% Pastos. T	% Pastos. S	%Epifitos
TAC5	10	90	10	30	60	0	5	95	0	70
TAC7	10	70	30	40	54	0	5	95	0	80
TAC10	6	90	10	30	40	0	20	80	0	70
TAC18	10	90	10	40	35	0	30	70	0	70
TAC19	20	70	30	40	40	0	10	90	0	80
TAC22	15	90	10	30	35	0	20	80	0	70
TAC26	10	80	20	30	35	0	20	80	0	80
TAC34	15	70	30	30	30	20	5	75	20	50
TAC35	20	60	40	40	30	20	5	75	20	50
TAC38	30	50	50	30	30	17	10	80	10	50
TAC43	13	70	30	40	37	10	10	75	15	40
TAC44	20	70	30	40	30	20	10	80	10	50
Cuadrantes	N. Vastagos. T	% Arena	% Pastos. T	%Epifitos	N. Vastagos. T	N. Vastagos. S	% Arena	% Pastos. T	% Pastos. S	%Epifitos
TAC9	10	70	30	70	20	15	10	80	10	50
TAC10	20	70	30	70	25	10	5	15	80	50
TAC15	25	70	30	70	30	20	5	65	30	50
TAC17	30	50	50	60	40	17	10	10	80	50
TAC22	10	80	20	50	10	15	5	70	25	50
TAC25	20	70	30	60	30	15	10	80	10	50
TAC28	5	90	10	60	30	15	10	80	10	50
TAC31	20	40	60	70	36	19	10	80	10	50
TAC35	24	50	50	70	40	20	10	70	20	40
TAC37	30	40	60	70	27	15	40	50	10	70
TAC39	10	80	20	70	40	20	5	75	20	40
TAC45	15	70	30	60	40	20	5	75	20	50
Cuadrantes	N. Vastagos. T	% Arena	% Pastos. T	%Epifitos	N. Vastagos. T	N. Vastagos. S	% Arena	% Pastos. T	% Pastos. S	%Epifitos
TAC2	20	20	80	30	20	15	20	70	10	50
TAC7	40	20	80	40	30	10	10	80	10	50
TAC8	20	50	50	40	10	20	20	50	50	50
TAC16	40	10	90	30	20	10	10	70	20	50
TAC18	28	50	50	30	20	10	10	70	20	50
TAC25	45	20	80	40	30	10	10	70	20	50
TAC26	50	20	80	30	30	10	10	70	20	50
TAC33	60	30	70	40	10	20	20	40	40	50
TAC36	20	70	30	40	30	13	5	75	20	50
TAC40	40	40	60	50	30	15	5	75	20	50
TAC44	45	40	60	30	50	20	10	80	10	40
TAC46	60	20	80	50	60	10	10	80	10	40

### 3. ESTIMADORES DE RIQUEZA DE ESPECIES

Debido a que en dos muestras no se encontraron individuos (o sólo hubo un individuo), para correr las pruebas estadísticas se suprimieron las muestras SC\_NOR\_TC y SC\_SUR\_TB.

A continuación, se muestran los estimadores de riqueza de especies que permiten inferir que el muestreo es representativo de la comunidad asociada a las praderas de pastos estudiadas (Figura 11). Estos son estimadores NO paramétricos y se observa una inflexión a partir de 8 muestras.

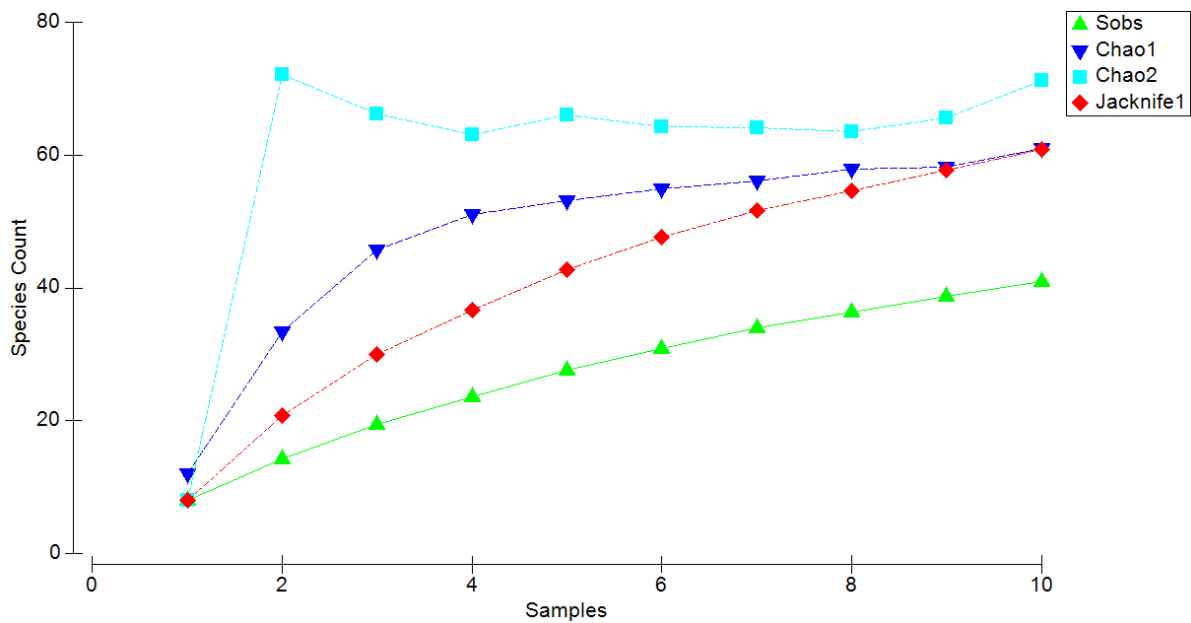


Figura 11. Estimadores de riqueza de especies.

#### 4. ÍNDICES ECOLÓGICOS

En este caso, como muestra se denomina cada transectos ubicado paralelo a la línea de costa el cual estaba a diferentes profundidades en ambas zonas y en diferentes épocas climáticas (lluviosa y seca). Se presentan los diferentes índices de diversidad en la Tabla 6. El mayor número de macroinvertebrados observados fue la época seca en la zona norte en el transectos A. el cual tuvo mayor abundancia, al igual que, mayor diversidad. La riqueza está representada en la muestra con mayor número de especies presentes en SC\_NORT\_TA. Al igual fue la muestra que presentó mayor abundancia.

**Tabla 6.** Índices de diversidad por muestra (LL: Época Lluviosa y Sc: Época Seca; SUR: zona sur y NORTE: zona norte; T: Transectos A, B o C).

Muestra	Riqueza (S)	Abundancia (N)	Margalef	Unifomidad (J')	Shannon (H')	Simpson	Hill 1	Hill 2
LL_SUR_TC	4	8	1,44	0,95	1,32	0,18	3,75	3,56
LL_SUR_TB	5	8	1,92	0,93	1,49	0,14	4,46	4,00
LL_SUR_TA	5	9	1,82	0,95	1,52	0,14	4,59	4,26
LL_NOR_TC	5	15	1,48	0,83	1,34	0,27	3,81	3,17
LL_NOR_TB	7	66	1,43	0,90	1,75	0,18	5,77	5,16
LL_NOR_TA	7	42	1,61	0,79	1,54	0,25	4,69	3,71
SC_SUR_TC	10	17	3,18	0,95	2,18	0,07	8,85	7,81
SC_SUR_TB	1	1	NA	NA	0,00	NA	1,00	1,00
SC_SUR_TA	2	8	0,48	0,95	0,66	0,46	1,94	1,88
SC_NOR_TC	0	0	NA	NA	0,00	NA	1,00	NA
SC_NOR_TB	10	22	2,91	0,98	2,26	0,06	9,62	9,31
SC_NOR_TA	23	106	4,72	0,83	2,60	0,10	13,43	8,95

El índice de Margalef es la unidad de medida en el cual se estima la diversidad representada por la cantidad de organismos distribuidos de las diferentes especies, el cual es mayor en SC\_NORT\_TA ya que es la que más individuos presenta de diferentes especies (Tabla 6).

La uniformidad de Pielou mide la diversidad de organismos con relación a la máxima diversidad esperada, y su valor va de 0 a 1, es decir entre más se aproxime a 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes, y el 0 indica la ausencia de uniformidad. En este caso, la muestra con igualdad de abundancia sería la SC\_NOR\_TB, y la que represente una mayor ausencia de uniformidad, es la muestra LL\_NOR\_TA.

Por otro lado, el índice de Shannon se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies. Por lo que se evidencia que la muestra con el valor más bajo en diversidad sería la SC\_SUR\_TA, y un valor alto en diversidad se presenta en SC\_NOR\_TA.

Finalmente, el índice de Simpson o índice de dominancia es uno de los parámetros, usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. La muestra con mayor biodiversidad fue SC\_SUR\_TA.

## **5. ANOSIM**

Según el ANOSIM, sí se encontraron diferencias significativas entre las épocas climáticas ( $r=0,294$ ; valor  $p=0,033$ ), sin embargo, no se encontraron diferencias entre las zonas norte y sur ( $r=0,26$ ;  $p= 0,063$ ).

## 6. DENDOGRAMA DE *BRAY CURTIS* Y NMDS

Cuando se realiza el análisis de similaridad con todas las muestras (Figura 12), no se presentan agrupaciones estadísticamente significativas, ni por épocas ni por zonas.

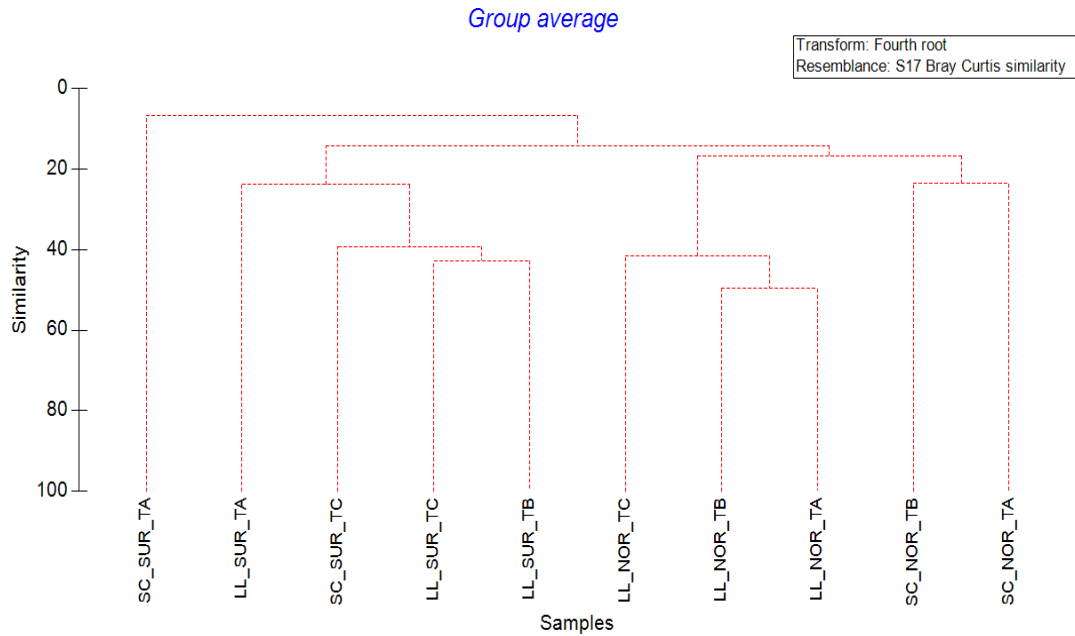


Figura 12. Análisis de similaridad de *Bray Curtis*.

De acuerdo al escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) se respalda el no agrupamiento observado en el dendrograma de clasificación (Figura 13). No se observan diferencias entre los sectores y las épocas climáticas de acuerdo a los taxa.

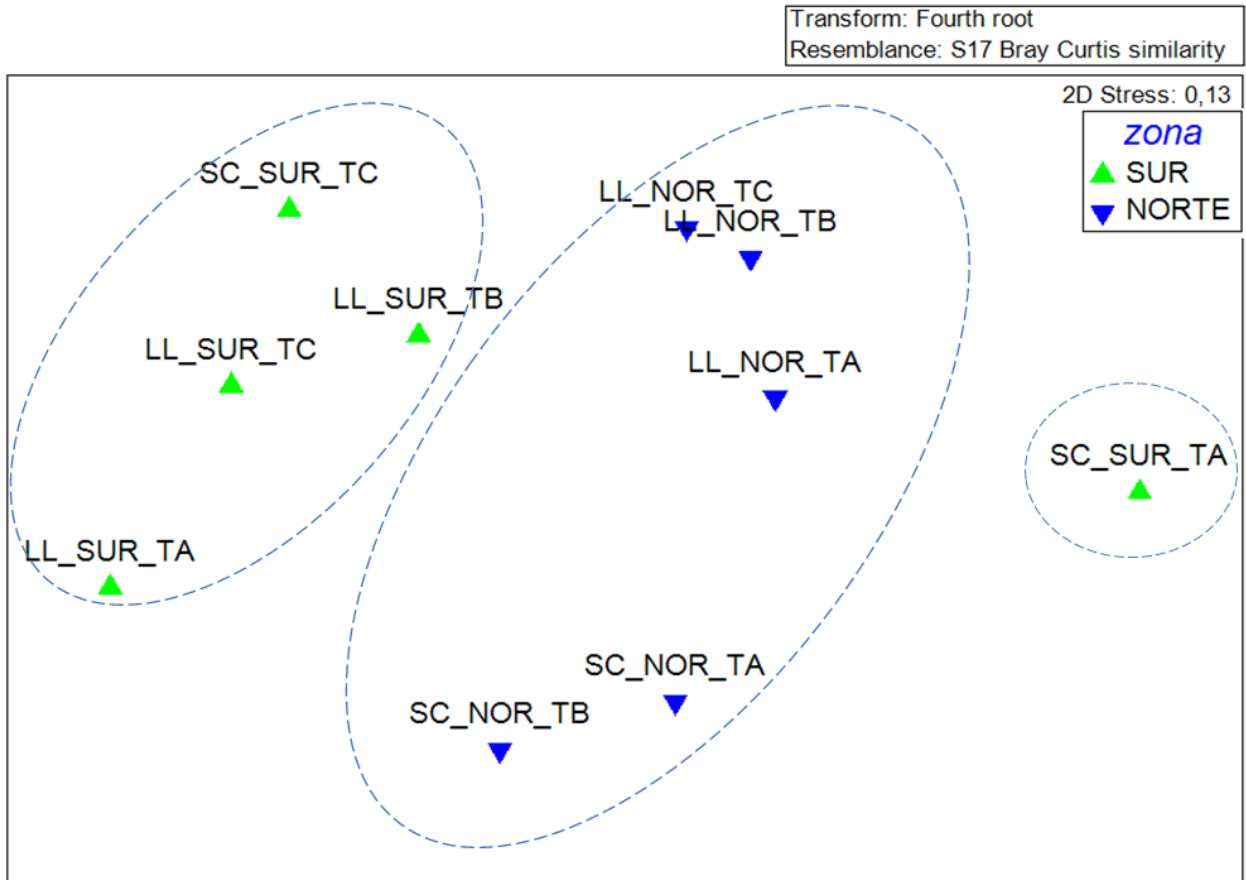


Figura 13. NMDS.

## 7. SIMPER

En el análisis de similitud porcentual de especies POR ZONAS se identifican las especies, géneros o morfotipos que más influyeron en la estructura comunitaria, destacando *Halimeda macroloba* para la zona SUR y *Amphiroa foliacea* para la zona NORTE (Tabla 7).

**Tabla 7.** Análisis SIMPER: Zona SUR (promedio de similaridad: 19,30) y Zona NORTE (promedio de similaridad: 25,67) (Abund. Prom.: Abundancia promedio; Prom. Sim.: promedio de similaridad; SD: Desviación estándar; Contrib. %: porcentaje de contribución; Acum. %: porcentaje acumulado).

ZONA SUR					
Especies	Abund. Prom.	Prom. Sim	Sim/SD	Contrib %	Acum. %
<i>Halimeda cacroloba</i>	0,76	5,26	0,6	27,24	27,24
<i>Condylactis gigantea</i>	0,64	4,42	0,6	2,29E+01	50,15
<i>Holothuria mexicana</i>	0,66	4,37	0,6	2,27E+01	72,8
<i>Tripneustes ventricosus</i>	0,5	2,12	0,32	1,10E+01	83,81
Oreasteridae	0,44	1,93	0,32	9,98E+00	93,79
ZONA NORTE					
Especies	Abund. Prom.	Prom. Sim	Sim/SD	Contrib %	Acum. %
<i>Amphiroa foliacea</i>	1,48	10,41	2,74	40,57	40,57
<i>Halimeda cacroloba</i>	1,08	5,39	0,62	21	61,57
<i>Porites porites</i>	0,76	2,06	0,56	8,01	69,58
<i>Sarcotragus spinosulus</i>	0,84	2,02	0,59	7,85	77,43
<i>Manicina areolata</i>	0,48	1,32	0,32	5,15E+00	82,58
<i>Porites branneri</i>	0,61	1,09	0,32	4,24E+00	86,83
<i>Nerita tessellata</i>	0,74	0,92	0,32	3,58E+00	90,41



En el análisis de similitud porcentual de especies POR ÉPOCAS CLIMÁTICAS se identifican las especies, géneros o morfotipos que más influyeron en la estructura comunitaria, destacando a *Halimeda macroloba* para la época LLUVIOSA y *Sarcotragus spinosulus* para la época SECA (Tabla 8).

**Tabla 8.** Análisis SIMPER: Época Lluviosa (promedio de similaridad: 25.22) y Zona NORTE (promedio de similaridad: 11,01) (Abund. Prom.: Abundancia promedio; Prom. Sim.: promedio de similaridad; SD: Desviación estándar; Contrib. %: porcentaje de contribución; Acum. %: porcentaje acumulado).

ÉPOCA LLUVIOSA					
Especies	Abund. Prom.	Prom. Sim	Sim/SD	Contrib %	Acum. %
<i>Halimeda cacroloba</i>	1,29	11,92	1,31	47,28	47,28
<i>Amphiroa foliacea</i>	0,8	2,93	0,48	11,61	58,89
<i>Tripneustes ventricosus</i>	0,42	1,42	0,26	5,61	64,5
<i>Condylactis gigantea</i>	0,33	1,31	0,26	5,18	69,68
<i>Holothuria mexicana</i>	0,39	1,28	0,26	5,09	74,77
Oreasteridae	0,36	1,28	0,26	5,09	79,86
<i>Lobatus gigas</i>	0,39	1,12	0,26	4,43	84,29
<i>Manicina areolata</i>	0,4	0,88	0,26	3,5	87,79
<i>Sarcotragus spinosulus</i>	0,33	0,86	0,26	3,39	91,18
ÉPOCA SECA					
Especies	Abund. Prom.	Prom. Sim	Sim/SD	Contrib %	Acum. %
<i>Sarcotragus spinosulus</i>	1,09	3,69	0,85	33,51	33,51
<i>Nerita tessellata</i>	0,84	1,5	0,41	13,62	47,14
<i>Nerita versicolor</i>	0,7	1,32	0,41	11,99	59,13
<i>lissodendoryx isodictyalis</i>	0,7	1,03	0,41	9,37	68,5
<i>Cerithium stercusmuscarum</i>	0,63	0,93	0,41	8,47	76,97
<i>Amphiroa foliacea</i>	0,65	0,93	0,41	8,47	85,44
Quiton	0,5	0,8	0,41	7,28	92,72

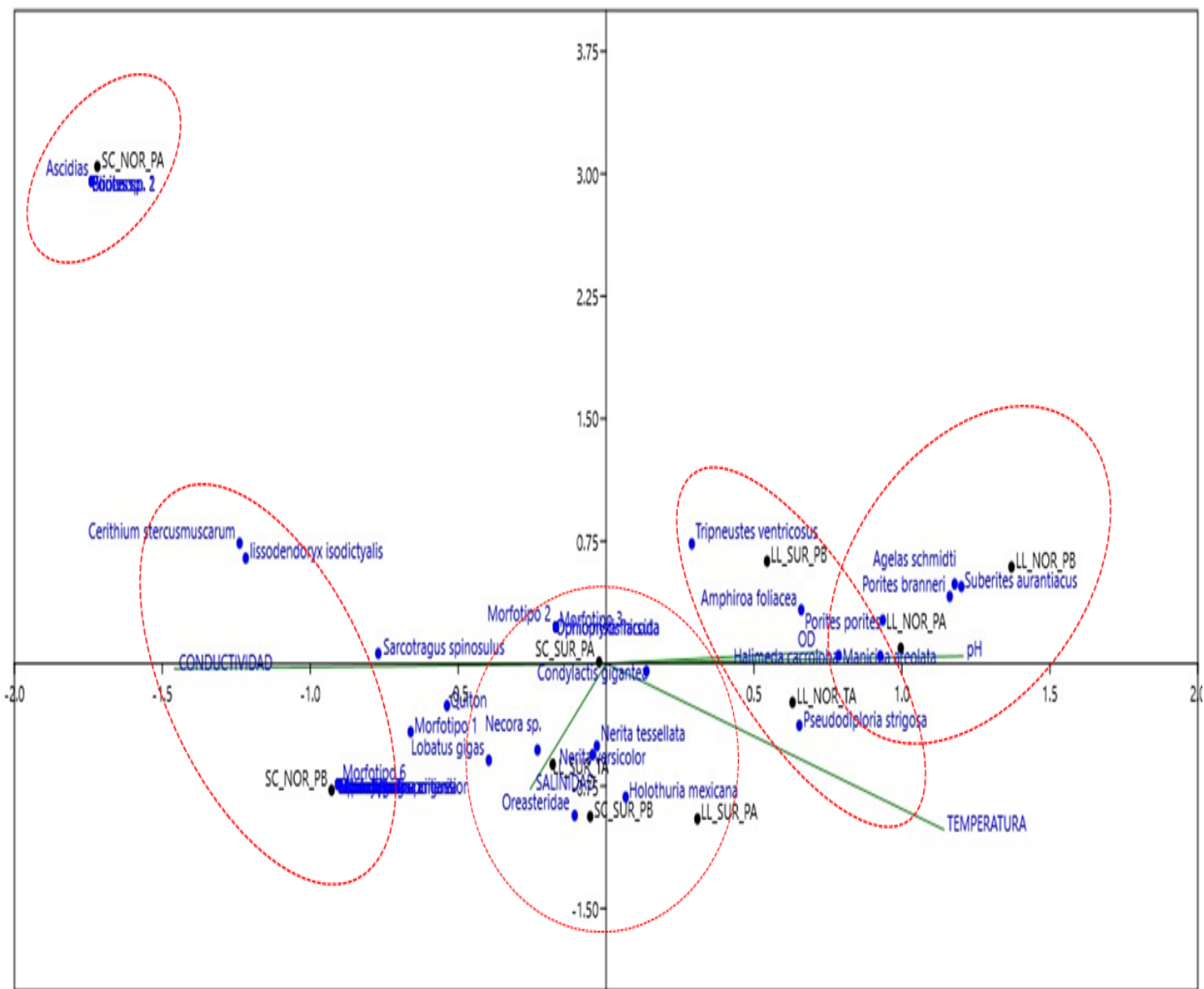
### 3. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS CANÓNICAS.

El análisis de correlación canónica obtenido refleja una variación de los datos superior al 67,2% con los componentes 1 y 2 (Tabla 7).

**Tabla 7.** Porcentajes de análisis de correlación canónica.

Axis	Eigenvalue	%
1	0,68603	36,91
2	0,55966	30,11
3	0,35548	19,12
4	0,25772	13,86
5	3,85E-08	2,07E-06

Las correspondencias entre las variables ambientales con las comunidades en los diferentes puntos de muestreo permitieron inferir que las variables abióticas con mayor influencia sobre la comunidad de macroinvertebrados son la salinidad, especialmente en la zona sur; el pH, en la zona norte; la temperatura, con influencia en ambas zonas (norte y sur); y la conductividad, que sólo se observa en una única estación en el lado norte (Figura 14).



**Figura 14:** Análisis de correlación canónica (ACC) entre las variables bióticas y abióticas de las estaciones muestreadas en *Cotton Cay* en dos épocas climáticas.

#### **4. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

A continuación se presentan los parámetros físico-químicos medidos en ambas zonas de muestreo y ambas épocas climáticas.

##### ÉPOCA LLUVIOSA

El ámbito de temperatura para la zona sur fue entre 27°C y 30.4°C, y en la zona norte, entre 30.4°C y 30.5°C. (Tablas 8 y 9). Por otro lado, la salinidad en la zona norte se mantuvo entre 35.1 y 35.3, y para la zona sur, osciló entre 35.2 y 35.7. La conductividad, muy relacionada con la salinidad, se mantuvo en 53.000 mmho/cm para la zona sur, y en la zona norte; registró entre 51.000 y 53.000 mmho/cm (Tablas 8 y 9). Por último, se tomaron los datos de oxígeno disuelto, el cual nos arrojó valores entre 7.47 mg/l y 8.27 mg/l en la zona norte; y en la zona sur, presentó un rango entre 6.84 mg/l y 8.25 mg/l (Tablas 8 y 9).

**Tabla 8.** Parámetros físico-químicos medidos en la Zona NORTE en época lluviosa (CD: Conductividad; OD: Oxígeno Disuelto; TAC: Transecto-Cuadrante).

Cuadrantes		Parámetros			Transecto
<b>CUADRANTE</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>SALINIDAD</b>	<b>CD</b>	<b>OD</b>	<b>C</b>
TAC2	28,2°c	35,7	53	6,84	
TAC7					
TAC8	28,2°c	35,7	53	6,84	
TAC16					
TAC18	28,2°c	35,7	53	6,84	
TAC25					
TAC26	28,2°c	35,7	53	6,84	
TAC33					
TAC38	28,2°c	35,7	53	6,84	
TAC40					
TAC44	28,2°c	35,7	53	6,84	
TAC46					
<b>CUADRANTE</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>SALINIDAD</b>	<b>CD</b>	<b>OD</b>	<b>B</b>
TAC9	28,2°c	35,7	53	6,84	
TAC10					
TAC15	28,2°c	35,7	53	6,84	
TAC17					
TAC22	28,2°c	35,7	53	6,84	
TAC25					
TAC28	28,2°c	35,7	53	6,84	
TAC31					
TAC35	30,4°c	35,7	53	6,84	
TAC37					
TAC39	30,4°c	35,7	53	6,84	
TAC45					
<b>CUADRANTE</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>SALINIDAD</b>	<b>CD</b>	<b>OD</b>	<b>A</b>
TAC5	30,4°c	35,2	53	8,25	
TAC7					
TAC10	30,4°c	35,2	53	8,25	
TAC18					
TAC19	30,4°c	35,2	53	8,25	
TAC22					
TAC26	30,4°c	35,2	53	8,25	
TAC34					
TAC35	30,4°c	35,2	53	8,25	
TAC38					
TAC343	30,4°c	35,2	53	8,25	
TAC44					

**Tabla 9.** Parámetros físico-químicos medidos en la Zona SUR en época lluviosa (CD: Conductividad; OD: Oxígeno Disuelto; TAC: Transectos-Cuadrante)..

Cuadrantes		Parámetros			Transecto
<b>CUADRANTE</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>SALINIDAD</b>	<b>CD</b>	<b>OD</b>	<b>C</b>
TAC2	30.5°C	35,3	53,1	7,47	
TAC7					
TAC8	30.5°C	35,3	53,1	7,47	
TAC16					
TAC18	30.5°C	35,3	53,1	7,47	
TAC25					
TAC26	30.5°C	35,3	53,1	7,47	
TAC33					
TAC38	30.5°C	35,2	53,1	7,47	
TAC40					
TAC44	30.5°C	35,3	53,1	7,47	
TAC46					
<b>CUADRANTE</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>SALINIDAD</b>	<b>CD</b>	<b>OD</b>	<b>B</b>
TAC9	30.5°C	35,3	53,1	7,47	
TAC10					
TAC15	30.5°C	35,3	53,1	7,47	
TAC17					
TAC22	30.4°C	35,3	53,1	7,47	
TAC25					
TAC28	30.5°C	35,3	53,1	7,47	
TAC31					
TAC35	30.5°C	35,3	53,1	7,47	
TAC37					
TAC39	30.4°C	35,3	53,1	7,47	
TAC45					
<b>CUADRANTE</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>SALINIDAD</b>	<b>CD</b>	<b>OD</b>	<b>A</b>
TAC5	30.4°C	35,1	53	8,27	
TAC7					
TAC10	30.4°C	35,1	53	8,27	
TAC18					
TAC19	30.4°C	35,1	53	8,27	
TAC22					
TAC26	30.4°C	35,1	53	8,27	
TAC34					
TAC35	30.4°C	35,1	53	8,27	
TAC38					
TAC343	30.4°C	35,1	53	8,27	
TAC44					

## EPOCA SECA

El rango de la temperatura para la zona sur osciló entre 29.5°C y 30.5°C, y en la zona norte, entre 27.8°C y 27.3°C. (Tablas 10 y 11). Por otro lado, la salinidad en la zona norte se mantuvo entre 35.7 y 35.3, y para la zona sur, arrojó valores entre 35.5 y 35.8. (Tablas 10 y 11). Por último, el oxígeno disuelto osciló entre 7.27 mg/l y 7.25 mg/l en la zona norte; y en la zona sur, presentó un rango entre 7.30 mg/l y 7.35mg/l (Tablas 10 y 11).

**Tabla 10.** Parámetros físico-químicos medidos en la Zona NORTE en época seca (CD: Conductividad; OD: Oxígeno Disuelto; TAC: Transecto-Cuadrante).

Cuadrantes	Parámetros				Transecto
<b>Cuadrantes</b>	TEMPERATURA	SALINIDAD	PH	OD	<b>C</b>
TAC5	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC7	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC10	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC18	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC19	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC22	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC26	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC34	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC35	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC38	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC43	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC44	27.8	35.7	8.16	7.27	
<b>Cuadrantes</b>	TEMPERATURA	SALINIDAD	PH	OD	
TAC9	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC10	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC15	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC17	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC22	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC25	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC28	27.8	35.7	8.16	7.27	
TAC31	27.3	35.3	8.41	7.25	
TAC35	27.3	35.3	8.41	7.25	
<b>Cuadrantes</b>	TEMPERATURA	SALINIDAD	PH	OD	<b>A</b>
TAC2	27.3	35.3	8.41	7.25	
TAC7	27.3	35.3	8.41	7.25	
TAC8	27.3	35.3	8.41	7.25	
TAC16	27.3	35.3	8.41	7.25	
TAC18	27.3	35.3	8.41	7.25	
TAC25	27.3	35.3	8.41	7.25	
TAC26	27.3	35.3	8.41	7.25	
TAC33	27.3	35.3	8.41	7.25	
TAC36	27.3	35.3	8.41	7.25	
TAC40	27.3	35.3	8.41	7.25	
TAC44	27.3	35.3	8.41	7.25	
TAC46	27.3	35.3	8.41	7.25	



**Tabla 11.** Parámetros físico-químicos medidos en la Zona SUR en época seca (CD: Conductividad; OD: Oxígeno Disuelto; TAC: Transecto-Cuadrante).

Cuadrantes	Parámetros				Transecto
<b>Cuadrantes</b>	TEMPERATURA	SALINIDAD	PH	OD	<b>C</b>
TAC5	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC7	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC10	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC18	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC19	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC22	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC26	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC34	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC35	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC38	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC43	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC44	29.5	35.5	8.57	7.30	
<b>Cuadrantes</b>	TEMPERATURA	SALINIDAD	PH	OD	
TAC9	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC10	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC15	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC17	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC22	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC25	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC28	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC31	29.5	35.5	8.57	7.30	
TAC35	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC37	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC39	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC45	30.5	35.8	8.56	7.35	
<b>Cuadrantes</b>	TEMPERATURA	SALINIDAD	PH	OD	<b>A</b>
TAC2	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC7	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC8	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC16	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC18	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC25	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC26	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC33	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC36	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC40	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC44	30.5	35.8	8.56	7.35	
TAC46	30.5	35.8	8.56	7.35	

## DISCUSIÓN

### TAXOCENOSIS

Los ecosistemas marinos de San Andrés han sido objeto de diversos estudios, en particular los relacionados con la evolución geológica, geomorfología, estructura y estado de conservación de las formaciones coralinas, destacándose los de (Díaz. 1990), (Díaz y Puyana. 1994), (Díaz *et al.* 2003) y (Zea *et al.* 2014). Para darle continuidad a los estudios realizados en la isla de San Andrés, se hizo este estudio relacionado con la caracterización macrofaunal epibentónica y estructura de la pradera de pastos marinos en *Cotton Cay*.

La posible causa del por qué se encuentra un mayor número de invertebrados en la parte norte de *Cotton Cay*, se explica en parte por la incidencia del transporte marítimo, debido a que la Cooperativa de Lancheros ha sido trasladada, y se encuentra en frente del islote de *Cotton Cay*, por ende, la ruta de navegación está justo sobre la parte denominada sur de la pradera de pastos marinos, lo cual nos indica que, la dinámica y el cambio antrópico que se ha realizado en esa zona afecta a los invertebrados residentes, ya que son susceptibles a cualquier cambio en el entorno.

Cronológicamente se presentan los estudios o investigaciones (**año señalado en negrita**) con los cuales se comparó el presente estudio, con el fin de tener una mayor claridad en la información dada, a saber:

En el presente estudio, se tiene que las zonas estudiadas (norte y sur) para la caracterización epifaunal en la pradera de pastos marinos de *Cotton Cay*, no muestra diferencias significativas entre la composición de especies (abundancia y riqueza), destacando a los Poríferos como el grupo más abundante, y siendo los moluscos, el grupo con mayor número de especies. De acuerdo con lo anterior, la composición de la comunidad de macroinvertebrados epifaunales bentónicos fue similar al obtenido por el estudio realizado en La Guajira, el cual relacionó la estructura de la taxocenosis annelida-mollusca con el tipo de sedimentos en la región de Minguero (Guzmán-Galvis *et al.*, **2001**). Esos autores encontraron que “el análisis NMDS estableció dos taxocenosis, que físicamente se diferenciaban en profundidad y tipo de sustrato”. En el presente estudio, no se hizo un análisis granulométrico, sin embargo, el sustrato era arena y cascajo de coral muerto en ambas zonas.

La distribución y características más importantes de las praderas de pastos en la isla de San Andrés han sido tratadas por (Ángel y Polanía. **2001**), quienes hicieron un aporte a la investigación de la macrofauna epibentónica y de la estructura de la pradera de pastos marinos en *Cotton Cay*. De acuerdo con (Ángel y Polanía 2001) “los pastos marinos ocupan una extensión de 506 ha alrededor de la isla, las cuales son divididas en tres áreas con diferentes porcentajes de extensión, siendo la seleccionada en este estudio, la segunda zona con mayor cobertura de praderas de pastos marinos en la isla de San Andrés”.

Durante las observaciones y muestreos del presente trabajo se registraron la presencia de al menos 22 especies de peces, 20 de moluscos epifaunales, 16 de esponjas y 13 de crustáceos; así que relacionando lo anterior, (Ángel y Polanía, 2001) lograron identificar, en las dos épocas climáticas (lluvia y seca), 32 especies de moluscos, 26 de esponjas, 10 de equinodermos, 9 de cnidarios, 5 de crustáceos, siendo equivalente en riqueza en algunos grupos taxonómicos con lo encontrado en el presente estudio.

Asimismo, Ángel y Polanía (2001) mencionan que en su trabajo se destacaron por su abundancia, el gasterópodo *Cerithium litteratum* (Born, 1778), la anémona *Bartholomea annulata* (Lesueur, 1817), el anélido *Eupolymnia* sp., y las esponjas *Tedania ignis* (Ridley y Dendy, 1886) y *Amphimedon erina* (Duchassaing y Michelotti, 1864) (Ángel y Polanía, 2001). En el presente estudio se destacaron por su abundancia: el gasterópodo *Nerita tessellata*, la esponja *Agelas schmidtii*, el equinodermo *Ophiopristis hirsuta* (Lyman, 1875) y el cnidario *Pseudodiploria strigosa* (Lamarck, 1816), que no corresponden a lo encontrado por Ángel y Polanía (2001), explicado en parte, por las diferencias en la estructura de la pradera, la profundidad, el tipo de fanerógama, las condiciones ambientales, abióticas y antrópicas, entre otros.

Algunos autores consideran que al realizar muestreos por censos visuales, la biodiversidad tiende a ser más baja a lo que se puede encontrar con los muestreos realizados por colectas por arrastre, sin embargo, Díaz-Merlano *et al.* (2003) realizaron un muestreo combinado de censos visuales, que registran la presencia y abundancia de la fauna más conspicua, y arrastres o barridos del fondo mediante una red de marco metálico (boca de la red 0,7 x 0,3 m, ojo de malla en el copo de 5 mm), halada por la embarcación o manual, para colectar animales poco conspicuos y de talla pequeña que pudieran ser omitidos en los censos visuales (vale la pena aclarar que ya no se usan los arrastres para este tipo de estudios, ya que ocasiona un gran impacto negativo al ecosistema), encontrando que “en términos generales, independiente de las técnicas de captura de información en campo, siempre a nivel de grupos mayores, la comunidad estará dominada, en su orden, por moluscos, crustáceos y poríferos.

Los principales grupos encontrados fueron los moluscos, cnidarios y equinodermos, siendo los más abundantes, el erizo *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) (15,8% del total de ejemplares), el bivalvo *Brachidontes modiolus* (Linnaeus, 1767) (14,7%), el coral *S. radians* (Pallas, 1766) (9,2%) y la anémona *Bartholomea annulata* (6,4%), los cuales también fueron los grupos encontrados en el presente trabajo, demostrando así, la homogeneidad de esta comunidad macrofaunal bentónica en las praderas de pastos marinos. Los equinodermos son uno de los grupos más importantes y frecuentes en las praderas de pastos marinos.

Asimismo, Aguirre-Aguirre *et al.* (2004) realizaron la caracterización de la fauna de macroinvertebrados con el propósito de estimar la composición y abundancia de los organismos epibentónicos en dos épocas climáticas, siendo esto un paso fundamental para la evaluación del estado del ecosistema. Esto se llevó a cabo en las praderas marinas dominadas por *T. testudinum* más extensas del Caribe colombiano, y sólo colectaron organismos de tallas mayores a 5 mm, sin embargo lo interesante de este estudio es que ellos emplearon la técnica de arrastre para la colecta de organismos, colectando un estimado de 3.331 individuos y **92 especies** identificadas, lo cual demuestra la efectividad del Protocolo Indicador para Pastos Marinos, ya que con una colecta directa por cuadrantes de 50 x 50 cm, se logró en el presente estudio una captura de **50 especies**. Teniendo en cuenta el trabajo de Aguirre-Aguirre *et al.* (2004), esos autores encontraron que “las estaciones eran muy disimiles entre sí, en cuanto a la abundancia y composición, y no existió una tendencia clara que permitiera definir grupos a partir de las diferencias entre las dos épocas climáticas, algo similar a lo observado en el presente estudio, explicado en parte, por el tipo y esfuerzo de muestreo”.

Años más recientes, García (2015) registró en total 25 especies de invertebrados pertenecientes a diferentes grupos representativos asociados a las praderas de pastos marinos a nivel general, como equinodermos, gasterópodos y corales duros y blandos, sobresaliendo notoriamente las especies, especialmente el erizo *Tripneustes ventricosus*, y los corales *Manicina areolata* y *Porites astreoides*. En cuanto al presente muestreo, se registraron 52 especies de macroinvertebrados,

casi el doble del trabajo de García (2015), pertenecientes a distintos grupos, tales como: moluscos, esponjas, equinodermos, cnidarios, crustáceos, siendo estos los más representativos de las praderas de pastos marinos en la isla de San Andrés.

## ANÁLISIS SIMPER

En la región de Santa Marta, la riqueza y abundancia de especies presentaron valores promedios similares entre los sectores (Taganga y Gaira), con diferencias estadísticas entre sitios de muestreo a nivel de abundancia. Esto probablemente es respuesta a ciertas características ambientales propias del componente bentónico en cada estación (p.e. gran cobertura de algas, corales, esponjas) (MoAM., 2019). De acuerdo con los resultados presentados en MoAM (2019), los resultados y la prueba SIMPER realizada entre zonas y épocas del presente estudio concuerdan en los taxones representativos encontrados, tales como algas, corales y esponjas. Las especies más representativas pertenecen a las especies de algas al comparar entre zonas, y a las esponjas, entre las épocas climáticas estudiadas.

Por otro lado, en el archipiélago de San Bernardo el estudio realizado por (Incoder-UJTL, 2014) las macroalgas más representativas de la comunidad pertenecen a los géneros *Penicillus* y *Halimeda*, lo cual concuerda con lo reportado en este estudio ya que, el alga más representativa fue *Halimeda macroloba*, comparando las zonas y las épocas.

Asimismo, entre la fauna asociada registrada en el estudio realizado por (Incoder-UJTL, 2014) se destaca la abundancia de estrellas de mar (*Oreaster reticulatus*, pepinos de mar (*Isostichopus badionotus*), corales (*Porites porites* y *Siderastrea radians*) y peces. Aunque en este estudio no se realizó censos de peces, las mismas especies de los invertebrados mencionados por Incoder-UJTL (2014). Se presentaron en *Cotton Cay*.

## PARAMETROS ESTRUCTURALES DE LOS PASTOS MARINOS

Según Sánchez *et al.* (1998), los valores de densidad de vástagos de las praderas ubicadas en el sector de *Cotton Cay*, entre los años 2006 y 2008, no mostraron diferencias significativas en los transectos por épocas, sin embargo, los datos colectados en el presente estudio, arrojaron según las pruebas ANOSIM, que sí se encontraron diferencias significativas entre las épocas climáticas, pero no se encontraron diferencias entre las zonas norte y sur, esto último indica, una homogeneidad en la estructura de la pradera. Según Sánchez *et al.* (2009) “las tres estaciones de monitoreo de pastos marinos fundamentadas en *Thalassia testudinum* en la Isla de San Andrés, no presentaron variaciones significativas a lo largo de los dos años de monitoreo”, sin embargo, la temporalidad del presente estudio no nos permitió comparar esta información.



Asimismo, Ángel y Polanía (2001), el pasto dominante en las zonas someras, hasta una profundidad de 4 m, es *Thalassia*, mientras que *Syringodium*, forma amplios y densos rodales monoespecíficos, entre los 7 y 10 m al norte de la isla. De acuerdo con Ángel y Polanía (2001), *Cotton cay* presenta en su lado norte, solamente la presencia de *Thalassia testudinum*, y en el lado sur, aunque se presenta *Syringodium filiforme* en pequeños porcentajes, *Thalassia testudinum* es el pasto marino dominante, lo cual coincide con lo observado en el presente estudio.

Algunos autores afirman que el área foliar también influye en la presencia de epífitos, ya que una mayor área, representa una mayor superficie de adhesión. Varios autores sugieren que los epífitos atraen a peces herbívoros que se alimentan de ellos, causando un mayor grado de pastoreo sobre las hojas (Dawes, 1986).

De acuerdo a lo anterior, en el presente estudio se evidenció que en el 2020, en la zona norte, los pastos localizados a mayor profundidad se encontraban incompletos en su estructura morfológica, pero para el siguiente muestreo (2021), estos se encontraban recuperándose y mostraban una presencia significativa de epífitos. Sin embargo, el grado de pastoreo (en términos del número de muescas observadas en las hojas atribuidas a mordeduras de peces) y el grado de epifitismo fueron dos variables que no se midieron en este trabajo. De acuerdo

con lo postulado por Díaz-Merlano *et al.* (2003), el grado de pastoreo es significativamente mayor en sitios caracterizados por abundante biomasa foliar, sin embargo, lo observado en el presente estudio fue todo lo contrario, ya que las áreas con mayor biomasa foliar (zona sur), no presentaron pastoreo en ninguno de los transectos, aunque si hubo presencia de epifitos en todos los cuadrantes.

Según Gómez-López, *et al.* (2014) “los pastos marinos representados por cuatro especies: *T. testudinum*, *S. filiforme*, *Halophila decipiens* (Ostenf. , 1902) y *Halodule wrightii* (Asch., 1868) son un ecosistema que se encuentra bien representado en el Archipiélago la Reserva de Biósfera *Seaflower*, que tiene un área alrededor de 180.000 km<sup>2</sup>, aproximadamente 34% del territorio, en esta área están más del 77% de la extensión total de las áreas coralinas de Colombia”, lo cual coincide con el presente estudio, ya que la especie que predominó en la pradera de pastos marinos estudiada fue *T. testudinum*, aunque en la zona sur se encontró *S. filiforme*, datando la presencia de estas dos especies de fanerógamas.

## PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Los valores que arrojaron los parámetros físicos químicos en este estudio, tales como la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH no fueron diferentes a los reportados en otras investigaciones, los cuales también se encuentran dentro del

rango registrado en el mar Caribe (Lozano *et al.*, 2010) y en un rango dentro de los límites típicos para las aguas costeras de la zona intermareal.

Sin embargo, vale la pena mencionar que pese a la constante interacción que se observa por la actividad antrópica, la pradera se encuentra en buen estado, y es probable, que aunque los organismos tienden a migrar de la pradera, debido al perturbador ruido del motor de las embarcaciones acuáticas que arriban en *Cotton Cay*, la comunidad de la macrofauna epibentónica se mantiene estable en cuanto a su diversidad, abundancia y estructura.

## CONCLUSIONES

Los grupos taxonómicos mayores y las especies de macroinvertebrados identificadas en este trabajo ya habían sido registrados en otras investigaciones en el mar Caribe, y en otras praderas de la Isla de San Andrés, evidenciando que los grupos que más predominaron fueron los Poríferos y los Moluscos, con la misma cantidad de individuos colectados, lo cual nos permite inferir que la comunidad de macroinvertebrados epifaunales es estable en este tipo de ecosistemas.

Las zonas norte y sur de la pradera de pastos marinos de *Cotton Cay* no presentan diferencias significativas en cuanto a su abundancia y riqueza de organismos, evidenciando una recuperación natural de la estructura de los pastos marinos, por consiguiente, se le ofrece a la comunidad de macroinvertebrados epifaunales, un ecosistema óptimo para su desarrollo.

La comunidad macrofaunal bentónica de los pastos marinos de *Cotton Cay* mostraron diferencias significativas en las dos épocas climáticas estudiadas, lo cual corrobora lo encontrado con otras investigaciones, destacando la fuerte influencia de las variaciones ambientales (seca y lluvia) en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados epifaunales.

La densidad de vástagos de *Thalassia testudinum* en la zona sur presentó mayor abundancia foliar, y todas las hojas de *T. testudinum* tuvieron presencia de epifitos, en cambio, en la zona norte, los vástagos estaban cortados y otros incompletos, sin embargo, ésta fue la zona con mayor presencia organismos colectados, coincidiendo con lo encontrado por otros autores, entre la relación existente entre la biomasa foliar y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados epifaunales.

La zona norte de *Cotton Cay* presenta una mayor predominancia de *T. testudinum* y en la zona sur se registró presencia de *T. testudinum* y *Syringodium filiforme*.

## RECOMENDACIONES

Para estudios posteriores en la pradera de pastos marinos de *Cotton Cay* se sugiere cubrir las zonas este y oeste de esa área de estudio.

Para el trabajo en campo se recomienda realizar el muestreo al comenzar la mañana, ya que hay menos paso de embarcaciones, el cual pueda ahuyentar a los invertebrados o pueda poner en riesgo la integridad del investigador.

Al ubicar los transectos en el área de estudio, se recomienda instalarlos desde lo más profundo hasta lo más somero, ya que al terminar de ubicar el último transecto (el más cercano a la orilla), con seguridad habrán vuelto los macroinvertebrados que se desplazaron mientras que se realizaba la instalación de los transectos.

La flotabilidad neutral del investigador a la hora de hacer el muestreo es muy importante, para que no se pisen los vástagos, y así no se impacte el ecosistema, evitando así, el deterioro de los pastos o que se pise algún ejemplar.

En la colecta se recomienda que no se utilice ningún reactivo para la preservación de estos en el campo, es mejor conservarlos en el agua de mar trasladarlos al laboratorio, y ahí si separarlos y fijarlos y preservarlos con los reactivos correspondientes, esto con el fin de tener las medidas de bioseguridad en no causar alguna reacción antrópica por causa de estos químicos.

Siempre es importante cuando se está sumergido, tener una boya o bandera visible que indique hombre en el agua para evitar accidentes.

Es primordial tener agua dulce para lavar los equipos utilizados en campo y eliminar la salinidad para evitar la corrosión de los mismos.

Asegurar con cuerdas todos los materiales a emplear en el muestreo para que el oleaje no se los lleve, y asegurarse de llevarse todos los materiales y elementos empleados para la actividad en campo, para así preservar este ecosistema de residuos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ángel, I. y Polanía, J. 2001. Estructura y distribución de los pastos marinos en San Andrés Isla, Caribe colombiano. *Bol. Ecotrópica*, 35: 15 p.
- Aguirre-Aguirre, A., Duque, G. y Gómez-López, D. 2004. Caracterización de la fauna de macroinvertebrados epibentónicos asociados a praderas de *Thalassia testudinum* (Banks ex König, 1805) en La Guajira, Caribe Colombiano. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, Volumen 58.
- Baez, D. y Ardila, N. 2003. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) del mar Caribe colombiano. *Biota Colombiana*, 89-109.
- Benavides-Serrato, M., Borrero-Pérez, G. y Díaz-Sánchez, C. 2011. Equinodermos del Caribe colombiano I: Crinoidea, Asteroidea y Ophiuroidea. *Serie de Publicaciones Especiales de Invemar* 22. Santa Marta, 384 p.
- Bernardo, O. 2015. Pastos Marinos. Cartagena: p. 20.
- Borrero-Pérez, G., Benavides-Serrato, M. y Díaz-Sánchez, C. 2012. Equinodermos del Caribe colombiano II: Echinoidea y Holothuroidea. *Serie de Publicaciones Especiales de Invemar* No. 30. Santa Marta, 250 p.
- Colwell, R. 2009. The Princeton Guide to Ecology. *Universidad de Princeton*. Prensa.
- Dawes, C., 1986. Botánica Marina. *Sage Journals*, p. 44.



- Díaz, J. 1990. Las especies de *Conus* (Mollusca: Gastropoda: Conidae) en la región de Santa Marta, Caribe colombiano, con notas sobre su ecología y distribución. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín* , 19(20), 35-58.
- Díaz, J. y Puyana, M., 1994. Moluscos del Caribe colombiano: un catálogo ilustrado. Primera Ed. Santafé de Bogotá. Colciencias, Fundación Natura,
- Díaz-Merlano, J., Barrios , L. y Gómez-López, D., 2003. Las praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico, Santa Marta: INVEMAR. p 160.
- Etter, A. 1993. Diversidad ecosistémica en Colombia hoy. *Pontifica Universidad Javeriana*. 30 p.
- Eva, A. 1980. Pre-miocene seagrass communities in the caribbean. *Paleontology*, Volumen 23, pp. 231-236.
- Fernández, M., Llanio, M., Arteaga, F., Dajas, F., Cabrera, B., Rodríguez, M. y Bermejo, P. 2004. *Thalassia testudinum*: Propiedades anti-inflamatoria-analgésica y antioxidante de su extracto. *Cub. Farmac.*, 38.
- Fontalvo-Palacio, E., Gracia, A. y Duque, G. 2010. Moluscos Bentónicos de la Guajira (10 y 50 m de profundidad), Caribe colombiano.. *Bol. Invest. Mar. Cost*, 39(2), pp. 397-416.

Galeano, E. y Gómez, D. 2015. Monitoreo de Pastos Marinos en el Caribe colombiano como insumo para el indicador condición tendencia ICTPM. *INVEMAR*. 15 p.

García, M. 2015. Aguas costeras y marinas, San Andres, Providencia y Santa Catalina: SeaFlower. 23 p.

García Escobar, M. 2015a. Condición Tendencia de Praderas de Pastos Marinos, San Andrés, Providencia y Santa Catalina: SeaFlowers, *Observatorio Reserva de Biosfera coralina*. 25 p.

García Escobar, M. 2015b. Importancia de los pastos marinos en la reserva de biosfera seaflower, Colombia, San Andrés, Providencia y Santa Catalina: *Observatorio Reserva de Biosfera SeaFlowers*. 32 p.

Gómez-López, D., Navarrete- Ramírez, S., Navas-Camacho, R., Díaz-Sánchez, M., Muñoz-Escobar, L., y Galeano, E. 2014. Protocolo Indicador Condición Tendencia Praderas de Pastos Marinos (ICTPM). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). Invemar, GEF y PNUD. *Serie de Publicaciones Generales del Invemar* No. 68, Santa Marta. 36 p.

Granados Sánchez, D., López, G., Hernández, M. y Sánchez-González, A. 2003. Ecología de las plantas epifitas. *Revista Chapingo.*, 9(2), 101-111.

- Guzmán-Galvis, A., Solano, O., Córdoba-Tejada, M. y López-Rodríguez, A. 2001. Comunidad macroinfaunal de fondos blandos someros tropicales (Caribe colombiano).. *Bol. Invest. Mar. y Cost*, pp. 30(1):39-66.
- Hartman, O. 1959. The Littoral Marine Annelids of the Gulf of Mexico.. *Allan Hancock Foundation*, p. 123.
- Hernando, N., Rodríguez, N. y Bermúdez, A. 2010. Crustáceos decápodos del Caribe colombiano. *Biodiversidad del Margen Continental del Caribe Colombiano*, pp. 229-246.
- Herrera-Cabrera, B., Castillo-González, F., Sánchez-González, J., Ortega-Paczka, R. y Goodman, M. 2000. Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región. *Fitotecnia Mexicana*, 23(2), 335-353.
- Incoder-UJTL. 2014. Visión integral de los Archipiélagos de Nuestra Señora del Rosario y de San Bernardo. Parte I. En: Ambiente y Desarrollo en el Caribe colombiano. 3 (1), 112 p.
- Invemar, 2009. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. 20 ed. Santa Marta: *Serie de Publicaciones Especiales. INVEMAR*.
- INVEMAR. 2010a. Informe de Actividades. Santa Marta.: *Serie de Publicaciones Periódicas*. 54 p.
- INVEMAR (Eds.). 2010b. Corales Escleractinios de Colombia. Invemar *Serie de Publicaciones Especiales*, No. 14. Santa Marta, 246 p.

- Jiménez-Escobar, N. y Rangel, J. 2012. La abundancia, la dominancia y sus relaciones con el uso de la vegetación arbórea en la bahía de Cispatá, Caribe colombiano. *Caldasía*, 34(2).
- Lara-Domínguez, A., Day, J., Villalobos-Zapata, G., Twilley, R., Alvarez-Guillén, H., y Yanez-Arancibia, A. 2005. Estructura de un conjunto único de bosque de manglares tierra adentro en lagunas fósiles en la costa caribeña de México. *Ecología y manejo de humedales*, 13, 111-122.
- Laurens, J. y Gordan, K. 1991. The families and genera of marine gammaridean Amphipoda (except marine gammaroids). *Records of the Australian Museum Supplement*, 13 ( 1), pp. 1- 417.
- Lozano, Y., Medellín, J. y Navas, G. 2010. Contexto climatológico y oceanográfico del mar Caribe colombiano. *Biodiversidad del Margen Continental del Caribe Colombiano*, pp. 53-81.
- Magurran, A. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. New Jersey: Princeton University press.
- Martínez, B., Macías, D. y Cano, M. 2013. Protocolo para el monitoreo de los pastos marinos. Cuba: La Habana. 34 p.
- Mckoy, E. y Heck, K. 1976. Biogeography of corals, sargasses and mangroves: An alternative to the center of origin concept. *Syst.Zool*, pp. 201-210.

Mejía-Ladino, L., Roper, J. y Diaz, M. 2019. Caracterización de la fauna marina de la zona Luis Guerra de PNNICRSB. ABP. *Universidad del Sinú* Sede Cartagena. 15 p.

MoAm. 2019. Caracterización Ecológica y de la Diversidad en los Ecosistemas de Arrecifes de Coral y Pastos Marinos en la Jurisdicción de CORPAMAG, Caribe Colombiano. Delgadillo-G O (Ed.). Corporación Autónoma Regional del Magdalena - CORPAMAG y MoAm. Contrato No. 260 Informe Técnico Final ITF-DN2-2019. MoAm S.A.S. Santa Marta, Colombia. 213 p.

Oficina De Prensa y Comunicaciones, 2019.  
En: <https://www.sanandres.gov.co/index.php/prensa/enterese/noticias/151-rotador-de-noticias/5623-adequacion-muelle-de-lancheros>. Fecha consulta: marzo 2023.

Olof , A. 1921. Especies y Área. *Journal of Ecology*, 9(1), 95–99.

Ospina Hoyos, J., Palacio Baena, J. y Vargas Ochoa, A., 2010. Estructura y distribución de una pradera de *Thalassia testudinum* en la Bahía Triganá, Golfo de Urabá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. *Revistas electrónicas UN Gestión y Ambiente*. 45 p.

Ospino-Hoyos, J., Palacio-Baena, J. y Vargas-Ochoa, A. 2014. Macroepifauna móvil asociadas a una pradera de *Thalassia testudinum* en la Bahía Triganá, Golfo de Urabá, Colombia. *Biota Colombiana*, pp. 47-61.

Phillips, R. y Meñez, E., 1988. Seagrasses. *Smiths. Contirib. Mar. Sci*, pp. 1-89.

- Preston, F. 1948. Lo común y raro de las especies. *Ecology*, 29(3), 254-283.
- Quintana, D. y Santa, A. 2013. Calidad de aguas marino-costeras del Caribe colombiano en época seca. *Bol.Cient.CIOH*, 31:29-48
- Quirós-Rodríguez, J. 2015. Equinodermos en fondos someros del sector La Ahumadera, Bahía de Cispatá, Córdoba, Caribe colombiano.. *Acta biol. Colomb*, 20(1), pp. 101-108.
- Rathbun, M. 1930. The Cancroid Crabs of America of the Families Euryalidae, Portunidae, Atelecyclidae, Cancridae and Xanthidae. *Bulletin of the United States National Museum*. 46 p.
- Ricaurte-Villota, C. y Bastidas-Salamanca, M. (Eds.). 2017. Regionalización oceanográfica: una visión dinámica del Caribe. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andrés (INVEMAR). *Serie de Publicaciones Especiales* de INVEMAR # 14. Santa Marta, Colombia 180 p.
- Rodríguez-Gómez, H. 1988. Contribución al conocimiento de los Anélidos (Annelida, Polychaeta) de aguas someras en la Bahía de Nenguange Parque Nacional Natural Tayrona, Colombia. *Inderena*, Volumen 2, pp. 403-443.
- Rodríguez, G. 1980. Los crustáceos decápodos de Venezuela. Centro de Ecología. *Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas*. p. 493.
- Roldán-Pérez, G. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica.

*Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 155.

Sánchez, J., Zea, S. y Díaz, J. 1998. Patterns of coral and black octocoral distribution in the oceanic barrier reef-complex of Providencia Island, southwestern Caribbean. *Carib. J. Sci.*, 34(3-4): 250-264.

Sarmiento, F. 2000. Diccionario de Ecología. Abya Yala. 320 p.

SeaFlower. 2015. Aguas costeras y marinas, San Andres, Providencia y Santa Catalina : Coralina.

Short, F. y Coles, R. 2001. Métodos Globales de investigación de Pastos Marinos. *Elsevier Science BV*, p. 473.

Tovar-Hernández, M., Salazar-Silva, P., de León-González, J., Carrera-Parra, L. y Salazar-Vallejo, S. 2014. Biodiversidad de Polychaeta (Annelida) en México. *Elsevier*, 85, 190-196.

Vélez, M. 1977. Distribución y ecología de los Majidae (Crustacea: Brachyura) en la región de Santa Marta, Colombia.. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*, Volumen 9, pp. 109-140.

Von Cosel, R. 1986. Moluscos de la región de La Ciénaga Grande de Santa Marta (costa del Caribe de Colombia). *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*, 15(16), pp. 79-16..

Von Prael, H. y Guhl, F. 1979. Nuevas localidades para cangrejos Majidae colectados en el Pacífico colombiano. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*, Volumen 11, pp. 159-193..

Warmke, G. y Abbot., T. 1961. Caribbean Seashells. A guide to the Marine Mollusks of the Puerto Rico and other West Indian Islands, Bermuda and the Lower Florida Keys.. *Livingston Publishing Company*. p. 348.

Zea, S., Henkel, T. y Pawlik, J. 2014. The Sponge Guide: a picture guide to Caribbean sponges. 3rd Edition.



## ANEXOS

### ANEXO 1. GLOSARIO

**Área:** áreas mayores soportan más especies (mayor variedad de hábitats) (Olof, 1921).

**Caracteres:** El carácter taxonómico es todo atributo, rasgo o característica que hace posible diferenciar a un ser de otro, como también agruparlos por la presencia de atributos comunes. Los caracteres pueden referirse a la forma, la estructura, la función y el comportamiento de los seres (Herrera-Cabrera *et al.*, 2000).

**Diversidad:** diversidad local en un área pequeña con hábitat más o menos uniforme (diversidad dentro de la comunidad). Diferencia de especies entre hábitats o comunidades (diversidad entre comunidades, recambio de especies). A mayor recambio mayor diversidad, diversidad sobre una base regional y reemplazo de especies a lo largo de grandes regiones geográficas (Etter, 1993).

**Epifauna:** conjunto de organismos que viven sobre el sedimento en el medio acuático, ya sea anclados a él o desplazándose libremente sobre el mismo (Lara-Domínguez *et al.*, 2005).

**Epifito:** Organismo vegetal que vive sobre otra planta sin alimentarse a expensas de ésta, como los musgos, líquenes y pastos marinos (Dawes, 1986).

**Raíz:** La raíz es el órgano perteneciente a las plantas que se introduce en la tierra o en algún cuerpo diferente para absorber las sustancias necesarias para que el vegetal crezca y se desarrolle. La raíz funciona como sostén y crece en sentido inverso al tallo (Sarmiento, 2000).

**Tallo:** Es el órgano que sostiene a las hojas, flores y frutos. Sus funciones principales son las de sostén y de transporte de fotosintatos (carbohidratos y otros compuestos que se producen durante la fotosíntesis) entre las raíces y las hojas (Granados-Sánchez *et al.*, 2008).

**Vágil:** organismos que habitan sobre los fondos marinos desplazándose libremente (Lara-Domínguez *et al.*, 2005).

**Vástago:** Ramificación llamada hifa aérea, alta y delgada que muchas veces crece encima del tallo, pero en algunos casos como en las praderas de pastos marinos extiende sus raíces por debajo del sustrato. Dicho en pocas palabras es un tallo que nace en el tronco y es capaz de engendrar una nueva vida independiente del mismo (Martínez *et al.*, 2013).

**ANEXO 2. MATERIAL BIOLÓGICO:** Lotes depositados en el Colección Académica de Organismo Marinos de la Escuela de Biología Marina (en construcción) del material biológico recolectado en el presente estudio (MBCU: Museo de la Biodiversidad del Caribe UNISINU; CNI-Cnidarios; EQU-Equinodermos; MOL-Moluscos; POR-Poríferos. RHO-Rhodophytas; CHL-Chlorophytas; CRU-Crustáceos; LPH-Lophophoros, URC-Urocordados).

No. CONSECU	No. CATALOGO	TAXON	ESPECIE	n. EJEMPLA
0001	MBCU-CHL 0001	CLHOROPHYTA	<i>Halimeda cacroloba</i>	37
0002	MBCU-CNI 0001	CNIDARIA	<i>Condylactis gigantea</i>	2
0003	MBCU-CNI 0002	CNIDARIA	<i>Manicina areolata</i>	4
0004	MBCU-CNI 0003	CNIDARIA	<i>Pseudodiploria strigosa</i>	1
0005	MBCU-CNI 0004	CNIDARIA	<i>Porites branneri</i>	14
0006	MBCU-CNI 0005	CNIDARIA	<i>Porites porites</i>	9
0007	MBCU-CRU 0001	CRUSTACEA	<i>Necora sp.</i>	2
0008	MBCU-EQU 0001	EQUINODERMATA	<i>Holothuria mexicana</i>	4
0009	MBCU-EQU 0002	EQUINODERMATA	Oreasteridae	3
0010	MBCU-EQU 0003	EQUINODERMATA	<i>Tripneustes ventricosus</i>	5
0011	MBCU-MOL 0001	MOLLUSCA	<i>Lobatus gigas</i>	4
0012	MBCU-MOL 0002	MOLLUSCA	<i>Nerita tessellata</i>	12
0013	MBCU-MOL 0003	MOLLUSCA	<i>Nerita versicolor</i>	5
0014	MBCU-POR 0001	PORIFERA	<i>Agelas schmidti</i>	15
0015	MBCU-POR 0002	PORIFERA	<i>Sarcotragus spinosulus</i>	2
0016	MBCU-POR 0003	PORIFERA	<i>Suberites aurantiacus</i>	3
0017	MBCU-RHO 0001	RHODOPHYTA	<i>Amphiroa foliacea</i>	26
0018	MBCU-CHL 0002	CLHOROPHYTA	<i>Halimeda cacroloba</i>	5
0019	MBCU-CNI 0006	CNIDARIA	<i>Condylactis gigantea</i>	2
0020	MBCU-CNI 0007	CNIDARIA	<i>Porites porites</i>	1
0021	MBCU-CNI 0008	CNIDARIA	<i>Porites sp. 1</i>	3
0022	MBCU-CNI 0009	CNIDARIA	<i>Porites sp. 2</i>	2
0023	MBCU-CRU 0002	CRUSTACEA	<i>Necora sp.</i>	2
0024	MBCU-CRU 0003	CRUSTACEA	Stomatopoda	1
0025	MBCU-CRU 0004	CRUSTACEA	Morfotipo 4	3
0026	MBCU-CRU 0005	CRUSTACEA	Morfotipo 7	1
0027	MBCU-EQU 0004	EQUINODERMATA	<i>Holothuria mexicana</i>	1
0028	MBCU-EQU 0005	EQUINODERMATA	Oreasteridae	2
0029	MBCU-EQU 0006	EQUINODERMATA	<i>Tripneustes ventricosus</i>	1
0030	MBCU-EQU 0007	EQUINODERMATA	<i>Ophiopristis hirsuta</i>	1
0031	MBCU-EQU 0008	EQUINODERMATA	<i>Ophiomyxa flaccida</i>	2
0032	MBCU-EQU 0009	EQUINODERMATA	<i>Ophioderma sp.</i>	1
0033	MBCU-LPH 0001	LOPHOPHORADO	Briozoo	2
0034	MBCU-CHL 0003	CLHOROPHYTA	<i>Penicillus capitatus</i>	1
0035	MBCU-MOL 0004	MOLLUSCA	<i>Lobatus gigas</i>	7
0036	MBCU-MOL 0005	MOLLUSCA	<i>Nerita tessellata</i>	17
0037	MBCU-MOL 0006	MOLLUSCA	<i>Nerita versicolor</i>	8
0038	MBCU-MOL 0007	MOLLUSCA	<i>Lepidochitona cinerea</i>	2
0039	MBCU-MOL 0008	MOLLUSCA	<i>Cerithium stercusmuscarum</i>	5
0040	MBCU-MOL 0009	MOLLUSCA	<i>Echinolittorina miliaris</i>	27
0041	MBCU-MOL 0010	MOLLUSCA	<i>Echinolittorina angustior</i>	7
0042	MBCU-MOL 0011	MOLLUSCA	<i>Echinolittorina cinerea</i>	6
0043	MBCU-POR 0004	PORIFERA	<i>Sarcotragus spinosulus</i>	17
0044	MBCU-POR 0005	PORIFERA	Morfotipo 1	3
0045	MBCU-POR 0006	PORIFERA	Morfotipo 2	2
0046	MBCU-POR 0007	PORIFERA	Morfotipo 3	1
0047	MBCU-POR 0008	PORIFERA	<i>Lissodendoryx isodictyalis</i>	8
0048	MBCU-POR 0009	PORIFERA	<i>Ciona sp.</i>	2
0049	MBCU-POR 0010	PORIFERA	Esponja negra	2
0050	MBCU-POR 0011	PORIFERA	Morfotipo 5	1
0051	MBCU-POR 0012	PORIFERA	Morfotipo 6	1
0052	MBCU-RHO 0002	RHODOPHYTA	<i>Amphiroa foliacea</i>	6
0053	MBCU-URC 0001	UROCHORDATA	Ascidias	2

